



ALE 2022



**Kampus
Merdeka**
INDONESIA JAYA

E-ISSN 2798-7310

P-ISSN 2620-3995

**INOVASI SAINS DAN TEKNOLOGI
GUNA MENUNJANG PENGEMBANGAN
INDUSTRI MARITIM**

PROCEEDING

ARCHIPELAGO ENGINEERING 2022



21 Juli 2022

**Fakultas Teknik Universitas Pattimura
Kampus Poka, Ambon**





ALE 2022



**Kampus
Merdeka**
INDONESIA JAYA

E-ISSN 2798-7310

P-ISSN 2620-3995

**INOVASI SAINS DAN TEKNOLOGI
GUNA MENUNJANG PENGEMBANGAN
INDUSTRI MARITIM**

PROCEEDING

ARCHIPELAGO ENGINEERING 2022

21 Juli 2022

**Fakultas Teknik Universitas Pattimura
Kampus Poka, Ambon**



KATA PENGANTAR

Seminar Nasional *Archipelago Engineering* (SemNas ALE) ke-5 Tahun 2022 ini merupakan kegiatan tahunan yang dilaksanakan oleh Fakultas Teknik Universitas Pattimura. Tahun ini, SemNas ALE dilaksanakan pada tanggal 21 Juli 2022 dengan mengusung Tema: “*Inovasi Teknologi Dalam Mendukung Pengembangan Industri Maritim di Kawasan Timur Indonesia*”. Isu industri maritim ini sengaja diangkat mengingat potensi SDA maritim di KTI yang luar biasa besar dan Fakultas Teknik Universitas Pattimura sebagai lembaga pendidikan tinggi teknik di KTI memiliki tanggungjawab etis untuk memberikan kontribusi ilmu dan teknologi guna memastikan pemanfaatan berbagai potensi SDA tersebut secara optimal untuk kesejahteraan rakyat.

Berangkat dari Tema tersebut, maka SemNas ALE ke-5 Tahun 2022 ini dimaksudkan untuk memberikan gambaran sejauhmana pengembangan ilmu dan teknologi di bidang *engineering* yang dapat dikontribusikan bagi pengembangan industri maritim. Selain itu, SemNas ALE juga diharapkan dapat menjadi sarana urung gagasan antar para peneliti, praktisi, dunia industri dan pemerintah serta unjuk temuan serta ide untuk menyelesaikan permasalahan industri maritim khususnya di Kawasan Timur Indonesia. Pada penyelenggaraan kali ini, cakupan bidang yang dibahas dalam SemNas ALE diperluas guna mengakomodir bidang kajian Teknik Geologi, Teknik Geofisika, Teknik Perminyakan, Teknik Kimia dan Teknik Transportasi Laut yang merupakan bidang kajian/studi baru di Fakultas Teknik Universitas Pattimura.

Dalam rangka berbagi pengalaman dan pengetahuan seputar kemajuan ilmu keteknikan yang berhubungan dengan pengembangan industri maritim, maka Panitia SemNas ALE berkenaan mengundang tiga *Keynote Speaker* yang diundang memiliki kepakaran dibidangnya masing-masing, yakni Prof. Ir. Sakti Adji Adisasmita, M.Si. M.Eng.Sc., Ph.D. (Guru Besar Teknik Sipil Universitas Hasanuddin), Prof. Dr.-Ing. Suhardjono, M.Sc. (Guru Besar Teknik Mesin Institut Teknologi Sepuluh Nopember) dan Alfa Edison Iela, ST., M.Sc. Ph.D. (*School of Advanced Manufacturing Technology*).

Atas penyelenggaraan SemNas ALE tahun 2022 ini yang telah berjalan dengan baik, maka perkenankan kami untuk mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah terlibat dan mendukung pelaksanaan acara ini, khususnya kepada Bapak Rektor Universitas Pattimura dan para *keynote speaker*. Demikian juga kepada para peserta yang sudah berpartisipasi mengirimkan artikel dan aktif dalam proses diskusi selama SemNas berlangsung. Tidak lupa kami menyampaikan penghargaan kepada panitia penyelenggara yang membuat kegiatan ini dapat terlaksana, termasuk pengarah dan *reviewer* yang mendukung penerimaan artikel dan menjamin kualitasnya. Akhir kata, kami ucapkan terima kasih dan sampai jumpa pada pelaksanaan SemNas ALE berikutnya. Kiranya Tuhan Yang Maha Kuasa selalu memberkati kita semua.

Ambon, 21 Juli 2022
Dekan Fakultas Teknik,

Dr. Pieter Th. Berhиту, S.T., M.T.

PANITIA PENGARAH

- Prof. Ir. I.N.G. Wardana, M.Eng., Ph.D. (Universitas Brawijaya)
- Prof. Ir. Togar M. Simatupang, M.Tech., Ph.D., IPU (ITB)
- Prof Dr. Ir. Eddy Subroto (ITB)
- Prof. Dr. Ir. Marcus Tukan, BSE., MT (Universitas Pattimura)
- Prof. Ario Sunar Baskoro, ST., MT, M.Eng (Universitas Indonesia)
- Bertha Maya Sopha, S.T., M.Sc., Ph.D. (Universitas Gajah Mada)
- Ir. Olga Catherina Pattipawaej, M.S., Ph.D. (Universitas Kristen Maranatha)
- Dr. Pieter. Th. Berhitu, ST., MT. (Universitas Pattimura)
- Dr. D. R. Lekatompessy, ST., MT. (Universitas Pattimura)
- Wilma Latuny, ST, M.Si, M.Phil, Ph.D. (Universitas Pattimura)
- J. Latuny, ST., M.Eng, Ph.D. (Universitas Pattimura)
- Dr. H. Mandaku, ST., MT. (Universitas Pattimura)

TIM REVIEWER

- Prof. Ir. Moses L. Singgih, M.Sc., Ph.D (ITS Surabaya)
- Dr. R. B. Luhulima, ST., MT. (Unpatti, Ambon)
- Dr. N. L. Th. Thenu, ST., MT. (Unpatti, Ambon)
- Dr. N. Hattu, S.Si., M.Si. (Unpatti, Ambon)
- Dr. Warniyati, ST., MT. (Unpatti, Ambon)

JADWAL SEMINAR ALE 2022

Waktu (GMT + 9)		Acara	Ruang/ Penanggung jawab
Mulai	Selesai		
09.00	10.00	Registrasi	Ruang Utama
10.00	10.05	Pembukaan	Ruang Utama/ MC (Meiske K. C. Mairuhu, S.Pd.K., M.Pd)
10.05	10.15	Lagu Kebangsaan” Indonesia Raya ”	
10.15	10.25	Laporan Ketua Panitia: Dr. Hanok Mandaku, ST., MT. (Ketua Panitia)	
10.25	10.40	Sambutan Pembuka: Prof. Dr. M. J. Sapteno, SH., M.Hum (Rektor Universitas Pattimura)	
10.40	10.50	DOA	Rohaniawan Kristen & Islam
10.50	11.00	BREAK	Sie Konsumsi
11.00	11.20	Keynote Speaker Prof. Ir. Sakti Adji Adisasmita, M.Si., M.Eng.Sc., Ph.D.	Ruang Utama/ Moderator (W. M. Rumaherang, ST., M.Sc., Ph.D.)
11.20	11.40	Keynote Speaker Prof. Dr-Ing. Suhardjono, M.Sc.	
11.40	12.00	Keynote Speaker Alfa Edison Ilela, ST., M.Sc., Ph.D	
12.00	13.00	Sesi Tanya dan Jawab	
13.00	13.30	ISHOMA	Sie Konsumsi
13.30	15.30	Sesi Paralel	Ruang Paralel/ Moderator Ruang
15.30	15.40	Penutup Dr. Pieter Th. Berhиту, ST., MT. (Dekan Fakultas Teknik Universitas Pattimura)	Ruang Utama/ MC
AMATOO			

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
KATA PENGANTAR	ii
PANITIA PENGARAH	iii
TIM REVIEWER	iv
JADWAL ACARA ALE 2022	v
DAFTAR ISI	vi
PERFORMA MATERIAL DALAM MENYERAP PANAS DI RUSUN POLITEKNIK KELAUTAN DAN PERIKANAN SORONG <i>Rezza Ruzuqi, Eko Tavip Maryanto</i>	 1 - 6
INOVASI KONSTRUKSI PERAHU TRADISIONAL; SATU UPAYA MEMPERBAIKI AKSES PERAHU PENYEBERANGAN TELUK AMBON <i>Reico H. Siahainenia</i>	 7 - 11
PEMILIHAN MODEL DAN OPTIMASI KAPAL IKAN UNTUK JENIS TANGKAPAN DI PERAIRAN PULAU AMBON <i>Billy Jhones Camerling, Sefnath J. E. Sarwuna, Cendy S. E. Tupamahu</i>	 12 - 17
ANALISIS KEANDALAN KOGNITIF (COGNITIVE RELIABILITY) PADA TUGAS DOSEN <i>Choirul Bariyah, Isana Arum Primasari, Endra Nugroho</i>	 18 - 24
ANALISIS TEKANAN ANGIN AIRBAG SAAT PELUNCURAN KAPAL <i>Eliza R. de Fretes, Helly S. Lainsamputty, R. Iriawan</i>	 25 - 29
ANALISIS PARTISIPASI MASYARAKAT DALAM PROGRAM NUSP-2 DI KELURAHAN PANDAN KASTURI, KOTA AMBON <i>S. A. Dewi, W. D. Nanlohy, Hanok Mandaku</i>	 30 - 36
ANALISIS GETARAN TORSIONAL POROS BALING-BALING PADA KN ULAR LAUT 405 <i>S. Kaliki, Novitha Leonora T Thenu, Mesak F. Noya, Abdul Hadi</i>	 37 - 45
ANALISIS BIAYA OPERASIONAL KENDARAAN (BOK) SEBAGAI DASAR PENENTUAN TARIF SEWA TRANSPORTASI BARANG DI PROVINSI MALUKU <i>Hanok Mandaku</i>	 46 - 52
EVALUASI KINERJA PELAT KOLEKTOR DATAR DENGAN BERBAGAI MODEL TUBE KOLEKTOR SENAGAI PEMANAS AIR SURYA AKTIF <i>Nicolas Titahelu, Cendy S. E. Tupamahu, Sefnath J. E. Sarwuna</i>	 53 - 58
STRATEGI PENGEMBANGAN USAHA RUMAHTANGGA BERBASIS SUMBER DAYA LOKAL PERKEBUNAN DI DAERAH KEPULAUAN(STUDI KASUS: NEGERI BOOI MALUKU TENGAH) <i>Ariviana L. Kakerissa, Hendri Dony Hahury, Freddy H Louhenapessy</i>	 59 - 68
KINERJA BONGKAR MUAT PELABUHAN PERIKANAN NUSANTARA AMBON DALAM MENUNJANG PENANGKAPAN IKAN TERUKUR <i>Ruth Phetrosina Soumokil</i>	 69 - 73

ANALISIS LAJU PENGAUSAN PERLINDUNGAN ZINK ANODA PADA KAPAL TERHADAP LAJU KOROSI <i>Sonja Treisje Anthonia Lekatompessy</i>	74 - 78
PENGARUH FAKTOR BIOLOGI DENGAN KEJADIAN DERMATOSIS PADA NELAYAN DI DESA TULEHU, AMBON <i>Monalisa Manuputty, Johana Matakupan</i>	79 - 84
ANALISIS PEMILIHAN SUPPLIER MENGGUNAKAN ANALYTICAL HIERARCHY PROCESS (AHP) <i>Farid Abdullah, Daniel Bunga Paillin, Billy Jhones Camerling, Johan Marcus Tupan</i>	85 - 91
PENGUKURAN KINERJA MENGGUNAKAN BALANCED SCORECARD DI GRAMEDIA AMBON <i>Christian Alessandro, Alfredo Tutuhaturunewa, Daniel B. Paillin</i>	92 - 96
ANALISIS KUALITAS LIMBAH WASTE WATER TREATMENT PLANT PADA PLTMG. SERAM PEAKER 20 MW DENGAN MENGGUNAKAN METODE SEVEN TOOLS <i>Aminah Soleman, Alfredo Tutuhaturunewa, Rahmat Pakay</i>	97 - 105
UJI PENGARUH PANJANG PIPA KAPILER TERHADAP KERJA UNIT PEMBUAT ES SKALA KECIL MENGGUNAKAN OUTDOOR AC 2 PK <i>R. Ufie, Cendy S.E Tupamahu, M. Mas'ud Tohepaly</i>	106 - 109
KARAKTERISTIK GETARAN PADA DINDING KAPAL PENUMPANG BERMATERIAL FIBER REINFORCE PLASTIC AKIBAT OPERASIONAL MESIN INDUK <i>Debby R. Lekatompessy, Christopher C. Tititheru, Agustinus S. Titirloloby, Dimas G. Panjaitan</i>	110 - 115
ANALISIS PENGEMBANGAN GALANGAN DENGAN MENGGUNAKAN SISTEM AIRBAG DI MALUKU <i>Eliza R. de Fretes</i>	116 - 120
APLIKASI METODE SERVICE QUALITY DALAM MENGANALISIS KUALITAS PELAYANAN PT. PLN (PERSERO) PLTD POKA AMBON <i>Imelda Christy Poceratu, Nil Edwin Maitimu</i>	121 - 128
ANALISIS SIFAT MEKANIS KEKUATAN IMPAK KOMPOSIT SERAT SABUT KELAPA DAN TANAH LIAT YANG DIPERKUAT PATI SAGU <i>Arthur Y. Leiwakabessy, Benjamin G. Tentua, Fany Laamena</i>	129 - 133
ANALISIS TINGKAT PRODUKTIVITAS PERUSAHAAN DENGAN METODE AMERICAN PRODUCTIVITY CENTER (APC) PADA UD. X <i>Nil Edwin Maitimu, Marcy L. Pattiapon</i>	134 - 140
RENCANA PENGEMBANGAN USAHA GETAH DAMAR DENGAN METODE SWOT DAN QSPM (QUANTITATIVE STRATEGIC PLANNING MATRIKS) <i>Richard A. de Fretes, Fransina Tibalilatu</i>	141 - 147
DESAIN EVAPORATOR SISTEM REFRIGERASI MEKANIK UNTUK KAPAL IKAN 3 GT <i>Gertruida S. Norimarna, P. Ciptoadi, Farel I. R. Sipahelut dan Fany Laamena</i>	148-151

PERFORMA MATERIAL DALAM MENYERAP PANAS DI RUSUN POLITEKNIK KELAUTAN DAN PERIKANAN SORONG

Rezza Ruzuqi¹ dan Eko Tavip Maryanto²

¹Jurusan Mekanisasi Perikanan Politeknik Kelautan dan Perikanan Sorong, Sorong 98411

E-mail: rezza.ruzuqi31@gmail.com

²Jurusan Teknik Sipil Universitas Pendidikan Muhammadiyah Sorong, Sorong 98418

Email : ekotavipm@gmail.com

Abstrak Material peredam panas merupakan material alami atau sintetis yang diaplikasikan untuk menahan temperatur tinggi. Di alam, banyak terkandung material peredam panas misalkan tanah, bebatuan mineral, dan lain sebagainya. Raw material tersebut, nantinya akan diolah atau dimanfaatkan langsung untuk diaplikasikan sebagai material peredam panas. Kota sorong merupakan sebuah kota yang memiliki kondisi paling kritis dan telah menjadi tantangan penting bagi banyak kota dalam permasalahan pulau panas perkotaan. Kondisi tersebut memacu timbulnya sebuah fenomena *Urban Heat Island* (UHI). Dalam upaya untuk mengurangi panas yang ditimbulkan, digunakan berbagai macam material untuk diaplikasikan di beberapa hal. Material tersebut diantaranya Material Beton Cor, Material Aspal, Material Tanah. Dalam penelitian ini, performa material dalam mengurangi panas ditentukan untuk ketiga material tersebut. Alat ukur yang digunakan adalah alat ukur yang umum digunakan untuk mengukur temperatur. Pengukuran dilakukan mulai dari pagi sampai malam. Hasil yang didapatkan bahwa material beton cor memiliki performa lebih baik dibanding dengan material jenis lain jika diaplikasikan sebagai atap dalam mengurangi panas. Sedangkan material aspal merupakan material yang baik jika diaplikasikan sebagai material jalan. Dengan temperatur rata-rata yang dihasilkan masing-masing material pagi = $32.5^{\circ}C$, siang = $60.2^{\circ}C$, sore = $34.7^{\circ}C$, dan malam = $31.0^{\circ}C$ dan pagi = $30.0^{\circ}C$, siang = $33.4^{\circ}C$, sore = $29.4^{\circ}C$, dan malam = $28.5^{\circ}C$.

Kata kunci: Urban Heat Island (UHI), Material Beton Cor, Material Aspal, Material Tanah

Abstract Heat-absorbing material is a natural or synthetic material applied to withstand high temperatures. In nature, there are many heat-absorbing materials such as soil, mineral rocks, and others. The raw material is processed or used directly applied as a heat-absorbing material. Sorong city is that city has the most critical condition and has become challenging for many cities in the problem of the urban heat island. This condition spurred the emergence of an Urban Heat Island (UHI) phenomenon. In an attempt at the heat generated, various materials used to apply in several ways. These materials include Cast Concrete Materials, Asphalt Materials, and Soil Materials. In this study, the performance of the materials was determined. The measuring instrument used is a measuring instrument commonly used to measure temperature. Measurements start from morning until night. The results obtained that cast concrete material has better performance than other materials when applied as a roof to reduce heat. While asphalt is a good material when applied as road material. With the average temperature produced by each material, morning = $32.5^{\circ}C$, afternoon = $60.2^{\circ}C$, evening = $34.7^{\circ}C$, and night = $31.0^{\circ}C$ and morning = $30.0^{\circ}C$, afternoon = $33.4^{\circ}C$, evening = $29.4^{\circ}C$, and night = $28.5^{\circ}C$.

Keywords: Urban Heat Island (UHI), Cast Concrete Material, Asphalt Material, Soil Material

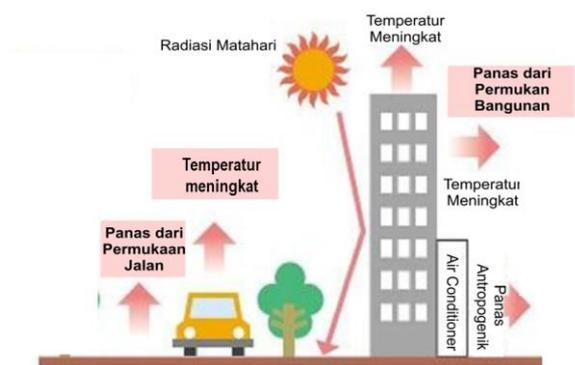
1. PENDAHULUAN

Pulau panas perkotaan adalah salah satu masalah lingkungan perkotaan yang paling kritis dan telah menjadi tantangan penting bagi banyak kota. Selama dekade terakhir, ada banyak penelitian tentang pulau panas perkotaan di kota-kota besar di seluruh dunia [1].

Perkembangan kawasan terbangun di Sorong terutama di kawasan kota sangat berpengaruh terhadap suhu udara lokal yang berada di kawasan perkotaan, kawasan perkotaan memiliki suhu udara yang lebih panas dibandingkan dengan suhu udara yang berada di pinggir kota, menyebabkan mulai terlihat terjadi pulau pulau panas perkotaan akibat kurangnya tutupan vegetasi.

Saat ini, di Kota Sorong suhu jauh lebih hangat daripada daerah pinggiran, terutama akibat perluasan kawasan terbangun memperkuat efek ini. Hal ini dapat dilihat dari peningkatan suhu yang terjadi dalam kurun waktu Tahun 1997-2021 dimana pada tahun 1997 suhu di Kota Sorong masih berkisar $25^{\circ}C-30^{\circ}C$, kemudian mengalami peningkatan di Tahun 2006 menjadi $30^{\circ}C-35^{\circ}C$ dan pada awal tahun 2021 tercatat di beberapa wilayah di Kota Sorong memiliki suhu diatas $35^{\circ}C$.

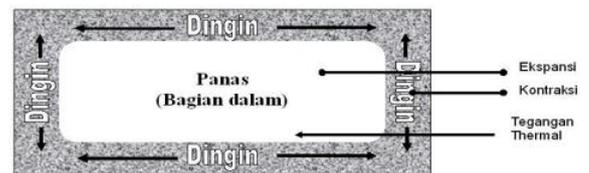
Urban Heat Island (UHI) adalah fenomena iklim mikro yang khas di daerah perkotaan. Suhu udara di perkotaan lebih tinggi dibandingkan daerah pedesaan [2]. Dalam hal ini atap dan permukaan kota (*land surface*) menjadi bagian yang paling banyak meningkatkan temperatur dimana sinar dari matahari yang di terima dengan bahan material yang menyerap panas. Untuk itu dibutuhkan material reflektor terbaik sehingga UHI bisa dikurangi yang nantinya akan di test nilai albedonya. Gambar 1 menunjukkan fenomena peningkatan temperatur sebuah kota dari material yang menyerap panas.



Gambar 1. Fenomena peningkatan temperatur sebuah kota dari material yang menyerap panas

Beton merupakan material penahan panas, sehingga Performa beton dalam menahan panas telah banyak diteliti sejak lama. Penelitian terkait topik tersebut diantaranya pengaruh panas hidrasi beton dengan semen type II [3], dan pengaruh lama waktu pemanasan mortar [4] penambahan akselerator nanokomposit baru [5], kinerja beton geopolimer berbasis terak yang diganti bubuk kaca di bawah suhu tinggi [6], pengaruh suhu ruang penyimpanan pada pengukuran permeabilitas udara dan penyerapan air [7], profil waktu-suhu dengan sifat mekanik dan daya tahan beton massa kinerja tinggi (HPMC) [8], dan ketahanan ledakan komponen beton kinerja ultra tinggi (UHPC) yang diperkuat serat setelah terpapar suhu tinggi [9].

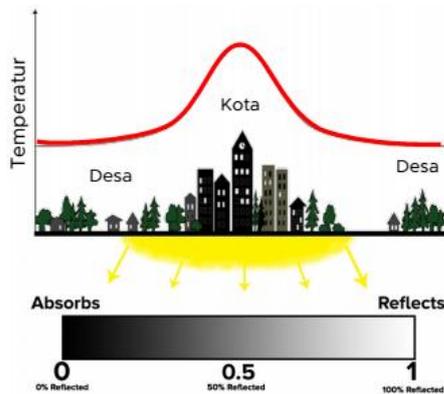
Selanjutnya, di sisi lain beton memiliki sifat “*Poor Thermal Conductivity*” sehingga beton dengan volume yang besar memerlukan waktu yang relatif lebih lama untuk melepaskan panas yang dikandung. Pada proses pelepasan panas, bagian permukaan beton akan lebih mudah melepaskan panas dibandingkan dengan bagian dalam. Hal ini mengakibatkan selalu terjadi perbedaan suhu antara beton bagian dalam dan bagian per mukaan selama proses pelepasan panas berlangsung [3]. Gambar 2 menunjukkan fenomena dari sifat “*Poor Thermal Conductivity*” dari material beton.



Gambar 2. Fenomena sifat “*Poor Thermal Conductivity*”

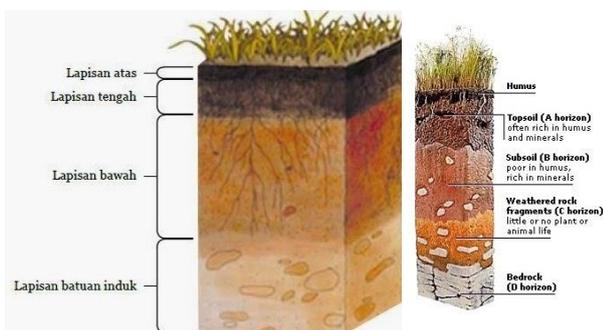
Aspal memiliki sifat viskoelastis aspal akibat perubahan temperatur yang dinyatakan sebagai indeks penetrasi aspal (IP). Dari sifat ini, material aspal memiliki sifat mudah menyerap panas atau albedo. Albedo merupakan sebuah besaran yang menggambarkan perbandingan antara sinar Matahari yang tiba di permukaan bumi dan yang dipantulkan kembali ke angkasa dengan terjadi perubahan panjang gelombang (*outgoing longwave radiation*). Menurut [10], aspal memiliki nilai albedo 0.04 sampai 0.16, sedangkan beton 0.18 sampai 0.35. Dari hasil tersebut, terlihat bahwa perkerasan dengan albedo yang lebih rendah cenderung menyerap lebih banyak energi matahari, menghasilkan suhu perkerasan yang lebih tinggi. Atau dalam penjelasan lain bahwa dengan tingkat kekerasan atau nilai penetrasi yang sama belum tentu memiliki nilai IP yang sama. Sebaliknya,

aspal dengan nilai IP yang sama belum tentu memiliki tingkat kekerasan yang sama. Pada aspal dengan IP yang sama, semakin tinggi tingkat kekerasan aspal semakin tinggi ketahanan campuran beraspal yang dihasilkannya [11]. Gambar 3 menunjukkan fenomena albedo yang pada aspal. Dalam Gambar 3 tersebut, mengilustrasikan bahwa material aspal adalah material yang banyak digunakan di perkotaan dibandingkan dengan desa.



Gambar 3. Fenomena albedo yang pada aspal

Selain menggunakan material beton cor atau aspal dalam upaya mengurangi panas kota, maka pilihan selanjutnya adalah material tanah. Tanah yang merupakan bagian dari kerak bumi yang mengandung mineral dan bahan organik. Tanah terdiri atas beberapa lapisan, lapisan atas, lapisan tengah, lapisan bawah, dan lapisan batuan induk. Gambar 4 menunjukkan gambar lapisan tanah secara umum.



Gambar 4. Lapisan tanah secara umum

Tanah memiliki beberapa lapisan yang memiliki tingkat kerapatan berbeda-beda. Tingkat kerapatan tersebut dapat dimanfaatkan untuk mengurangi panas. Untuk mengetahui performa tanah dalam menanggulangi masalah panas, beberapa penelitian dilakukan diantaranya pengukuran temperatur dan kelembapan lapisan tanah [12] dan dilakukan

pemodelan dalam temperatur tanah musiman fluktuasi dan dampaknya terhadap kinerja dangkal penular panas lubang bor [13].

Dari beberapa jenis material penyerap panas yang disuguhkan dalam penelitian ini, maka perlu adanya sebuah tinjauan performa material yang sesuai untuk diaplikasikan pada sekitaran hunian rusun Politeknik Kelautan dan Perikanan Sorong dalam upaya mengurangi panas kota Sorong.

2. BAHAN DAN METODE

Penelitian ini dilaksanakan di sekitaran Hunian Rusun Politeknik Kelautan dan Perikanan Sorong pada tanggal 3 Februari 2022. Penelitian ini melibatkan dosen dan mahasiswa Politeknik Kelautan dan Perikanan Sorong. Gambar 5 menunjukkan lokasi penelitian.



Gambar 5. Lokasi penelitian

Prosedur penelitian yang digunakan adalah menentukan objek yang akan diukur. Syarat objek yang akan diukur memiliki perbedaan material penyusun. Material penyusun dimaksud adalah Tanah, Beton Cor, dan Aspal.

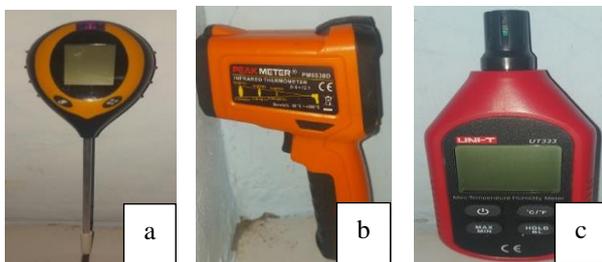


Gambar 6. Objek penelitian: (a) halaman depan rusun (Tanah); (b) pedestrian (Beton Cor); (c) pedestrian (Aspal); (d) ruangan beratap (Beton Cor)

Kemudian untuk objek penelitian diantaranya di halaman depan rusun, Pedestrian, dan Plafon. Gambar 6a, 6b, 6c, dan 6d masing-masing menunjukkan objek pengukuran halaman depan rusun (Tanah), pedestrian (Beton Cor), pedestrian (Aspal), dan ruangan beratap (Beton Cor).

Setelah ditentukan objek pengukuran, selanjutnya menentukan titik ukur. Titik ukur digunakan untuk penanda agar bagian yang akan diukur tidak berbeda-beda. Karena apabila berbeda, maka akan menunjukkan data yang kurang valid.

Selanjutnya, setelah menentukan objek dan titik ukur, dilakukan pengukuran menggunakan alat ukur temperatur. Alat ukur yang digunakan merupakan alat ukur yang umum digunakan untuk mengukur temperatur. Dalam penelitian ini, alat ukur yang digunakan diantaranya adalah untuk pengukuran temperatur tanah menggunakan termometer tanah (*Electronic 4-in-1 soil meter*), untuk mengukur permukaan benda menggunakan thermo gun (*Peak Meter PM6530D*), dan untuk mengukur temperatur ruangan menggunakan termometer ruangan (UNI-T UT333). Gambar 7a, 7b, dan 7c masing-masing menunjukkan termometer tanah (*Electronic 4-in-1 soil meter*), thermo gun (*Peak Meter PM6530D*), dan termometer ruangan (UNI-T UT333) yang digunakan untuk pengambilan data.



Gambar 7. Alat ukur yang digunakan : (a) Termometer tanah (*Electronic 4-in-1 soil meter*); (b) Thermo gun (*Peak Meter PM6530D*); (c) Termometer ruangan (UNI-T UT333)

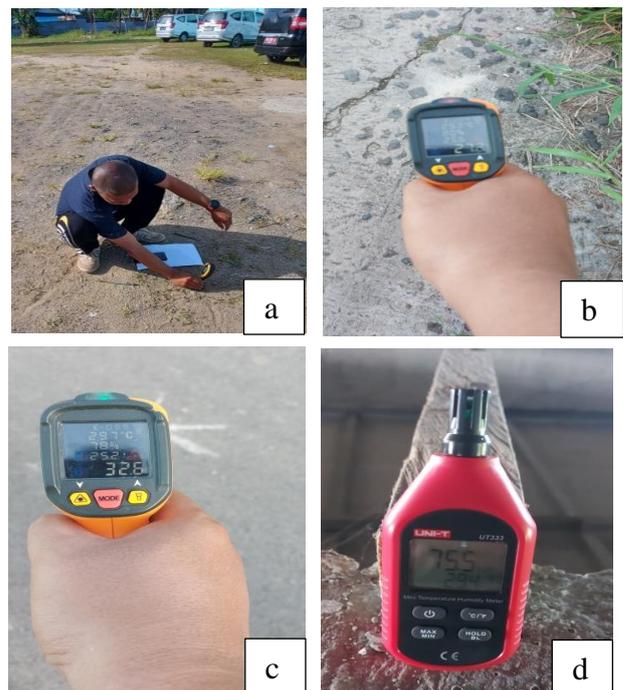
Dalam pelaksanaan penelitian, pengukuran temperatur menggunakan alat ukur yang telah disebutkan di atas. Pengukuran temperatur dilakukan pengulangan sebanyak tiga kali dan dilakukan mulai dari pagi sampai tengah malam. Hasil pengukuran, selanjutnya dimasukkan sebuah tabel yang selanjutnya dilakukan analisis. Tabel 1 menunjukkan tabel pengukuran yang digunakan dalam penelitian ini.

Tabel 1. Titik pengukuran

Lokasi	Objek	Temperatur (°C)			
		Waktu (WIT)			
		Pagi (08.00-09.00)	Siang (12.00-13.00)	Sore (19.00-20.00)	Malam (00.00-01.00)
Rusun	Halaman depan rusun (Tanah)				
	Pedestrian (Beton Cor)				
	Pedestrian (Aspal)				
	Ruangan beratap (Beton Cor)				

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengambilan data dilakukan mulai dari pagi sampai malam di sekitaran hunian rusun Politeknik Kelautan dan Perikanan Sorong. Gambar 8a, 8b, 8c, dan 8d masing-masing menunjukkan proses pengambilan data untuk objek penelitian halaman depan rusun (Tanah), pedestrian (Beton Cor), pedestrian (Aspal), dan ruangan beratap (Beton Cor).



Gambar 7. Proses pengambilan data dengan objek : (a) halaman depan rusun (Tanah); (b) pedestrian (Beton Cor); (c) pedestrian (Aspal); (d) ruangan beratap (Beton Cor)

Setelah dilakukan pengukuran, terlihat bahwa temperatur mengalami naik turun yang begitu drastis. Hal tersebut ditunjukkan oleh Tabel 2 hasil pengamatan.

Tabel 2. Hasil pengamatan

Lokasi Objek	Temperatur ($^{\circ}C$)			
	Waktu (WIT)			
	Pagi (08.00- 09.00)	Siang (12.00- 13.00)	Sore (19.00- 20.00)	Malam (00.00- 01.00)
Rusun Halaman (Tanah)	32.0	36.0	35.0	33.0
	33.0	37.0	36.0	33.0
	32.0	37.0	36.0	33.0
Pedestrian (Cor)	32.1	59.8	35.3	31.2
	32.6	60.9	34.4	31.2
	32.8	60.0	34.4	30.7
Pedestrian (Aspal)	29.4	33.9	29.3	28.5
	30.4	33.9	29.5	28.6
	30.2	32.3	29.5	28.3
Ruangan beratap (Beton Cor)	42.8	60.7	27.5	27.8
	42.0	59.3	27.4	27.3
	44.7	59.6	28.0	28.1

Seperti yang ditunjukkan oleh Tabel 2, terlihat bahwa temperatur yang dihasilkan pada beberapa titik mengalami fluktuasi seiring dengan perubahan waktu pengambilan data. Seperti pada objek halaman (tanah) memiliki nilai rata-rata temperatur pagi = $32.3^{\circ}C$, siang = $36.7^{\circ}C$, sore = $35.7^{\circ}C$, dan malam = $33.0^{\circ}C$, Pedestrian (cor) memiliki nilai rata-rata temperatur pagi = $27.7^{\circ}C$, siang = $50.6^{\circ}C$, sore = $30.7^{\circ}C$, dan malam = $28.1^{\circ}C$, Pedestrian (aspal) memiliki nilai rata-rata temperatur pagi = $32.5^{\circ}C$, siang = $60.2^{\circ}C$, sore = $34.7^{\circ}C$, dan malam = $31.0^{\circ}C$, dan Atap Beton yang memiliki nilai rata-rata temperatur pagi = $30.0^{\circ}C$, siang = $33.4^{\circ}C$, sore = $29.4^{\circ}C$, dan malam = $28.5^{\circ}C$.

Ditinjau dari performa material penyusunnya, material beton cor memiliki performa yang baik dalam mengurangi panas kota sorong. Hal tersebut karena dalam beton cor mengandung semen, agregat halus, agregat kasar, dan air yang memenuhi kriteria workabilitas, kekuatan, durabilitas, dan penyelesaian akhir yang sesuai dengan spesifikasi. Sehingga memiliki perbedaan sifat dan karakteristik bahan penyusunnya unik. Perbedaan sifat dan karakteristik tersebut dapat mengurangi temperatur yang dihasilkan.

Kemudian jika dibandingkan dengan permukaan tanah, material beton cor memiliki performa lebih baik. Hasil tersebut terlihat dari hasil pengukuran yang telah dikerjakan. Seperti pada objek halaman (tanah) memiliki nilai rata-rata temperatur pagi = $32.3^{\circ}C$, siang = $36.7^{\circ}C$, sore = $35.7^{\circ}C$, dan malam = $33.0^{\circ}C$ dan Pedestrian (cor) memiliki nilai rata-rata temperatur pagi = $27.7^{\circ}C$, siang = $50.6^{\circ}C$, sore = $30.7^{\circ}C$, dan malam = $28.1^{\circ}C$. Dari hasil yang didapatkan, terlihat bahwa temperatur pedestrian cor memiliki hasil rendah akan tetapi pada siang hari terjadi kenaikan yang ekstrim. Tingginya temperatur tanah tersebut disebabkan

karena permukaan tanah terdapat rongga yang masih bisa dimasuki panas, sehingga panas masih terjebak di dalam. Sedangkan untuk pedestrian (cor), mudah untuk memantulkan panas. Oleh sebab itu, temperatur yang dihasilkan kecil.

Selanjutnya, jika dibandingkan dengan pedestrian (aspal), material beton cor memiliki performa lebih baik. Seperti pada objek pedestrian (aspal) memiliki nilai rata-rata temperatur pagi = $32.5^{\circ}C$, siang = $60.2^{\circ}C$, sore = $34.7^{\circ}C$, dan malam = $31.0^{\circ}C$ dan Pedestrian (cor) memiliki nilai rata-rata temperatur pagi = $27.7^{\circ}C$, siang = $50.6^{\circ}C$, sore = $30.7^{\circ}C$, dan malam = $28.1^{\circ}C$. Dari keseluruhan hasil yang didapat, pedestrian berbahan cor keseluruhan memiliki nilai temperatur rendah. Hal tersebut dapat ditinjau dari sumber bahan tersebut. Aspal dihasilkan dari industri kilang minyak mentah (*crude oil*) melalui proses destilasi. Dari sumber tersebut, jelas bahwa material aspal mudah menyerap panas dan susah untuk mengeluarkannya. Oleh sebab itu, panas yang ada di dalam aspal masih terjebak dalam materialnya. Sehingga jika dilakukan pengukuran, temperatur yang dihasilkan oleh material aspal memiliki temperature tinggi jika dibandingkan dengan material beton cor.

Kemudian jika material beton cor diaplikasikan sebagai atap, performa material tersebut juga masih baik jika dibanding dengan material lain. Hal tersebut terbukti dari hasil pengukuran yang dilakukan. Terlihat bahwa nilai rata-rata temperatur pagi = $30.0^{\circ}C$, siang = $33.4^{\circ}C$, sore = $29.4^{\circ}C$, dan malam = $28.5^{\circ}C$. Dari hasil tersebut, terdapat temperatur yang tinggi jika dibanding dengan material lain yakni pada pagi dan siang hari. Hal tersebut karena pada atap beton, apabila ada panas yang terjebak di dalam maka susah untuk keluar. Oleh sebab itu, panas yang dihasilkan oleh atap beton lebih lama jika dibanding dengan material lain.

4. KESIMPULAN

Dari hasil pengamatan, terlihat bahwa material beton cor memiliki performa lebih baik dibanding dengan material jenis lain jika diaplikasikan sebagai atap dalam mengurangi panas. Sedangkan material aspal merupakan material yang baik jika diaplikasikan sebagai material jalan. Dengan temperatur rata-rata yang dihasilkan masing-masing material pagi = $32.5^{\circ}C$, siang = $60.2^{\circ}C$, sore = $34.7^{\circ}C$, dan malam = $31.0^{\circ}C$ dan pagi = $30.0^{\circ}C$, siang = $33.4^{\circ}C$, sore = $29.4^{\circ}C$, dan malam = $28.5^{\circ}C$.

Dari hasil yang ditunjukkan memang menghasilkan performa baik dalam mengurangi

panas, tetapi terdapat kekurangan yang perlu diperhatikan. Material beton cor memiliki kekuatan tarik yang rendah, keuletan yang rendah dan beberapa penyusutan. Oleh sebab itu, ada beberapa aplikasi sipil yang kurang efisien jika menggunakan material beton cor.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih penulis sampaikan kepada pengelola rusun Politeknik Kelautan dan Perikanan Sorong, karena telah memberikan izin untuk dapat melakukan penelitian di area sekitar. Selanjutnya, penulis sampaikan terima kasih kepada dua orang Taruna atas nama Amirullah dan Muh.Krisna, karena berkat bantuan mereka kegiatan ini dapat berjalan sesuai yang diinginkan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Khamchiangta, D. and Dhakal, S., *Time series analysis of land use and land cover changes related to urban heat island intensity: Case of Bangkok Metropolitan Area in Thailand*, Journal of Urban Management 9, 383-395, 2020.
- [2] Landsberg, H.E., *The Urban Climate*. The Academic Press, London, New York, P196, 1981.
- [3] Rochaeti, E. Jul, D. Lilian, W. Dessi, and Moeljono. *PENGARUH PANAS HIDRASI BETON DENGAN SEMEN TYPE II TERHADAP KETEBALAN ELEMEN BETON*. Jurnal Teknik Sipil & Perencanaan 2, 183-194, 2014.
- [4] K. Widodo. (2002). *PENGARUH LAMA WAKTU PEMANASAN MORTAR TERHADAP PRODUKSI KAPUR BEBAS*. Prosiding Pertemuan Ilmiah Ilmu Pengetahuan dan Teknologi Bahan 2002.
- [5] Z. Lifeng, M. Rui, L. Junying, R. Shaoqin, Q. Xiaoqian, Y. Dongming, Q. Kuangliang, and W. Su., *Performance buildup of concrete cured under low-temperatures: Use of a new nanocomposite accelerator and its application*. Construction and Building Materials 335, 127529, 2022.
- [6] El-Mir. Abdulkader, J. Assaad J, and G. Nehme S., *Correlating strength and durability to time-temperature profiles of high-performance mass concrete*. Case Studies in Construction Materials 16, e01055, 2022.
- [7] Nguyen, M.H., Nishio, S., and Nakarai, K., *Effect of temperature on nondestructive measurements for air permeability and water sorptivity of cover concrete*. Construction and Building Materials 334, 127361, 2022.
- [8] Nida, A.D., Burhan M.K., and Ozcan A. *Performance of glass powder substituted slag based geopolymer concretes under high temperature*. Construction and Building Materials 331, 127318, 2022.
- [9] Xu. Zhenhuan, L. Jun, Q. Haimin, and W. Chengqing., *Blast resistance of hybrid steel and polypropylene fibre reinforced ultra-high performance concrete after exposure to elevated temperatures*. Composite Structures 294, 115771, 2022.
- [10] Pomerantz M, H. Akbari, S-C. Chang, R. Levinson, and B.Pon. (2003). “Examples of Cooler Reflective Streets for Urban Heat-Island Mitigation: Portland Cement Concrete and Chip Seals.” Report No. LBNL-49283, Lawrence Berkeley National Laboratory, Berkeley, CA.
- [11] Brennen. M, Tia, M, Altschaeffl. A.G., and Wood. L.E. (1999), *Laboratory Investigation Of The Use Of Foamed Asphalt For Recycled Bituminous Pavements*, Transportation Research Record 911, Washington, DC, TRB pp, 80-87.
- [12] Shi. W, Zhang. S, Wang. M., and Zheng. W., *Design and performance analysis of soil temperature and humidity sensor*. IFAC PapersOnLine, 51, 586-590, 2018.
- [13] Edhy. S.S., Hu. E., Kotousov. A., Riayatsyah. T.M.I., Khairil, and Hamdani., *A new approach to modelling of seasonal soil temperature fluctuations and their impact on the performance of a shallow borehole heat exchanger*. Case Studies in Thermal Engineering 22, 100781, 2020.

INOVASI KONSTRUKSI PERAHU TRADISIONAL, SATU UPAYA MEMPERBAIKI AKSES PERAHU PENYEBERANGAN TELUK AMBON

R. H. Siahainenia¹

¹Jurusan Teknik Perkapalan, Fakultas Teknik Universitas Pattimura, Ambon 97233

E-mail: ekoadvmal@gmail.com

Abstrak. Akses telah menjadi salah satu kendala lemahnya kompetisi bisnis perahu penyeberangan teluk Ambon dengan angkutan kota yang melalui jembatan Merah Putih. Bubungan atap yang rendah ($\pm 1,4\text{m}$ di buritan, 1m di haluan), dan najung menyilang tengah perahu, membuat penumpang dewasa harus menunduk $\pm(60-80)^\circ$ sambil mengangkat kaki saat masuk/keluar perahu. Solusi atas masalah akses ini adalah dengan menerapkan sistem konstruksi atap yang dapat diatur dan balok najung yang terputus. Penelitian dilakukan melalui desain dan simulasi konstruksi pada software SketchUp yang bertujuan menemukan mekanisme atap yang dapat dilipat, dan najung tidak menerus. Hambatan udara saat atap ditutup dan dibuka menggunakan rumus empirik. Penelitian telah menghasilkan sistem dan mekanisme balok bubungan dan balok kuda-kuda yang terbagi dua, berengsel, dan berkunci. Najung perahu terputus pada ujung gading. Luas atap posisi tertutup adalah $11,5\text{m}^2$ dengan hambatan udara $2,88\text{ kg}$, saat atap dilipat $1,09\text{ kg}$. Terdapat jalan bebas hambatan selebar $0,80\text{ m}$ sepanjang perahu. Kapabilitas baru perahu penyeberangan berkonstruksi unik ini akan meningkatkan daya saingnya terhadap kompetitornya.

Kata kunci : akses, atap, engsel

Abstract. Access has become one of the obstacles to the weak competition in the Ambon Bay crossing boat business with city transportation via the Red and White bridge. The roof ridge is low ($\pm 1.4\text{m}$ at the stern, 1m at the bow), and the najung crosses the center of the boat, makes adult passengers must bow down ($60-80^\circ$ while lifting their feet when entering/exiting the boat). The solution to this access problem is to implement a system of adjustable roof construction and disconnected najung beams. The research was carried out through design and construction simulations on the SketchUp software which aims to find the mechanism of a collapsible roof, and a non-continuous najung. Air resistance when the roof is closed and opened using an empirical formula. Research has resulted in systems and mechanisms of ridge beams and truss beams that are divided into two, hinged, and locked. The najung of the boat was cut off at the end of the tusk. The roof area in the closed position is 11.5m^2 with air resistance of 2.88 kg , when the roof is folded 1.09 kg . There is a freeway along the 0.80 m wide boat. The new capability of this uniquely constructed ferryboat will increase its competitiveness against its competitors.

Keywords: Accses, roof, hinge

1. PENDAHULUAN

Gubernur Maluku berharap, sekalipun telah ada jembatan Merah Putih (JMP) sebagai prasarana penyeberangan teluk dalam pulau Ambon, namun jasa penyeberangan perahu tradisional yang selama ini beroperasi tetap diminati banyak orang. Harapan sekaligus kekuatiran pemimpin daerah ini sangat beralasan mengingat masyarakat menjadi lebih kritis dalam memilih moda transportasi yang akan digunakan seiring makin banyaknya jasa transportasi

yang ditawarkan [1]. Alasan-alasan paling umum masyarakat dalam memilih moda transportasi adalah kenyamanan, waktu tempuh dan juga harga [2]. Hasil wawancara menunjukkan bahwa masyarakat cenderung memilih moda transportasi yang nyaman, dan mudah diakses saat masuk-keluar.



Gambar 1. Perahu tradisional vs JMP

Kecenderungan untuk memilih moda transportasi yang mudah diakses sekarang telah menjadi pilihan yang dominan bagi masyarakat pengguna jasa penyeberangan teluk Ambon.

Kelemahan konstruksi perahu penyeberangan yang ditemukan adalah, atap merupakan suatu konstruksi kaku, terlalu rendah, tidak cukup tinggi dan luas untuk melindungi penumpang sebagaimana fungsinya [3]. Balok najung melalui tengah-tengah perahu sehingga menghalangi jalan penumpang. Semua kelemahan konstruktif perahu ini mengakibatkan penumpang mengalami kendala ergonomis saat masuk atau keluar perahu [4]. Perahu harus berbalik arah saat tiba di tempat tujuan agar penumpang dapat keluar melalui jalan masuk. Konstruksi atap perahu yang sekarang ini kurang memberikan kesempatan bagi penumpang untuk menikmati panorama sekeliling teluk Ambon karena pandangan terhalang atap yang dipasang kaku dan tidak dapat dilepas secara mudah.

Inovasi konstruksi dalam penelitian ini dilakukan sebagai upaya memperbaiki aksesibilitas perahu demi meningkatkan kepuasan penumpang [5]. Diharapkan upaya ini akan memberikan kontribusi positif bagi keberlangsungan industri jasa penyeberangan ini. Hambatan angin yakni besarnya tahanan yang dialami oleh bagian dari badan utama perahu di atas permukaan air ditambah dengan atap, akibat gerakan perahu atau bertiupnya angin.

Hembusan angin akan menimbulkan tahanan angin yang besarnya bergantung pada kecepatan hembusan angin dan arah datangnya. Tahanan angin pada kapal yang bergerak di air tenang dapat ditulis sebagai berikut [6]:

$$R_{AA} = C_s \frac{1}{2} \rho A_w V^2 \tag{1}$$

dimana : C_s = koefisien bentuk
 ρ = massa jenis udara (Kg)
 A_T = Luas proyeksi tereksitasi angin (m^2)
 V = Kecepatan angin (m/det)

Gaya angin menurut rumus *American Bureau Shipping*, [7] :

$$F_w = 0,0613 C_h C_s S V_w^2 \tag{2}$$

dimana : C_h = koefisien tinggi

C_s = koefisien bentuk
 S = permukaan terkena angin (m^2)
 V_w = kecepatan desain angin (m/det)

Tabel 1. Koef. tinggi, C_h VS tinggi aplikasi

H		C_h
(feet)	(meter)	
0 – 50	0 – 15,24	1,00
50 – 100	15,24 – 30,48	1,10
100 – 150	30,48 – 45,72	1,20
150 – 200	45,72 – 60,96	1,30
200 – 250	60,96 – 76,20	1,40
250 – 300	76,20 – 91,44	1,50

Tabel 1 memperlihatkan nilai C_h membesar seiring tinggi aplikasi struktur yang ditinjau dari permukaan air tenang.

Tabel 2. Koefisien bentuk (C_s) penampang

Shape	C_s
Sylindrical	0,50
Hull (surface type)	1,00
Deck house	1,00
Isolated structural shapes	1,50
Under-deck areas	1,00
Rig derrick (each face)	1,25

Nilai koefisien hidrodinamis terkecil adalah 0,5 untuk bentuk silinder, sedangkan semakin kompleks struktur maka nilai C_s semakin besar.

Tekanan statis angin yang bekerja pada pusat proyeksi lateral dihitung dengan rumus [8]:

$$q = \frac{v_e^2}{16} \sqrt[4]{\frac{h}{10}} \tag{3}$$

dimana : v_e = kecepatan angin (m/det)
 h = tinggi bangunan

2. BAHAN DAN METODE

Penelitian ini menggunakan metode deskriptif-kuantitatif, dilakukan untuk menghasilkan konsep akses baru perahu penyeberangan teluk Ambon. Penelitian mengemukakan konsep konstruksi atap dan najung yang memberikan akses, kenyamanan dan perlindungan maksimal kepada penumpang. Konstruksi atap dan najung dalam penelitian ini menggunakan kayu Govasa.

Penelitian awal dilakukan untuk mendapatkan data dimensi perahu penyeberangan yang saat ini beroperasi, serta observasi, pengamatan langsung pada akses, masuk-keluar perahu. Wawancara penumpang dan pendayung untuk mendapatkan data subjektif tentang aksesibilitas.

Berdasarkan data-data primer di atas, kemudian dilakukan penetapan atribut keinginan penumpang yang menonjol untuk ditindaklanjuti dalam menyusun konsep desain teknologi tepat guna

yang berhubungan dengan akses penumpang masuk-keluar perahu. Setelah konsep desain ditetapkan, tahap selanjutnya adalah melakukan deskripsi properti dari teknologi yang memperbaiki akses berahu berdasarkan pada kebutuhan penumpang maupun pendayung perahu.

Tahap Persiapan, dilakukan dengan membuat sketsa perahu yang mempertimbangkan dimensi perahu yang telah beroperasi dan juga daya muat berkaitan dengan pengembangan bisnis ke depan.

Tahap Penetapan Konsep desain teknologi akses, adalah merealisasikan *needs* penumpang maupun pendayung perahu tentang akses, naik-turun perahu. Tahap ini dilakukan berupa penggambaran 3D perahu pada software SकेhUp.

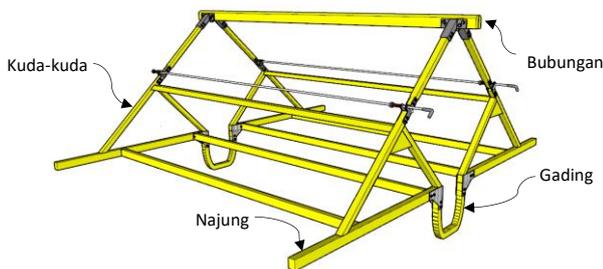
Tahap Pengujian dan deskripsi, untuk menguji secara visual fungsi desain konsep akses, maka dilakukan simulasi. Simulasi dilakan pada software SकेhUp untuk memperlihatkan apakah mekanisme buka-tutup atap berfungsi secara baik atau tidak. Tahap inipun memberi deskripsi properti konsep teknologi sebagai solusi untuk masalah penelitian.

Tahap desiminasi, memperkenalkan desain konsep inovasi atap perahu penyeberangan kepada para pendanyung, kelompok target, agar memperoleh informasi, timbul kesadaran, menerima dan akhirnya mau menginovasi perahu mereka.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

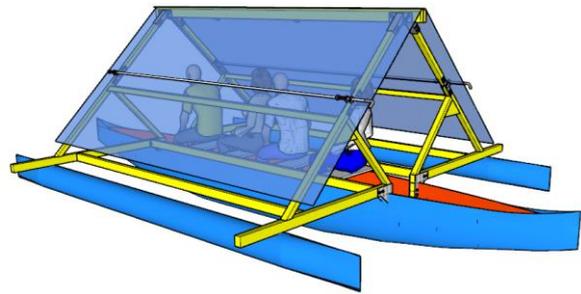
3.1 Konsep Konstruksi dan Mekanisme

Keunggulan komparatif konsep desain inovasi dalam penelitian ini dibandingkan dengan perahu sekarang sebagai moda transportasi penyeberangan teluk Ambon adalah pada konstruksi atap dan najung untuk memperbaiki aksesibilitas perahu.



Gambar 2. Desain inovasi rangka atap dan najung

Konsep inovasi desain dimaksud seperti pada Gambar 2 yang memperlihatkan letak balok-balok konstruksi atap (bubungan, kuda-kuda) dan balok najung yang tidak menerus.

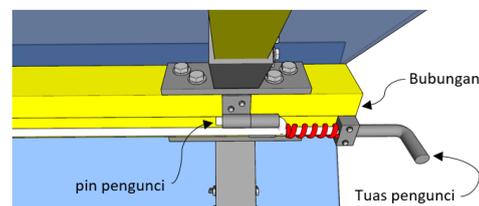


Gambar 4. Atap perahu posisi ditutup

3.2 Sistem Atap

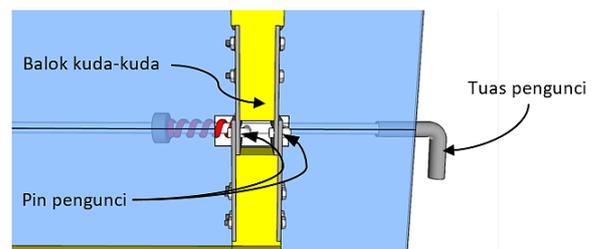
Keistimewaan atap dalam perancangan ini adalah konstruksi yang dapat dilipat. Mekanisme lipat ini bertujuan selain memberikan pilihan kenyamanan menyeberang teluk sambil berwisata, tetapi juga untuk mengurangi hambatan angin yang menerpa perahu wisata saat sedang beroperasi.

Balok bubungan terbagi dua, kiri dan kanan. Kedua balok bubungan akan menyatu dan dikunci saat atap ditutup. Penguncian dilakukan dengan cara menarik tuas pengunci kemudian mengarahkan pin pengunci memasuki lobang kunci seperti terlihat dalam Gambar 5.



Gambar 5. Sistem pengunci engsel bubungan

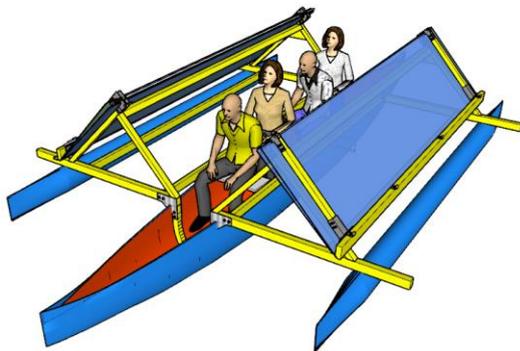
Balok kuda-kuda muka dan belakang dibagi dua, tersambung dengan engsel pada masing balok. Penguncian engsel dilakukan dengan cara menarik tuas pengunci, mengarahkan pin pengunci memasuki lobang di engsel (Gambar 6). Seperti terlihat dalam Gambar 7.



Gambar 6. Sistem pengunci engsel kuda-kuda

Penumpang tidak perlu menunduk waktu masuk atau keluar dari dalam perahu. Penumpang juga

diberi pilihan untuk menikmati panorama alam tanpa terhalang atap



Gambar 7. Atap posisi terbuka/dilipat

Saat atap ditutup maka balok bubungan kiri bertemu dengan balok bubungan kanan kemudian dikunci. Begitu juga balok kuda-kuda depan dan belakang dilaraskan dan dikunci. Saat atap dibuka, pengunci bubungan dan pengunci kuda-kuda dilepaskan berurutan, kemudian atap direbahkan ke sisi kiri dan kanan perahu.

3.3 Hambatan Angin pada Konstruksi Atap

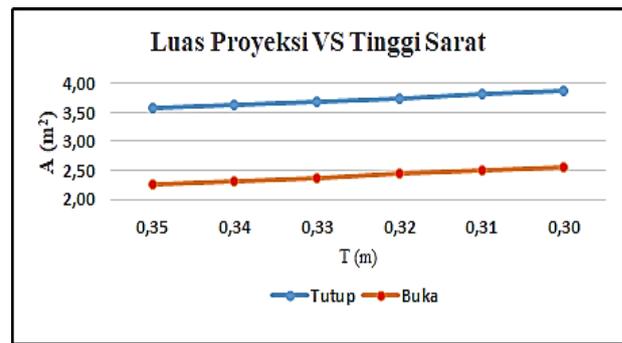
Data kecepatan angin 2006-2015 menunjukkan kecepatan rata-rata angin musim Barat (Desember-Januari) adalah (1,54 - 2,57) m/det., saat musim Timur (Juni-Agustus) kecepatan angin berkisar (1,54 - 3,08) m/det.[9]

Dalam penelitian ini kami mengambil kecepatan angin 3,08 m/s. sebagai kecepatan angin rancangan. Mempertimbangkan bobot penumpang dewasa, 70Kg, maka tinggi sarat perahu divariasikan dari (0,30 - 0,35)m. Hasil perhitungan luas proyeksi arah tegak lurus perahu seperti pada Tabel 4.

Tabel 4. Luas proyeksi vs tinggi sarat

No	T (m)	A _{perahu} (m ²)	AT _{tutup} (m ²)	AT _{buka} (m ²)	Atot _{tutup} (m ²)	Atot _{buka} (m ²)
1	0,35	0,89	2,69	1,38	3,57	2,26
2	0,34	0,94	2,69	1,38	3,63	2,32
3	0,33	1,00	2,69	1,38	3,69	2,38
4	0,32	1,06	2,69	1,38	3,75	2,44
5	0,31	1,12	2,69	1,38	3,81	2,50
6	0,30	1,18	2,69	1,38	3,87	2,56

Tabel 4 menunjukkan bahwa luas proyeksi terkecil adalah 2,26m² pada posisi atap terbuka. Ini terjadi pada sarat terbesar, 0,35m. Sebaliknya proyeksi terbesar 3,87m² pada posisi atap tertutup pada sarat terendah yakni 0,30m. Perbandingan luas proyeksi perahu antara kondisi atap terbuka dan tertutup pada setiap tinggi sarat adalah dalam range (63-66)%.



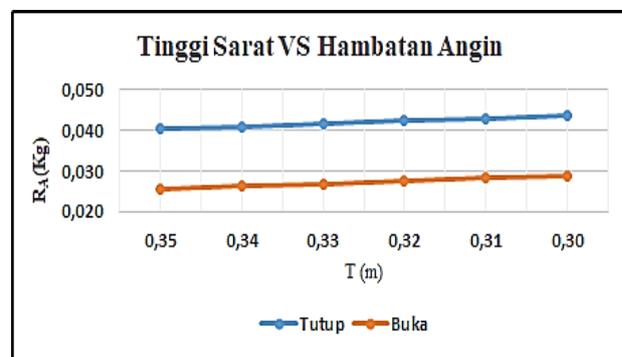
Gambar 7. Luas proyeksi (A) per tinggi sarat (T)

Seperti terlihat pada Gambar 7, luas proyeksi perahu peningkatan sejalan dengan berkurangnya tinggi sarat perahu. Keadaan ini terjadi ketika atap terbuka maupun pada saat atap tertutup. Simulasi perubahan tinggi sarat perahu terhadap besarnya gaya dan momen angin seperti terdapat dalam Tabel 5.

Tabel 5. Hambatan angin VS tinggi sarat

No	T	z _A (m)		Luas proyeksi (m ²)		Hambatan Angin (Kg)	
		Tutup	Buka	Tutup	Buka	Tutup	Buka
1	0,35	0,26	0,15	3,57	2,26	2,66	1,68
2	0,34	0,31	0,20	3,63	2,32	2,70	1,73
3	0,33	0,36	0,25	3,69	2,38	2,75	1,77
4	0,32	0,41	0,30	3,75	2,44	2,79	1,81
5	0,31	0,46	0,35	3,81	2,50	2,83	1,86
6	0,30	0,51	0,40	3,87	2,56	2,88	1,90

Variasi hambatan angin terhadap tinggi sarat perahu seperti terlihat dalam Tabel 5 menunjukkan nilai hambatan angin terbesar, 3,88 Kg, adalah pada tinggi sarat terkecil, 0,30m pada posisi atap tertutup. Hambatan angin terkecil, 1,6 Kg, pada tinggi sarat terbesar, 0,35m, pada posisi atap terbuka.



Gambar 8. Hambatan angin (R_A) per sarat air (T)

Gambar 8 menjelaskan bahwa hambatan angin berbanding lurus dengan tinggi sarat perahu. Hal ini terjadi baik pada posisi atap dilipat dan pada tinggi

sarat maksimum (0,35 m), sebaliknya hambatan angin terbesar 2,88 Kg pada posisi atap tertutup dan pada tinggi sarat minimum.

4. KESIMPULAN

Mekanisme dari proses buka-tutup atap pada aplikasi *SketchUp* menunjukkan bahwa tidak ada kendala teknis yang menghalangi proses tersebut. Saat atap dilipat, terdapat jalan bebas hambatan selebar 0,80 m sepanjang atap yang memberikan akses yang baik bagi naik-turun penumpang.

Hambatan angin terbesar pada perahu 2,88 Kg posisi atap tertutup pada tinggi sarat terendah, 0,3m, sedangkan hambatan angin terkecil 1,90 Kg saat atap di buka, pada sarat terbesar, 0,35m. Atap inovasi memiliki luas 11,5m² saat ditutup yang memberi perlindungan maksimum kepada penumpang.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penelitian yang dilakukan dalam kapasitas penulis sebagai dosen Fakultas Teknik Unpatti, tapi juga sebagai Ketua Pusat Unggulan Inovasi (PUI) Unpatti; untuk itu penulis mengucapkan terima kasih kepada Dekan Fakultas Teknik Unpatti, dan Rektor Unpatti yang telah mempercayakan tanggung jawab tersebut.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] J. Malisan. (2017). Analisis Tingkat Pelayanan Terminal Penumpang Pelabuhan Balikpapan, Jurnal Penelitian Transportasi Laut No 19, PP. 76-87.
- [2] L. Sitinjak, C. Sitindaon, (2019). Pemilihan Moda Transportasi Pematangsiantar Menuju Bandara Silangit Dengan Metode Stated Preference. Jurnal Rekayasa Konstruksi Teknik Sipil No 1, PP. 43-57.
- [3] R. Mulyadi, S. Wijaya, Suwarjo. (2020). Analisa Struktur Rangka Atap Gedung Rektorat Universitas Muara Bungo (Rangka Kuda-kuda *Type Single Beam Frame*). Jurnal Komposits No 1 PP. 1-28.
- [4] K. Sputra, S. Purnawati, I.B.A. Swamardika, L.M.I. Adiputra, I.G.N. Priambadi, I.M.K. Dinata. (2020). Kursi Lantai dan Penataan Layout Meningkatkan *Work Engagement* dan Produktivitas Pekerja Pembuatan Atap Alang-Alang. Jurnal Ergonomi Indonesia No 1 PP.1-7
- [5] R. Indriyati, M. Affifuddin, A. Munir. (2018). Kajian Kepuasan Pengguna Rumah Bantuan Cinta Kasih Panteriek Banda Aceh, Jurnal Arsip Rekayasa dan Perencanaan No 1, PP. 83-93.
- [6] Fauzi, Z. Zaed, D. Wahyudi. (2019). Analisa Teknik Modifikasi Kapal Rib BL S 32 Dengan Pendekatan CFD. Jurnal Midship No 2 PP 1-10.

- [7] Y. Sheng (2020). A Review of the Calculation Methodes of Lifting Capacity in Wind Loads on Ocean Platform. Open Journal of Marine Science No 11 PP. 69-79.
- [8] R. Yanti (2018). Perencanaan Under Water Sightseeing Boat untuk Sarana Wisata Pulau Weh, Sabang.
- [9] K. Ondara, G. Rahmawan, U. Wissha (2017). Karakteristik Hidrodinamika di Perairan Teluk Ambon Untuk Mendukung Wisata Selam, Jurnal Kelautan No 1, PP. 67-77.

PEMILIHAN MODEL DAN OPTIMASI KAPAL IKAN UNTUK JENIS TANGKAPAN DI PERAIRAN PULAU AMBON

Billy J. Camerling¹, Sefnath J. E. Sarwuna², Cendy S. E. Tupamahu³

¹Jurusan Teknik Industri Fakultas Teknik Universitas Pattimura, Ambon 97233

E-mail: camerlingbilly@gmail.com

²Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Pattimura, Ambon 97233

Email: etwansarwuna19@gmail.com

³ Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Pattimura, Ambon 97233

Email: tupamahucendy@gmail.com

Abstrak. Kapal penangkap ikan di perairan Maluku diklasifikasi ada empat jenis yang sangat produktif yaitu kapal long line, kapal pole and line, kapal purse sine dan kapal pancing tonda/troll line. Dari data yang ada kapal tangkap jenis purse siner menghasilkan rata-rata hasil tangkapan 17.290 ton/tahun; 4509 trip/tahun dan CPUE 9 ton/tahun, sedangkan kapal long line dan kapal pole and line menghasilkan rata-rata hasil tangkapan 58,535 ton/tahun; 40 trip/tahun; CPUE 42,761 ton/tahun. Data ini mengindikasikan bahwa terjadi ketidakseimbangan antara jumlah armada yang ada dengan sumber daya yang tersedia terutama pada jenis kapal tangkap purse siner. Penelitian ini bertujuan untuk membuat model pemilihan, analisis sensitifitas dan model optimasi alat penangkapan ikan tuna dan cakalang dari empat jenis armada yang ada. Model yang dikembangkan adalah proses hirarki analitik untuk pemilihan dan programasi tujuan ganda untuk optimasi alat penangkapan ikan. Dari hasil perhitungan dengan Expert Choice Version 9.0 diperoleh tipe alat penangkapan Ikan tuna dan cakalang yang paling sesuai di perairan pulau Ambon adalah Pole and line. Selanjutnya jenis armada yang dapat dioptimalkan jumlahnya yaitu kapal jenis pole and line sebesar 125 kapal, long line 39 kapal, purse siner sebesar 47 kapal dan harus dibatasi jumlahnya yaitu troll and line atau pancing tonda yang sudah sangat banyak karena memberikan nilai 0 kapal dari hasil optimasi. Sedangkan jumlah tenaga kerja yang bisa diserap dari keseluruhan jumlah armada hasil optimasi sebanyak 211 kapal yaitu 5235 ABK. Dan juga diperoleh bahwa dana pemerintah untuk membantu pengoptimalan armada dapat dimanfaatkan semua secara optimal.

Kata kunci: Hasil tangkapan, AHP, Optimasi

Abstract. There are four types of fishing vessels in Maluku waters that are very productive, namely long line vessels, pole and line vessels, purse sine vessels and troll line vessels. From the available data, purse siner fishing vessels produce an average catch of 17,290 tons/year; 4509 trips/year and CPUE 9 tons/year, while long line vessels and pole and line vessels produce an average catch of 58,535 tons/year; 40 trips/year; CPUE 42,761 tons/year. These data indicate that there is an imbalance between the number of existing fleets and the available resources, especially on the purse siner fishing vessels. This study aims to create a model of selection, sensitivity analysis and optimization model of tuna and skipjack fishing gear from the four types of existing fleets. The model developed is a hierarchical analytic process for selecting and programming multiple objectives for optimizing fishing gear. From the calculation using Expert Choice Version 9.0, the most suitable type of tuna and skipjack fishing gear in Ambon Island waters is Pole and line. Furthermore, the types of fleets that can be optimized are pole and line vessels of 125 vessels, long line 39 vessels, purse siners of 47 vessels and the number must be limited, namely trolls and lines which are already very large because they provide a value of 0 ships from the optimization results. . While the number of workers that can be absorbed from the total number of optimized fleets is 211 ships, namely

5235 crew members. And it was also found that all government funds to help optimize the fleet can be utilized optimally.

Keywords: Catch, AHP, Optimization

1. PENDAHULUAN

Sebagai salah satu Provinsi Kepulauan, Maluku memiliki luas wilayah 581.376 km² yang terdiri dari luas lautan sebesar 527.191 km² dan daratan 54.185 km². Dengan kata lain, 90% wilayah Maluku adalah lautan, yang di dalamnya terdapat potensi sumberdaya perikanan (MSY) sebesar 1.640.160 ton/tahun sesuai dengan hasil kajian Badan Riset Kelautan dan Perikanan bekerjasama dengan Pusat Penelitian dan Pengembangan Oceanologi Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia (LIPI) pada tahun 2001 [1]. Potensi sumberdaya di Wilayah perairan laut sekitar Kota Ambon seluas 1.316,46 km² adalah wilayah laut yang dimanfaatkan nelayan Kota Ambon bahkan lebih luas lagi hingga ke perairan laut Seram sebagai daerah penangkapan ikan pelagis [2]. Dari data yang ada kapal tangkap jenis purse siner menghasilkan rata-rata hasil tangkapan 17.290 ton/tahun; 4509 trip/tahun dan CPUE 9 ton/tahun, sedangkan kapal long line dan kapal pole and line menghasilkan rata-rata hasil tangkapan 58,535 ton/tahun; 40 trip/tahun; CPUE 42,761 ton/tahun [3]. Data ini mengindikasikan bahwa terjadi ketidakseimbangan antara jumlah armada yang ada dengan sumber daya yang tersedia terutama pada jenis kapal tangkap purse siner. Dilain pihak pada kapal pole and line untuk ikan pelagi besar (cakalang dan tuna) terlihat bahwa data menunjukkan hasil yang diperoleh dengan usaha yang dilakukan masih dalam kondisi yang normal dan belum terlihat adanya eksploitasi yang tidak seimbang. Penelitian ini bertujuan untuk membuat model pemilihan analisis sensitifitas, model optimasi alat penangkapan ikan tuna dan cakalang dari empat jenis armada penangkapan ikan tuna yang ada. Model yang dikembangkan adalah proses hirarki analitik untuk pemilihan dan programasi tujuan ganda untuk optimasi alat penangkapan ikan.

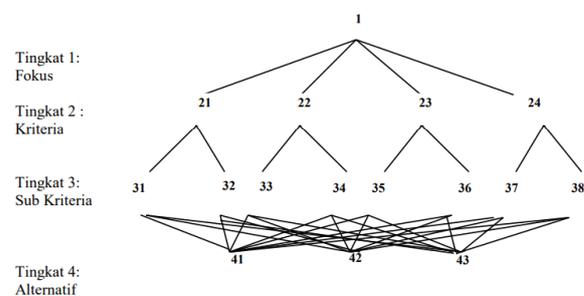
2. BAHAN DAN METODE

2.1. Prosedur Penelitian dan Persamaan

Secara umum kapal ikan mempunyai karakteristik yang tidak jauh berbeda dengan kapal lainnya. Perbedaan antara kapal ikan dengan kapal lainnya terletak pada fungsinya, dimana kapal ikan mempunyai fungsi antara lain: kapal penangkap ikan, kapal penampung & pengolah ikan dan kapal

riset dan latih penangkapan ikan. Adapun terdapat beberapa tipe kapal ikan seperti Tipe Trawler yang model bangunan kapalanya hampir sama dengan kapal barang biasa. Tipe Kutter dengan model bangunan kapal hampir dengan kapal barang kecil, Tipe Troller dengan model bangunan kapal hampir mirip kapal barang kecil, tipe Seiner bangunan kapal ikan tipe Seiner. Jika dilihat dari luar hampir sama dengan kapal ikan tipe Troller hanya umumnya kapal ikan tipe Seiner memiliki sebuah meja putar (netz-grating) dan sebuah drum Seiner (Seiner drum) yang ditempatkan di atas geladak pada bagian belakang kapal. Tipe Tuna Clipper Bangunan kapal ikan tipe Tuna Clipper jika dilihat dari luar hampir sama dengan yacht dan Tipe Skipjack Pole and Line Bangunan kapal ikan tipe Skipjack Pole and Line jika dilihat dari luar hampir sama dengan Perahu Pinisi [4].

Dalam menyelesaikan persoalan dengan pendekatan proses hirarki analitik ada beberapa langkah yang harus dilakukan yaitu: mendefinisikan masalah & menentukan solusi yang diinginkan, melakukan decomposition/pemecahan persoalan utuh menjadi unsur – unsur *Comparative Judgment*. Prinsip ini membuat penilaian terutama kepentingan relatif dua elemen pada satu tingkat tertentu dalam kaitannya dengan tingkat di atasnya, melakukan *Synthesis of Priority* dicari eigen vector untuk prioritas local, melakukan *Logical Consistency* yaitu menilai kemandapan penilaian yang telah diberikan dengan batasan – batasan tertentu dapat diketahui apakah pengambil keputusan konsisten dalam melakukan penilaian [5].



Gambar 1. Bentuk hirarki sederhana

Formulasi matematis dalam proses hirarki analitik menggunakan suatu matrik dengan suatu n elemen operasi, yaitu: $A_1, A_2, A_i, \dots, A_n$, maka

hasil perbandingan secara berpasangan elemen – elemen operasi tersebut akan membentuk matrik perbandingan. Perbandingan dimulai dari tingkat hirarki tertinggi dimana suatu kriteria digunakan sebagai dasar pembuatan perbandingan.

	A ₁	A ₂	...	A _n
A ₁	a ₁₁	a ₁₂	...	a _{1n}
A ₂	a ₂₁	a ₂₂	...	a _{2n}
.
.
A _n	a _{n1}	a _{n2}	...	a _{nn}

Gambar 2. Matrik hirarki

Nilai (judgment) perbandingan secara berpasangan antara (w_i,w_j), dapat dipresentasikan seperti matrik di atas, yaitu: $\frac{w_i}{w_j} = a_{(i,j)}; ij = 1,2, \dots n$

Pada hakekatnya kemantapan yang sempurna dalam suatu penilaian adalah sulit didapatkan. Oleh karena itu penyimpangan nilai dari kemantapan dapat diketahui dengan menghitung dua persamaan berikut [6]:

- Indeks Kemantapan (Consistency Index)

$$CI = \frac{\lambda_{max} - n}{n - 1} \tag{1}$$

Nilai λ max adalah merupakan hasil pejumlahan daripada elemen kolom pertama dikalikan dengan vektor prioritas pertama, jumlah elemen kolom kedua dikalikan dengan prioritas kedua dan jumlah elemen kolom ke-n dikalikan dengan prioritas ke-n yang telah dinormalisir.

- Rasio Kemantapan (Consistency Ratio)

$$CR = \frac{CI}{rc} \tag{2}$$

Nilai rc dapat dilihat pada tabel. Nilai CR dapat diterima jika berkisar 10% atau kurang, dan pada beberapa kasus 20% dapat ditolerir tetapi tidak pernah lebih. Jika CR ini tidak masuk dalam range maka penilaian harus direvisi dengan menganalisa kembali permasalahan yang dihadapi.

Dalam pembuatan model keputusan programasi tujuan ganda, dapat dilakukan langkah-langkah sebagai berikut [7]: menentukan variabel keputusan merupakan dasar bagi langkah-langkah selanjutnya, Formulasi fungsi tujuan meliputi penentuan tujuan atau sasaran, tentukan Tujuan absolut yang merupakan kendala sistem, mengatur tujuan-tujuan

ke dalam tingkat-tingkat prioritas dan penyusunan fungsi pencapaian.

Penelitian ini dilakukan dengan studi public opinion survey untuk menjangring opini dalam melakukan pembobotan terhadap aktor, kriteria, subkriteria dan alternatif pemilihan alat penangkapan ikan. Studi community survey juga dilakukan untuk mendapatkan data mengenai potensi lestari perikanan, kapasitas produksi, jumlah dan proyeksi alat penangkapan ikan, biaya investasi, serta anak buah kapal di Perairan Latuhalat dan Hative Kecil (Galala).

Jenis data yang dikumpulkan berupa data yang bersifat kualitatif dan kuantitatif, baik data primer maupun data sekunder. Data primernya adalah penilaian secara kualitatif dan kuantitatif melalui angket yang berisi hasil pembobotan dalam skala penilaian terhadap aktor, kriteria, subkriteria dan alternatif alat penangkapan ikan. Data sekunder diperoleh dari Biro Pusat Statistik Pemerintah kota Ambon, Dinas Perikanan dan Kelautan Pemerintah kota Ambon, Dinas Perikanan dan Kelautan Propinsi Maluku dan Kelompok-Kelompok Nelayan. Data ini terdiri dari: potensi lestari perikanan, kapasitas produksi, jumlah dan proyeksi alat penangkapan ikan, biaya investasi, serta anak buah kapal di Perairan Pulau Ambon (Kota Ambon; desa nelayan Latuhalat dan desa Hative Kecil/Galala).

Variabel penelitian Y adalah:

Y = Optimasi Jenis Kapal Penangkap ikan Tuna dan Cakalang (jumlah)

Variabel X adalah:

X1 = Maksimalkan kapasitas produksi ikan. (ton)

X2 = Minimalkan pemanfaatan nelayan.

X3 = Minimalkan biaya investasi. (rupiah)

Disamping Variabel penelitian berupa X dan Y ada juga Variabel ordinal yang dipergunakan dalam penelitian ini untuk menunjukkan tingkatan intensitas kepentingan dari perbandingan anantara elemen pada tiap level dari model hirarki pemilihan alat penangkapan ikan. Variabel ratio juga dipergunakan untuk mengetahui kondisi riil dan proyeksi dari berbagai tujuan, kendala serta prioritas dari model optimalisasi alat penangkapan ikan.

Teknik kepustakaan atau dokumentasi yaitu dengan mengumpulkan data mengenai potensi lestari perikanan jumlah alat penangkapan ikan, biaya investasi serta anak buah kapal di perairan Pulau Ambon (desa Nelayan Latuhalat dan desa Hative Kecil/Galala). Data ini diperoleh dari Biro Pusat Statistik Pemerintah Kota Ambon, Dinas Perikanan dan Kelautan Pemerintah kota Ambon, Dinas Perikanan dan Kelautan Pemerintah Propinsi

Maluku dan Kelompok-Kelompok Nelayan. Sedangkan Teknik Kuesioner, yaitu dengan mengumpulkan data – data melalui kuesioner yang berisi hasil pembobotan secara kualitatif dan kuantitatif (skala penilaian) terhadap aktor, kriteria, subkriteria dan alternatif alat penangkapan ikan.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Tingkat kepentingan kriteria & alternatif berdasarkan focus group discussion (FGD)

FGD dilakukan dalam dua tahap dengan melibatkan 5 orang pakar. Pada tahap pertama, para pakar menentukan tingkat kepentingan berdasarkan 7 kriteria yang direncanakan, sesuai data pada Tabel 1 dan Tabel 2.

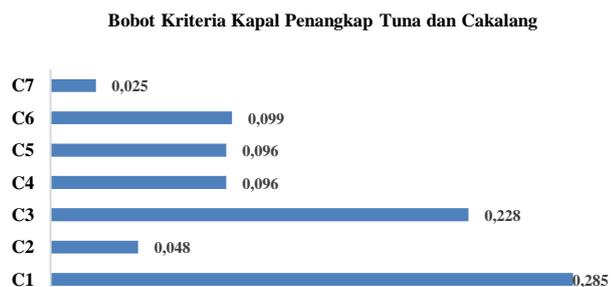
Tabel 1. Skala Kepentingan antar kriteria FGD tahap pertama

Kriteria	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7
C1	1.00	2.00	2.00	5.00	3.00	7.00	2.50
C2	0.50	1.00	1.00	4.00	2.50	6.00	1.50
C3	0.50	1.00	1.00	4.00	2.00	5.50	1.50
C4	0.20	0.25	0.25	1.00	0.33	3.00	0.33
C5	0.33	0.40	0.50	3.00	1.00	4.00	1.00
C6	0.14	0.16	0.18	0.33	0.25	1.00	0.20
C7	0.40	0.66	0.66	3.00	1.00	5.00	1.00

Tabel 2. Skala Kepentingan alternatif terhadap kriteria FGD tahap pertama

Alternatif	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7
A1	5.5	5.4	5.4	7.0	6.2	5.3	6.0
A2	5.4	4.9	5.3	6.7	6.5	6.0	5.9
A3	5.7	6.8	5.8	6.5	5.4	5.4	6.4

Bobot dari 7 kriteria ditentukan dengan menggunakan metode AHP (*Analytical Hierarchy Process*) [8]. Analisis ini menggunakan software bantu *Super Decisions/Expert Choice*. Berdasarkan skala kepentingan antar kriteria, didapatkan bahwa kriteria yang memiliki bobot tertinggi adalah Kondisi Geografis Perairan (C1) sebesar 0,265, sedangkan kriteria dengan bobot terendah adalah Sosial Budaya (C6) sebesar 0,26. Gambar 3. menunjukkan bobot dari setiap kriteria.



Gambar 3. Bobot kriteria-kriteria penentuan kapal Penangkap Tuna & Cakalang

Normalisasi skala kepentingan dilakukan terhadap skala penilaian yang diberikan para pakar pada FGD tahap kedua. Hasil normalisasi skala dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Skala normal setiap alternatif terhadap kriteria (matriks r)

r _{ij}	Alternatif (i)	Kriteria (j)						
		C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7
A1	0.573	0.54	0.56	0.59	0.59	0.54	0.56	
A2	0.563	0.49	0.55	0.57	0.62	0.62	0.55	
A3	0.59	0.6	0.60	0.55	0.51	0.55	0.60	

Pembobotan skala normal dilakukan terhadap skala yang telah dinormalisasi (lihat Tabel 3) berdasarkan bobot kriteria yang telah ditentukan dengan AHP (lihat Gambar 3). Hasil dari pembobotan skala normal dapat dilihat pada Tabel 4 [9].

Tabel 4. Skala normal terbobot setiap alternatif terhadap kriteria-kriteria (matriks y)

y _{ij}	Alternatif (i)	Kriteria (j)						
		C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7
A1	0.15	0.09	0.09	0.02	0.05	0.01	0.06	
A2	0.14	0.08	0.08	0.02	0.05	0.01	0.06	
A3	0.15	0.11	0.09	0.02	0.04	0.01	0.06	

Nilai preferensi merupakan indikator dalam memutuskan alternatif manakah yang memiliki tingkat kepentingan tertinggi dari alternatif lain. Alternatif yang memiliki nilai preferensi tertinggi adalah alternatif yang dipilih. Ringkasan hasil analisis menunjukkan bahwa Kapal Pole And Line merupakan alternatif kapal penangkap yang memiliki nilai preferensi tertinggi sebesar 0,579 dibandingkan dengan kapal Hand line (Body Tonda) dan kapal purse siner. Selain memiliki nilai preferensi yang tinggi, Kapal Pole And Line juga memiliki selisih nilai yang besar. Oleh karena itu, berdasarkan hasil analisis jenis kapal terpilih yang dilakukan dengan menggunakan AHP-TOPSIS, maka Kapal Pole And Line merupakan alternatif kapal pilihan untuk jenis penangkapan Tuna dan Cakalang.

Tabel 5. Nilai preferensi setiap alternatif

No. Urut	Alternatif lokasi	Kode	Nilai Preferensi (V _i)
1	Pole and line	A1	0.579
2	Hand and Line (body tonda)	A2	0.389
3	Purse siner	A3	0.361

Perairan Maluku Tengah dengan luas perairan kurang lebih 255.090 km², berdasarkan perhitungan dari data yang Dinas Perikanan Provinsi Maluku,

terlihat bahwa hasil tangkapan kapal yang mengoperasikan alat tangkap huate setiap tripnya rata-rata adalah 2,007 ton/trip atau kurang lebih 2.000 kg/trip. Di lain pihak pada data yang diperoleh dari beberapa perusahaan perikanan yang beroperasi di perairan Maluku Tengah, tercatat bahwa rata-rata hasil tangkapan setiap tripnya adalah 2,50 ton/trip. Karena adanya perbedaan dari kedua sumber ini maka untuk menentukan besar produksi kapal yang menggunakan alat tangkap huate (pole and line), diambil nilai rata-ratanya yaitu 2,25 ton/trip. Sedangkan jumlah trip dari kapal penangkap yang menggunakan alat tangkap huate (pole and line), rata-rata adalah 6 (enam) trip/bulan atau 72 trip/tahun. Dengan diketahuinya nilai produksi setiap trip dan jumlah trip per tahun, dapat dihitung rata-rata nilai produksi suatu kapal yang mengoperasikan alat tangkap ini dalam setahun. Dalam hal ini angka tersebut dapat dihitung dengan mengalikan nilai produksi pada tiap trip atau setiap tripnya dengan jumlah trip dalam setahun, yaitu: $2.25 \text{ ton/trip} \times 72 \text{ trip/tahun} = 162 \text{ ton/tahun}$.

Untuk alat tangkap rawai tuna (tuna long line), dari data produksi yang tercatat, terlihat bahwa pada tahun 2019, nilai produksi tuna setiap tripnya adalah sebesar 3,93 ton. Nilai ini diperoleh dari nilai produksi alat tangkap rawai tuna selama setahun, dengan jumlah trip kapal yang mengoperasikan alat tangkap ini. Untuk mendapatkan nilai produksi dalam setahun dari kapal-kapal yang mengoperasikan alat tangkap rawai tuna, dihitung dengan mengalikan nilai produksi per-trip dengan jumlah trip per tahun.

Dimana jumlah trip pertahun diperoleh dari rata-rata trip perbulan, yaitu 6 (enam) trip/bulan. Dengan demikian rata-rata nilai produksi dalam satu tahun, dari suatu kapal yang mengoperasikan alat tangkap rawai tuna dapat dihitung sebagai:

$$3,75 \text{ ton/trip} \times 72 \text{ trip/tahun} = 270 \text{ ton/tahun}$$

Alat tangkap lainnya, yaitu tonda (troll line) dan purse sine. Dari data yang kami peroleh di lapangan tercatat bahwa nilai produksi setiap trip untuk troll line adalah kurang lebih 0,50 ton (500 kg). Dengan rata-rata trip dalam sebulan adalah 12 trip (3 trip/minggu), dapat dihitung nilai produksi suatu kapal dengan alat tangkap pancing tonda (troll line), yaitu:

$$0,50 \text{ ton/trip} \times 144 \text{ trip/tahun} = 72 \text{ ton/tahun}$$

Sedangkan untuk purse sine, dari data yang diperoleh, nilai produksi setiap trip adalah kurang lebih 0,625 ton (625 kg). Dengan rata-rata trip dalam sebulan adalah 12 trip (3 trip/minggu), dapat dihitung nilai produksi suatu kapal dengan alat tangkap purse sine, yaitu:

$$0,625 \text{ ton/trip} \times 144 \text{ trip/tahun} = 90 \text{ ton/tahun}$$

Sebagai perluasan dari Linear Programming, maka dalam Goal Programming seluruh asumsi, notasi, formulasi model matematik, prosedur perumusan model dan penyelesaiannya tidak jauh berbeda. Perbedaan hanya terletak pada kehadiran sepasang variabel deviasional yang muncul pada fungsi tujuan dan fungsi kendala.

Goal Level	Decision Variable	Solution Value	Unit Cost or Profit (€)	Total Contribution	Reduced Cost
1	G1	Kapal Long Line	39.00	0	138.00
2	G1	Kapal Pool Line	125.00	0	37.00
3	G1	Kapal Purse Sine	47.00	0	48.00
4	G1	Kapal Troll Line	0	0	32.00
5	G1	Y1P	10.00	1.00	10.00
6	G1	Y2M	0	1.00	2.00
7	G1	Y2P	235.00	1.00	235.00
8	G1	Y3P	0	1.00	2.00
9	G1	Y3M	0	1.00	2.00
10	G1	Y4P	0	1.00	2.00
11	G1	Y4M	0	1.00	2.00
12	G1	Y4M	47.000.00	1.00	47.000.00
	Goal	Value	(Min) =		48.075.00

Constraint	Left Hand Side	Direction	Right Hand Side	Slack or Surplus	ShadowPrice Goal 1
1	Kapasitas Cold Storage	<=	22.500.00	4.995.00	0
2	Kapal 20-30 G1 LL	<=	50.00	11.00	0
3	Kapal 20-30 G1 PL	<=	125.00	0	0
4	Kapal 5-10 G1 PS	<=	60.00	13.00	0
5	Kapal 1-5 G1 TL	<=	50.00	50.00	0
6	Produksi Ikan	=	25.000.00	0	1.00
7	Penyapa Kapal (ABK)	=	5.000.00	0	1.00
8	Inventori	=	12.500.00	0	1.00

Gambar 4. Combined report for optimasi armada kapal ikan

Dari output Software WinQSB, diperoleh nilai fungsi tujuan minimum sebesar 48.075. Hal ini menunjukkan bahwa total pembiasan yang terjadi dengan nilai variabel yang dicapai adalah sebesar 48.075. Nilai ini merupakan nilai pembiasan yang terjadi pada keempat goal [10].

Untuk goal pertama, dari output WinQSB, diperoleh nilai pembiasan positif (Y1P) sebesar 10 ton. Ini artinya untuk satu tahun terjadi peningkatan hasil produksi / hasil tangkapan ikan dari target 35.000 Ton menjadi 35.010 Ton.

Untuk goal kedua, diperoleh nilai pembiasan positif (Y2P) dan negatif (Y2M) adalah nol (0). Ini artinya dana investasi yang disediakan oleh pemerintah diasumsikan dimanfaatkan secara optimal.

Untuk goal ketiga, diperoleh nilai pembiasan positif (Y3P) sebesar 235 orang. Nilai ini menunjukkan terjadi pembiasan positif dari nilai target sebesar 235 orang. Dengan demikian untuk jumlah armada tangkap 211 kapal (39 Kapal Long Line + 125 Kapal Pool Line + 47 Kapal Purse Sine + 0 Kapal Troll Line) dibutuhkan ABK sebanyak 5.235 orang (5.000 + 235).

4. KESIMPULAN

Jika pemerintah menginginkan Sasaran yang hendak dicapai dengan menaikan produksi mencapai sekurang-kurangnya 82 % dari potensi lestari yaitu 35000 ton/tahun maka dari model optimasi yang ada diperoleh nilai pembiasan positif (Y1P) sebesar 10 ton. Ini artinya untuk satu tahun

terjadi peningkatan hasil produksi / hasil tangkapan ikan dari target 35000 Ton menjadi 35010 Ton. Sedangkan dengan sasaran pemerintah terjadi Penyerapan tenaga kerja sebanyak 5000 ABK untuk mencapai target produksi pertahun 35000 ton, maka diperoleh nilai pembiasan positif (Y3P) sebesar 235 orang ABK. Nilai ini menunjukkan terjadi pembiasan positif dari nilai terget sebesar 235 orang ABK. sehingga dibutuhkan ABK sebanyak 5235 orang (5000+235) sesuai dengan jumlah jenis armada kapal penangkap ikan tuna dan cakalang yang optimal dihasilkan dari hasil kajian. Sehingga jumlah armada tangkap yang optimal yaitu 211 kapal (39 Kapal Long Line + 125 Kapal Pool Line + 47 Kapal Purse Seine + 0 Kapal Troll Line)

Teknologi Bogor, Jurnal Explore IT 12 (2), Hal. 62-74

- [9] M. Tukan, B. J. Camerling, M. T. Afifudin, dan Hozairi (2019), Analisa Kelayakan Wilayah Untuk Pembangunan Floating Dock Sebagai Dok Alternatif di Kepulauan Maluku Menggunakan FAHP-TOPSIS, Jurnal NJCA-Vol. 4, No. 2,
- [10] Expert Choice Inc. (1995), Expert Choice Decision Support Software Tutorial, Version 9.0, Mc Lean.Virginia.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Universitas Pattimura yang telah mendanai penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] D. Bawole, Y.M.T.N. Apituley (2011), Maluku Sebagai Lumbung Ikan Nasional: Tinjauan Atas Suatu Kebijakan, Prosiding PERMAMA 2011 Vol. 1 No. 1, hal. 239-246 Tahun 2011, Unpatti
- [2] H. Matakupan, J. Hiariy, A. Tupamahu, dan M. S. Baskoro (2019), Dinamika Daerah Penangkapan Ikan Pelagis di Kota Ambon, Jurnal Akuatika Indonesia Vol. 3 No. 2/ September 2018 (136-143) ISSN: 2528-052X
- [3] M. Wattimury (2019), Efisiensi dan Keberlanjutan Usaha Purse Seiner di Kabupaten Maluku Tengah dan Kota Ambon, Jurnal PAPALELE Volume 3 Nomor 1, Juni 2019 ISSN-2580-0787
- [4] F. W. M. Haulussy (2019), Kelayakan Usaha Pole and Line di Negeri Hative Kecil Kota Ambon, Jurnal PAPALELE, Vol. 3 No. 1, Juni 2019, ISSN-2580-0787
- [5] T. L. Saaty (1993) Pengambilan Keputusan Bagi Para Pemimpin, Seri Manajemen, No 134, Pustaka Binaman Pressindo, Jakarta. 70
- [6] T. L. Saaty (1988), The Analytical Hierarchy Process, University of Pittsburgh, USA.
- [7] J. P. Ignizio (1976), Goal Programming and Extensions, Lexington Books, London
- [8] I. Nisaa, dan A. Wibowo (2020), Penentuan Dosen Terbaik Menggunakan Metode Analytical Hierarchy Process (AHP) dan Technique For Order By Similarity To Ideal Solution (TOPSIS): Studi Kasus Akademi

ANALISIS KEANDALAN KOGNITIF (*COGNITIVE RELIABILITY*) PADA TUGAS DOSEN

Choirul Bariyah¹, Isana Arum Primasari², Endra Nugroho³

¹Teknik Industri Universitas Ahmad Dahlan, Daerah Istimewa Yogyakarta 55191

Email: choirul.bariyah@ie.uad.ac.id

²Teknik Industri Universitas Ahmad Dahlan, Daerah Istimewa Yogyakarta 55191

Email: isana.prisa@ie.uad.ac.id

³Teknik Industri Universitas Ahmad Dahlan, Daerah Istimewa Yogyakarta 55191

Email: enugroho7595@gmail.com

Abstrak. Program studi E memiliki 11 orang dosen yang aktif melaksanakan tugas mengajar. Kondisi yang ada menunjukkan kejadian berulang yang menggambarkan adanya permasalahan dalam pelaksanaan pengajaran. Pertama, jumlah pelaksanaan pengajaran tidak memenuhi standar pertemuan minimal yang disyaratkan. Tercatat dalam proses pemantauan perkuliahan yaitu di minggu ke-4, ke-8 dan ke-12. Kedua, terdapat keluhan mahasiswa atas perubahan jadwal perkuliahan karena dosen sering berhalangan. Ketiga, keterlambatan pengumpulan soal ujian maupun pengumpulan nilai akhir. Penelitian ini bertujuan untuk melakukan analisis potensi terjadinya ketidaksesuaian pengajaran sejak perencanaan, pelaksanaan, serta evaluasi hasil pengajaran yang dijalankan oleh dosen Program Studi E. Analisis dilakukan dengan metode *Cognitive Reliability and Error Analysis Method* (CREAM). Mekanisme CREAM adalah melakukan penilaian atas *Common Performance Condition* (CPC) dalam pelaksanaan pengajaran yang dijalankan. Berdasarkan analisis dengan CREAM pada tahap *basic version* diperoleh informasi bahwa 9% dosen termasuk dalam *control mode* strategic, 82% tactical, 9% opportunistic, dan 0% scrambled. Probabilitas kesalahan terbesar pada sub task 3.1. yaitu penyusunan portofolio mata kuliah yang merupakan bagian dari task 3 (evaluasi) dengan nilai rata-rata *Cognitive Failure Probability* (CFP) sebesar 0,10 dengan nilai tertinggi pada responden 6 sebesar 0,72.

Kata kunci: CREAM, Human Reliability, Human Error, Human Performance

Abstract. There are 11 lecturers which actively teaching in Study Program E. The existing conditions indicate repeated events that illustrate problems in the implementation of teaching. First, the number of teaching does not meet the minimum required meeting standards. They were recorded in the lecture monitoring process, namely in the 4th, 8th and 12th weeks. Second, many students complained about changes in the lecture schedule due to lecturers' activities. Third, delay in collecting exam questions and final scores. This study aims to analyze the potential for discrepancies in teaching since the planning, implementation, and evaluation of teaching outcomes were carried out by the lecturers of Study Program E. The analysis was conducted using the *Cognitive Reliability and Error Analysis Method* (CREAM). The CREAM mechanism is to conduct an assessment of the *Common Performance Condition* (CPC) that surrounds the implementation of the teaching is carried out. The lecturer carries out this assessment as a subject in the implementation of teaching. Based on the CREAM analysis of the basic version, information was obtained that 9% of lecturers were included in the strategic control mode, 82% tactical, 9% opportunistic, and 0% scrambled. The most significant error probability in sub-task 3.1. they are, namely, preparing a portfolio of courses that are part of task 3 (evaluation) with an average *Cognitive Failure Probability* (CFP) value of 0.10 with the highest score for respondent 6 being 0.72.

Keywords: CREAM, Human Reliability, Human Error, Human Performance

1. PENDAHULUAN

Pasal 60 Undang-undang No. 14 Tahun 2005 tentang Guru dan Dosen menyebutkan bahwa Dosen memiliki tugas keprofesionalan yang dijalankan melalui kewajiban: 1) Melaksanakan pendidikan, penelitian dan pengabdian masyarakat, 2) Merencanakan, melaksanakan proses pembelajaran serta menilai dan mengevaluasi hasil pembelajaran, 3) Meningkatkan dan mengembangkan kualifikasi akademik dan kompetensi secara berkelanjutan sejalan dengan perkembangan ilmu pengetahuan, teknologi dan seni [1]. Pelaksanaan kewajiban dosen dalam tugas keprofesionalannya tersebut harus dapat dijalankan dengan tuntas pada setiap semester. Selain itu dosen tidak hanya melaksanakan pengajaran, penelitian dan pengabdian masyarakat, namun juga memiliki tugas administrasi baik yang melekat pada 3 komponen Tri Dharma PT, maupun administrasi yang berkaitan dengan jabatan serta tugas lain dalam pengelolaan institusi. Keempat jenis tugas tersebut memiliki proporsi kerja kognitif yang lebih besar. Kemampuan kognitif manusia memiliki peran yang besar pada terjadinya *human error* [2]. Kapasitas kemampuan kognitif manusia akan mendukung pemahaman atas informasi yang diterima untuk menjamin ketepatan keputusan yang diambil serta tindakan yang dieksekusi. Demikian halnya pada tugas dan tanggung jawab dosen, beragam tugas dan tanggung jawab dosen tersebut membentuk beban kerja baik fisik maupun mental. Kedua beban kerja itu saling mempengaruhi satu sama lain. Beban kerja fisik membawa efek pada kondisi mental manusia demikian juga sebaliknya beban kerja mental akan membawa efek pada kondisi fisik manusia.

Berdasarkan sejumlah penelitian yang telah dilakukan diketahui bahwa dosen memiliki beban kerja mental yang tinggi [3][4]. Pekerjaan pada sektor pendidikan lebih banyak menimbulkan stress dan kelelahan kerja baik fisik maupun mental [5]. Dosen memiliki beban kerja mental yang tinggi dalam tugas administrasi [3], serta dalam bidang Pendidikan dan pengajaran [4]. Beban kerja mental yang tinggi memiliki hubungan yang signifikan pada kelelahan manusia [6]. Terjadinya peningkatan kelelahan kerja dapat menimbulkan gangguan pada tingkat performansi kerja manusia [7].

Kelelahan juga dapat menghambat fungsi respon dan waktu reaksi manusia, berpengaruh negatif pada pengambilan keputusan serta alur berpikir logis dan merusak koordinasi mata dan tangan [6]. Kelelahan pada pekerja dapat menjadi faktor yang memicu penurunan performansi kerja [8].

Aktivitas pengajaran yang dijalankan di Program Studi E mengikuti standar prosedur yang diberlakukan oleh institusi universitas. Terdapat mekanisme monitoring evaluasi perkuliahan secara berkala di minggu ke-4, 8 dan 12 yang dijalankan sebagai pelaksanaan *Standard Operating Procedure* (SOP). Proses tersebut menjadi salah satu bagian dalam upaya penjaminan mutu proses perkuliahan. Selain itu juga dilakukan survey penilaian mahasiswa atas proses perkuliahan dari setiap mata kuliah yang diajarkan. Survey dilakukan di akhir semester untuk memberikan evaluasi pada pelaksanaan pengajaran yang dilakukan oleh dosen. Berdasarkan monitoring evaluasi perkuliahan didapatkan informasi bahwa terdapat kejadian pelaksanaan pengajaran yang belum lengkap pada saat dilakukan monitoring oleh kaprodi. Berdasarkan survey pada mahasiswa terdapat hasil penilaian dengan rata-rata skor 3, dari skala 4. Hal ini menunjukkan masih ada keluhan mahasiswa atas perkuliahan yang dijalankan oleh dosen. Selain itu terdapat keterlambatan dalam pengumpulan soal ujian serta keterlambatan pengumpulan nilai, dimana standar yang ada memberikan batas waktu maksimal pengumpulan nilai adalah 7 hari setelah mata kuliah diujikan.

2. BAHAN DAN METODE

2.1. Prosedur Penelitian

Penelitian dilakukan pada dosen Program Studi E dalam pelaksanaan pengajaran. Pengumpulan data dilakukan dengan kuesioner yang mengadaptasi *Common Performance Condition* (CPC) dalam metode CREAM untuk menggali penilaian responden atas kontribusi setiap CPC pada pelaksanaan pengajaran. Penelitian dilakukan dengan alur sebagai berikut:

- a. Observasi dan perumusan permasalahan
- b. Basic version
 - 1) Task Analysis
 - 2) Evaluasi CPC
 - 3) Penentuan *control mode/error interval*
- c. Extended version
 - 1) Menentukan kebutuhan kognitif
 - 2) Menentukan kegagalan fungsi kognitif
 - 3) Menentukan pengaruh CPC pada fungsi kognitif. Terdiri dari penentuan *weighting factor* dan CFP yang dilakukan dengan formulasi 1) dan 2).

Weighting factor

$$=CPC1 \times CPC2 \times CPC3 \times \dots \times CPC9 \quad (1)$$

$$CFP = \text{Nominal CFP} \times \text{weighting factor} \quad (2)$$

- d. Analisis
- e. Kesimpulan

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Basic version

Basic version merupakan tahapan awal dari dua tahapan yang dilakukan pada penelitian dengan CREAM. Terdapat tiga langkah yang dilakukan pada tahap *basic version* yaitu *task analysis*, evaluasi CPC dan menentukan *control mode/error interval*

Task Analysis

Aktivitas Dosen pada bidang pengajaran dianalisis dengan cara breakdown task menjadi sub task atau sub aktivitas yang lebih kecil. Tabel 1 menjelaskan task analysis pada aktivitas pengajaran:

Tabel 1. Task analysis pada aktivitas pengajaran

No	Task/Aktivitas	Sub Task/Sub Aktivitas
1	Perencanaan	1.1. Koordinasi team teaching 1.2. Menyiapkan Rancangan Pembelajaran 1.3. Menyiapkan materi dan media pembelajaran
2	Pelaksanaan Perkuliahan	2.1. Penyampaian materi 2.2. Pembuatan dan pengumpulan soal (tugas, kuis, UTS, UAS) 2.3. Koreksi dan pengolahan nilai (Tugas, Kuis, UTS, UAS) 2.4. Pengumpulan nilai
3	Evaluasi	3.1. Penyusunan portofolio mata kuliah

Evaluasi CPC

Evaluasi CPC dilakukan dengan melakukan penyebaran kuesioner kepada responden, untuk dilakukan penilaian CPC yang ada dalam metode CREAM. Evaluasi ini guna mendapatkan nilai *expected effect* yang merupakan pengaruh antara tingkatan kondisi kerja terhadap CPC. Responden memberikan penilaian terhadap 9 aspek yang terdiri dari:

- Kecukupan organisasi (*Adequacy of Organization*),
- Kondisi kerja (*working condition*)
- Kecukupan dukungan operasional (*Adequacy of Man Machine Interface and Operational Support*),
- Ketersediaan prosedur (*Availability of Procedures*)
- Jumlah tugas simultan (*Number of Simultaneous Goals*)
- Waktu yang tersedia (*Available Time*)
- Time of Day*
- Kecukupan pelatihan dan pengalaman (*Adequacy of Training and Experience*)
- Kualitas kerjasama tim (*Crew Collaboration Quality*).

Penilaian CPC dilakukan oleh seluruh responden. Penilaian disesuaikan dengan apa yang dirasakan oleh masing-masing responden atas CPC yang ada dalam pelaksanaan pengajaran. Tabel 2 menunjukkan rekap hasil penilaian CPC oleh responden 1.

Tabel 2. Hasil penilaian CPC responden 1

CPC	Tingkatan	Expected Effect
Kecukupan organisasi	Efisien	Not Significant
Kondisi kerja	Menguntungkan	Improved
Kecukupan Operational Support	Cukup	Not Significant
Ketersediaan Prosedur	Sesuai	Improved
Jumlah Tugas Simultan	Lebih dari kapasitas	Reduce
Waktu yang tersedia	Cukup untuk sementara waktu	Not Significant
Time Day	Siang hari	Not Significant
Kecukupan Pelatihan	Lebih dari cukup	Improved
Kerjasama Tim	Efisien	Not Significant

Penentuan *expected effect* seperti yang ditunjukkan dalam Tabel 2, dilakukan pada seluruh responden dengan didasarkan pada hasil penilaian masing-masing responden pada setiap CPC.

Tabel 3. *Expected effect* untuk seluruh responden

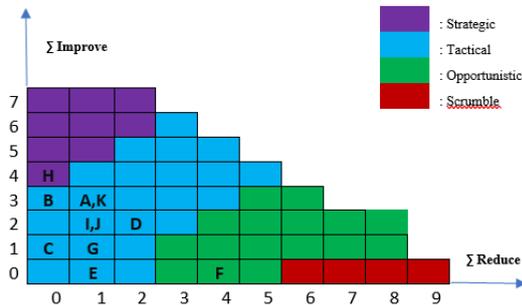
No Resp	Improved	Not Significant	Reduce
1	3	5	1
2	3	6	0
3	1	8	0
4	2	5	2
5	0	8	1
6	0	5	4
7	1	7	1
8	4	5	0
9	2	6	1
10	2	6	1
11	3	5	1

Hasil penentuan *expected effect* selanjutnya digunakan dalam penentuan *control mode/error interval* pada masing-masing responden.

Penentuan Control Mode/Error Interval

Penentuan *Control Mode* dilakukan dengan berdasarkan acuan dalam metode CREAM, dimana setiap level penilaian yang diberikan oleh responden akan bersesuaian dengan kategori *Improved*, *Not Significant* atau *Reduced*. Gambar 1 menunjukkan

hasil penentuan *control mode* pada semua responden.



Gambar 1. Control mode/interval error aktivitas pengajaran seluruh responden

3.2. Extended Version

Extended version merupakan tahapan kedua pada metode CREAM. Terdapat tiga langkah yang dilakukan pada tahap *extended version* yaitu menentukan kebutuhan kognitif pada penyelesaian task, menentukan kegagalan fungsi kognitif, dan menentukan pengaruh CPC pada fungsi kognitif.

Menentukan kebutuhan kognitif

Tahap ini adalah mengidentifikasi kegiatan kognitif yang diperlukan untuk setiap tugas dalam aktivitas pengajaran. Tabel 4 menunjukkan kebutuhan kognitif dalam task pengajaran yang dilakukan oleh dosen.

Tabel 4. Kebutuhan kognitif setiap task

No. Task	Sub Aktivitas	Aktivitas Kognitif
1.1	Koordinasi team teaching	Coordinate
1.2	Menyiapkan Rancangan Pembelajaran	Plan
1.3	Menyiapkan materi dan media pembelajaran	Plan
2.1	Penyampaian materi	Execute
2.2	Pembuatan dan pengumpulan soal (tugas, kuis, UTS, UAS)	Execute
2.3	Koreksi dan pengolahan nilai (Tugas, Kuis, UTS, UAS)	Execute
2.4	Pengumpulan nilai	Execute
3.1	Penyusunan portofolio mata kuliah	Evaluate

Menentukan kegagalan fungsi kognitif

Tahap ini adalah menentukan kegagalan fungsi kognitif, seperti yang ditunjukkan dalam Tabel 5. Kegagalan fungsi kognitif ditentukan dengan melihat potensi ketidaksesuaian pelaksanaan aktivitas/sub aktivitas yang selanjutnya dilihat

ketidaksesuaian tersebut masuk dalam kategori error yang mana.

Tabel 5. Kegagalan fungsi kognitif

No. Task	Sub Aktivitas	Aktivitas Kognitif	Potensi Error	Error
1.1	Koordinasi team teaching	Coordinate	Tidak dilakukan koordinasi tim secara maksimal	P2
1.2	Menyiapkan Rancangan Pembelajaran	Plan	RPS tidak tersusun dengan rinci	P2
1.3	Menyiapkan materi dan media pembelajaran	Execute	Keterlambatan update materi kuliah	E2
2.1	Penyampaian materi	Execute	Penyampaian materi tertunda	E2
2.2	Pembuatan dan pengumpulan soal (tugas, kuis, UTS, UAS)	Execute	Keterlambatan pengumpulan soal	E2
2.3	Koreksi dan pengolahan nilai (Tugas, Kuis, UTS, UAS)	Execute	Kelambatan koreksi dan pengolahan nilai	E2
2.4	Pengumpulan nilai	Execute	Keterlambatan pengumpulan nilai	E2
3.1	Penyusunan portofolio mata kuliah	Evaluate	Tidak tersusun portofolio	E5

Pengaruh CPC pada fungsi kognitif

Dilakukan penilaian *failure probability* pada setiap jenis kegagalan kognitif./ *Cognitive Failure Probability* (CFP). Langkah pertama dalam penentuan CFP adalah melakukan pembobotan (*weighting*) pada CPC, menggunakan formulasi 1). Hasil perhitungan *weighting factor* ditunjukkan dalam Tabel 6

Tabel 6. Weighting CPC seluruh responden

No Responden	Weighting Factor			
	O	I	P	E
1	1,0	0,8	1,3	1,0
2	0,3	0,2	0,3	0,3
3	0,5	0,5	0,5	0,5
4	1,6	2,0	5,0	4,0
5	2,0	5,0	5,0	2,0
6	4,8	2,4	24,0	24,0
7	2,0	2,0	5,0	2,0
8	0,3	0,4	0,3	0,6
9	0,5	0,6	0,6	0,5
10	0,8	0,8	1,0	2,0
11	0,4	0,3	0,2	0,4

Langkah kedua dalam penentuan CFP adalah menentukan *Cognitive Failure Probability* (CFP) untuk setiap aktivitas dosen dalam pengajaran. CFP ditentukan dengan mengalikan nilai *weighting factor* dengan nilai nominal CFP seperti ditunjukkan dalam

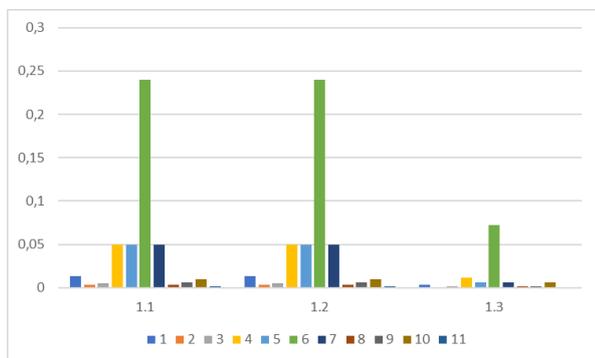
formulasi 2). Hasil perhitungan CFP untuk seluruh responden ditunjukkan dalam tabel 7.

Tabel 7. Nominal CFP seluruh responden

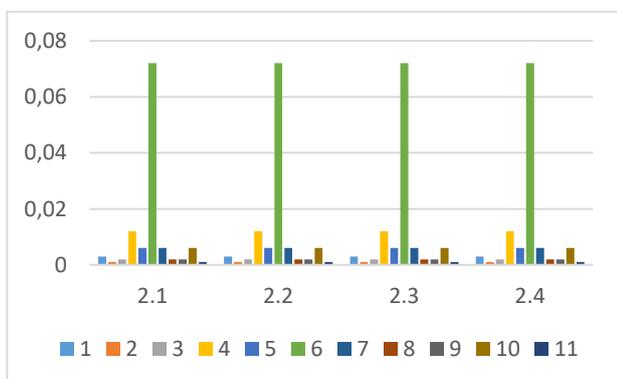
Nominal CFP							
1.1	1.2	1.3	2.1	2.2	2.3	2.4	3.1
P2	P2	E2	E2	E2	E2	E2	E5
0.01	0.01	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.03
0,013	0,013	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	0,030
0,003	0,003	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,009
0,005	0,005	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,015
0,050	0,050	0,012	0,012	0,012	0,012	0,012	0,120
0,050	0,050	0,006	0,006	0,006	0,006	0,006	0,060
0,240	0,240	0,072	0,072	0,072	0,072	0,072	0,720
0,050	0,050	0,006	0,006	0,006	0,006	0,006	0,060
0,003	0,003	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,018
0,006	0,006	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,015
0,010	0,010	0,006	0,006	0,006	0,006	0,006	0,060
0,002	0,002	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,012

Analisis

Berdasarkan hasil pengolahan data dalam *extended version* diperoleh gambaran bahwa pelaksanaan pengajaran dalam aktivitas perencanaan memiliki nilai CFP tertinggi sebesar 0.24 untuk sub task 1.1 dan 1.2 dan 0.072 pada sub task 1.3. Nilai CFP minimal adalah 0.002 pada sub task 1.1 dan 1.2, dan 0.001 pada sub task 1.3. Representasi grafis nilai CFP untuk task 1 ditunjukkan dalam gambar 2.



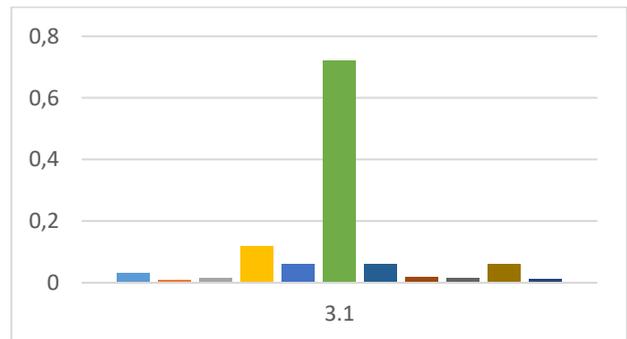
Gambar 2. Nilai CFP seluruh responden pada task 1 (perencanaan)



Gambar 3. Nilai CFP seluruh responden pada task 2 (pelaksanaan)

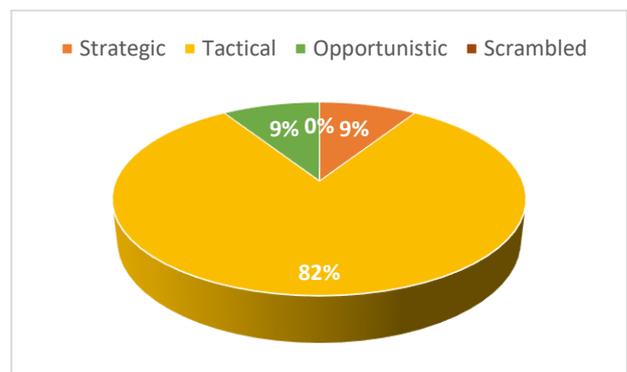
Pelaksanaan pengajaran yang terdiri dari 4 sub task memiliki nilai CFP terbesar 0,072, pada sub task 2.1-2.4. Nilai terbesar ditunjukkan pada CFP responden 6. Gambar 3 menunjukkan nilai CFP seluruh responden pada task 2 (pelaksanaan).

Pada task 3 diperoleh nilai maksimal CFP sebesar 0.72 dan bersesuaian dengan responden 6. Representasi grafis nilai CFP untuk task 3 ditunjukkan dalam Gambar 4.



Gambar 4. Nilai CFP seluruh responden pada task 3 (evaluasi)

Basic version dalam CREAM memberikan gambaran bahwa sebesar 9 orang (82%) responden memiliki *control mode* tactical, masing-masing 1 orang (9%) pada *control mode* strategic dan *opportunistic*, sementara itu tidak ada yang masuk pada *scramble* (0%). Gambar 5 menunjukkan proporsi setiap *control mode* pada dosen prodi E.



Gambar 5. Proporsi control mode/interval error pengajaran pada dosen prodi E

Diketahui 0 reponden masuk dalam error mode scrambled dengan interval error $0.1 < HEP < 1.0$ [9][10], 1 orang responden yaitu responden F diketahui masuk dalam *control mode* opportunistic dengan interval $HEP < 0.5$, dengan adanya kemungkinan tindakan selanjutnya ditentukan oleh karakteristik kurangnya perencanaan[9][10]. *Control mode* ini dicirikan dengan tindakan kebetulan yang diambil karena waktu, kendala, dan kurangnya pengetahuan atau

keahlian dalam keadaan lingkungan yang tidak seperti biasanya. Sembilan orang responden masuk dalam *control mode* tactical dengan interval $0.001 < \text{HEP} < 0.1$. Kinerja kendali taktikal biasanya mengikuti prosedur yang direncanakan meskipun beberapa penyimpangan tertentu mungkin terjadi [9][10], menggunakan aturan dan prosedur yang diketahui untuk merencanakan dan melakukan Tindakan jangka pendek, sehingga lebih sedikit kesalahan yang mungkin dilakukan jika dibandingkan dengan *control mode* opportunistic. Satu responden dalam *control mode* strategic dengan interval error $0.00005 < \text{HEP} < 0.01$. *control mode* ini ditandai dengan ketersediaan waktu yang memadai, manajemen dan dukungan organisasi dapat diakses untuk mempertimbangkan tindakan yang dilakukan [9][10]. Responden H merupakan satu-satunya yang masuk dalam kategori *control mode* strategic, hal ini bersesuaian dengan validasi yang dilakukan yang menunjukkan bahwa responden H memiliki perencanaan dan tujuan jangka panjang dan menyeluruh, senantiasa melakukan evaluasi hasil secara lebih tepat dan mempertimbangkan hubungan antara tindakan dan konsekuensinya serta memiliki kendali yang menyeluruh atas tugas dan situasi yang ada.

Berdasarkan hasil perhitungan CFP yang telah dilakukan sesuai dengan penilaian setiap responden atas setiap CPC diketahui bahwa CFP terbesar untuk setiap sub task adalah pada responden 6 untuk semua sub task yang dilakukan dalam pengajaran. Berdasarkan proses konfirmasi yang telah dilakukan dalam penelitian ini, probabilitas *failure* responden 6 tertinggi diantara yang lain disebabkan karena yang bersangkutan merupakan dosen baru sehingga masih dalam proses beradaptasi dengan semua CPC yang ada dalam melaksanakan tugas pengajaran. Selain itu dosen baru belum cukup mendapatkan pelatihan dalam menjalankan pengajaran. Berdasarkan penelitian yang dilakukan M. Asbullah (2016) pengaruh pengalaman kerja dalam persen adalah 42,5%. Sedangkan pengaruh diklat dalam persen adalah sebesar 43,9% [11].

Nilai CFP untuk setiap task dan sub task menunjukkan bahwa sub task 3.1. memiliki angka probabilitas error yang paling tinggi pada seluruh responden. Task 3 adalah evaluasi dengan satu sub task berupa penyusunan portofolio mata kuliah. Sub task ini masuk dalam kategori kegagalan fungsi kognitif E5 dengan nominal CFP yang cukup besar yaitu 0,03. Selain itu nilai *weighting factor* setiap responden pada fungsi kognitif mayoritas lebih besar jika dibandingkan dengan fungsi kognitif yang lain. Kondisi inilah yang menyebabkan nilai CFP pada sub tas 3.1 lebih besar pada setiap responden.

Tentu saja besarnya nilai CFP ini sangat terkait dengan hasil penilaian responden pada setiap CPC.

4. KESIMPULAN

Hasil pengolahan pada *basic version* menunjukkan bahwa *control mode* dari 11 responden adalah 1 orang pada *control mode* strategic (9%), 9 orang tactical (82%), 1 orang opportunistic (9%), dan 0 orang scrambled (0%). Hasil dari *extended version* menunjukkan bahwa CFP tertinggi adalah pada sub task 3.1. dengan rata-rata 0,1 untuk seluruh responden. Angka CFP tertinggi pada sub task 3.1 adalah pada responden 6 dengan nilai 0,72.

Berdasarkan hasil tersebut dapat disimpulkan bahwa mayoritas dosen program studi E telah melaksanakan aktivitas pengajaran dengan perencanaan serta implementasi aturan/prosedur dalam skala waktu jangka pendek. Sehingga masih diperlukan untuk meningkatkan kapasitas perencanaannya untuk jangka panjang agar task evaluasi mata kuliah yang selama ini belum terlaksana dengan baik dapat tercakup dalam perencanaan. Dengan demikian diharapkan nilai CFP dalam task evaluasi ini dapat direduksi.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terimakasih kepada Universitas Ahmad Dahlan Yogyakarta yang telah memberikan dukungan pendanaan dalam pelaksanaan penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] R. Dewan Perwakilan Rakyat, *Undang-undang Republik Indonesia Nomor 4 Tentang Guru Dan Dosen*, no. 2. 2005.
- [2] A. S. Ira Novira, Arief Rahman, “Perancangan Alat Ukur Human Cognitive Reliability dengan Menggunakan Cognitive Reliability and Error Analysis Method.”
- [3] C. Bariyah, M. M. Sagita, and D. Ramadona, “Analisis Beban Kerja Subjektif Dan Potensi Human Error Pada Tugas Dosen,” 2019.
- [4] R. Purwaningsih and A. Sugiyanto, “Analisis Beban Kerja Mental Dosen Teknik Industri Undip Dengan Metode Subjective Workload Assessment Technique (Swat),” *J@Ti Undip J. Tek. Ind.*, vol. 2, no. 2, pp. 28-39-39, 2012.
- [5] G. Yogisutanti, H. Kusnanto, L. Setyawati, and Y. Otsuka, “Pengaruh Pelatihan Pengendalian Kelelahan Kerja terhadap Peningkatan Pengetahuan Dosen Sekolah Tinggi Ilmu Kesehatan di Bandung,” *J. Ilmu Kesehat. Immanuel*, vol. 7, no. December, pp. 1-13, 2015.

- [6] N. Ardiyanti, I. Wahyuni, and S. Jayanti, “Hubungan Beban Kerja Mental Dengan Kelelahan Kerja Pada Tenaga Keperawatan Dan Tenaga Kebidanan Di Puskesmas Mlati li Sleman Yogyakarta,” *J. Kesehat. Masy.*, vol. 5, no. 5, pp. 264–272, 2017.
- [7] D. Dawson, “8 . 0 Shift Management : The Role of Fatigue in Human Error,” *Symp. A Q. J. Mod. Foreign Lit.*
- [8] A. Dahlan and B. Widanarko, “Impact of Occupational Fatigue on Human Performance among Oil and Gas Workers in Indonesia,” *Kesmas*, vol. 17, no. 1, pp. 54–59, 2022, doi: 10.21109/kesmas.v17i1.5390.
- [9] Capt. Sameh Kabary Rashed, “The Concept of Human Reliability Assessment Tool CREAM and Its Suitability for Shipboard Operations Safety,” *J. Shipp. Ocean Eng.*, vol. 6, no. 6, pp. 348–355, 2016, doi: 10.17265/2159-5879/2016.06.001.
- [10] M. Marseguerra, E. Zio, and M. Librizzi, “Quantitative developments in the cognitive reliability and error analysis method (CREAM) for the assessment of human performance,” *Ann. Nucl. Energy*, vol. 33, no. 10, pp. 894–910, 2006, doi: 10.1016/j.anucene.2006.05.003.
- [11] M. Asbullah, “Pengaruh Pengalaman Kerja dan Diklat Terhadap Kinerja Dosen Universitas Tama Jagakarta,” *J. Anal. Ekon. Utama Vol. X, Nomor 2*, vol. 15, no. 2, pp. 1–23, 2016.

ANALISA TEKANAN ANGIN AIRBAG SAAT PELUNCURAN KAPAL

E. R. de Fretes¹, H. S. Lainsampatty² dan R. Iriawan³

¹Jurusan Teknik Perkapalan Fakultas Teknik Universitas Pattimura, Ambon 97233

E-mail: defretesera@fatek.unpatti.ac.id

²Jurusan Teknik Perkapalan Fakultas Teknik Universitas Pattimura, Ambon 97233

E-mail: hellylines@gmail.com

³Jurusan Teknik Perkapalan Fakultas Teknik Universitas Pattimura, Ambon 97233

E-mail: iriawan22@gmail.com

Abstrak. Posisi *airbag* dan tekanan angin pada *airbag* sangat mempengaruhi posisi kapal saat peluncuran agar posisi kapal tetap stabil dan tidak mengalami kondisi kritis seperti *tipping*, *dropping* dan *stern lift*. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui berapa besar tekanan angin pada saat peluncuran kapal *monohull*. Penelitian ini dilakukan secara eksperimental di Laboratorium *Slipway*. Peluncuran periode pertama, tekanan angin pada *airbag* (F1) adalah 0,66 lebih besar dari nilai F3 yaitu 0,62 pada *airbag* 0,24 bar di *airbag* pertama. Periode kedua dimulai dari buritan kapal menyentuh air hingga lambung kapal memasuki air dengan nilai momen gaya apung total terhadap ujung depan *airbag* kapal memiliki nilai 3,444 Nm dan nilai momen berat kapal terhadap ujung depan *airbag* adalah 154,753 Ton meter dan besar tekanan angin 0,24 bar pada *airbag* kedua sampai keempat. Periode ketiga seluruh lambung kapal masuk air hingga *airbag* terakhir dapat tekanan air dengan nilai momen gaya apung total terhadap ujung depan *airbag* bernilai 18,892 Nm dan pada tahap empat 90,220 Nm dan nilai momen berat kapal terhadap ujung depan *airbag* pada kapal dengan nilai 154,753 Ton meter dan besar tekanan angin 0,175 bar di *airbag* lima dan enam. Periode keempat mulai *airbag* mendapat tekanan air hingga seluruh *airbag* terlepas dengan nilai momen gaya apung total terhadap ujung depan *airbag* memiliki nilai 90,220 Nm dan nilai momen berat kapal terhadap ujung depan *airbag* pada kapal yaitu 154,753 Ton meter dan besar tekanan angin 0,375 bar di *airbag* enam dan 0,175 bar pada *airbag* tujuh dan delapan.

Kata kunci: Peluncuran kapal, *Airbag*, Tekanan angin, monohull, slipway

Abstract. *Airbag position and wind pressure on the airbags greatly affect the position of the ship at launch so that the ship's position remains stable and does not galammy critical conditions such as tipping, dropping and stern lifts. This study aims to find out how much wind pressure is at the time of launch of the monohull ship. The study was conducted experimentally in the Slipway Laboratory. Launching the first period, the wind pressure on the airbag (F1) was 0.66 greater than the F3 value of 0.62 on the 0.24 bar airbag in the first airbag. The second period starts from the stern of the ship touching the water until the hull enters the water with the value of the moment of total buoyancy force against the front end of the ship's airbag having a value of 3.444 Nm and the value of the moment of weight of the ship against the front end of the airbag is 154.753 Tons meters and the magnitude of the wind pressure is 0.24 bar on the second to fourth airbags. The third period of the entire hull entering the water until the last airbag can be water pressure with a total buoyancy force moment value against the front end of the airbag worth 18,892 Nm and at stage four 90,220 Nm and the moment value of the ship's weight against the front end of the airbag on the ship with a value of 154,753 Tons of meters and a large wind pressure of 0.175 bar in airbags five and six. The fourth period from which the airbag gets water pressure until the entire airbag is released with the total buoyancy force moment value against the front end of the airbag having a value of 90.220 Nm and the moment value of the weight of the ship against the front end of the airbag on the ship which is 154.753 Ton meters and the wind pressure is 0.375 bar in airbag six and 0.175 bar in airbags seven and eight.*

Keywords: Ship launch, Airbag, Wind pressure, mono hull, slipway

1. PENDAHULUAN

Kapal berfungsi sebagai alat transportasi dalam melakukan kegiatan perekonomian antar daerah kepulauan seperti negara kita Indonesia yang memiliki banyak gugusan pulau yang sulit dijangkau oleh alat transportasi lain. Indonesia merupakan Negara kepulauan terbesar di dunia yang memiliki lebih dari 17.000 pulau dan tanpa terkecuali Provinsi Maluku. Mutu dan kualitas kapal yang dibangun maupun reparasi kapal dalam sebuah galangan dipengaruhi beberapa faktor seperti fasilitas dalam galangan, keahlian para pekerja galangan, peralatan yang dimiliki oleh galangan kapal, kemudahan untuk memperoleh bahan material, dan lain-lainnya. Salah satu proses dalam perbaikan kapal atau reparasi kapal.

Peluncuran dengan *airbag* adalah suatu tahapan dari proses peluncuran kapal yang secara potensial berbahaya (penuh resiko) sehingga harus direncanakan dan dilaksanakan dengan baik karena stabilitas kapal mempengaruhi posisi kapal tersebut diatas *airbag*. Perhitungan peluncuran ini diperlukan untuk menghindari kapal dari kondisi kritis seperti *tipping*, *dropping* dan *stern lift*.

Dengan menggunakan perhitungan peluncuran ini kemungkinan terjadinya bahaya-bahaya seperti di kapal dengan satu lambung (*monohull*) jika kelebihan dalam memasukkan angin ke *airbag* maka kapal menjadi tidak seimbang dan dapat mengakibatkan *dropping*, *tipping* dan *lifting*. Semua bahaya tersebut dapat dihindari dapat dideteksi lebih awal saat perhitungan secara manual. Namun dibalik kelebihan yang dimiliki oleh kapal *monohull* (lambung tunggal), maka dilakukan cara perhitungan peluncuran kapal *monohull* (lambung tunggal) dengan menggunakan *airbag* agar kapal dapat meluncur dengan aman hingga keluar dari ujung landasan *shipyard*.

2. BAHAN DAN METODE

2.1. Proses Peluncuran Kapal

Peluncuran (*Launching*) adalah suatu tahapan dari proses pembangunan kapal yang secara potensial berbahaya (penuh resiko) sehingga harus direncanakan dan dilaksanakan dengan baik. Oleh karena itu perilaku gerakan kapal selama *launching* perlu diketahui untuk menjamin bahwa peluncuran dapat berlangsung aman. (*Ruspanah, 2007*). Pemodelan matematik gerakan kapal dalam arah *vertikal*, *horizontal* dan melingkar dilakukan untuk tiap tahapan peluncuran dengan menggunakan parameter dari kapal dan *Launching Arrangement*.

Tahap-tahap peluncuran di sini dibagi kedalam empat periode yang terdiri dari:

1. **Periode pertama** diperhitungkan sejak dimulainya gerak ke titik di mana kapal memulai dari ujung. Batas akhir dari periode pertama adalah titik di mana ada perubahan di alam gerak. Kapal memiliki gerak lurus dan harus sesuai dengan beban dan reaksi dari pondasi.
2. **Periode kedua** diperhitungkan dari akhir periode pertama ke titik di mana lambung kapal memasuki air. Kekuatan dibawa ke dalam tindakan dengan perendaman *sliding ways* diabaikan karena mereka relatif kecil dalam *side launching*. Batas akhir periode kedua adalah titik di mana ada tekanan air sebagai bukti. Kapal memiliki gerakan ganda yang terdiri di peluncuran dari *threshold* dan *pivoting* tentang *threshold*. Kapal harus sesuai dengan beban dan reaksi dari pondasi.
3. **Periode ketiga** dihitung dari akhir periode kedua untuk *dropping*. Batas akhir periode ketiga adalah titik di mana reaksi dari pondasi vanihes. *Sliding ways* bersama-sama dengan kapal terus slip dari *threshold* dan pada saat yang sama *pivot* kapal tentang *threshold*. Kapal harus sesuai dengan beban, reaksi dasar dan tekanan air.
4. **Periode keempat** dihitung dari akhir periode ketiga ke titik di mana gerakan berhenti. Selama periode keempat menjatuhkan berlangsung dengan gerakan berikutnya oleh inersia yang terdiri dalam *heaving*, *rolling*, terjemahan. Kapal harus sesuai dengan beban dan tekanan air.

2.2. Tekanan

Tekanan udara adalah tenaga yang bekerja untuk menggerakkan massa udara dalam satuan wilayah tertentu dari suatu tempat ke tempat lainnya. Tekanan udara sangat dipengaruhi tingkat kepadatan atau kerapatan (*densitas*) massa udara. Densitas udara adalah massa per satuan volume gas atmosfer. Tekanan udara dihitung dengan persamaan berikut:

$$P_h = (P_u - h/100) \text{ cmHg} \quad (1)$$

Di mana :

P_h = tekanan pada ketinggian h

P_u = tekanan udara permukaan air laut

h = tinggi suatu tempat untuk mencari ketinggian

2.3. Estimasi berat kapal

Displasemen adalah berat dari karene. Karene adalah bentuk badan kapal yang ada di bawah permukaan air. Dengan tujuan, bahwa tebal kulit, lunas sayap, daun kemudi, baling-baling dan lain-lain perlengkapan kapal yang terendam di bawah permukaan air tidak termasuk Karene. Isi karene adalah volume badan kapal yang ada di bawah permukaan air (tidak termasuk volume kulit dan lain – lain). (Nguman Hs dkk, 2004)

$$\text{Volume kapal (V)} = L * B * T * C_b \quad (2)$$

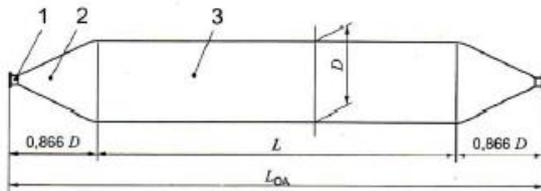
Selain itu Deplasemen berat kapal (Δ) dapat juga ditulis sebagai berikut. ((Nguman Hs dkk, 2004)

$$\Delta = \text{LWT} + \text{DWT} \quad (3)$$

2.4. Airbag

Merupakan suatu metode yang bisa digunakan untuk menaikkan maupun meluncurkan kapal dan sarana untuk docking dan undocking dalam kegiatan reparasi kapal di slipway maupun lahan kosong.

Bahan dasar *airbag* berupa lapisan-lapisan *rubber* atau lebih tepatnya disebut lapisan *synthetic-cord-reinforced rubber*, yaitu jenis *airbag* silinder dengan ujung-ujung kepalanya berbentuk hemispherical. Semuanya divulkanisir bersamaan, kemudian dimasukkan udara bertekanan yang memungkinkan terjadinya perputaran.



Gambar 1. Struktur Air Bag

Gambaran struktur *airbag* yang dibagi menjadi tiga bagian yaitu :

1. Mulut *airbag*
2. Kepala *airbag*
3. Badan *airbag*

2.5. Prosedur Penelitian

Data yang diperoleh diambil dari Labolatorium Slipway Universitas Pattimura, dan melakukan survey terkait dengan fasilitas yang dibutuhkan saat peluncuran kapal satu lambung (*monohull*) dengan *airbag*, mengumpulkan data dan informasi ketahanan beban dan tekanan angin yang dapat diterima *airbag* sesuai dengan spesifikasi dari *airbag* yang digunakan. Selanjutnya dilakukan pengolahan data. Selanjutnya dilakukannya analisis dari hasil yang didapatkan pada pengolahan data yaitu mendapatkan besaran nilai pada *airbag* saat peluncuran kapal *monohull* Polair XVI – 2007.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Data Kapal

Ukuran kapal merupakan nilai-nilai yang menyatakan dimensi atau ukuran sebuah kapal, dimana dalam proses mendesain atau merancang maupun menggambar sebuah kapal hal yang paling mendasar yang sangat dibutuhkan adalah ukuran kapal. Ukuran kapal adalah sebagai berikut :

Panjang kapal (Loa)	= 15	m
Lebar Kapal (B)	= 3	m
Tinggi Geladak (H)	= 1,7	m
Tinggi Sarat (T)	= 0,6	m
Daya Dorong Kapal	= 2 x 200	PK
Material	= FRP	
Displasemen	= 10,3	Ton
LCB	= 5,976	m

3.2. Estimasi Berat Kapal

Displasemen adalah berat dari karene. Karene adalah bentuk badan kapal yang ada di bawah permukaan air. Dengan tujuan, bahwa tebal kulit, lunas sayap, daun kemudi, baling-baling dan lain-lain perlengkapan kapal yang terendam di bawah permukaan air tidak termasuk Karene. Isi karene adalah volume badan kapal yang ada di bawah permukaan air.

Tabel 1. Komponen berat kapal

Komponen LWT	Nilai	Satuan
Berat Struktur Kapal	6,675	Ton
Berat Perlengkapan	1,8	Ton
Berat Permesinan	0,512	Ton
Berat Margin	0,635	Ton
Total	9,71	Ton

3.3. Peluncuran Kapal

Peluncuran (*Launching*) adalah menurunkan kapal dari landasan peluncur dengan menggunakan gaya berat kapal atau dengan memberikan gaya dorong tambahan yang bekerja pada bidang miring kapal. Perhitungan peluncuran ini dipergunakan untuk menghindari kapal dari bahaya-bahaya yang tidak dikehendaki seperti kapal tenggelam ketika diluncurkan, *dropping*, *tipping* dan *lifting* (Bakri dkk. 1983).

Periode I

Syarat kapal untuk bergerak adalah jika $F_1 > F_3$, Gaya-gaya yang diuraikan pada P adalah :

- 1) $F_1 = P \sin \alpha$
= 0,66 Ton
- 2) $F_2 = P \cos \alpha$
= 10,666 Ton

$$3) F3 = f \times F2$$

$$\begin{aligned} \text{Maka } F3 &= f \times F2 \\ &= 0,062 \times 10,666 \\ &= 0,65 \text{ Ton} \end{aligned}$$

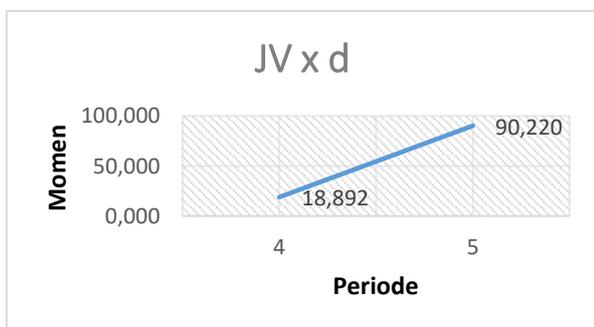
Karena $F1 > F3$ maka kapal dapat bergerak sehingga memenuhi persyaratan

Periode II

Pada peluncuran periode kedua memiliki perbedaan yaitu nilai dari $JV \times d$ atau Momen gaya apung total terhadap ujung depan *airbag* dimana pada kapal memiliki nilai 3,444. Begitu juga dengan nilai $P \times c$ atau Momen berat kapal terhadap ujung depan *airbag* pada kapal dengan nilai 154,753. Pada langkah pertama dan kedua kapal *monohull* mengalami *tipping* karena posisi buritan kapal mulai menjauh dari *airbag* sebelumnya dan mulai ke *airbag* selanjutnya. Kemudian pada periode kedua ini pada langkah pertama maupun kedua kapal *monohull* tidak mengalami *sternlift* karena posisi buritan kapal belum mendapat gaya apung saat peluncuran dan *airbag* masih dapat berjalan di landasan. Pada periode kedua ini kapal *monohull* besar tekanan angin 0,24 bar pada *airbag* kedua sampai keempat.

Periode III

Pada peluncuran periode ketiga memiliki perbedaan yaitu nilai dari $JV \times d$ atau Momen gaya apung total terhadap ujung depan *airbag* dimana pada kapal memiliki nilai 18,892 dan 90,220. Begitu juga dengan nilai $P \times c$ atau Momen berat kapal terhadap ujung depan *airbag* pada kapal dengan nilai 154,753 dan 154,753. Pada langkah ketiga dan keempat kapal *monohull* mengalami *tipping* karena posisi buritan kapal mulai menjauh dari *airbag* sebelumnya dan mulai ke *airbag* selanjutnya.



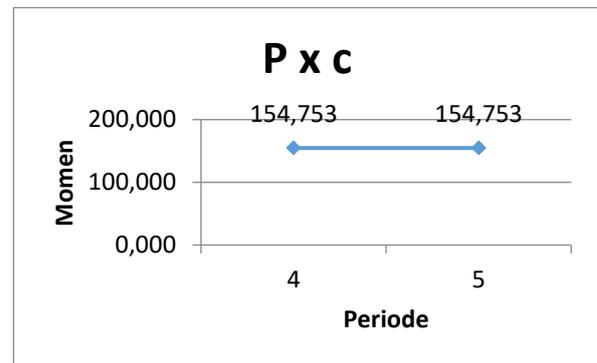
Gambar 2. Hubungan $JV \times d$ pada ujung airbag

Kemudian pada periode ketiga ini pada langkah pertama maupun kedua kapal *monohull* tidak mengalami *sternlift* karena posisi buritan kapal belum mendapat gaya apung saat peluncuran dan *airbag*

masih dapat berjalan di landasan. Dan pada periode ketiga ini kapal besar tekanan angin 0,375 bar di *airbag* enam dan 0,175 pada *airbag* tujuh dan delapan. Kondisi ini dapat dilihat pada Gambar 2.

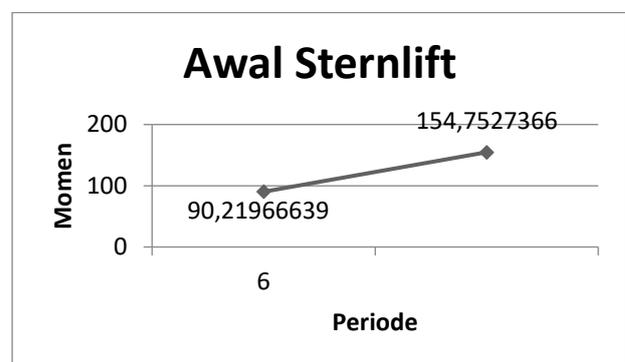
Periode IV

Pada peluncuran periode keempat memiliki perbedaan yaitu nilai dari $JV \times d$ atau Momen gaya apung total terhadap ujung depan *airbag* dimana pada kapal memiliki nilai 90,22 Nm. Begitu juga dengan nilai $P \times c$ atau Momen berat kapal terhadap ujung depan *airbag* pada kapal dengan nilai 154,75 Ton meter. Hal ini dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Momen berat kapal terhadap air bag

Pada langkah kelima kapal mengalami *tipping* karena posisi buritan kapal mulai menjauh dari *airbag* sebelumnya. Kemudian pada periode kelima ini kapal mengalami *sternlift* dimana posisi buritan kapal sudah mendapat daya apung saat peluncuran dan *airbag* mulai terlepas dan berjalan ke haluan kapal. Pada kondisi ini momen yang dihasilkan dari 90,22 menjadi 154,753 ton m. Hal ini terjadi pada *airbag* ke 8, kondisi ini dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Kondisi *sternlift* dari kapal

Periode V

Pada periode ini kapal telah mengapung bebas di atas permukaan, dimana bagian depan telah terjadi *bowlift*, pada kondisi ini *air bag* telah keluar dari kapal dan pengapungan pada kapal tersebut, sesuai pada kondisi momen berat dari kapal 154,753 Ton

dan momen pada ujung air bag yang terlepas adalah 154,753 Ton

4. KESIMPULAN

Pada periode pertama untuk kapal *monohull* sama-sama dapat bergerak saat peluncuran dikarenakan terdapat angin pada *airbag* dan nilai F1 lebih besar dari nilai F3 dengan besar tekanan angin pada *airbag* sebagai berikut. Pada kapal *monohull* besar tekanan angin 0,24 bar di *airbag* pertama, kedua dan ketiga.

Gaya apung total terhadap ujung depan *airbag* dimana pada kapal memiliki nilai 3,44 Nm. Begitu juga dengan nilai $P \times c$ atau Momen berat kapal terhadap ujung depan *airbag* pada kapal dengan nilai 154,75 Ton meter dan tekanan angin 0,24 bar pada *airbag* kedua sampai keempat

Momen gaya apung total terhadap ujung depan *airbag* pada kapal memiliki nilai 90,22 Nm. Begitu juga dengan Momen berat kapal terhadap ujung depan *airbag* pada kapal dengan nilai 154,75 Ton meter, dengan tekanan angin 0,375 bar di *airbag* enam dan 0,175 pada *airbag* tujuh dan delapan. Pada kondisi ini kapal telah mengalami *sternlift*.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Ruspanah, J., *Peluncuran Kapal*. Jurnal Kelautan Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya, P84-89, 2007.
- [2] Sitepu, G., Hamzah dan Firu, L.O.A.R., *Kajian Penggunaan Fasilitas Dok Sistem Airbags Di PT DOK dan PERKAPALAN KODJA BAHARI Galangan II*, Jakarta, Jurnal Riset dan Teknologi Kelautan Vol. 10, Nomor 2, Juli – Desember 2012.
- [3] Nezhad, A. E., *Airbag-Ship launching*, Marine conference, Departemen of Mechanical Engginering, Sharif University of Technology, Islamabat P158-166, 2017.
- [4] Al-Fian, M. F., Riantini, R., dan Subekti, A., *Identifikasi Bahaya Proses Launching Kapal Menggunakan Sistem Marine Air bag Ship Pada Slipway Area Galangan Kapal PT Daya Radar Utama Unit Lamongan*, Proceeding 1st Proceeding Conference on Safety Engineering and Its Aplication Vol. 1 Book 2 2 September 2017.
- [5] Wisnawa, T.S., Pribadi, T.W., dan Baihaqi, I., *Analisis Risiko Terjadinya Kerusakan Kapal Pada Proses Penurunan Dengan Metode Air bag*, Jurnal Teknik ITS Vol. 6, No.1 2017.
- [6] Ariany, Z., *Analisa Perhitungan Ballast Pada Peluncuran Menyamping (Side Launching) Kapal Sungai 200 GT Di PT DKB (Persero) Cabang Semarang*, Gema Teknologi Vol. 19, No. 4 Periode Oktober 2017 – April 2018.
- [7] Volenyuk, L.S. and Rashkovskyi, A.S., *Ship stability analysis during launching from longitudinal sloping slipway by pneumatic air bags*, Journal International Shipbuilding Progress, Vol. 64, no 1-2, p.41-50, 2017.
- [8] Fitriadhy, A., and Malek, A.M.A., *Computational Fluid dynamics Analysis of a Ship's Side Launcing In Restricted Water*, Journal of Mechanical Engineering and Sciencies Vol. 11, Issue 4, p.2993-3003, December 2017.
- [9] Putra, I.D., Suwasono, B., dan Munazid, A., *Penggunaan Rolling Air bag Slipway Pada Peluncuran Memanjang Periode I*, Jurnal Sain dan Teknologi Vol. 9, No. 1 Februari 2011.
- [10] Tinandri, R.Q., Wahidin, A., dan Imron, A., *Analisis Desain Layout Air bags Pada Peluncuran kapal Tanker 17500 LTDW Di PT Daya Radar Utama Unit Lamongan*, Conference on Design and Manufacture and Its Aplication Vol. 1, No. 1 2017.
- [11] Ozkok, M., and Cebi, S., *A fuzzy based assessment method for comparizon of ship launching methods*, Journal of Intelligent & Fuzzy Systems, vol. 26, no. 2, p.781-791, 2014.
- [12] Bhasin K., *Airbag for safety system in automobile engineering*, International Journal of automobile engineering, Volume 10, TJPRC Pvt.Ltd., P1-6 Issue 1 Juni 2020

ANALISIS PARTISIPASI MASYARAKAT DALAM PROGRAM NUSP-2 DI KELURAHAN PANDAN KASTURI, KOTA AMBON

S. A. Dewi¹, W. D. Nanlohy² dan H. Mandaku³

¹Program Studi Perencanaan Wilayah dan Kota, Fakultas Teknik Universitas Pattimura, Ambon 97233

E-mail: sriastuti.dewi@gmail.com

²Program Studi Perencanaan Wilayah dan Kota, Fakultas Teknik Universitas Pattimura, Ambon 97233

E-mail: willem.nanlohy@fatek.unpatti.ac.id

³Program Studi Teknik Industri, Fakultas Teknik Universitas Pattimura, Ambon 97233

Email : hanok.mandaku@fatek.unpatti.ac.id

Abstrak. Tujuan penelitian ini adalah menganalisis bentuk, tingkat, faktor-faktor yang mempengaruhi, dan hubungan antara faktor terhadap bentuk dan tingkat partisipasi masyarakat pada tahap pemanfaatan hasil Program *Neighborhood Upgrading and Shelter Project Phase 2 (NUSP-2)*. Metode penelitian adalah (1) deskriptif kuantitatif, (2) skoring, dan (3) tabulasi silang (*crosstab*). Hasil penelitian memperlihatkan: (1) bentuk partisipasi yang paling dominan yaitu tenaga/keahlian dan menikmati hasil pembangunan; (2) tingkat partisipasi masyarakat berada pada tingkat *Deciding Together*; (3) faktor yang mempengaruhi partisipasi masyarakat, adalah (a) faktor internal: faktor umur, gender/jenis kelamin, tingkat pendidikan, jenis pekerjaan, penghasilan perbulan, lama tinggal; (b) faktor eksternal: pemerintah Kota Ambon (44,4%), kelurahan (45,2%), tokoh masyarakat (70,4%), dan fasilitator (72,8%); (c) faktor psikologis: *need* (80,4%), motif (82,5%), *hope* (78%), dan *reward* (82,4%); dan (4) Hubungan antara faktor-faktor yang mempengaruhi terhadap bentuk dan tingkat partisipasi masyarakat, yakni (a) faktor internal memiliki hubungan dan berpengaruh terhadap bentuk partisipasi, yaitu menerima imbalan dan menikmati hasil; (b) faktor eksternal memiliki hubungan dan berpengaruh terhadap bentuk partisipasi, yaitu tingkat informasi dan menikmati hasil; (c) faktor psikologis memiliki hubungan dan berpengaruh terhadap bentuk partisipasi, yaitu menerima imbalan dan menikmati hasil.

Kata kunci: Partisipasi masyarakat, program NUSP-2

Abstract. *The purpose of this study was to analyze the form, the level, the factors, and the relationship between the factors on the form and level of community participation at the utilization stage of the results of the Neighborhood Upgrading and Shelter Project Phase 2 (NUSP-2) Program. The research methods are (1) quantitative descriptive, (2) scoring, and (3) cross tabulation. The results of the study show: (1) the most dominant form of participation is energy/skills and enjoying the results of development; (2) the level of community participation is at the level of Deciding Together; (3) factors that influence community participation are (a) internal factors: age, gender/gender, education level, type of work, monthly income, length of stay; (b) external factors: Ambon City government (44.4%), ward/village (45.2%), community leaders (70.4%), and facilitators (72.8%). (c) psychological factors: need (80.4%), motive (82.5%), hope (78%), and reward (82.4%); and (4) the relationship between the factors that influence the form and level of community participation, namely (a) internal factors have a relationship and influence the form of participation, namely receiving rewards and enjoying the results; (b) external factors have a relationship and influence the form of participation, namely the level of information and enjoying the results; (c) psychological factors have a relationship and influence the form of participation, namely receiving rewards and enjoying the results.*

Keywords: Society participation, NUSP-2 programme

1. PENDAHULUAN

Terdapat banyak faktor yang menyebabkan suatu program pembangunan tidak berkesinambungan, salah satu diantaranya adalah partisipasi masyarakat. Itu sebabnya, dicetuskan teori pembangunan yang berpusat pada rakyat (*people centered development*) yang intinya melibatkan peran serta masyarakat dalam proses pembangunan (Korten: 1984)[1].

Peran serta atau partisipasi masyarakat dalam pembangunan adalah ikut sertanya masyarakat dalam pembangunan, ikut dalam kegiatan pembangunan dan ikut serta memanfaatkan dan ikut menikmati hasil-hasil pembangunan (Suryono: 2001)[2]. Bentuk keikutsertaan atau keterlibatan tersebut pada dasarnya dilakukan secara aktif dan sukarela, baik karena alasan-alasan dari dalam (intrinsik) maupun dari luar (ekstrinsik). Yadav (1980) menyebutkan terdapat empat bentuk partisipasi masyarakat di dalam kegiatan pembangunan^[1], yaitu: (1) partisipasi dalam pengambilan keputusan; (2) pelaksanaan kegiatan; (3) pemantauan dan evaluasi; dan (4) partisipasi dalam pemanfaatan hasil-hasil pembangunan. Dari keempat macam bentuk partisipasi tersebut, partisipasi dalam pemanfaatan hasil-hasil pembangunan acapkali kurang mendapat perhatian, padahal masyarakatlah yang menjadi sasaran pembangunan guna peningkatan kualitas hidupnya.

Salah satu program pembangunan yang menerapkan prinsip-prinsip pengembangan masyarakat (*community development*) adalah program *Neighborhood Upgrading and Shelter Project Phase 2 (NUSP-2)*. Program *NUSP-2* merupakan kelanjutan dari Program *NUSSP (Neighborhood Upgrading and Shelter Sector Project)* yang telah dilaksanakan pada tahun 2005–2010. Program *NUSP-2* adalah salah satu program strategis untuk mendukung upaya mengurangi kawasan kumuh di perkotaan hingga 0%. Program ini bertujuan untuk meningkatkan kualitas hunian, fungsi sarana dan prasarana serta utilitas umum pada kawasan permukiman kumuh melalui kemitraan antara pemerintah, masyarakat dan swasta secara mandiri dan berkelanjutan serta berpihak pada kebutuhan masyarakat miskin di perkotaan[3]. Terdapat Strategi dan pendekatan dalam pelaksanaan program/kegiatan *NUSP-2* yang diarahkan untuk memperkuat kapasitas pemerintah daerah dan masyarakat, membangun kesadaran dan peran masyarakat didalam penanganan permukiman kumuh, serta membangun kelembagaan penanganan kumuh di pusat dan daerah^[3]. Program *NUSP-2* dilaksanakan kurang lebih selama 3 tahun yaitu tahun 2015 sampai tahun

2017 di dua puluh Kabupaten/Kota. Kota Ambon adalah salah satu lokasi sasaran Program *NUSP-2*. Terdapat 15 Kelurahan yang menjadi lokasi atau kawasan kumuh di Kota Ambon dengan luas mencapai 102,64 Ha[4]. Kecamatan Sirimau menjadi wilayah dengan kawasan terluas, meliputi Desa/Kelurahan Batu Merah, Rijali, Karang Panjang, Honipopu, Batu Meja dan Pandan Kasturi.

Berdasarkan data diatas, penelitian ini memfokuskan pada beberapa RT/RW yang diindikasikan kumuh di kelurahan Pandan Kasturi diantaranya RT/RW 001/001, RT/RW 002/001, RT/RW 001/002, RT/RW 002/002, RT/RW 002/004, RT/RW 001/008, RT/RW 002/008, RT/RW 003/008. Dalam dokumen *SIAP (Slump Improvement Action Plan)* Kota Ambon, kelurahan Pandan Kasturi memiliki kawasan kumuh dengan luasan areal sebesar 19,58 ha[5] dan masalah utama kelurahan Pandan Kasturi yaitu air limbah/sanitasi dimana hanya <25% rumah yang memiliki jamban keluarga dan *septic tank*, dan <25% kawasan terlayani saluran pembuangan air kotor/limbah rumah tangga. Kegiatan pembangunan yang dilakukan untuk mengatasi masalah permukiman kumuh di kelurahan Pandan Kasturi diantaranya pengadaan tempat sampah, pengadaan motor sampah, drainase terbuka dan tertutup, tembok penahan tanah, jalan rabat beton, air bersih, sanitasi, aspal jalan lingkungan, dan lampu penerangan jalan. Semua program untuk mengatasi masalah tersebut telah selesai dan kini masyarakat telah menikmati dan memanfaatkan hasil-hasil pembangunan tersebut.

Pentingnya pelibatan dan partisipasi masyarakat dalam proses pembangunan merupakan keniscayaan mengingat masyarakat adalah subjek dari pembangunan itu sendiri. Meski demikian, bagaimana bentuk dan tingkat partisipasi masyarakat serta faktor-faktor yang mempengaruhi partisipasi masyarakat dalam memanfaatkan hasil-hasil pembangunan sejauh ini belum teramati dan dianalisis sehingga dapat menjadi referensi bagi pelaksanaan program pembangunan yang berkelanjutan, khususnya di wilayah Kota Ambon.

Penelitian terkait implementasi program KOTAKU guna penataan pemukiman kumuh sebelumnya telah dilakukan di Kelurahan Kemang Agung, Kota Palembang [6], Kelurahan Tambakrejo, Kota Semarang [7], Kelurahan Kota Karang Raya, Kota Bandar Lampung [8], dan di Kota Kuala Kapuas [9]. Sedangkan penelitian terkait dengan partisipasi masyarakat dan evaluasi pelaksanaan program *NUSP/NUSP-2* telah dilakukan di Kelurahan Gedong Pakuon, Kota Bandar Lampung [10], Kelurahan Bajak, Kota

Bengkulu [11], Kelurahan Kuningan, Kota Semarang [12], Kecamatan Kasemen [13], Kelurahan Campang, Kota Bandar Lampung [14], dan di Kecamatan Seberang Ulu 1 Palembang [15]. Penelitian-penelitian tersebut belum menganalisis partisipasi masyarakat pada tahap pemanfaatan hasil dair program *Neighborhood Upgrading And Shelter Project Phase 2 (NUSP-2)*.

Atas dasar itu, penelitian ini bertujuan untuk mengukur tingkat partisipasi masyarakat pada tahap pemanfaatan hasil dalam program *Neighborhood Upgrading and Shelter Project 2 (NUSP-2)*, melalui: (1) Identifikasi bentuk-bentuk partisipasi masyarakat pada tahap pemanfaatan hasil program *NUSP-2* di Kelurahan Pandan Kasturi; (2) Analisis tingkat partisipasi masyarakat pada tahap pemanfaatan hasil program *NUSP-2* di kelurahan Pandan kasturi; (3) Analisis faktor-faktor yang mempengaruhi partisipasi masyarakat pada tahap pemanfaatan hasil program *NUSP-2* di kelurahan Pandan kasturi; dan (4) Analisis hubungan faktor-faktor yang mempengaruhi terhadap bentuk dan tingkat partisipasi masyarakat.

2. BAHAN DAN METODE

2.1. Waktu dan Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Mei 2021, berlokasi pada kawasan permukiman kumuh Kelurahan Pandan Kasturi Kecamatan Sirimau (Gambar 1). Lokasi ini merupakan salah satu dari 6 kawasan prioritas penerima program *NUSP-2* yang ditargetkan dalam penanganan kawasan kumuh Kota Ambon tahun 2015-2017 dengan luasan areal kumuh yaitu mencapai 19,58 ha yang berada pada 8 RT dan 4 RW.



Gambar 1. Lokasi penelitian

2.2 Indikator Penelitian

Indikator dalam penelitian ini meliputi bentuk-bentuk partisipasi masyarakat, tingkat partisipasi masyarakat dan faktor-faktor yang mempengaruhi partisipasi masyarakat. Tabel 1 menunjukkan

indikator beserta sub-indikator yang digunakan dalam penelitian ini.

Tabel 1. Indikator penelitian

Indikator	Sub-indikator	Sumber
Bentuk-bentuk partisipasi masyarakat	1. Memberi input, berupa uang, tenaga, buah pikiran, pengambilan keputusan.	Slamet (1985) & Astuti (2011)
	2. Menerima imbalan atas input yang diberikan.	
	3. Menikmati hasil pembangunan	
Tingkat partisipasi masyarakat	1. Memberikan informasi	Wilcox (1988)
	2. Konsultasi	
	3. Pengambilan keputusan bersama	
	4. Bertindak bersama	
	5. Memberikan dukungan	
Faktor-faktor yang mempengaruhi partisipasi masyarakat	1. Faktor internal	Cohen, J. and Uphoff (1977), Sunarti (2003), Sahidu (1998)
	2. Faktor eksternal	
	3. Faktor individu /psikologis	

2.3 Teknik Pengumpulan Analisis Data

Data penelitian dihimpun menggunakan kuesioner, dimana jawaban atas butir-butir pertanyaan dalam kuesioner diklasifikasikan menurut skala Likert. Data selanjutnya dianalisis menggunakan deskriptif kuantitatif, analisis Skoring dan analisis Tabulasi Silang (*Crosstab*) menggunakan perangkat *SPSS versi 25*.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Karakteristik Responden

Dalam penelitian ini, masyarakat yang dijadikan sebagai objek adalah masyarakat yang tergabung dalam Kelompok Penerima dan Pemanfaat (KPP) yang di bentuk oleh BKM dan Fasilitator Program *NUSP-2* di Kelurahan Pandan Kasturi, serta masyarakat yang ingin berpartisipasi dalam program *NUSP-2*. Karakteristik responden selengkapnya terdapat pada Tabel 2.

Tabel 2. Karakteristik responden

No.	Karakteristik responden	Frekwensi	%
A Usia			
1	20 – 29	8	16
2	30 – 39	8	16
3	40 – 49	18	36
4	50 – 59	11	22
5	60 – 69	3	6
6	70 – 79	2	4
B Jenis Kelamin			
1	Laki – laki	26	52
2	Perempuan	24	48
C Tingkat Pendidikan			
1	SD	17	34
2	SMP	9	18
3	SMA	20	40
4	Sarjana/Pascasarjana	4	8
D Jenis Pekerjaan			
1	Pedagang	9	18
2	Wiraswasta	24	48
3	Nelayan	1	2
4	Petani	1	2
5	Buruh	7	14
6	PNS	1	2
7	Magang	2	4
8	IRT	3	6
9	Tidak bekerja	2	4
E Tingkat Pendapatan (perbulan)			
1	<Rp. 2 juta	48	96
2	Rp. 2,0 – 3,9 juta	2	4
3	Rp. 4,0 – 5,9 juta	0	0
F Lamanya Tinggal			
1	< 5 tahun	2	4
2	5 – 9 tahun	6	12
3	10 – 14 tahun	6	12
4	15 – 19 tahun	3	6
5	≥ 20 tahun	33	66

3.2. Analisis Bentuk Partisipasi Masyarakat

Berdasarkan indikator penelitian, terdapat 3 sub indikator bentuk partisipasi masyarakat, yakni: (1) memberikan input (uang/barang, tenaga/keahlian, buah pikiran dan pengambilan keputusan); (2) menerima imbalan; dan (3) menikmati manfaat hasil.

Tabel 3. Bentuk partisipasi berdasarkan input yang diberikan

No.	Indikator bentuk partisipasi	Skor	%	Kategori
A Memberi input				
1	Uang/barang	95	38	Rendah
2	Tenaga/keahlian	210	84	Sangat tinggi
3	Biah pikiran	161	64,4	Tinggi
4	Pengambilan keputusan	146	58,4	Sedang
B Menerima imbalan				
		181	72,4	Tinggi
C Menikmati manfaat				
		208	83,2	Sangat tinggi

Adapun bentuk partisipasi masyarakat di kelurahan Pandan Kasturi, Kota Ambon pada tahap pemanfaatan hasil terdapat pada Tabel 3.

3.3 Analisis Tingkat Partisipasi Masyarakat

Tingkat partisipasi masyarakat dalam pemanfaatan program *NUSP-2* disini diukur berdasarkan 5 tingkat tangga (Tabel 4) partisipasi [1]. Analisis yang digunakan dalam mengukur tingkat partisipasi masyarakat yaitu analisis skor dengan melakukan pembobotan pada setiap indikator yang telah diubah menjadi item-item pernyataan atau pertanyaan.

Terdapat 5 indikator yang diukur dalam penelitian ini, dan hasilnya disajikan dalam Tabel 5.

Tabel 4. Klasifikasi tingkat partisipasi masyarakat

No.	Tingkat partisipasi	Skor
1	<i>Supporting</i>	2520 – 3000
2	<i>Acting together</i>	2040 – 2520
3	<i>Deciding together</i>	1560 – 2060
4	<i>Consultation</i>	1080 – 1560
5	<i>Information</i>	600 – 1080

Tabel 5. Klasifikasi tingkat partisipasi masyarakat

No.	Tingkat partisipasi	Skor
1	Item 1	140
2	Item 2	144
3	Item 3	111
4	Item 4	215
5	Item 5	187
6	Item 6	156
7	Item 7	144
8	Item 8	146
9	Item 9	173
10	Item 10	173
11	Item 11	200
12	Item 12	202
Jumlah skor		1991

Tabel 5 menunjukkan total skoring pada keseluruhan item adalah 1991, maka ini menunjukkan tingkat partisipasi masyarakat berada pada tangga *Deciding Together*.

3.4 Faktor-faktor yang Mempengaruhi Partisipasi Masyarakat

Faktor yang mempengaruhi partisipasi masyarakat terbagi menjadi 3 faktor yaitu: faktor internal, faktor eksternal dan faktor psikologis individu.

Faktor internal terdiri dari usia, jenis kelamin, tingkat pendidikan, jenis pekerjaan, pendapatan/penghasilan, dan lama tinggal. Faktor eksternal adalah semua pihak luar yang berkepentingan dan mempunyai pengaruh terhadap program tersebut,

yakni Pemerintah Desa/ Kelurahan, tokoh masyarakat, Pemerintah Daerah, *NGO/LSM*, pihak ketiga (yayasan sosial, Perguruan Tinggi) [16]. Sedangkan faktor psikologis adalah faktor yang berasal dari dalam diri responden yaitu *need* (tingkat kebutuhan terhadap program), motif (dorongan untuk ikut berpartisipasi), *hope* (harapan pencapaian program), dan *reward* (manfaat yang didapatkan) [17].

3.5 Hubungan Faktor-faktor Terhadap Bentuk dan Tingkat Partisipasi Masyarakat

Untuk mengetahui hubungan antara faktor-faktor yang mempengaruhi terhadap bentuk dan tingkat partisipasi masyarakat, maka perlu diukur dengan menggunakan analisis tabulasi silang (*crossstab*).

Tabel 6. Tingkat pengaruh tiap faktor terhadap partisipasi masyarakat

No.	Bentuk partisipasi	Tk. Sig.	Keterangan
A	Faktor internal		
A.1	Usia		
1	Tenaga/keahlian	0,017	Ada hubungan
2	Menerima imbalan	0,023	Ada hubungan
A.2	Pekerjaan		
1	Tenaga/keahlian	0,016	Ada hubungan
2	Menikmati manfaat	0,001	Ada hubungan
A.3	Pendapatan		
1	Uang/barang	0,013	Ada hubungan
A.4	Lama tinggal		
1	Buah pikiran	0,036	Ada hubungan
B	Faktor eksternal		
B.1	Kelurahan		
1	Informasi	0,045	Ada hubungan
B.2	Pemerintah Kota		
1	Uang/barang	0,004	Ada hubungan
2	Informasi	0,014	Ada hubungan
B.3	Tokoh masyarakat		
1	Tenaga/keahlian	0,000	Ada hubungan
2	Informasi	0,000	Ada hubungan
3	Menikmati hasil	0,016	Ada hubungan
B.4	Fasilitator		
1	Tenaga/keahlian	0,000	Ada hubungan
2	Pengambilan keputusan	0,021	Ada hubungan
3	Menikmati hasil	0,010	Ada hubungan
C	Faktor Psikologi		
C.1	<i>Need</i>		
1	Buah pikiran	0,006	Ada hubungan
2	Tenaga/keahlian	0,020	Ada hubungan
3	Menikmati hasil	0,008	Ada hubungan
C.2	Motif		
1	Tenaga/keahlian	0,018	Ada hubungan
2	Menerima imbalan	0,025	Ada hubungan
C.3	<i>Hope</i>		
1	Buah pikiran	0,026	Ada hubungan
C.4	<i>Reward</i>		
1	Tenaga/keahlian	0,05	Ada hubungan

Analisis dilakukan dengan melihat hasil perhitungan tabulasi silang atau nilai signifikansi, jika hasil perhitungan $< 0,05$ artinya terdapat hubungan antara faktor partisipasi terhadap bentuk dan tingkat partisipasi masyarakat. Tabel 6 menunjukkan hubungan tiap faktor dengan bentuk dan tingkat partisipasi masyarakat.

Data pada Tabel 6 menunjukkan bahwa semua faktor memiliki hubungan yang signifikan dengan tingkat partisipasi masyarakat dalam program *NUSP-2* di Kelurahan Pandan Kasturi, Kota Ambon.

3.6 Pembahasan

Dalam kegiatan pembangunan, partisipasi masyarakat merupakan perwujudan dari kesadaran dan kepedulian serta tanggung jawab masyarakat terhadap pentingnya pembangunan yang bertujuan untuk memperbaiki mutu hidup mereka. Artinya, melalui partisipasi yang diberikan, masyarakat benar-benar menyadari bahwa kegiatan pembangunan bukanlah sekedar kewajiban yang harus dilaksanakan oleh (aparatur) pemerintah sendiri, tetapi juga menuntut keterlibatan masyarakat yang akan diperbaiki mutu hidupnya.

Temuan dalam penelitian ini berbanding terbalik dengan hasil penelitian [10] dan [11] yang menemukan bahwa tingkat partisipasi masyarakat masih rendah pada tahap pemanfaatan hasil dalam program *NUSP-2* di kelurahan Gedong Pakuon, Kota Bandar Lampung dan di Kelurahan Kuningan, Kota Semarang. Hal ini dikarenakan masyarakat menganggap setelah pembangunan selesai tidak ada lagi kewajiban masyarakat untuk merawat hasil kegiatan tersebut dan cenderung acuh pada prasarana yang telah dibangun. Selain itu, ditemukan juga bahwa tingkat partisipasi masyarakat dalam Program *NUSP-2* di kelurahan Kuningan, Kota Semarang belum berhasil melibatkan masyarakat secara inklusif. Pemerintah masih menjadikan masyarakat sebagai objek dari pembangunan dibandingkan sebagai subjek pembangunan. Hal ini karena pada dasarnya masyarakat tidak termotivasi untuk terlibat pada satu sisi, dan disisi lain pemerintah hanya mengejar target penyelesaian pembangunan.

Meski demikian, hasil penelitian ini menguatkan temuan [9] dan [12] tentang pentingnya kolaborasi dan pelibatan Pemerintah Daerah dan semua pemangku kepentingan guna menyukseskan pelaksanaan setiap program pembangunan.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian, dapat disimpulkan bahwa karakteristik partisipasi masyarakat pada

tahap pemanfaatan hasil dari Program NUSP-2 di Kelurahan Pandan Kasturi, Kota Ambon, adalah: (1) Bentuk partisipasi adalah tenaga/keahlian dan menikmati hasil pembangunan; (2) Tingkat partisipasi berada pada *Deciding Together*; (3) Faktor-faktor yang mempengaruhi bentuk dan tingkat partisipasi masyarakat, yakni: (a) faktor internal (umur, gender/jenis kelamin, tingkat pendidikan, jenis pekerjaan, pendapatan perbulan, dan lama tinggal); (b) faktor eksternal (Pemerintah Kota Ambon, tingkat pengaruh sedang; Pemerintah Kelurahan, tingkat pengaruh sedang; tokoh masyarakat, tingkat pengaruh tinggi; fasilitator, tingkat pengaruh tinggi); (c) faktor psikologis (pengaruh *need*, tingkat pengaruh tinggi; motif, tingkat pengaruh sangat tinggi; *hope*, tingkat pengaruh tinggi; *reward*, tingkat pengaruh sangat tinggi; dan (4) Hubungan antara faktor-faktor yang mempengaruhi terhadap bentuk dan tingkat partisipasi masyarakat, yakni (a) faktor internal memiliki hubungan dan berpengaruh terhadap bentuk partisipasi, yakni menerima imbalan dan menikmati hasil; (b) faktor eksternal memiliki hubungan dan berpengaruh terhadap bentuk partisipasi, yakni tingkat informasi dan menikmati hasil; (c) faktor psikologis memiliki hubungan dan berpengaruh terhadap bentuk partisipasi, yakni menerima imbalan dan menikmati hasil.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Pemerintah Kota Ambon, Pemerintah Kelurahan Pandan Kasturi dan seluruh masyarakat yang terlibat memberikan informasi dalam penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Mardikanto, T. dan Soebiato, P., *Pemberdayaan Masyarakat Dalam Perspektif Kebijakan Publik*, Penerbit ALFABETA, Bandung, 2019.
- [2] Suryono, A. *Teori dan Isi Pembangunan*, UM Press, Malang, 2001.
- [3] Kementerian PUPR RI, *Pedoman Umum Neighborhood Upgrading and Shelter Project Phase-2 (NUSP-2)*, 2015.
- [4] SK Walikota No. 402 Tahun 2014 tentang *Penetapan Lokasi Perumahan dan Permukiman Kumuh*.
- [5] Badan Pusat Statistik Kota Ambon, *Kota Ambon Dalam Angka 2019*. Ambon: Badan Pusat Statistik Kota Ambon, 2019.
- [6] Jannah, R. dan Mardiyanto, M. (2019). *Implementasi Program KOTAKU di Kelurahan Kemang Agung Kecamatan Kertapati Kota Palembang Tahun 2017*, *Demography Journal of Sriwijaya (DeJoS)* Vol. 3 No. 1.
- [7] Gultom, L. H. dan Sunarti (2017). *Pengaruh Penataan Permukiman Kumuh Untuk Mencapai Livable Settlement di Kelurahan Tambakrejo, Kota Semarang*, Skripsi, <http://eprints.undip.ac.id/68335/>
- [8] Umam, M. F. N. (2018). *Evaluasi Implementasi Program NUSP-2 di Kota Bandar Lampung (Studi Kasus: Kelurahan Kota Karang Raya, Kecamatan Teluk Betung Timur)*, <http://repository.itera.ac.id>
- [9] Tiawon, H., Widati, T. dan Amiany (2018), *Kajian Strategi Penanganan Kawasan Permukiman Kumuh Perkotaan Berbasis Program KOTAKU (Kota Tanpa Kumuh) di Kota Kuala Kapuas*, *Jurnal Teknik*, Vol. 2, No. 1, Oktober 2018, hlm 82-89.
- [10] Rahmawati, R. (2017). *Partisipasi Masyarakat Dalam Program NUSP-2 di Gedong Pakuon, Kecamatan Teluk Betung Selatan, Kota Bandar Lampung*, Skripsi, IAIN Raden Intan Lampung, <http://repository.radenintan.ac.id/id/eprint/120>
- [11] Pawestri, C. dan Muktiali M., (2019). *Partisipasi Masyarakat Dalam Program Neighborhood Upgrading And Shelter Project Phase-2 (NUSP-2) di Kelurahan Kuningan, Kota Semarang*, *Jurnal Pengembangan Kota* Vol. 7 No.1.
- [12] Azuwandri, A. (2022). *Analisis Pelaksanaan Program Sanitasi Berbasis Masyarakat terhadap Pemberdayaan Masyarakat di Kelurahan Bajak Kecamatan Teluk Segara Kota Bengkulu*. EKOMBIS REVIEW: Jurnal Ilmiah Ekonomi dan Bisnis, 10(1).
- [13] Sari, Anna Novita and Stiawati, Titi and Waseh, Hasuri (2019) *Evaluasi Program Neighborhood Upgrading And Shelter Project-2 Di Kecamatan Kasemen*. Thesis, Universitas Sultan Ageng Tirtayasa.
- [14] Yulianto dan Prihantika, I. (2021) *Evaluasi Pelaksanaan National Slum Upgrading Program (NSUP) (Studi di Kelurahan Campang Jaya Kecamatan Sukabumi Kota Bandarlampung)*, *Administrativa: Jurnal Birokrasi, Kebijakan dan Pelayanan Publik*, 3 (2). pp. 151-162.
- [15] Puspitasari, R. D. (2018) *Karakteristik Sosial Ekonomi Permukiman Kumuh Dalam Program Neighborhood Upgrading And Shelter Project (NUSP) di Kecamatan Seberang Ulu 1 Palembang*. Skripsi,

Universitas Sriwijaya.

<https://repository.unsri.ac.id/11599/>

- [16] Sunarti. 2003. *Partisipasi Masyarakat dalam Pembangunan Perumahan secara kelompok*. Jurnal Tata Loka.
- [17] Sahidu, Arifudin. 1998. *Partisipasi Masyarakat Tani Pengguna Lahan Sawah dalam Pembangunan Pertanian di Daerah Lombok, Nusa Tenggara Barat*. Disertasi. Pascasarjana, IPB.

ANALISIS GETARAN TORSIONAL POROS BALING-BALING PADA KN ULAR LAUT 405

S. Kaliki¹, N. L. T. Thenu², M. F. Noya³ dan A. Hadi⁴

¹Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Pattimura, Ambon 97233

E-mail: feronkaliki04@gmail.com

²Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Pattimura, Ambon 97233

Email : novitha.thenu@fatek.unpatti.ac.id

³Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Pattimura, Ambon 97233

E-mail : mesakfrits@gmail.com

⁴Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Pattimura, Ambon 97233

E-mail : abdulhadi@gmail.com

Abstrak. KN.Ular Laut 405 yang merupakan salah satu kapal patroli yang dimiliki oleh Badan Keamanan Laut Republik Indonesia (Bakamla RI) dalam melaksanakan tugas keamanan dan keselamatan di wilayah zona timur Indonesia. Kapal ini dirancang memiliki kecepatan maksimal 22 knot dengan putaran mesin 2300 rpm untuk melakukan operasi di daerah perbatasan. Dalam pengoperasiannya KN.Ular Laut 405 mengalami getaran yang berlebih ketika putaran mesin mencapai 1800 rpm. Getaran ini dirasakan oleh awak kapal dan sangat mengganggu kenyamanan dan kelancaran operasional kapal. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui nilai frekuensi dan amplitudo getaran torsional pada poros baling-baling. Pemodelan getaran torsional dimodelkan dari bentuk elemen massa inersia yang dihubungkan dengan pegas. Hasil penelitian didapatkan untuk nilai frekuensi natural pada sistem poros maksimum sebesar 110,9642 Hz pada amplitudo simpangan pertama (θ_1) sebesar 0,032719 rad, amplitudo simpangan kedua (θ_2) sebesar 0,0305690 rad dan amplitudo simpangan ketiga (θ_3) sebesar 0,03176 Rad, dan simpangan keempat (θ_4) sebesar 0,032089 rad. Menurut standar ABS (*American bereau of shipping*), besar getaran amplitudo di kapal sebesar 0,25 rad – 0,75 rad dan bila dibandingkan perhitungan teoritis amplitudo getaran maskimun 0,032719 sehingga tingkat getaran torsional pada sistem poros KN Ular Laut 405 mencapai < 24,95 %, maka tingkat getaran torsional pada KN.Ular Laut 405 berada pada tingkat yang tidak membahayakan.

Kata kunci: Getaran Torsional , Frekuensi Natural, Amplitudo simpangan

Abstract KN. Ular Laut 405 is one of the patrol ship owned by the Maritime Security Agency of the Republic of Indonesia (Bakamla RI) in carrying out security and safety tasks in the eastern zone of Indonesia. This ship is designed to have a maximum speed of 22 knots with an engine speed of 2300 rpm to carry out operations in border areas. In operation, KN. Ular Laut 405 experiences excessive vibration when the engine speed reaches 1800 rpm. This vibration is felt by the crew and greatly disturbs the comfort and smooth operation of the ship. This study aims to determine the value of the frequency and amplitude of torsional vibrations on the propeller shaft. Torsional vibration modeling is modeled from the shape of an inertial mass element connected to a spring. The results obtained for the natural frequency value on the maximum shaft system of 110.9642 Hz at the first deviation amplitude (θ_1) of 0.032719 rad, the second deviation amplitude (θ_2) of 0.0305690 rad, and the third deviation amplitude (θ_3) of 0, 03176 Rad, and the fourth deviation (θ^4) is 0.032089 rad. According to ABS (*American Bureau of shipping*) standards, the magnitude of the vibration amplitude on the ship is 0.25 rad – 0.75 rad, and when compared to theoretical calculations the maximum vibration amplitude is 0.032719 so the torsional vibration level on the KN Sea Snake 405 shaft system reaches < 24.95%, then the level of torsional vibration on KN. Ular Laut 405 is at a level that is not dangerous.

Keywords: Torsional Vibration, Natural Frequency, Deviation Amplitude

1. PENDAHULUAN

Salah satu masalah yang paling umum di kapal adalah tingkat getaran. Pengaruh tingkat getaran yang terjadi di kapal adalah terjadinya kelelahan maupun kegagalan struktur dan ketidaknyamanan awak/penumpang. Masalah ini terjadi pada KN.Ular Laut 405 yang merupakan salah satu kapal patroli yang dimiliki oleh Badan Keamanan Laut Republik Indonesia (Bakamla RI) dalam melaksanakan tugas keamanan dan keselamatan di wilayah zona timur Indonesia. Kapal ini dirancang memiliki kecepatan maksimal 22 knot dengan putaran mesin 2300 rpm untuk melakukan operasi di daerah perbatasan. Dalam pengoperasiannya KN. Ular Laut 405 mengalami getaran yang berlebih ketika putaran mesin mencapai 1800 rpm.

Sistem propulsi kapal merupakan salah satu sistem yang pada pengoperasiannya mengalami getaran lateral, aksial dan torsional. Getaran torsional pada umumnya sangat membahayakan terhadap kelurusan poros propeller dan crackshaft. Oleh sebab itu, tingkat getaran torsional harus diketahui agar dapat mengantisipasi seluruh kemungkinan kegagalan struktur maupun komponen sistem propulsi.

Menurut peraturan ABS [1], besar getaran amplitudo simpangan maksimum di kapal sebesar 0,25 Rad - 0,75 Rad. Getaran ini dirasakan oleh awak kapal dan sangat mengganggu kenyamanan dan kelancaran operasional kapal. Pada penelitian ini, penulis melakukan perhitungan teoritis untuk menentukan tingkat getaran yang berhubungan dengan besarnya frekuensi dan amplitudo getaran yang terjadi pada poros baling-baling. Setelah nilai frekuensi dan amplitudo getaran yang terjadi diketahui, selanjutnya akan dilakukan perbandingan dengan tingkat getaran yang diijinkan dan menentukan ada atau tidaknya pengaruh getaran torsional pada sistem poros pada KN. Ular Laut 405.

2. BAHAN DAN METODE

Getaran torsional dapat ditentukan melalui beberapa metode, antara lain: sistem pemantauan untuk mendeteksi kemungkinan perubahan getaran torsi seperti yang dilakukan oleh Murawski dan Derzsewski [2]. Metode berikutnya adalah metode teoritik yang dilakukan oleh Senjanovic dan Derzsewski [3], dimana sistem propulsi kapal dimodelkan dalam dua sistem massa dan multi degree of freedom dengan metode Rayleigh-Ritz. Pemodelan juga dilakukan oleh Umbrajkaar dan Krishnamoorth [4], dimana penelitiannya menganalisis sinyal getaran pada tingkat

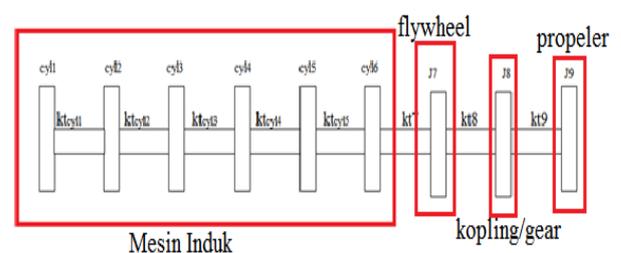
dekomposisi yang berbeda dalam domain waktu dan frekuensi Discrete Wavelet Transform (DWT).

Tingkat bahaya akibat getaran torsional menjadi referensi dalam pengoperasian sistem propulsi, dimana dari beberapa metode seperti pemantauan maupun teoritik sangat membantu dalam pengambilan keputusan untuk proses pencegahan, perawatan dan reparasi. Kegagalan struktur akibat tingginya getaran torsional dapat mengakibatkan poros propeller mengalami retak bahkan patah.

Sistem pemantauan getaran torsional selain dilakukan dengan memanfaatkan sensor-sensor getaran seperti Vibration meter dan Vibration Analyzer dapat juga dilakukan dengan menggunakan metode emisi akustik (Acoustic Emission/AE) untuk mendeteksi retak poros berputar dimana pengukuran sinyal emisi akustik dibandingkan dengan sinyal getaran untuk mengetahui getaran torsional menunjukkan bahwa sinyal emisi akustik terlihat lebih bersih dan menampilkan jumlah puncak spektral maksimum yang lebih sedikit dan nilai amplitudo yang lebih konsisten jika dibandingkan dengan sinyal getaran. Peningkatan kecepatan poros dan kedalaman retak meningkatkan amplitudo perubahan getaran meningkat [5]. Hasil penelitian ini sangat membantu dalam menentukan tingkat bahaya getaran pada poros.

2.1. Pemodelan Getaran Torsional

Getaran torsional biasanya terjadi pada peralatan mesin yang berputar (Rotating Equipment) seperti poros propeller. Untuk menganalisa getaran torsional sistem poros, dapat dimodelkan dalam bentuk elemen massa dan kekakuan. Secara umum pemodelan getaran torsional dapat dimodelkan dari bentuk massa inersia yang dihubungkan dengan pegas dari suatu poros. Sistem propulsi KN. Ular Laut 405 dimodelkan dalam bentuk massa kekakuan pegas seperti ditunjukkan pada Gambar 1.

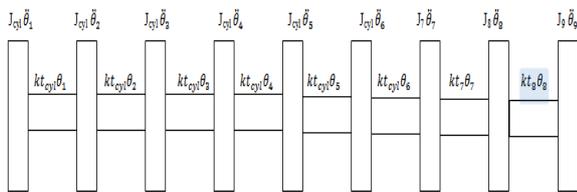


Gambar 1. Pemodelan Sistem Poros KN Ular Laut 405

Pada Gambar 1, dapat dijelaskan bahwa komponen silinder satu sampai silinder enam

dijadikan sebagai elemen massa satu sampai elemen massa enam, *flywheel* dijadikan sebagai massa ketujuh, kopling/gear dijadikan sebagai massa kedelapan, baling-baling dijadikan sebagai massa kesembilan. Momen inersia massa kesatu sampai keenam dimodelkan sebagai momen inersia pertama (J_{cyl1-6}), massa ketujuh dimodelkan sebagai momen inersia ketujuh (J_7), massa kedelapan sebagai momen inersia delapan (J_8) dan massa kesembilan sebagai momen inersia kesembilan (J_9) kemudian crankshaft dijadikan sebagai kekakuan pegas kesatu sampai keenam ($K_{t1-K_{t6}}$), kopling dijadikan sebagai kekakuan pegas ketujuh (K_{t7}) dan poros baling-baling dijadikan sebagai kekakuan pegas kedelapan (K_{t8}). Selanjutnya massa silinder satu sampai enam dijadikan sebagai percepatan sudut kesatu sampai keenam momen inersia silinder ($\theta_1 - \theta_6$), *flywheel* dijadikan sebagai percepatan sudut ketujuh momen inersia *flywheel* (θ_7), gear/kopling dijadikan sebagai percepatan sudut kedelapan momen inersia kopling/gear (θ_8), baling-baling dijadikan sebagai percepatan sudut kesembilan momen inersia baling-baling (θ_9),

Langkah selanjutnya adalah menentukan diagram benda bebas (DBB) yang menggunakan jumlah koordinat. Adapun jumlah koordinat DBB pada sistem propulsi terdiri dari sembilan koordinat yaitu momen inersia silinder, momen inersia *flywheel*, momen inersia kopling *gear*, momen inersia baling-baling dan delapan kekakuan yaitu kekakuan poros, kekakuan kopling dan kekakuan *crank shaft* yang dimodelkan pada model diagram benda bebas (DBB) yang ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2 Error! No text of specified style in document.. Pemodelan Matematis Sistem Poros KN. Ular Laut 405

Setelah DBB diuraikan secara terperinci maka langkah selanjutnya adalah menentukan persamaan gerak berdasarkan DBB. Model sistem propulsi KN. Ular Laut 405 ini memiliki sembilan derajat kebebasan maka persamaan gerak dengan menggunakan metode holzer untuk sistem poros adalah sebagai berikut:

Persamaan Gerak DBB I
 $J_{cyl} \ddot{\theta}_1 + K_{t_{cyl}}(\theta_1 - \theta_2) = q_1$ (1)

Persamaan Gerak DBB II
 $J_{cyl} \ddot{\theta}_2 + K_{t_{cyl}}(\theta_2 - \theta_3) = q_2$ (2)

Persamaan Gerak DBB III
 $J_{cyl} \ddot{\theta}_3 + K_{t_{cyl}}(\theta_3 - \theta_4) = q_3$ (3)

Persamaan Gerak DBB IV
 $J_{cyl} \ddot{\theta}_4 + K_{t_{cyl}}(\theta_4 - \theta_5) = q_4$ (4)

Persamaan Gerak DBB V
 $J_{cyl} \ddot{\theta}_5 + K_{t_{cyl}}(\theta_5 - \theta_6) = 0$ (5)

Persamaan Gerak DBB VI
 $J_{cyl} \ddot{\theta}_6 + K_{t_{cyl}}\theta_6 + K_{t_7}(\theta_6 - \theta_7) = 0$ (6)

Persamaan Gerak DBB VII
 $J_7 \ddot{\theta}_7 + K_{t_7}(\theta_7 - \theta_8) = 0$ (7)

Persamaan Gerak DBB VIII
 $J_8 \ddot{\theta}_8 + K_{t_8}(\theta_8 - \theta_9) = 0$ (8)

Persamaan Gerak DBB IX
 $J_9 \ddot{\theta}_9 + K_{t_9}(\theta_9 - \theta_8) = 0$ (9)

Asumsi bahwa amplitudo θ bersifat harmonik maka persamaan menjadi:

$$\ddot{\theta}_1 = \theta e^{i\omega t}$$
 (10)

$$Q = Q e^{i\omega t}$$
 (11)

Maka persamaan gerak menjadi :

Persamaan Gerak DBB I
 $(-J_{cyl} \omega^2 + K_{t_{cyl}}) \alpha_1 - K_{t_{cyl}}\alpha_2 = Q_1$ (12)

Persamaan Gerak DBB II
 $(-J_{cyl} \omega^2 + K_{t_{cyl}})\alpha_2 - K_{t_{cyl}}\alpha_3 = Q_2$ (13)

Persamaan Gerak DBB III
 $(-J_{cyl} \omega^2 + K_{t_{cyl}}) \alpha_3 - K_{t_{cyl}}\alpha_4 = Q_3$ (14)

Persamaan Gerak DBB IV
 $(-J_{cyl} \omega^2 + K_{t_{cyl}}) \alpha_4 - K_{t_{cyl}}\alpha_5 = Q_4$ (15)

Persamaan Gerak DBB V
 $(-J_7 \omega^2 + K_{t_7})\alpha_7 - K_{t_7} = Q_5$ (16)

Persamaan Gerak DBB VI
 $(-J_{cyl} \omega^2 + K_{t_{cyl}})\alpha_1 - K_{t_{cyl}}\alpha_2 = Q_6$ (17)

Persamaan Gerak DBB VII
 $(-J_7 \omega^2 + K_{t_7})\alpha_7 - K_{t_7}\alpha_8 = 0$ (18)

Persamaan Gerak DBB VIII
 $(-J_8 \omega^2 + K_{t_8})\alpha_8 - K_{t_8}\alpha_9 = 0$ (19)

Persamaan Gerak DBB IX
 $(-J_9 \omega^2 + K_{t_9})\alpha_8 - K_{t_9}\alpha_9 = Q_9$ (20)

Persamaan 12 sampai dengan 20 diperoleh maka matriks yang dapat disusun ditunjukkan pada persamaan 21.

$$\begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & a_{22} & a_{23} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & a_{33} & a_{34} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & a_{44} & a_{45} & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & a_{55} & a_{56} & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & a_{66} & a_{67} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & a_{77} & a_{78} & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & a_{88} & a_{89} \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & a_{99} \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} \ddot{\theta}_1 \\ \ddot{\theta}_2 \\ \ddot{\theta}_3 \\ \ddot{\theta}_4 \\ \ddot{\theta}_5 \\ \ddot{\theta}_6 \\ \ddot{\theta}_7 \\ \ddot{\theta}_8 \\ \ddot{\theta}_9 \end{Bmatrix} = \begin{Bmatrix} Q_1 \\ Q_2 \\ Q_3 \\ Q_4 \\ Q_5 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{Bmatrix} \quad (21)$$

Dari matriks pada persamaan 21 maka persamaan menjadi

$$\{\theta_n(s)\} = \left\{ \frac{\dot{Q}_n(s)}{\prod_{i=1}^9 \alpha_{11}(s)} \right\}, n = 1, 2, 3, \dots, n. \quad (22)$$

Dimana :

$$a_{11} = a_{22} = a_{33} = a_{44} = a_{55} = a_{66} = J_{cyl} \omega^2 + Kt_{cyl}$$

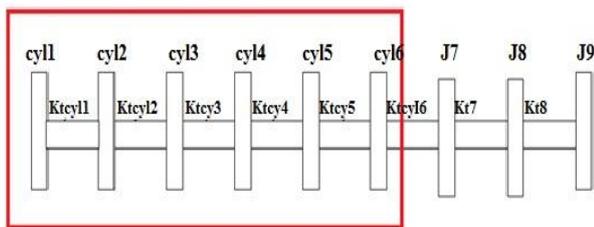
$$a_{77} = J_7 \omega^2 + Kt_7, a_{88} = J_8 \omega^2 + Kt_8, a_{99} = J_9 \omega^2 + Kt_9,$$

$$a_{11}, a_{23}=a_{34} = a_{45} = a_{56} = Kt_{cyl}, a_{78} = Kt_7, a_{89} = Kt_8, a_{89} = Kt_9,$$

Keterangan:

- $a_{11} - a_{66}$ = momen inersia dari mesin induk
- a_{77} = momen inersia dari *flywheel*
- a_{88} = momen inersia dari kopling.
- a_{99} = momen inersia dari baling-baling.
- a_{56} = kekakuan dari *crank shaft*
- a_{78} = kekakuan dari kopling
- a_{89} = kekakuan dari poros

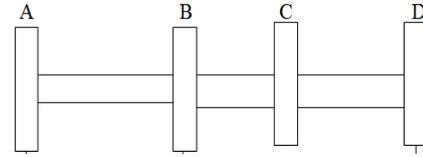
Dari persamaan 12 – 20 didapatkan rumus ekuivalen getaran torsional yang dapat dimodelkan seperti dtunjukkan pada Gambar 3.



Gambar 3. Pemodelan Sistem Propulsi KN.Ular Laut 405

Pada Gambar 3 terlihat bahwa $cyl_1 - cyl_6$ merupakan momen inersia dari mesin induk, j_7 merupakan momen inersia flywheel, j_8 merupakan momen inersia kopling gear, dan j_9 merupakan momen inersia baling-baling, sedangkan $kt_{cyl1} - kt_{cyl6}$ merupakan kekakuan torsional dari crank shaft dan kt_7 merupakan kekakuan dari kopling, kt_8 merupakan kekakuan dari poros baling-baling. Selanjutnya sistem propulsi KN. Ular Laut 405

dimodelkan menjadi empat derajat kebebasan yang ditunjukkan pada Gambar 4.



Gambar 4. Pemodelan Sistem Propulsi KN. Ular Laut 405

Dimana :

- A = Momen inersia mesin induk
- B = Momen inersia *flywheel*
- C = Momen inersia gear
- D = Momen inersia baling-baling

Setelah sistem propulsi dimodelkan menjadi empat derajat seperti terlihat pada Gambar 4 maka didapatkan ekuivalen sistem propulsi untuk menghitung frekuensi natural untuk mesin induk, flywheel, kopling dan baling-baling dengan menggunakan persamaaan-persamaan berikut:

Frekuensi natural untuk mesin induk :

$$\omega_{n1} = \sqrt{\frac{G_{1,2}kt_{12}/L_1}{J_1 \times L_A/L_1}} \quad (23)$$

Frekuensi natural untuk *flywheel*

$$\omega_{n2} = \sqrt{\frac{1}{j^2} \left(\frac{G_{1,2}kt_{12}}{L_A - L_1} \right) + \frac{G_{1,2} + j_{2,3}}{l_{B2}}} \quad (24)$$

Frekuensi natural gear/kopling

$$\omega_{n3} = \sqrt{\frac{1}{j^3} \left(\frac{Kt_{23}}{1 - \frac{l_{B2}}{l_2}} \right) + \frac{c_{3,4}}{l_3}} \quad (25)$$

Frekuensi natural baling-baling

$$\omega_{n4} = \sqrt{\frac{1}{j^3} \left(\frac{G_{23} \times Kt_{4,3}/L_3}{J_4 \times L_D} \right)} \quad (26)$$

2.2. Momen Inersia Massa Silinder Mesin Induk, Flywheel, Kopling, Poros dan Baling-baling

Momen Inersia Massa Silinder

Dalam silinder motor diesel terjadi pembakaran yang mengakibatkan terjadinya gerakan translasi dan rotasi. Untuk menghitung besarnya momen inersia massa silinder, ($I_{cylinder}$) dari masing – masing bagian dapat hitung dengan persamaan 27 [6]:

$$I_{cylinder} = \frac{1}{g} \times w_1 \times \frac{1}{2} \times w_2 \left(1 + \frac{r^2}{4l^2} \right) r^2 \quad (27)$$

Dimana :

- w_1 = massa jenis connecting rod (kg)
- w_2 = massa jenis piston (kg)
- r = radius *crankshaft* (mm)
- l = panjang *conneting rod* (mm)

Momen Inersia Massa Flywheel

Besar momen inersia massa (I_{flywheel}) secara umum dapat dihitung dengan persamaan [7]:

$$I = \rho \int_0^1 j_A DL \quad (28)$$

Untuk benda bentuk piringan seperti *flywheel* dan coupling maka persamaan menjadi

$$I = \rho \int_0^1 j_A dt \quad (29)$$

Dimana t adalah tebal piringan dan J_A merupakan momen inersia polar dari penampang piringan dengan persamaan:

$$J_A = \frac{\pi \times r^4}{2} \quad (30)$$

Sehingga :

$$I_{\text{flywheel}} = \rho \int_0^1 \frac{\pi \times r^4}{2} dt \quad (31)$$

$$I_{\text{flywheel}} = \rho \left[\int_0^1 \frac{\pi \times r^4}{2} t - \frac{\pi \times r^4}{2} t \right]$$

$$I_{\text{flywheel}} = \rho \frac{\pi \times r^4}{2} t = \frac{M}{\pi \times r^2 \times t} \frac{\pi \times r^4}{2} \quad (32)$$

$$= \frac{M \times r^2}{2} \text{ (kg.m)} \quad (33)$$

Dimana:

M = Massa *flywheel* (kg/m)

r = jari - jari *flywheel* (m)

Momen Inersia Massa Kopling

Untuk menentukan besar massa kopling poros, (I_{kopling}) dapat dicari dengan persamaan 34 [7]:

$$J_{\text{kopling}} = \frac{M_c \times r_c^2}{2} \quad (34)$$

Dimana :

M_c = massa kopling (kg/m)

r_c = jari- jari kopling (m)

Momen Inersia Massa Poros

Besarnya momen inersia massa poros, j_{poros} , dapat dihitung dengan persamaan 35 [8]:

$$j_{\text{poros}} = \rho \int_0^1 j_A DL \quad (35)$$

Dimana j_A = momen inersia polar dari penampang poros.

$$j_A = \frac{\pi D^4}{32}$$

ρ = Massa Jenis Poros (Kg/m²)

D = Diameter Poros (m)

l = Panjang Poros (m)

Sehingga:

$$j_{\text{poros}} = \rho \int_0^1 \frac{\pi D^4}{32} DL \quad (36)$$

$$j_{\text{poros}} = \rho \left[\frac{\pi D^4}{32} L - \frac{\pi D^4}{32} L \right] \quad (37)$$

$$j_{\text{poros}} = \rho \frac{\pi D^4}{32} L \quad (38)$$

Momen Inersia Baling-Baling

Besarnya momen inersia baling-baling, $j_{\text{Baling-baling}}$ dapat dihitung dengan persamaan 39 [7]:

$$j_{\text{baling-baling}} = \frac{1.25}{g} (0.0046 \cdot Z \cdot d^3 \cdot b \cdot t) \quad (39)$$

Dimana :

Z = Jumlah Daun Baling-Baling

g = Konstanta Grafitasi (kg/m²)

d = Diameter Baling-Baling (m)

b = Lebar Daun Baling-Baling (m)

t = Tebal Daun Baling-Baling (m)

2.3. Kekakuan Torsional

Kekakuan Torsional Crank Shaft

Untuk menentukan besarnya kekakuan torsional *crankshaft*, $K_{\text{crankshaft}}$, dapat ditentukan dengan persamaan [6]:

$$\frac{1}{K_{\text{crankshaft}}} = \frac{2bi}{c_1} + \frac{al}{c_2} + \frac{2r}{B} \quad (40)$$

Dimana :

a = panjang *connecting rod*

$C = \frac{\pi \times d^4 \times G}{32}$

G = *Shear modulus* bahan (Pa)

Kekakuan Torsional Kopling

Untuk menentukan besarnya kekakuan torsional kopling, K_{kopling} , dapat ditentukan dengan persamaan [7].

$$K_{\text{kopling}} = \frac{\pi \times G \times d^4}{32 \times l} \quad (41)$$

Dimana:

G = *Shear modulus* bahan (Pa)

D = Diameter kopling (m)

l = Panjang kopling (m)

Kekakuan Torsional Poros

Untuk menentukan besarnya kekakuan torsional poros, K_{poros} , dapat dicari dengan persamaan [7]:

$$K_{\text{poros}} = \frac{\pi \times G \times d^4}{32 \times l} \quad (42)$$

Dimana :

G = *Shear modulus* bahan poros (Pa)

d = Diameter poros (m)

l = Panjang poros (m)

2.4. Momen Eksitasi

Torsi Eksitasi Mesin Induk

Getaran paksa yang ditimbulkan oleh eksitasi pada mesin diesel ditimbulkan oleh gaya torsi gas yang dihasilkan oleh pembakaran di ruang bakar,

gaya inersia yang ditimbulkan oleh bagian-bagian massa yang bergerak.

Getaran paksa yang ditimbulkan oleh eksitasi mesin diesel akan menyebabkan timbulnya beberapa orde harmonis, dimana bila salah satu dari frekuensi eksitasi bertepatan dengan frekuensi natural sistem maka terjadi kondisi resonansi. Pada kondisi seperti amplitudo getaran mencapai harga maksimal. Perumusan dari besar energi eksitasi maksimal pada kondisi resonansi bila seluruh silinder dalam bekerja semuanya yaitu:

Besar momen torsi eksitasi mesin ($T_{eks,}$) [9]:

$$T_{eks} = \pi \times T_k \times \alpha_1 \times \sum \alpha \tag{43}$$

Dimana :

T_k = momen harmonik untuk K order, didapatkan dengan rumus:

$$T_k = ck \frac{\pi \times D^2}{4} \times R \tag{44}$$

$\sum \alpha$ = jumlah geometrical dari vektor untuk semua silinder

$$\sum \alpha = \sqrt{(\sum_1^2 \alpha_1 \times \cos k\beta_1) + (\sum_1^2 \alpha_1 \times \sin k\beta_1)} \tag{45}$$

α_1 = perbandingan amplitudo relatif dari crank

ck = harmonik koefisien yang menyatakan gaya yang bekerja

D = diameter piston (cm)

R = radius crankshaft (cm)

k = harmonik order

β = firing order

Momen Eksitasi Baling-Baling

Beban torsional dihasilkan oleh poros baling-baling dan baling-baling sebagai sumber yang paling utama pada sistem poros kapal.

Torsi baling-baling ($Q_{Baling-baling}$) dapat dihitung dengan rumus dengan persamaan berikut ini [10]:

$$Q_{baling-baling} = k_Q \times \rho \times n^2 \times d^5 \tag{46}$$

Dimana :

k_Q = koefisien torsi

n = putaran baling-baling (rpm)

d = diameter baling-baling (m)

ρ = massa jenis fluida = 1.026 kg/m

2.5. Redaman Sistem Propulsi

Redaman Mesin Induk

Untuk menentukan besar daya redaman torsional dari mesin induk (c_e) dapat dicari dengan persamaan 47 [11]:

$$c_e = k \times A \times R^2 \tag{47}$$

Dimana :

k = 42.10³ untuk truk mesin induk

A = luas piston (m²)

R = radius crankshaft (m)

Redaman Baling-Baling

Untuk menentukan besar daya redaman torsional dari mesin induk (c_p) akibat gerak dalam air dapat dicari dengan persamaan 48:

$$c_p = 4,272 \times F \left(\frac{D_B}{D_P}\right) \times D_P^5 \times \left(\frac{H}{F}\right) \times \left(\frac{FA}{F}\right) \times n \tag{48}$$

Dimana :

D_B = Baling-baling boss diameter (m)

D_P = baling-baling diameter (m)

H = Mean baling-baling pitch (m)

FA = luas baling-baling expanded (m)

2.6. Metode

Penelitian dilakukan di PT. Pasifik Dock Maluku pada KN. Ular Laut 405.

Variabel bebas penelitian ini meliputi :

x_1 : Momen inersia mesin (N.sec.m)

x_2 : momen inersia flywheel ((N.sec.m)

x_3 : momen inersia kopling (N.sec.m)

x_4 : momen inersia baling-baling (N.sec.m)

x_5 : kekakuan poros (N.m)

x_6 : kekakuan kopling (N.m)

x_7 : kekakuan crankshaft (N.m)

Variabel terikat pada penelitian ini adalah

y_1 : Frekuensi Pada Sistem Poros (Hz)

y_2 : Amplitudo Pada Sistem Poros (Rad)

Hubungan antara variabel bebas dan terikat ditulis sebagai berikut :

$$y = f(x_1, x_2, x_3, x_4, x_5, x_6, x_7)$$

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Parameter Getaran Torsional pada sistem poros

Parameter getaran torsional seperti momen inersia, kekakuan torsional, redaman, frekuensi natural ditampilkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Parameter getaran torsional

Momen Inersia N.m.sec	Kekakuan Torsional Nm.ses/rad	Redaman Sistem Propulsi Nm/rad	Frekuensi Natural (Hz)
$I_{silinder}$ 646,4166	$Kt_{crankshaft}$ ⁹ 88337987,3	C_{mesin} 2177,8	$\omega_{n1mesin}$ 110,96
$I_{flywheel}$ 250,24	$Kt_{kopling}$ 716652,32	$C_{baling-baling}$ 6365,67	$\omega_{n2Flywhl}$ 47,3
$I_{kopling}$ 110,088	Kt_{poros} 267969489		$\omega_{n3kopling}$ 57,17
I_{poros} 858,3382			$\omega_{n4 baling - baling}$ 67,98
$I_{baling-baling}$ 391,5389			

Berdasarkan perhitungan frekuensi natural ekuivalen pada sistem propulsi maka didapatkan hasil perhitungan putaran kritis pada sistem propulsi yang hasilnya ditunjukkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Putaran kritis pada sistem propulsi

$$\text{Putaran Kritis} = \frac{\omega_n \times rpm}{2 \times \pi \times n}$$

	ωn_1	ωn_2	ωn_3	ωn_4
Orde	110,9642	47,32078	57,178946	67,98166
1	1060,168	452,1019	546,2102	648,6306
2	530,0838	226,051	273,1051	324,3153
3	353,3892	150,7006	182,0701	216,2102
4	265,0419	113,0255	136,5525	162,1576
5	212,0335	90,42038	109,242	129,7261
6	176,6946	75,35032	91,03503	108,1051
7	151,4525	64,58599	78,03003	92,66151
9	132,5209	56,51274	68,27627	81,07882
10	117,7964	50,23355	60,69002	72,07006

Tabel 3. Hasil perhitungan nilai harmonik pada mesin induk

Jumlah Putaran (RPM)	Ck (N/m)	D (cm)	R (cm)	Tk (N/m)
1060,168	0	34,582	17,291	234,6983
530,0838	0,5	34,582	17,291	469,3965
353,3892	1	34,582	17,291	704,0948
265,0419	1,5	34,582	17,291	938,7931
212,0335	2	34,582	17,291	1173,491
176,6946	2,5	34,582	17,291	1408,19
151,4525	3	34,582	17,291	1642,888
132,5209	3,5	34,582	17,291	1877,586
117,7964	4	34,582	17,291	234,6983

Dari perhitungan momen harmonik (Tk), dan perhitungan geometrikal dari vektor dari semua silinder ($\sum \alpha$) (appendiks) maka didapatkan hasil perhitungan eksitasi mesin induk yang hasilnya ditunjukkan pada Tabel 4 kemudian eksitasi baling-baling seperti ditunjukkan pada Tabel 5.

Tabel 4. Hasil perhitungan momen torsi eksitasi mesin induk

$$w_{eks} = \pi \times T_k \times \alpha_1 \times \sum \alpha$$

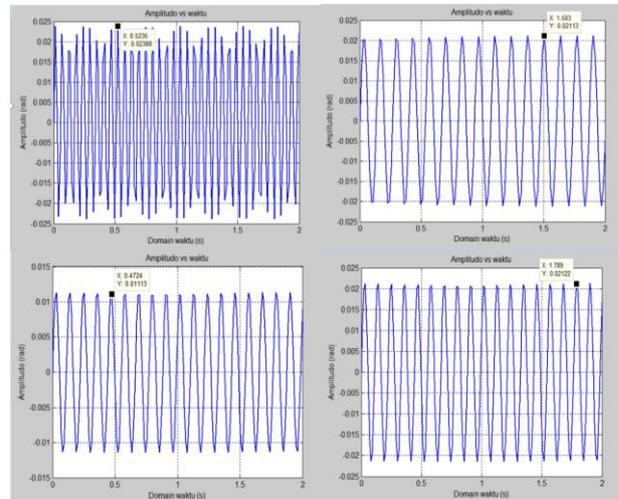
ω_n (Hz)	Tk (N/m)	$\sum \alpha$	w_{eks} (N/m)
110,9642	234,6983	0,07211779	53,1474
47,32078	469,3965	0,00922	13,53505
57,178946	704,0948	0,01065437	23,27263
67,98166	938,7931	0,013116763	38,16289

Tabel 5. Hasil perhitungan eksitasi baling-baling

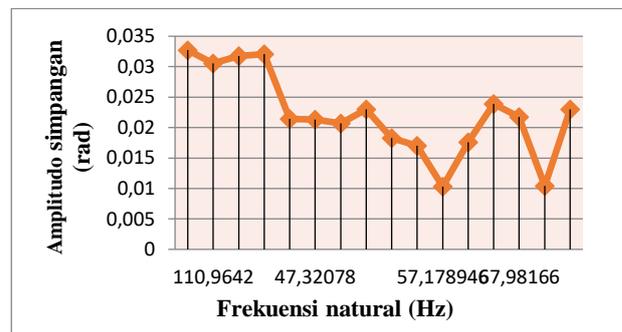
ω_n (Hz)	$Q_{\text{baling-baling}}$ (N/m)
110,9642	184,1942
47,32078	33,49648
57,178946	48,89294
	68,94795

3.2. Pembahasan

Dari hasil perhitungan maka didapatkan grafik pemodelan respon getaran torsional pada frekuensi 110,9642 Hz; 47,32078 Hz; 57,178946 Hz; dan 67,98166 Hz yang ditunjukkan pada Gambar 5.



Gambar 5. Respon getaran torsional



Gambar 6. Grafik frekuensi natural dan amplitudo

Dari Gambar 6 maka dapat dijelaskan bahwa sistem poros mengalami frekuensi natural sebesar 110,9642 Hz pada amplitudo simpangan pertama (θ_1) sebesar 0,032719 rad, amplitudo simpangan kedua (θ_2) sebesar 0,0305690 rad dan amplitudo simpangan ketiga (θ_3) sebesar 0,03176 Rad, dan simpangan keempat (θ_4) sebesar 0,032089 rad dan ketika sistem poros mengalami Frekuensi natural sebesar 47,32078 Hz pada amplitudo simpangan pertama (θ_1) sebesar 0,02140154 Rad, amplitudo simpangan kedua (θ_2) sebesar 0,002389 Rad, amplitudo simpangan ketiga (θ_3) sebesar 0,02067 rad, dan simpangan keempat (θ_4) sebesar 0,0229966 rad. Ketika sistem poros mengalami frekuensi sebesar 57,17 Hz pada amplitudo simpangan pertama (θ_1) sebesar 0,0183 rad, amplitudo simpangan pertama (θ_2) sebesar 0,01703 Rad, dan amplitudo simpangan ketiga (θ_3) sebesar

0,01039161 rad, dan simpangan keempat (θ_4) sebesar 0,0176 rad dan ketika sistem poros mengalami frekuensi natural sebesar 67,9835 Hz pada amplitudo simpangan pertama (θ_1) sebesar 0,02391153 rad, amplitudo simpangan kedua (θ_2) sebesar 0,021739 rad dan amplitudo simpangan ketiga (θ_3) sebesar 0,01039161 Rad dan simpangan keempat (θ_4) sebesar 0,0229996 rad. Maka disimpulkan bahwa semakin besar frekuensi natural yang dihasilkan maka amplitudo pada sistem poros yang dihasilkan juga semakin tinggi. Menurut standar ABS [1] untuk besar getaran amplitudo di kapal adalah sebesar 0,25 rad – 0,75 rad dan bila dibandingkan perhitungan teoritis amplitudo getaran maksimum yang diperoleh sebesar 0,032719 sehingga tingkat getaran torsional pada sistem poros KN Ular Laut 405 mencapai < 24,95 %, dalam arti masih berada di bawah standar getaran yang ditentukan untuk sebuah kapal. Maka tingkat getaran torsional pada KN.Ular Laut 405 berada pada tingkat yang tidak membahayakan.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan perhitungan-perhitungan yang telah dilakukan diperoleh bahwa frekuensi natural mesin induk sebesar 110,9642 Hz dengan amplitudo simpangan pertama (θ_1) sebesar 0,032719 rad, amplitudo simpangan kedua (θ_2) sebesar 0,0305690 rad dan amplitudo simpangan ketiga (θ_3) sebesar 0,03176 Rad, dan simpangan keempat (θ_4) sebesar 0,032089 rad dan dan frekuensi natural *flywheel* sebesar 67,9835 Hz dengan amplitudo simpangan pertama (θ_1) sebesar 0,02391153 rad, amplitudo simpangan kedua (θ_2) sebesar 0,021739 rad dan amplitudo simpangan ketiga (θ_3) sebesar 0,01039161 Rad dan simpangan keempat (θ_4) sebesar 0,0229996 rad. Setelah membandingkan nilai amplitudo maksimum dengan standar ABS (*American bereau of shipping*) maka tingkat getaran torsional pada KN. Ular Laut 405 berada pada tingkat yang tidak membahayakan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih disampaikan kepada Fakultas Teknik yang berkontribusi dalam penyelesaian penelitian ini sebagai bagian dari penelitian para penulis yang didanai oleh Fakultas.

DAFTAR PUSTAKA

[1] American Bureau Shipping, Guidance Notes On Ship Vibration, 2021
[2] L. Murawski and M. Derzsewski (2020), Theoretical And Practical Backgrounds Of Monitoring System Of Ship Power Transmission Systems Torsional Vibration,

Journal of Marine Science and Technology No 25 PP 272–284
[3] I. Senjanovic, N. Hadzic1, L. Murawski, N. Vladimir and N. Alujevic (2019), Analytical Procedures For Torsional Vibration Analysis Of Ship Power Transmission System, Engineering Structures, January, No 178 PP 227-244
[4] A. M. Umbrajaakar and A.Krishnamoorthy (2017). Modeling And Vibration Analysis Of Shaft. International Journal Of Pure And Applied Mathematics Volume 114 No. 11
[5] N. L. T. Thenu, I. M. Ariana, A.Zubaydi and D. Arifianto (2017), Observation of Changes in Acoustic Emission and Vibration Signals to Transverse Crack on Rotating Shaft: An Experiment Investigation Vol 7 No 5 PP 1853 – 1860
[6] J.P. Den Hartog, Mechanical Vibrations, Dower Publications, Inc New York1985.
[7] R. S. Dolski, Prevention Of Vibration In Ship.Gdansk.ISBN 83-89895-30-7, 2004.
[8] R. F. Steidel, *An Introduction To Mechanical Vibration*. The University Of Michigan : Wiley , 2011.
[9] N. Petrovsky, Marine Internal Combustion Engine, Moscow, 1976.
[10] R.S. Khurmi and J.K.Gupta, Machine Design, 2005.
[11] A. S. Veritec, Vibration Control in Ship, Høvik, Norway: A.S. Veritec Marine Technology Consultants, Noise and Vibration Group, 1985.

Lampiran

Hasil perhitungan penjumlahan geometrikal dari vektor untuk dari semua silinder ditunjukkan pada Tabel 1, 2, 3, dan 4

Tabel 1 Vektor untuk dari semua silinder orde 1

I	α_1	β_1	$cosk$ β_1	$sin k$ β_1	$\alpha_1 cosk$ β_1	$\alpha_1 sink$ β_1
1	1	300	0,25	-0,4330	0,25	-0,4330
2	0,999	120	-0,25	0,4330	-0,249	0,4328
3	0,999	180	-0,5	6,12574 E-17	-0,499	6,1245 E-17
4	0,999	240	-0,25	-0,4330	-0,249	-0,4329
5	0,996	60	0,25	0,4330	0,249	0,4312
6	0,999	0	0,5	0	0,499	0

$$\sum \alpha = \sqrt{0,0001035 + 0,00180133}$$

$$\sum \alpha = 0,0922$$

Tabel 2 Vektor untuk dari semua silinder orde 2

I	α_1	β_1	$cosk$ β_1	$sin k$ β_1	$\alpha_1 cosk$ β_1	$\alpha_1 sin k$ β_1
1	1	300	0,25	-0,4330	0,25	-0,4330
2	0,999	120	-0,25	0,4330	-0,249	0,4328
3	0,999	180	-0,5	6,1257 4 E-17	-0,499	6,1245 E-17
4	0,999	240	-0,25	-0,4330	-0,249	-0,4329
5	0,996	60	0,25	0,4330	0,249	0,4312
6	0,999	0	0,5	0	0,499	0

$$\sum \alpha = \sqrt{0,003105 + 0,008509}$$

$$\sum \alpha = 0,1065437$$

Tabel 3 vektor untuk dari semua silinder orde 3

I	α_1	β_1	$cosk$ β_1	$sin k$ β_1	$\alpha_1 cosk$ β_1	$\alpha_1 sin k$ β_1
1	1	300	0,5	-0,8660	0,5	-0,8660
2	0,999	120	-0,5	0,8660	-0,499	0,8656
3	0,999	180	-1	1,22515 E-16	-0,999	1,2249 E-16
4	0,999	240	-0,5	-0,8660	-0,499	-0,8658
5	0,996	60	0,5	0,8660	0,498	0,8625
6	0,999	0	1	0	0,999	0

$$\sum \alpha = \sqrt{0,00207 + 0,00360}$$

$$\sum \alpha = 0,07217706$$

Tabel 4 vektor untuk dari semua silinder orde 4

I	α_1	β_1	$cosk$ β_1	$sin k$ β_1	$\alpha_1 cosk$ β_1	$\alpha_1 sin k$ β_1
1	1	300	0,25	-0,4330	0,25	-0,4330
2	0,999	120	-0,25	0,4330	-0,249	0,4328
3	0,999	180	-0,5	6,12574 E-17	-0,499	6,1245 E-17
4	0,9997	240	-0,25	-0,4330	-0,249	-0,4329
5	0,996	60	0,25	0,4330	0,249	0,4312
6	0,999	0	0,5	0	0,499	0

$$\sum \alpha = \sqrt{0,003105 + 0,008509}$$

$$\sum \alpha = 0,13116763$$

ANALISIS BIAYA OPERASIONAL KENDARAAN (BOK) SEBAGAI DASAR PENENTUAN TARIF SEWA TRANSPORTASI BARANG DI PROVINSI MALUKU

Hanok Mandaku¹

¹Jurusan Teknik Industri, Fakultas Teknik Universitas Pattimura, Ambon 97233

E-mail: hanokmandaku30@gmail.com

Abstrak. Tarif sewa transportasi barang di Provinsi Maluku umumnya dilakukan berdasarkan kesepakatan antara pemilik dan penyewa kendaraan, sehingga acapkali menimbulkan ketidakpuasan diantara kedua pihak. Oleh sebab itu, tujuan penelitian ini adalah menentukan struktur dan besaran tarif sewa transportasi barang yang ideal berdasarkan Biaya Operasional Kendaraan (BOK) guna menjembatani kepentingan pihak pemilik dan penyewa kendaraan. Metode perhitungan BOK didasarkan pada metode Direktorat Jenderal Perhubungan Darat RI tahun 2002. Hasil penelitian menunjukkan struktur dan besaran BOK untuk jenis kendaraan angkutan barang Golongan V, terdiri dari: (a) Biaya Tetap (bunga modal, biaya depresiasi, biaya administrasi dan gaji awak kendaraan); (b) Biaya Tidak Tetap (biaya ban, biaya service kecil dan biaya service besar). Penerapan struktur tarif pada rute Ambon-Masohi menghasilkan tarif sewa sebesar Rp. 3.297.449,65 \approx Rp. 3.300.000,00. atau lebih rendah 6,06% - 21,21% dari tarif eksisting. Hasil ini dapat menjembatani pemilik kendaraan dan penyewa dalam menyepakati tarif angkutan barang antar-pulau serta menjadi rujukan bagi regulator dalam merumuskan kebijakan penentuan tarif transportasi barang antar-pulau yang ideal agar supaya mampu mendukung efisiensi biaya logistik dan tumbuh-kembangnya industri jasa transportasi barang di Provinsi Maluku.

Kata kunci: Biaya operasional kendaraan, tarif sewa, transportasi barang

Abstract. Rental rates for goods transportation in Maluku Province are generally carried out based on an agreement between the owner and renter of the vehicle, so it often causes dissatisfaction between the two parties. Therefore, the purpose of this study is to determine the structure and amount of the ideal goods transportation rental rate based on Vehicle Operating Costs (BOK) in order to bridge the interests of vehicle owners and tenants. The BOK calculation method is based on the method of the Directorate General of Land Transportation of the Republic of Indonesia in 2002. The results of the study show the structure and amount of BOK for the type of freight transportation of Category V, consisting of: (a) Fixed costs (capital interest, depreciation costs, administrative costs and vehicle crew salaries); (b) Variable Costs (tire fees, small service fees and large service fees). The application of the tariff structure on the Ambon-Masohi route resulted in a rental rate of Rp. 3.297.449,65 \approx Rp. 3.300.000,00 or lower 6,06% - 21,21% of the existing tariff. These results can bridge vehicle owners and tenants in agreeing on inter-island freight rates and become a reference for regulators in formulating policies for determining the ideal inter-island freight transportation tariffs so that they are able to support logistics cost efficiency and the growth and development of the goods transportation service industry in the Maluku Province.

Keywords: Vehicle operating costs, rental rates, transportation of goods

1. PENDAHULUAN

Kemajuan suatu daerah sangat dipengaruhi oleh kehandalan sistem transportasinya. Melalui sistem transportasi yang handal, kegiatan ekonomi dan sosial akan berlangsung dengan lancar, aman dan

tertib. Pada aspek perekonomian, sistem transportasi berperan penting dalam mendistribusikan suatu barang atau jasa yang diproduksi ke tempat atau daerah yang membutuhkannya [1].

Provinsi Maluku yang memiliki struktur geografis wilayah kepulauan sangat mengandalkan sistem transportasi multimoda untuk mendistribusikan barang antar-pulau. Pelabuhan Yos Soedarso Ambon merupakan simpul utama sistem transportasi barang (logistik) di wilayah Maluku. Umumnya, pasokan barang di Pelabuhan Yos Soedarso Ambon berasal dari beberapa pelabuhan di kawasan barat Indonesia, seperti Pelabuhan Tanjung Priuk di Jakarta, Pelabuhan Tanjung Perak di Surabaya dan Pelabuhan Soekarno-Hatta di Makassar. Dari Pelabuhan Yos Soedarso Ambon, barang (logistik) kemudian dikirim menggunakan jasa kendaraan truk (golongan V) ke berbagai wilayah atau pulau di Maluku melalui jaringan angkutan laut dan penyeberangan [2].

Penggunaan moda truk sebagai alat distribusi barang dari waktu ke waktu terus meningkat karena alasan efektivitas. Distributor *general cargo* umumnya cenderung menggunakan kendaraan truk sewa daripada milik sendiri. Kondisi ini membuka peluang yang besar bagi industri jasa sewa truk. Meski demikian, kendala yang ditemui sejauh ini adalah penetapan tarif yang tidak menentu, hanya berdasarkan kesepakatan pemilik kendaraan dan penyewa sehingga acapkali menimbulkan ketidakpuasan diantara keduanya. Oleh sebab itu diperlukan dukungan informasi yang tepat sebagai dasar penetapan tarif yang ideal.

Tarif adalah tingkat harga atau biaya yang dibayarkan oleh pengguna jasa persatuan trip muatan, berat atau per satuan volume per kilometer. Penetapan tarif dimaksudkan untuk mendorong terciptanya penggunaan prasarana dan sarana transportasi secara optimum dengan mempertimbangkan lintas yang bersangkutan [3]. Keputusan mengenai besaran tarif sewa kendaraan truk tidak mudah. Tarif yang terlalu mahal dapat meningkatkan laba jangka pendek tetapi pada sisi lain akan sulit mendapatkan konsumen. Bagi perusahaan jasa, tarif merupakan suatu nilai dari penjual jasa tersebut, sedangkan bagi konsumen tarif merupakan biaya yang harus dikeluarkan untuk mendapatkan layanan jasa. Oleh sebab itu, penentuan tarif yang ideal membutuhkan strategi tertentu untuk bisa mencapai target yang diinginkan, hal ini di karenakan tarif tidak selalu tetap tetapi dinamis, yaitu mudah bergerak dan berubah-ubah [4]. Salah satu dasar penentuan tarif yang ideal adalah berbasis Biaya Operasional Kendaraan (BOK).

BOK adalah biaya secara ekonomi atau biaya yang sebenarnya terjadi dengan dioperasikannya satu kendaraan pada kondisi normal untuk suatu

tujuan tertentu. Sementara itu, unsur utama yang mempengaruhi besarnya nilai BOK meliputi biaya tetap (*fixed cost*) dan biaya tidak tetap (*variable cost*). Biaya tetap pada kendaraan mencakup biaya modal, biaya depresiasi, biaya administrasi dan biaya awak kendaraan. Sedangkan biaya tidak tetap meliputi konsumsi bahan bakar, konsumsi minyak pelumas mesin, pemakaian/perawatan ban dan biaya perbaikan dan pemeliharaan [5]. Besaran BOK tergantung dari ukuran kendaraan [6], jenis/merk, usia, kondisi dan kualitas perawatan kendaraan [7].

Penelusuran terhadap besaran BOK dapat dimanfaatkan untuk berbagai kepentingan, misalnya penentuan tarif [8,9,10,11,12], analisis dan evaluasi tarif [13,14,15], dan evaluasi kelayakan investasi [16]. Perhitungan BOK umumnya menggunakan metode Direktorat Lalu Lintas dan Angkutan Jalan [17], metode *Pacific Consultant International (PCI)* [18], metode Forum Studi Transportasi antar Perguruan Tinggi (FSTPT) [4] dan metode Direktorat Jenderal Perhubungan Darat (Dirjenhubdar) [9,16,10].

Metode BOK dapat digunakan sebagai alat penetapan tarif pengiriman barang dengan cara mengelompokkan biaya – biaya yang sesuai dengan sifatnya yaitu biaya tetap (*fixed cost*) dan biaya tidak tetap (*variable cost*) yang di jumlahkan dan akan menjadi penentu tarif pokok atau dasar tarif pengiriman Barang. Penggunaan metode BOK akan lebih efektif karena menghitung total biaya tetap dan biaya tidak tetap [12].

Penelusuran BOK sebagai dasar penetapan tarif sewa kendaraan dimaksudkan agar bisa memuaskan kedua pihak, baik pemilik kendaraan maupun penyewa kendaraan. Dengan demikian, transportasi dan distribusi barang antar-pulau di wilayah Maluku akan berlangsung lancar, iklim investasi kondusif dan mendukung tumbuh-kembangnya industri jasa transportasi serta memberikan kontribusi positif bagi perekonomian dan kemajuan daerah.

Tujuan penelitian ini adalah menentukan struktur dan besaran tarif sewa transportasi barang antar-pulau yang ideal berdasarkan BOK guna menghindari ketidakpuasan pemilik dan penyewa kendaraan. Besaran tarif yang dihasilkan selanjutnya diterapkan pada rute Ambon-Masohi guna membandingkan tarif eksisting dengan tarif yang dihasilkan. Temuan ini berguna bagi pemilik kendaraan dan penyewa sebagai informasi awal dalam penentuan tarif sewa. Selain itu, regulator dapat memanfaatkannya dalam merumuskan kebijakan penetapan tarif ideal guna mendukung efisiensi biaya logistik dan iklim usaha industri jasa transportasi barang antar-pulau di Maluku.

2. BAHAN DAN METODE

2.1. Waktu dan Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan April 2022. Data diambil di Pelabuhan Hunimua, Kabupaten Maluku Tengah, Provinsi Maluku. Peta lokasi penelitian terdapat pada Gambar 1.



Gambar 1. Lokasi penelitian

Keterangan:

▼ Pelabuhan Hunimua

2.2 Sumber dan Teknik Analisis Data

Data penelitian terdiri dari data primer dan data sekunder. Data primer diperoleh dari survei lapangan, terdiri dari data komponen dan besaran BOK, jenis moda dan sistem pengelolaan kendaraan. Sedangkan data sekunder diperoleh dari penelusuran harga pasar untuk biaya suku cadang kendaraan dan dari PT. Nengmeypratama Malut Maluku selaku dealer mobil Hino di wilayah Maluku untuk memperoleh data spesifikasi kendaraan sampel.

Teknik perhitungan dan analisis BOK menggunakan pendekatan metode berdasarkan keputusan Direktorat Jenderal Perhubungan Darat Republik Indonesia (DIRJENHUBDAR RI) Nomor: SK.687/AJ.206/DRJD/2002 tentang Pedoman Teknis Penyelenggaraan Angkutan Penumpang Umum di Wilayah Perkotaan dalam Trayek Tetap dan Teratur. Metode ini digunakan sebagai pedoman untuk mengidentifikasi dan mengklasifikasi biaya-biaya yang berkaitan dengan operasional kendaraan. Sedangkan analisis biaya depresiasi aset menggunakan teknik depresiasi garis lurus (straight line metode) dengan mengasumsikan nilai beban penyusutan aset sama besar setiap tahun.

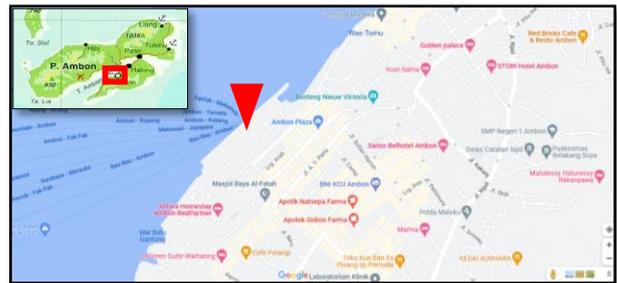
3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Sistem Distribusi Barang Antar-Pulau di Maluku

Transportasi barang (logistik) di wilayah Maluku berlangsung dalam satu sistem, meliputi sub-sistem moda dan sub-sistem jaringan. Pada sub-sistem

moda, transportasi barang antar-pulau dominan menggunakan moda transportasi darat dan laut (penyeberangan) atau kedua-duanya (multimoda). Sedangkan pada sub-sistem jaringan, meliputi pelabuhan (terminal) sebagai simpul dan rute yang menghubungkan simpul-simpul.

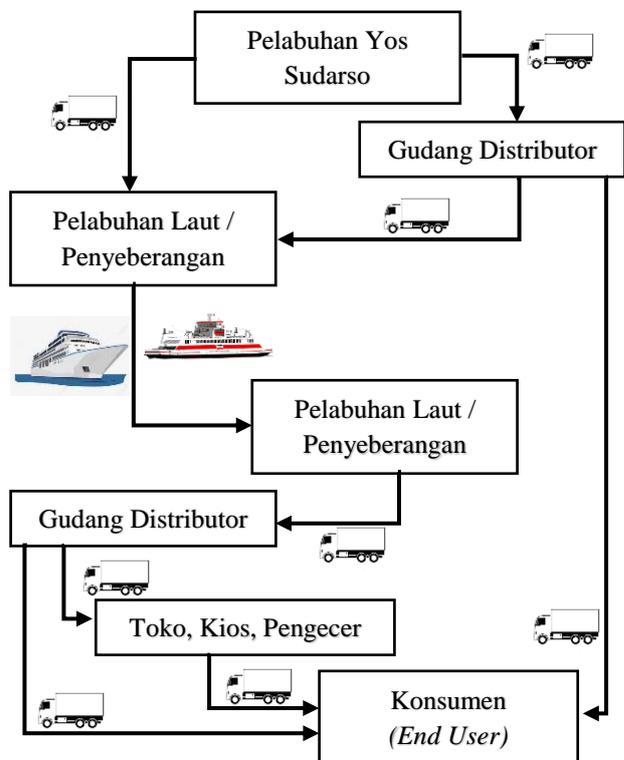
Pelabuhan Yos Soedarso di Pulau Ambon merupakan simpul utama sistem transportasi barang di Maluku. Lokasi pelabuhan Yos Soedarso di Kota Ambon terdapat pada Gambar 2.



Gambar 2. Lokasi pelabuhan Yos Soedarso di Kota Ambon

Keterangan:

▼ Pelabuhan Yos Soedarso



Gambar 3. Sistem transportasi dan distribusi barang antar-pulau di Maluku

Barang yang tiba di Pelabuhan Yos Soedarso selanjutnya didistribusikan ke berbagai wilayah dan

pulau di Maluku baik secara langsung menggunakan moda transportasi darat (truk) dan moda transportasi laut (kapal dan ferry) atau sebelumnya disimpan di gudang-gudang distributor. Barang yang tiba di suatu wilayah atau pulau kemudian diteruskan hingga sampai pada pengguna akhir (*end use*). Skema sistem transportasi barang antar-pulau di wilayah Maluku terdapat pada Gambar 3.

3.2. Analisis BOK

Biaya Operasional Kendaraan (BOK) dihitung menggunakan kendaraan sampel yakni Truk Merek Hino Dutro seri 110 LD LPG Tahun 2021 (Gambar 4), karena dominan digunakan daripada merek lainnya. Tabel 1 memuat data spesifikasi teknis kendaraan.

Berdasarkan metode Dirjenhubdar, komponen BOK terdiri dari komponen biaya tetap dan biaya tidak tetap. Biaya tetap terdiri dari biaya modal, biaya depresiasi, biaya administrasi dan biaya awak kendaraan. Sedangkan, biaya tidak tetap terdiri dari biaya pemakaian ban, biaya service kecil dan biaya service besar. Perhitungan setiap komponen biaya dengan asumsi produktivitas kendaraan menurut rute yang dianalisis (Ambon-Masohi) sebesar 50.800 km/tahun.



Gambar 4. Kendaraan truk Hino Dutro 110 LD LPG Tahun 2021

Besarnya biaya modal dipengaruhi oleh harga aset kendaraan saat dibeli *On The Road (OTR)*, tingkat bunga yang dikenakan dan durasi waktu pengembalian modal. Kendaraan truk jenis Hino Dutro 110 SD Tahun 2021 *On The Road* Kota Ambon adalah Rp. 250.000.000,00. Bila kendaraan dibeli secara kredit dengan bunga sebesar 25% dari nilai modal dan periode kredit 48 bulan (4 tahun), maka bunga modal per bulan sebesar Rp. 1.230,32./km.

Tabel 1. Spesifikasi teknis kendaraan truk Hino Dutro 110 LD LPG tahun 2021

DIMENSI	
Panjang	6.026 mm
Lebar	1.945 mm
Tinggi	2.165 mm
Jarak Roda Sumbu	3.380 mm
Cabin to end	2.900 mm
Lebar Jejak Depan	1.455 mm
Lebar Jejak Belakang	1.480 mm
Julur Depan	1.066 mm
Julur Belakang	1.580 mm
GVWR / GCWR	7.500 kg
Radius Putar Maximum	6,7 m
MESIN	
Tipe	W04D-TP Diesel 4 Langkah Segaris <i>Turbo CI</i>
Kapasitas Silinder	4.009 cc
Daya Maksimum	110 PS / 2.800 Rpm
Torsi Maksimum	29 kg.m / 1.800 Rpm
Sistem Transmisi	M 153, 5 tingkat percepatan manual
BAHAN BAKAR	
Tipe Bahan Bakar	Diesel
Kapasitas Tangki	100 liter
Sistem Bahan Bakar	<i>Direct Injection</i>

Besaran biaya depresiasi dihitung dengan asumsi usia teknis kendaraan selama 15 tahun dan harga aset diakhir periode sebesar Rp. 30.000.000,00. Maka, besaran biaya depresiasi sebesar Rp. 14.666.666,67/tahun atau Rp. 288,71./km.

Biaya administrasi terdiri dari komponen biaya Pajak Kendaraan Bermotor (PKB) sebesar 2% dari Nilai Jual Kendaraan Bermotor (NJKB), BBN KB (10% NJKB), SWDKLLJ (Rp.143.000,00.), biaya administrasi KB (Rp. 100.000,00./5 tahun) dan biaya penerbitan STNK (Rp. 250.000,00./5 tahun). Biaya BBN KB dan administrasi TNKB dan administrasi STNK hanya dibayar 5 tahun sekali. Sehingga, total biaya administrasi selama 5 tahun sebesar Rp. 11.291.600,00. atau Rp. 22,28/km.

Gaji Awak Kendaraan dihitung berdasarkan jumlah awak dan besaran gaji tiap bulan menurut UMP Provinsi Maluku 2022 (Rp. 2.618.312,00.). Tiap kendaraan yang beroperasi umumnya menggunakan 2 awak, sehingga jumlah gaji dalam setahun adalah Rp. 62.839.488,00. atau Rp. 1.236,99./km

Pada komponen biaya tidak tetap, perhitungan komponen biaya pemakaian ban dihitung dengan asumsi daya tahan ban sejauh 30 km, harga ban baru *Goodyear* Rp. 3.500.000,00./buah dan kebutuhan ban sebanyak 6 buah. Dengan demikian, jumlah pergantian ban sebanyak 10 buah/tahun

$(\frac{50.800 \text{ km}}{30.000 \text{ km}} \times 6)$, sehingga Biaya Pemakaian Ban adalah sebesar Rp. 35.000.000,00./tahun atau Rp. 688,98./km.

Biaya service kecil terdiri dari biaya oli mesin Meditran S40-10 liter (Rp. 400.000,00.), oli gardan SAE 140-4 liter (Rp. 250.000,00.), oli transmisi SAE 90-4 liter (Rp. 250.000,00.), pelumas 2 kg (Rp. 100.000,00.) dan ongkos kerja (Rp. 250.000,00.). Bila setiap 8.000 km membutuhkan sekali service kecil, maka dalam setahun (50.800 km) membutuhkan 6 kali service, sehingga total biaya service kecil sebesar $(\frac{Rp. 1.250.000 \times 6}{50.800 \text{ km}}) = \text{Rp. } 147,64./\text{km}$.

Biaya service besar terdiri dari biaya oli mesin Meditran S40-10 liter (Rp. 400.000,00.), oli gardan SAE 140-4 liter (Rp. 250.000,00.), oli transmisi SAE 90-4 liter (Rp. 250.000,00.), minyak rem 1 liter (Rp. 100.000,00), pelumas 1 kg (Rp. 100.000,00.), saringan udara 1 buah (Rp. 300.000,00.), saringan oli 4 buah (Rp. 600.000,00.), saringan solar 1 buah (Rp. 150.000,00.), air aki 2 botol (Rp. 50.000,00.), sambungan kabel 2 buah (Rp. 50.000,00.), lampu-lampu 4 buah (Rp. 100.000,00.), dan ongkos kerja (Rp. 1.000.000,00.). Bila setiap 30.000 km membutuhkan sekali service besar, maka dalam setahun (50.800 km) membutuhkan 2 kali service, sehingga total biaya service besar adalah $(\frac{Rp. 3.350.000 \times 2}{50.800 \text{ km}}) = \text{Rp. } 131,89./\text{km}$.

Rekapitulasi besaran nilai BOK selengkapnya terdapat pada Tabel 2. Berdasarkan perhitungan BOK pada Tabel 2, maka besarnya BOK angkutan barang pada rute Ambon-Masohi di Maluku adalah Rp. 3.746,81./km. Data pada Tabel 2 juga menunjukkan bahwa komponen biaya gaji awak kendaraan dan bunga modal merupakan 2 komponen biaya yang memiliki nilai terbesar pertama dan kedua, dan berkontribusi sebesar 65% terhadap nilai BOK. Sedangkan biaya administrasi merupakan komponen biaya terkecil yang hanya berkontribusi sebesar 0,59% terhadap nilai BOK.

Tabel 2. Komponen dan besaran nilai BOK

No.	Komponen biaya	Jumlah (Rp/km)
1	Biaya Tetap	
a	Bunga Modal	1.230,32
b	Biaya Depresiasi	288,71
c	Biaya Administrasi	22,28
d	Gaji Awak Kendaraan	1.236,99
2	Biaya Tidak tetap	
A	Biaya Pemakaian Ban	688,98
B	Biaya Service Kecil	147,64
C	Biaya Service Besar	131,89
	Jumlah	3.746,81

3.3. Analisis Tarif Sewa

Tarif kendaraan angkutan barang pada rute Ambon-Masohi pada umumnya berada pada rentang Rp. 3.000.000,00. – Rp. 3.500.000,00. untuk sekali angkut, tergantung dari kesepakatan yang dicapai oleh pemilik kendaraan dan penyewa. Tarif ini sudah termasuk biaya BBM dan biaya penyeberangan menggunakan kapal ferry pada lintasan Hunimua – Waipirit.

Pada sisi lain, besaran tarif sewa berdasarkan BOK untuk rute perjalanan Ambon-Masohi melalui lintasan penyeberangan Hunimua-Waipirit dapat dihitung dengan terlebih dahulu menghitung biaya pokok dan margin keuntungan yang diharapkan.

Komponen biaya pokok terdiri dari BOK pada jarak tempuh eksisting (Pulang-Pergi/PP), biaya BBM dan tarif penyeberangan. BOK pada jarak tempuh eksisting (182 km x 2 = 364 km) adalah sebesar Rp. 3.746,81 x 364 km = Rp. 1.363.838,84. Biaya BBM untuk jarak tempuh 182 km, harga solar Rp. 15.000,00./liter, dan tingkat konsumsi BBM sebesar 13,38 km/liter adalah Rp. 204.035,87. Sedangkan tarif penyeberangan pada lintasan Hunimua-Waipirit adalah sebesar (Rp. 590.000,00. x 2) Rp. 1.180.000,00. Dengan demikian, total biaya pokok adalah sebesar Rp. 2.747.874,71.

Jika margin keuntungan yang diharapkan adalah sebesar 20% dari biaya pokok, maka besarnya tarif sewa berbasis BOK adalah sebesar Rp. 3.297.449,65.

Perbandingan tarif sewa eksisting dengan tarif sewa berbasis BOK terdapat pada Tabel 3.

Tabel 3. Perbandingan tarif sewa eksisting dan tarif sewa berbasis BOK

No.	Tarif sewa eksisting (Rp.)	Tarif sewa berbasis BOK (Rp.)
1	Min. 3.500.000,00	3.297.449,65
2	Mak. 4.000.000,00	≈ 3.300.000

Data tarif pada Tabel 3 menunjukkan terdapat selisih antara tarif sewa eksisting dengan tarif sewa berbasis BOK, dimana tarif sewa eksisting lebih besar Rp. 200.000,00 – Rp. 700.000,00 atau 6,06% - 21,21% dari tarif sewa berbasis BOK. Hal ini menandakan bahwa penetapan tarif sewa eksisting menguntungkan pihak pemilik kendaraan, atau dengan kata lain lebih berpihak kepada pemilik kendaraan. Pada sisi lain, penyewa akan menanggung beban biaya yang lebih besar sehingga nanti akan membebankan biaya tersebut sebagai biaya logistik yang kemudian berpengaruh pada tingginya harga jual barang di tingkat konsumen akhir (*end use*).

3.4. Pembahasan

Proses transportasi barang (logistik) antar-pulau di wilayah Maluku pada umumnya menggunakan transportasi multimoda (moda darat dan moda laut atau penyeberangan). Pada sisi darat, digunakan kendaraan truk Golongan V karena dianggap lebih efektif dan sesuai dengan karakteristik perjalanan. Truk merek Hino Dutro 110 merupakan jenis kendaraan yang dominan dipilih sebagai alat transportasi, sehingga dalam penelitian ini dipakai sebagai sampel, yakni Hino Dutro 110 LD LPG Tahun 2021.

Dalam proses distribusi barang, pihak distributor lebih cenderung menggunakan kendaraan sewa daripada milik sendiri karena alasan praktis. Tetapi, tarif sewa kendaraan seringkali tidak menentu dan membutuhkan kesepakatan antara pemilik kendaraan dengan penyewa (distributor). Pemilik kendaraan berkepentingan untuk menetapkan tarif sewa setinggi-tingginya dengan harapan mendapat keuntungan yang besar. Sedangkan, penyewa berkepentingan untuk mendapatkan tarif sewa yang rendah agar biaya logistik dapat ditekan seminimal mungkin.

Perhitungan BOK dengan metode Dirjenhubdar dapat mendeskripsikan komponen-komponen biaya operasional kendaraan dan sejauhmana kontribusinya terhadap total BOK. Pada rute Ambon-Masohi yang dipilih untuk penerapan model menunjukkan bahwa tarif sewa yang diterapkan selama ini relatif lebih besar (6,05% - 21,21%) dari tarif berbasis BOK. Tarif sewa eksisting tersebut memberi margin keuntungan yang besar kepada pemilik kendaraan, dan di sisi lain penyewa (distributor) akan menanggung biaya logistik yang besar dan akan berdampak pada harga jual barang.

Hasil penelitian ini telah menunjukkan bahwa penetapan tarif berbasis BOK dapat menelusuri biaya-biaya yang dikeluarkan akibat dari pengoperasian kendaraan dan dengan penetapan margin keuntungan yang moderat, maka dapat diketahui tingkat tarif sewa yang ideal. Tarif sewa yang ideal akan mampu menjembatani kepentingan pemilik kendaraan dan penyewa. Pemilik kendaraan tidak akan mengalami kerugian, sekaligus penyewa tidak akan mendapatkan beban biaya logistik yang tinggi. Melalui penetapan tarif berbasis BOK tersebut, akan turut mendukung tumbuh-kembangnya industri jasa transportasi serta memberikan kontribusi positif bagi perekonomian dan kemajuan daerah.

4. KESIMPULAN

Struktur tarif sewa transportasi barang antar-pulau berdasarkan BOK terdiri dari biaya pokok dan

margin keuntungan yang diharapkan. Biaya pokok merupakan akumulasi BOK terhadap jarak tempuh, biaya BBM dan biaya penyeberangan. Sedangkan, margin keuntungan ditetapkan sebesar 20% dari biaya pokok. Penerapan struktur tarif pada rute Ambon-Masohi menghasilkan tarif sewa sebesar Rp. 3.297.449,65 \approx Rp. 3.300.000,00. atau lebih rendah 6,06% - 21,21% dari tarif eksisting. Hasil ini dapat menjembatani pemilik kendaraan dan penyewa dalam menyepakati tarif angkutan barang antar-pulau serta menjadi rujukan bagi regulator dalam merumuskan kebijakan penentuan tarif transportasi barang antar-pulau yang ideal agar supaya mampu mendukung efisiensi biaya logistik dan tumbuh-kembangnya industri jasa transportasi barang di Provinsi Maluku.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] F. Miro. (2012). *Pengantar Sistem Transportasi*, Penerbit Erlangga.
- [2] H. Mandaku. (2022). *Model Pilihan Rute Distribusi Barang Antar-Pulau Pada Koridor Ambon-Masohi di Provinsi Maluku*, ARIKA-Jurnal Teknik Industri, Vol. 16 No. 1.
- [3] Suliawati, Hernawati, T., Putri, S. D. *Penentuan Tarif Pengiriman Barang Berdasarkan Metode Perhitungan Biaya Operasional Kendaraan*, Prossiding SEMNASTEK UISU (2021), 160 – 167.
- [4] Salim, A. (2013). *Manajemen Transportasi. Edisi Pertama*. Raja Grafindo Persada (RajawaliPerss).
- [5] W. Wahab. (2014). *Sistem Transportasi-Biaya Operasional Kendaraan*. Padang: ITP.
- [6] R. Rahman. (2012). *Analisa Biaya Operasional Kendaraan (BOK) Angkutan Umum Antar Kota Dalam Propinsi Rute Palu-Poso*, Jurnal Rekayasa dan Manajemen Transportasi, Vol. 11 No. 1. Hal 8-21.
- [7] C. Y. Palilingan, J. A. Timboeleng, dan M. J. Paransa. (2013). *Analisa Karakteristik Moda Transportasi Angkutan Umum Rute Manado-Tomohon Dengan Metode Analisa Biaya Operasional Kendaraan (BOK)*, Jurnal Sipil Statik, Vol. 1 No. 8. Hal. 587-592.
- [8] M. Akbar, E. Budianto dan B. Doloksaribu. (2019). *Penentuan Besarnya Tarif Angkutan Dalam Kota (Angkot) Dengan Metode BOK*, Musamus Journal of Civil Engineering Vol. 1 No. 2, 12 – 15.
- [9] M. E. Bolla, J. K. Nasjono dan M. A. Pedelati. (2019). *Biaya Operasional Kendaraan di Kota Kupang*, Jurnal Teknik Sipil Vol. VIII No. 2, 127 – 140.

- [10] W. Wahab, dan W. Ardian. (2018). *Analisis Biaya Operasi Kendaraan Dalam Penentuan Tarif Angkutan Umum Metode Direktorat Jenderal Perhubungan Darat 2002 (Studi Kasus: Trayek Angkutan Umum Tabing – Pasar Raya Padang)*, Jurnal Teknik Sipil ITP Vol. 5 No.1. Transportasi antar Perguruan Tinggi ke-24 (2021), 415 – 422.
- [11] H. Rahmani dan A. Gazal, *Analisis Tarif Ideal Teoritis Angkutan Barang Dari Kota Banjarmasin-Tanjung Kabupaten Tabalong*, Prosiding Simposium Forum Studi Transportasi antar Perguruan Tinggi ke-23 (2020), 210 – 220.
- [12] Direktorat Jenderal Perhubungan Darat (2002). Keputusan Direktur Jenderal Perhubungan Darat Nomor: SK.687/AJ.206/DRJD/2002 Pedoman Teknis Penyelenggaraan Angkutan Penumpang Umum Diwilayah Perkotaan Dalam Trayek Tetap dan Teratur. Jakarta: Departemen Perhubungan Darat.
- [13] N. Arsyad dan M. Sufina. (2020). *Evaluasi Tarif Angkutan Umum (Angkot) Kota Pariaman Berdasarkan Biaya Operasional Kendaraan*, Vol. 3 No. 1, Rang Teknik Journal.
- [14] M. I. Algifari, *Analisis Tarif Kargo Udara Berdasarkan Biaya Operasi Kendaraan (BOK) dan Break Even Point (BEP)*, Prosiding Simposium Forum Studi Transportasi antar Perguruan Tinggi ke-22 (2019).
- [15] Abdurrahman dan Susiladewi, *Analisa Tarif Angkutan Barang Route Kota Banjarmasin – Amuntai Dengan Metode Biaya Operasi Kendaraan*, Prosiding Hasil-Hasil Penelitian Tahun 2020 Dosen-Dosen Universitas Islam Kalimantan (2020), 253 – 265.
- [16] Elhasnet, Al Rasyid, M. F. (2020). *Analisis Biaya Operasional Kendaraan (BOK) Angkutan Kota Trayek Cimahi – Leuwipanjang Bandung*, RekaRacana: Jurnal Teknik Sipil ITENAS Vol. 6. No. 1.
- [17] R. Warokka, S. V. Pandey dan J. A. Timboeleng. (2020). *Analisa Biaya Operasional Kendaraan (BOK) Angkutan Umum (Studi Kasus: Trayek Manado–Bitung)*, Jurnal Sipil Statik Vol. 8 No.2, 191 – 196.
- [18] S. T. Burhanudzaky dan P. W. Nariendra. *Penentuan Tarif Ideal Angkutan Truk PT. XYZ Berdasarkan Biaya Operasional Kendaraan Pada Wilayah DKI Jakarta dan Jawa Barat*, Prosiding Simposium Forum Studi

EVALUASI KINERJA KOLEKTOR PELAT DATAR DENGAN BERBAGAI MODEL TUBE KOLEKTOR SEBAGAI PEMANAS AIR SURYA AKTIF

Nicolas Titahelu¹, Cendy S. E. Tupamahu² dan Sefnath J. E. Sarwuna³

¹ Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Pattimura, Ambon, 97233

Email: titahelun@gmail.com

² Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Pattimura, Ambon, 97233

Email: tupamahucendy@gmail.com

³ Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Pattimura, Ambon, 97233

Email: etwansarwuna@gmail.com

Abstrak. Penelitian ini akan mengkaji konfigurasi model *tube* kolektor plat datar untuk meningkatkan efisiensi kolektor plat datar sehingga kelangkaan air bersih dapat diatasi. Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan model *tube* kolektor pelat datar yang dapat meningkatkan efisiensi termal kolektor. Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan metode simulasi berdasarkan data pengukuran eksperimental, yang mengarah pada validasi efisiensi penelitian saat ini dengan penelitian sebelumnya. Hasil penelitian menunjukkan adanya peningkatan efisiensi dengan memvariasikan laju aliran massa dari 1232.217 menjadi 6161.083 kg/s untuk kedua model *tube* kolektor pelat datar. Efisiensi kolektor terbesar terdapat pada laju aliran massa sebesar 6161.083 kg/s, masing-masing untuk model *tube* paralel sebesar 46,51% dan model *tube* serpentin sebesar 48,67%. Sedangkan efisiensi kolektor terendah adalah pada laju aliran massa 1232,217 kg/s masing-masing sebesar 42,08% dan 36,66%. Disimpulkan bahwa model *tube* paralel harus dioperasikan dengan laju aliran massa kurang dari 3696.433 kg/s dan model *tube* serpentine dengan laju aliran massa lebih besar dari 3696.433 kg/s.

Kata kunci: Kolektor pelat datar, model *tube* kolektor, pelat absorber, pemanas air surya.

Abstract. This study will examine the configuration of the flat plate collector tube model to increase the efficiency of the flat plate collector so that the scarcity of fresh water can be overcome. This research aims to get a flat plate collector tube model that can increase the thermal efficiency of the collector. The research was conducted using a simulation method based on experimental measurement data, which led to the validation of the efficiency of the current study with previous research. The results showed an increase in efficiency by varying the mass flow rate from 1232.217 to 6161.083 kg/s for both models of flat plate collector tubes. The largest collector efficiency is at a mass flow rate of 6161,083 kg/s, respectively for the parallel tube model of 46.51% and the winding tube model of 48.67%. On the other hand, the lowest collector efficiency is at a mass flow rate of 1232.217 kg/s for 42.08% and 36.66%, respectively. It was concluded that the parallel tube model should be operated with a mass flow rate of fewer than 3696,433 kg/s and the serpentine tube model with a mass flow rate greater than 3696,433 kg/s.

Keywords: Flat plate collector, collector tube model, absorber plate, solar water heater

1. PENDAHULUAN

Hampir 75% permukaan bumi ditutupi oleh air dan hanya 0,014% air yang layak dikonsumsi manusia, dimana sebagian besar air yang ada berupa air laut payau yang tidak dapat dimanfaatkan secara langsung [1]. Kelangkaan air tawar bersih berada pada tahap kritis yang akan berdampak buruk pada

sektor pertanian, industri dan yang terpenting bagi kelangsungan hidup dan pembangunan manusia [2]. Perkembangan dunia meningkatkan kebutuhan manusia juga meningkat, hal ini menyebabkan meningkatnya permintaan yang akan berdampak habisnya sumber daya air dan sumber daya lainnya [3].

Memproduksi air tawar dengan sumber energi terbarukan bisa menjadi solusi yang cocok untuk masalah kekurangan air, karena tidak meningkatkan konsumsi bahan bakar fosil dan polusi [4]. Energi surya adalah salah satu energi terbarukan yang merupakan sumber energi bebas tak terbatas yang dapat dimanfaatkan dalam kebutuhan energi masa depan tanpa mempengaruhi atmosfer [5]. Destilasi surya adalah metode yang murah dan menjanjikan untuk aplikasi desalinasi, dimana radiasi matahari ditransmisikan melalui kaca penutup dan diserap oleh isolator berwarna gelap. Energi panas ini kemudian ditransmisikan ke air. Air juga menerima energi panas melalui mekanisme perpindahan kalor konveksi dan radiasi. Uap air mengembun pada permukaan bagian dalam penutup kaca yang miring dan menetes ke bawah menuju wadah destilat [6].

Dalam pemanfaatan energi surya untuk pemanasan air sebelum digunakan untuk berbagai kebutuhan, dapat menggunakan berbagai cara salah satunya penggunaan kolektor plat datar. Pada kolektor pelat datar, pada umumnya terdapat beberapa masalah seperti retakan beku dan panas berlebih untuk waktu yang lama [7]. Di hari cerah, radiasi matahari intens, dan jika cuaca terus cerah, kolektor pelat datar akan menyerap banyak energi, yang dapat dengan mudah menyebabkan pengotoran pipa dan sistem yang terlalu panas. Pada malam hari, sirkulasi cairan yang digunakan dalam kolektor sangat mudah membeku di bawah suhu lingkungan yang rendah kondisi [8]. Ketika air membeku, volumenya mengembang, dan akan menghasilkan gaya yang sangat besar pada dinding cairan pipa, menyebabkan kerusakan pada kolektor.

Selain masalah teknis di atas, masalah kritis dalam penggunaan kolektor plat datar sebagai pemanas air surya adalah efisiensi dari kolektor plat datar tersebut. Menurut [5] ada kemungkinan bahwa efisiensi kolektor plat datar dapat ditingkatkan dengan mengoptimalkan struktur kolektor plat datar tersebut atau mengembangkan jenis baru fluida kerja. Saat ini, air digunakan secara luas sebagai media kerja dalam sistem pemanas air surya pelat datar konvensional. Tetapi karakteristik termal air sangat buruk sehingga peningkatan kinerja tidak dapat ditingkatkan ke tingkat yang memuaskan.

Berdasarkan uraian latar belakang di atas, efisiensi dari kolektor plat datar sebagai pemanas air surya masih dapat dioptimalkan lagi dengan mendesain beberapa model *tube* dan memvariasikan laju aliran massa untuk mendapatkan konfigurasi yang paling optimal dalam rangka meningkatkan efisiensi kolektor plat datar.

2. BAHAN DAN METODE

2.1. Alat Penelitian

Penelitian simulasi ini menggunakan Solidworks 2018 untuk merancang model *tube*. Studi numerik dijalankan pada PC-Desktop Windows 10 Pro 64bit dengan spesifikasi prosesor Intel® Core™ i7-7700 @3,60GHz (8 CPUs) dan 8192MB RAM.

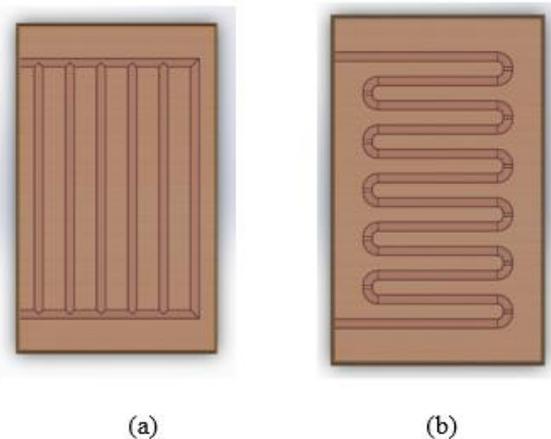
2.2. Model

Pada penelitian ini akan dirancang model tube dengan konstruksi sebagaimana Tabel 1.

Tabel 1. Variasi Laju Aliran Massa dan Model Pipa

Diameter Pipa (cm)	Model Pipa	Laju aliran massa fluida
2,54	Paralel (Pr)	1 Lpm = 1232,217 Kg/s
		2 Lpm = 2464,433 Kg/s
		3 Lpm = 3696,65 Kg/s
		4 Lpm = 4928,867 Kg/s
		5 Lpm = 6161,083 Kg/s
2,54	Serpentine (Sr)	1 Lpm = 1232,217 Kg/s
		2 Lpm = 2464,433 Kg/s
		3 Lpm = 3696,65 Kg/s
		4 Lpm = 4928,867 Kg/s
		5 Lpm = 6161,083 Kg/s

Dari Tabel 1. dijelaskan dua model *tube* dan kelima variasi laju aliran massa pada penelitian ini. Selain itu terdapat diameter *tube* yang digunakan pada penelitian ini.



Gambar 1. Model geometri *tube*. (a) model parallel dan (b) model serpentine.

2.3 Material

Pada penelitian ini akan ditentukan material *tube* kolektor dan pelat *absorber* yang digunakan, dimana menggunakan material tembaga. Data properties tembaga ditunjukkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Material Propertis Tembaga

Propertis	Nilai
Specific heat	390.0 J/(kg*K)
Conductivity type	Isotropic
Thermal conductivity	390.0000 W/(m*K)
Electrical conductivity	Dielectric
Density	8900.00 kg/m ³

2.4 Data Reduksi

Kondisi operasi *steady state*, kinerja kolektor surya digambarkan oleh keseimbangan energi yang mana menunjukkan distribusi energi matahari digunakan menjadi energi yang berguna, kerugian termal, dan rugi-rugi optik. Radiasi matahari yang diserap oleh kolektor per satuan luas penyerap *S* adalah sama dengan perbedaan antara radiasi matahari yang datang dan rugi-rugi optik seperti yang didefinisikan dengan persamaan (1). Energi panas yang hilang dari kolektor ke lingkungan dengan konduksi, konveksi, dan radiasi inframerah dapat direpresentasikan sebagai produk dari panas koefisien transfer *U_L* kali perbedaan antara suhu pelat penyerap rata-rata *T_{pm}* dan suhu lingkungan *T_a*. Dalam keadaan *steady state*, keluaran energi yang berguna dari sebuah luasan area kolektor *A_c* adalah perbedaan antara radiasi matahari yang diserap dan kehilangan panas. Menurut [9] keseimbangan energi pada kolektor ditunjukkan dengan persamaan berikut;

$$I_s(\tau_c \alpha_p) A_c = Q_u + Q_l \tag{1}$$

Untuk panas berguna yang diperoleh dari kolektor (*Q_u*) dapat dihitung menggunakan persamaan berikut;

$$Q_u = A_c [S - U_t (T_{pm} - T_a)] \tag{2}$$

Fluks matahari yang diserap kolektor (*S*) dapat dihitung dengan;

$$S = I_s(\tau_c \alpha_p) A_c \tag{3}$$

Untuk menghitung panas yang hilang dari pelat penyerap ke atmosfer (*Q₁*) menggunakan persamaan berikut;

$$Q_1 = U_t A_c (T_{pm} - T_a) \tag{4}$$

Menurut [9] efisiensi kolektor (η_c) dapat dihitung dengan persamaan berikut;

$$\eta_c = \frac{Q_w}{S \cdot A_p} \tag{5}$$

dimana, *Q_w* merupakan energi panas absorber melalui air dihitung dengan memanfaatkan persamaan [10]:

$$Q_w = m_w C_w (T_o - T_i) = \rho \cdot v \cdot C_w (T_o - T_i) \tag{6}$$

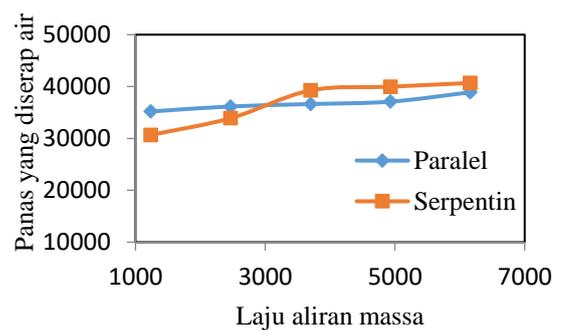
Untuk menghitung efisiensi sesaat dari kolektor (η) dihitung dengan memanfaatkan persamaan [11];

$$\eta = \frac{m_w C_w (T_o - T_i)}{A_p I_s} \tag{7}$$

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Panas yang diserap air (*Q_w*)

Hasil analisis simulasi kelima variasi laju aliran massa untuk kedua model *tube* kolektor memperlihatkan bahwa meningkatnya laju aliran massa untuk model *tube* paralel dan serpentine akan berpengaruh pada peningkatan jumlah panas yang diserap air (*Q_w*) dari kolektor pelat datar. Seperti disajikan dalam Gambar 2, nampak bahwa pada peningkatan laju aliran massa, model *tube* serpentin menunjukkan peningkatan nilai jumlah panas yang diserap air (*Q_w*) sangat signifikan dengan nilai jumlah panas yang diserap air (*Q_w*) tertinggi pada laju aliran massa 6161,083 kg/s sebesar 40686,047 W.

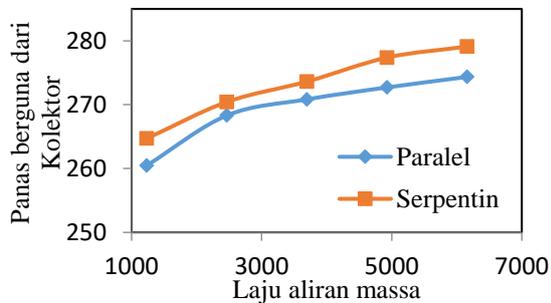


Gambar 2. Grafik panas yang diserap air.

Sementara, untuk model *tube* paralel menunjukkan peningkatan pula namun tidak signifikan dengan nilai jumlah panas yang diserap air (*Q_w*) sebesar 38882,423 W. Jumlah panas yang diserap air (*Q_w*) terendah berada pada model *tube* serpentin dengan laju aliran massa 1232,217 kg/s sebesar 30647,144 W. Nampak bahwa pada laju aliran massa lebih kecil dari 3696,65 kg/s jumlah panas yang diserap air (*Q_w*) model *tube* paralel lebih

baik dari model *tube* serpentin.

Panas berguna yang diperoleh dari kolektor (Q_u)



Gambar 3. Grafik panas berguna yang diperoleh kolektor

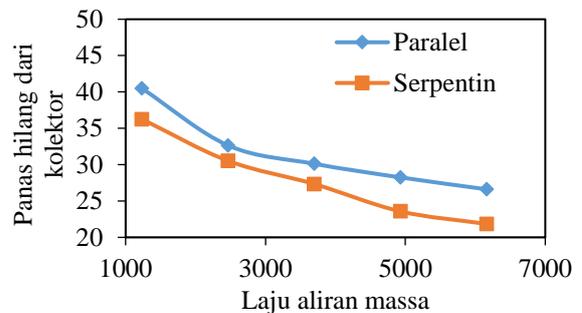
Hasil analisis simulasi kelima variasi laju aliran massa untuk kedua model *tube* kolektor memperlihatkan bahwa semakin meningkat laju aliran massa akan berpengaruh terhadap meningkatnya panas berguna yang diperoleh dari kolektor untuk kedua model *tube* paralel maupun serpentin. Nampak bahwa semakin meningkat laju aliran massa maka model *tube* serpentin lebih baik dari model *tube* paralel, seperti disajikan dalam Gambar 3.

Nampak pada Gambar 3, bahwa semakin meningkat laju aliran massa untuk kedua model menunjukkan jumlah panas berguna yang diperoleh dari kolektor tertinggi pada laju aliran massa 6161,083 kg/s masing-masing untuk model *tube* serpentin sebesar 279,12 W dan model *tube* paralel sebesar 274,35 W. Sedangkan jumlah panas berguna yang diperoleh kolektor pada laju aliran massa terendah yakni 1232,217 kg/s masing-masing untuk model *tube* serpentin sebesar 264,71 W dan model *tube* paralel sebesar 260 W.

3.2. Panas hilang dari pelat absorber ke atmosfer (Q_1)

Hasil analisis simulasi kelima variasi laju aliran massa untuk kedua model *tube* kolektor memperlihatkan bahwa semakin meningkat laju aliran massa akan berpengaruh pada penurunan jumlah panas yang hilang dari kolektor ke atmosfer (Q_1). Seperti disajikan dalam Gambar 4 nampak bahwa pada meningkatnya laju aliran massa, model *tube* paralel terjadi kehilangan panas dari pelat absorber ke atmosfer lebih besar dari model *tube* serpentin. Terjadi kehilangan panas dari pelat absorber ke atmosfer tertinggi pada laju aliran massa 1232,217 kg/s untuk kedua model *tube*, masing-

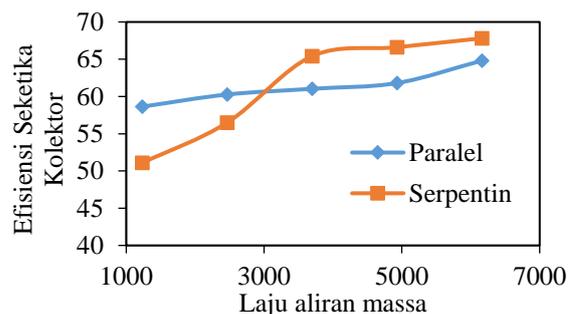
masing untuk *tube* paralel sebesar 40,49 Q dan *tube* serpentin sebesar 36,25 W. Sebaliknya kehilangan panas dari pelat absorber ke atmosfer terendah pada laju aliran massa 6161,083 kg/s untuk kedua model *tube* masing-masing model *tube* paralel sebesar 26,61 W dan model *tube* serpentine sebesar 21,84 W.



Gambar 4. Grafik panas hilang dari pelat penyerap ke atmosfer

Efisiensi sesaat (η)

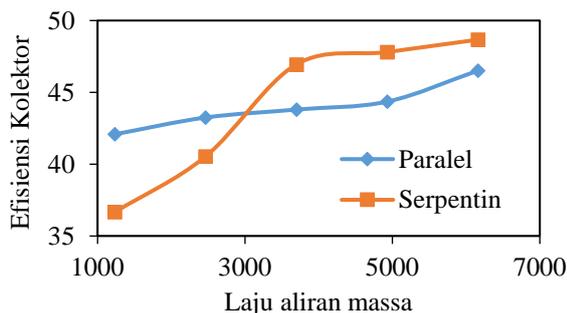
Hasil analisis simulasi kelima variasi laju aliran massa untuk kedua model *tube* kolektor memperlihatkan bahwa meningkatnya laju aliran massa untuk model *tube* paralel dan serpentin akan berpengaruh pada peningkatan nilai efisiensi sesaat dari kolektor (η). Seperti disajikan dalam Gambar 5, nampak bahwa pada peningkatan laju aliran massa, model *tube* serpentin menunjukkan peningkatan nilai efisiensi sesaat dari kolektor (η) sangat signifikan dengan nilai efisiensi sesaat dari kolektor (η) tertinggi pada laju aliran massa 6161,083 kg/s sebesar 67,81 %. Sedangkan untuk model *tube* paralel menunjukkan peningkatan pula namun tidak signifikan dengan nilai efisiensi sesaat dari kolektor (η). Efisiensi sesaat terendah berada pada model serpentin dengan laju aliran massa 1232,217 kg/s sebesar 51,08 %. Nampak bahwa pada laju aliran massa lebih kecil dari 3696,65 kg/s efisiensi sesaat model paralel lebih baik dari model serpentin.



Gambar 5. Grafik efisiensi sesaat kolektor

3.3. Efisiensi kolektor (η_c)

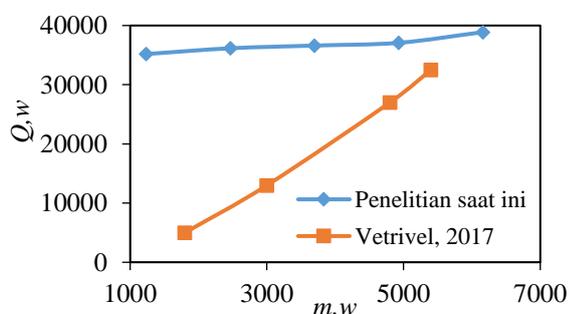
Hasil analisis simulasi kelima variasi laju aliran massa untuk kedua model *tube* kolektor memperlihatkan bahwa dengan meningkatnya laju aliran massa untuk model *tube* paralel dan serpentin akan berpengaruh pada peningkatan nilai efisiensi kolektor (η_c). Seperti disajikan dalam Gambar 6, nampak bahwa dengan peningkatan laju aliran massa, model *tube* serpentin menunjukkan peningkatan nilai efisiensi kolektor (η_c) sangat signifikan dengan nilai efisiensi kolektor (η_c) tertinggi pada laju aliran massa 6161,083 kg/s sebesar 48,67 %. Demikian pula model *tube* paralel menunjukkan peningkatan nilai efisiensi kolektor dengan tidak signifikan pada laju aliran massa tertinggi 6161,083 kg/s sebesar 46,51 %. Nampak bahwa efisiensi kolektor terbaik pada model tube serpentin untuk laju aliran massa lebih besar dari 3696,433 kg/s, sedangkan untuk laju aliran massa lebih kecil dari 3696,433 kg/s model tube paralel yang terbaik.



Gambar 6. Grafik efisiensi kolektor.

3.4. Validasi Kolektor Pelat Datar

Validasi dilakukan untuk menguji data hasil simulasi dengan penelitian terdahulu yang dilakukan secara eksperimental, disajikan pada Gambar 7.



Gambar 7. Grafik validasi kolektor pelat datar model tube paralel.

Penelitian [9] menggunakan model paralel pada *tube* kolektor, sehingga untuk validasi data hasil

simulasi dan hasil eksperimen terdahulu, maka akan menggunakan parameter-parameter pada model yang sama. Parameter yang digunakan untuk validasi terhadap hasil eksperimen yakni panas yang diserap oleh air (Q_w).

Nampak pada Gambar. 7 bahwa hasil kajian penelitian terdahulu untuk panas yang diserap air (Q_w) dengan penelitian saat ini terdapat perbedaan gradien grafik yang cukup signifikan dengan penelitian saat ini. Hal ini disebabkan oleh penentuan waktu ke-n dalam setahun yang berbeda, konstruksi kolektor plat datar yang berbeda, dan geometri tube kolektor yang berbeda. Penentuan hari ke-n dalam setahun yang berbeda menyebabkan radiasi energi surya pun berbeda yang berdampak pada panas yang diserap air pun berbeda. Demikian pula konstruksi dan geometri kolektor pelat datar yang berbeda akan berdampak pada luasan penyerapan panas yang berdampak pada panas yang diserap air.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian kolektor pelat datar dengan beberapa model *tube* kolektor, disimpulkan bahwa model *tube* serpentin lebih baik dioperasikan dengan laju aliran massa lebih besar dari 3696,433 kg/s akan meningkatkan karakteristik kolektor pelat datar dan model tube paralel lebih baik dioperasikan dengan laju aliran massa lebih kecil dari 3696,433 kg akan meningkatkan karakteristik kolektor pelat datar.

DAFTAR NOTASI

- v : Volume of water collected (m^3)
- m_w : Mass flow rate (kg/sec)
- c_w : Specific heat of water (J/kg K)
- ρ : Density of water (kg/m^3)
- T_o : Outlet temperature of water ($^{\circ}C$)
- T_i : Inlet temperature of water ($^{\circ}C$)
- η : Instantaneous efficiency (%)
- η_c : Collector efficiency (%)
- I : Solar intensity (W/m^2)
- τ_c : Transmittance of the cover
- α_p : Absorptivity of the absorber plate
- Q_u : Useful heat gain (W)
- Q_l : Rate of heat loss from collector (W)
- Q_w : Heat energy absorbed by water (W)
- A_c : Collector Area of the collector (m^2)
- A_p : Aperture area of the collector (m^2)
- S : Solar flux absorbed by collector (W)
- U_t : Overall top loss heat transfer coefficient ($W/m^2 K$)
- T_{pm} : Absorber plate mean temperature ($^{\circ}C$)
- T_a : Ambient temperature ($^{\circ}C$)

DAFTAR PUSTAKA

- [1] A. E. Kabeel, “Performance of solar still with a concave wick evaporation surface,” *Energy*, vol. 34, no. 10, pp. 1504–1509, 2009, doi: 10.1016/j.energy.2009.06.050.
- [2] S. S. Narayanan, A. Yadav, and M. N. Khaled, “A concise review on performance improvement of solar stills,” *SN Appl. Sci.*, vol. 2, no. 3, 2020, doi: 10.1007/s42452-020-2291-5.
- [3] Y. Taamneh, A. M. Manokar, M. M. Thalib, A. E. Kabeel, R. Sathyamurthy, and A. J. Chamkha, “Extraction of drinking water from modified inclined solar still incorporated with spiral tube solar water heater,” *J. Water Process Eng.*, vol. 38, no. September, p. 101613, 2020, doi: 10.1016/j.jwpe.2020.101613.
- [4] P. Rahdan, A. Kasaeian, and W. M. Yan, “Simulation and geometric optimization of a hybrid system of solar chimney and water desalination,” *Energy Convers. Manag.*, vol. 243, no. May, p. 114291, 2021, doi: 10.1016/j.enconman.2021.114291.
- [5] P. Michael Joseph Stalin, T. V. Arjunan, M. M. Matheswaran, and N. Sadanandam, “Experimental and theoretical investigation on the effects of lower concentration CeO₂/water nanofluid in flat-plate solar collector,” *J. Therm. Anal. Calorim.*, vol. 135, no. 1, pp. 29–44, 2019, doi: 10.1007/s10973-017-6865-4.
- [6] A. K. Tiwari and G. N. Tiwari, “Thermal modeling based on solar fraction and experimental study of the annual and seasonal performance of a single slope passive solar still: The effect of water depths,” *Desalination*, vol. 207, no. 1–3, pp. 184–204, 2007, doi: 10.1016/j.desal.2006.07.011.
- [7] H. Kessentini, J. Castro, R. Capdevila, and A. Oliva, “Development of flat plate collector with plastic transparent insulation and low-cost overheating protection system,” *Appl. Energy*, vol. 133, pp. 206–223, 2014, doi: 10.1016/j.apenergy.2014.07.093.
- [8] M. Smyth, P. C. Eames, and B. Norton, “Evaluation of a freeze resistant integrated collector/storage solar water-heater for northern Europe,” *Appl. Energy*, vol. 68, no. 3, pp. 265–274, 2001, doi: 10.1016/S0306-2619(00)00049-0.
- [9] H. Vetrivel and P. Mathiazhagan, “Comparison study of solar flat plate collector with single and double glazing systems,” *Int. J. Renew. Energy Res.*, vol. 7, no. 1, pp. 267–274, 2017, doi: 10.20508/ijrer.v7i1.5397.g6985.
- [10] M. M. Marmoush, H. Rezk, N. Shehata, J. Henry, and M. R. Gomaa, “A novel merging Tubular Daylight Device with Solar Water Heater – Experimental study,” *Renew. Energy*, vol. 125, pp. 947–961, 2018, doi: 10.1016/j.renene.2018.03.031.
- [11] D. Wang, X. Wang, Y. Chen, W. Kang, and Y. Liu, “Experimental study on performance test of serpentine flat plate collector with different pipe parameters and a new phase change collector,” *Energy Procedia*, vol. 158, pp. 738–743, 2019, doi: 10.1016/j.egypro.2019.01.197.

STRATEGI PENGEMBANGAN USAHA RUMAHTANGGA BERBASIS SUMBER DAYA LOKAL PERKEBUNAN DI DAERAH KEPULAUAN (STUDI KASUS: NEGERI BOOI MALUKU TENGAH)

Ariviana L. Kakerissa¹, Hendri D. Hahury² dan Fredy H. Louhenapessy³

¹Jurusan Teknik Industri, Fakultas Teknik Universitas Pattimura, Ambon 97233

Email: vianakakerissa71@gmail.com

²Jurusan Ekonomi Pembangunan, Universitas Pattimura, Ambon 97233

Email: hahury31@gmail.com

³Jurusan Ekonomi Pembangunan, Universitas Pattimura, Ambon 97233

Email: louhenapessy.fredy@gmail.com

Abstrak. Sumber daya alam di daerah kepulauan tidak selamanya hanya akan berasosiasi dengan sektor perikanan semata akan tetapi turut meliputi sektor perkebunan pula. Daerah kepulauan di Maluku memiliki keunikannya tersendiri, bahwa sekalipun masyarakat tinggal dan bermukim pada daerah pesisir namun bukan berarti pekerjaan utama mereka akan bersumber dari sektor perikanan dengan nelayan sebagai mata pencahariannya tetapi justru sumber utama mata pencaharian mereka bersumber dari sektor perkebunan. Kajian ini bertujuan untuk mendeskripsikan strategi pengembangan usaha rumahtangga yang berbasis pada ketersediaan sumber daya lokal perkebunan di daerah kepulauan. Pendekatan yang digunakan dalam kajian ini adalah kuantitatif deskriptif. Hasil penelitian menunjukkan bahwa, sebelum menentukan strategi pengembangan usaha, maka perlu diketahui terlebih dulu faktor-faktor yang mempengaruhi produksi tanaman perkebunan. Adapun faktor-faktor tersebut meliputi, lahan, teknologi, modal, tenaga kerja dan pengalaman. Sementara strategi yang dapat digunakan untuk menentukan pengembangan usaha merupakan sekumpulan tujuan, kebijakan, perencanaan, dan aktivitas perusahaan yang ditujukan untuk mengidentifikasi kesempatan usaha/bisnis di tengah pasar dan mempertahankan kelangsungan bisnis atau mencapai kesuksesan usaha/bisnis. Terlebih, usaha rumahtangga yang dikembangkan di Negeri Booi hanya terbatas pada industri pembuatan jus pala saja. Bahkan, usaha lainnya masih hanya se-batas uji coba pembuatan produk dan belum melewati tahapan produksi maupun uji kelayakan produk. Untuk itu pengembangan diversifikasi usaha rumah tangga di Negeri Booi sangat memerlukan penguatan berupa pendampingan usaha sehingga tujuan agar masyarakat memiliki industri rumah tangga berbasis pada ketersediaan sumber daya lokal dapat terpenuhi serta adanya alternatif sumber pendapatan bagi rumah tangga yang baru.

Kata kunci: Strategi pengembangan usaha, tanaman pala, kepulauan.

Abstract Natural resources in the archipelago area will not always only be associated with the fisheries sector but also include the plantation sector as well. The archipelago area in Moluccas has its own uniqueness, that even though people live and stay in coastal areas, it does not mean that their main work will be from the fishery sector with fishermen as their livelihood but instead the main source of their livelihood comes from the plantation sector. This study aims to describe a household business development strategy based on the availability of local plantation resources in the archipelago area. The approach used in this study is descriptive quantitative. The results showed that, before determining a business development strategy, it is necessary to first know the factors that affect plantation crop production. These factors include land, technology, capital, labour and work experience. Meanwhile, strategies that can be used to determine business development are a set of company goals, policies, planning, and activities which is aimed for identifying business opportunities in the middle of the market and maintaining business continuity or achieving a successful business. Moreover, the household business developed in Negeri Booi is only limited to the industry of nutmeg juice making only. In fact, other businesses are still

limited, only as product manufacturing trials and have not passed the production stage or product feasibility test. For this reason, the development of household business diversification in Negeri Booi really needs strengthening in form of business assistance, so the community goal which is to have a household industry based on the availability of local resources can be reached, and that could be the alternative sources of income for new households.

Keywords: Business development strategy, nutmeg crop, islands

1. PENDAHULUAN

Kepemilikan potensi sumber daya alam yang melimpah, memungkinkan setiap daerah mempunyai kesempatan untuk mengembangkan usaha-usaha produktif yang dapat menciptakan lapangan kerja baru maupun adanya perubahan pendapatan baik bagi rumah tangga maupun daerah. Namun, seringkali pula ketersediaan potensi SDA tersebut tidak diikuti dengan ada perubahan terhadap tingkat kesejahteraan rumah tangga. Kondisi ini tergambar pada daerah Maluku, Papua dan Papua Barat yang memiliki kekayaan sumber daya alam yang melimpah akan tetapi justru daerah-daerah tersebut merupakan kawasan termiskin di Indonesia. Dimana, daerah Papua menempati urutan pertama termiskin di Indonesia dengan persentase 26,38 persen. Kemudian diikuti Papua Barat pada urutan kedua sebesar 21,82 persen, Urutan ketiga NTT dengan persentase 20,44 persen dan Maluku sebesar 16,30 persen [1].

Maluku sebagai daerah kepulauan memiliki luas daerah administratif 712.479,65 km² dengan luas lautan mencapai 658.294,69 km² (92,4%) dibandingkan luas daratan yang hanya mencapai 54.185 km² (7,6%). Gambaran ini menyiratkan bahwa, Maluku memiliki potensi sumber daya alam terutama pada sektor perikanan yang sangat potensial untuk dikembangkan. Walaupun demikian, justru provinsi Maluku lebih dulu dikenal melalui hasil-hasil perkebunan terutama tanaman pala dan cengkik.

Badan Pusat Statistik provinsi Maluku pada tahun 2022 merilis data kontribusi per sektor dan sub sektor [1], dimana tanaman pala merupakan salah satu komoditi lokal yang memiliki nilai ekonomis cukup tinggi dengan sumbangan pendapatan bagi daerah yang signifikan. Lebih jauh, data BPS provinsi Maluku pada tahun yang sama juga memperlihatkan luas lahan tanaman pala sebesar 35.346,06 ha dan produksi tanaman pala sebanyak 5.564,23 ton.

Negeri (desa) Booi di Pulau Saparua, memiliki sumber daya perkebunan berupa tanaman pala yang sangat besar dan juga merupakan tanaman

mayoritas di setiap *dusung* milik masyarakat *Negeri Booi* (41,9 %) sekaligus sebagai sumber utama pendapatan rumah tangga mereka. Kenyataan menunjukkan jika masyarakat *Negeri Booi* hanya memanfaatkan biji pala dan bunga pala (fuli) saja untuk dijual sedangkan daging buah pala dibuang sebagai limbah. Padahal, hampir semua bagian dari tanaman pala bisa dimanfaatkan sebagai produk turunan bagi usaha rumah tangga. Dapat dikatakan jika tanaman pala memiliki peluang pengembangan diversifikasi produk dan usaha rumah tangga.

Terkait diversifikasi buah pala, kajian [2] dalam temuan penelitiannya, menunjukkan bahwa buah pala memiliki potensi untuk dikembangkan menjadi berbagai jenis olahan buah pala dan sirup pala merupakan jenis olahan yang paling disukai dan berpeluang besar untuk dikembangkan menjadi pada skala usaha di kabupaten Pesawaran. Kondisi yang sama juga diperlihatkan [3] dalam kajiannya tentang diversifikasi produk olahan buah pala di desa Sukadami yang memperlihatkan bahwa diversifikasi buah pala dapat menghasilkan minuman sari buah pala yang memanfaatkan 100 kg daging buah dalam sekali produksi. Sementara hasil analisis ekonomi terhadap minuman sari pala memiliki nilai rasio R/C sebesar 1,95 yang berarti industri ini menguntungkan dan layak diusahakan. Selanjutnya kajian pengembangan produk pangan olahan dari pala di Desa Pasie memperlihatkan jika perbandingan produk olahan buah pala dengan beberapa jenis buah lainnya tidak berbeda jauh sehingga produk olahan buah pala dapat dijadikan sebagai produk alternatif [4].

Kajian [5] menunjukkan jika industri buah pala berupa sirup pala di Maluku dapat dilakukan dengan cara dan peralatan sederhana, modal yang tidak terlalu besar tetapi memiliki peluang pasar yang sangat besar. Selanjutnya, penelitian yang dilakukan di Desa Seith oleh [6] menggambarkan adanya penurunan diversifikasi produk seperti minyak pala yang disebabkan karena kurangnya pasokan bahan baku akibat harga beli yang rendah. Apalagi pengetahuan masyarakat masih rendah terkait proses pengolahan daging buah pala

sehingga belum terdapat produk olahan alternatif lainnya. Kemudian, kajian [7] yang mengkaji pengolahan buah pala di Desa Lilibooi menemukan bahwa, masyarakat Desa Lilibooi menyadari pentingnya diversifikasi olahan daging buah pala melalui produk pengolahan selai lembaran pala.

Kepopuleran kajian-kajian terkait diversifikasi di atas menunjukkan jika buah pala memiliki nilai ekonomis yang dapat ditemukan pada hampir semua bagian tanaman pala tersebut. Meskipun demikian temuan berbeda justru ditemukan pada kehidupan masyarakat di *Negeri Booi*. Dimana, bagian tanaman pala yang dimanfaatkan hanyalah berupa biji pala dan bunga pala semata.

Berdasarkan berbagai pandangan inilah, maka yang menjadi permasalahan dalam kajian ini adalah bagaimana strategi pengembangan usaha berbasis sumber daya lokal perkebunan di daerah kepulauan dengan studi kasus pada *Negeri Booi*, Maluku Tengah.

2. BAHAN DAN METODE

Pendekatan yang digunakan dalam penelitian ini adalah kuantitatif deskriptif dengan lokasi penelitian di *Negeri Booi*, Kecamatan Saparua, Kabupaten Maluku Tengah sejak bulan Juni 2022.

Pemilihan lokasi penelitian ini didasari oleh hasil penelitian yang telah dilakukan oleh para peneliti sebelumnya, masing-masing [8] dan [9] bahwa negeri Booi memiliki areal perkebunan pala yang terbesar di pulau Saparua, Maluku Tengah yaitu seluas 13 ha dengan kapasitas panen 190 ton/tahun. Namun hasil panen yang dimanfaatkan oleh masyarakat setempat hanya meliputi biji pala dan fulinya saja, sementara daging buah pala dibuang percuma sebagai limbah.

Teknik pengumpulan data meliputi wawancara dan observasi terhadap kapasitas panen perkebunan pala di *Negeri Booi* sebagai data primer sedangkan data sekunder diperoleh melalui hasil *collecting data* dari instansi terkait serta hasil-hasil kajian sebelumnya. Sedangkan teknik analisis dalam penelitian ini menggunakan pendekatan secara kualitatif dan kuantitatif. Pendekatan secara kualitatif digunakan untuk mendeskripsikan hasil penelitian terkait penentuan hirarki jenis olahan daging buah pala. Sedangkan pendekatan secara kuantitatif digunakan dalam perhitungan dan analisis ekonomi rencana pengembangan industri rumah tangga tersebut.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Ketika mendiskusikan potensi sumber daya daerah kepulauan, maka umumnya akan berpedapat jika pendapatan utama masyarakat

akan bersumber dari sektor perikanan dengan mata pencaharian sebagai nelayan. Padahal di Maluku sebagai daerah kepulauan justru tanaman perkebunan berupa pala dan cengkih yang lebih dulu dikenal luas oleh masyarakat luar Maluku. Salah satu pulau yang memiliki potensi tanaman pala adalah pulau Saparua. Dimana *Negeri Booi* merupakan sentra penghasil pala terbesar di pulau Saparua dan masyarakatnya bermatapencaharian sebagai petani dengan karakteristik masing-masing.

3.1 Faktor-faktor produksi yang berpengaruh terhadap produksi tanaman pala

Faktor-faktor produksi merupakan input yang digunakan agar dapat menghasilkan barang dan jasa. Peningkatan atau penurunan produksi dapat terjadi karena perubahan dalam penggunaan faktor-faktor produksi [10]. Petani akan cenderung mengubah penggunaan faktor-faktor produksi apabila hal tersebut dapat memungkinkan terjadinya perubahan terhadap pendapatannya. Dalam konteks ekonomi, faktor-faktor produksi meliputi; kepemilikan lahan, modal, tenaga kerja dan pengalaman kerja.

a. Kepemilikan dan Luas lahan

Pemanfaatan luas lahan yang optimal merupakan aspek penting yang berperan dalam faktor produksi sebagai penentu hasil produk setiap usaha tani [11]. Pandangan ini berkaitan dengan besarnya pendapatan yang diterima akibat besarnya hasil produksi dari pemanfaatan lahan.

Dalam konteks lahan perkebunan di *Negeri Booi*, tentunya tidak terlepas dari penguasaan atau kepemilikan lahan oleh keluarga besar (klan atau *mata rumah*). Rata-rata kepemilikan lahan perkebunan oleh setiap *mata rumah* meliputi lahan atau *dusung dati* dan *dusung pusaka* dengan luas antara 0,5 ha sampai 2,5 ha. Kepemilikan *dusung* ini tidak serta merta membatasi hak hanya kepada pemilik *dusung* saja akan tetapi ada kesempatan yang diberikan kepada orang lain (bukan pemilik *dusung*) agar dapat memenuhi kebutuhan hidupnya di setiap *dusung* milik warga *Negeri Booi* [8].

Untuk itu dapat dikatakan bahwa, luas lahan sebagai variabel dalam faktor produksi merupakan penentu dari komoditas pertanian atau perkebunan sehingga semakin luas lahan (yang digarap atau ditanami), semakin besar jumlah produksi yang dihasilkan oleh lahan tersebut [12]. Lebih jauh kajian [13] mengungkapkan jika peningkatan produksi lahan dapat dilakukan melalui intensifikasi dan ekstensifikasi lahan.

b. Modal

Modal seringkali dipandang sebagai ketersediaan uang yang dipegang oleh seseorang

atau dapat juga disebut sebagai segala *financial* yang digunakan untuk awal proses produksi mulai dari bahan baku sampai gaji [14]. Dalam pandangan makro ekonomi, modal merupakan pendorong besar untuk meningkatkan investasi baik secara langsung pada proses produksi maupun dalam prasarana produksi, sehingga mampu mendorong kenaikan produktifitas atau output.

Para ekonom ini menggunakan istilah modal atau capital untuk mengacu pada stok berbagai peralatan dan struktur yang digunakan dalam proses produksi. Pandangan tersebut dapat diterjemahkan bahwa, modal ekonomi mencerminkan akumulasi barang yang dihasilkan di masa lalu yang sedang digunakan pada saat ini untuk memproduksi barang dan jasa yang baru, seperti peralatan, mesin, bahan baku dan sebagainya. Sementara modal dalam pandangan sosiolog merupakan hubungan antar individu yang memungkinkan terciptanya nilai-nilai baru [15]. Modal ini disebut sebagai modal sosial. [16][16] berpendapat bahwa, modal sosial sebagai keseluruhan sumber daya baik yang aktual maupun yang potensial yang terkait dengan kepemilikan jaringan hubungan kelembagaan yang tetap didasarkan pada saling kenal dan saling mengakui. Dari pandangan tersebut dapat disimpulkan bahwa model sosial adalah serangkaian nilai atau norma-norma informal yang dimiliki bersama di antara para anggota suatu kelompok masyarakat yang saling terkait dan didasari pada nilai, kepercayaan, norma dan jaringan sosial.

Selanjutnya terkait modal dalam temuan empirik peneliti ini memperlihatkan jika dari sisi ekonomi, modal meliputi tanah (*dusung*), tanaman pala dan peralatan sedangkan finansial yang digunakan dalam proses produksi ini dianggap tidak berubah atau *ceteris paribus*. Artinya, modal finansial ini hanya digunakan sekali saja untuk keberlanjutan proses produksi hingga saat ini.

Sementara jika dipandang sebagai modal sosial, maka temuan dalam penelitian ini menunjukkan jika terdapat nilai, norma, kepercayaan dan jaringan sosial. Nilai dalam modal sosial masyarakat *Negeri Booi* adalah pengakuan terhadap hak kepemilikan *dusung* oleh orang lain. Norma memperlihatkan adanya aturan-aturan informal yang menjadi konvensi bersama seperti, buah pala yang telah jatuh di atas tanah menjadi milik semua orang sedangkan buah pala yang masih ada di pohon merupakan hak pemilik *dusung*. Selanjutnya unsur kepercayaan lebih kepada perilaku jujur dalam aktifitas pemenuhan kebutuhan hidup di dalam *dusung*. Kemudian, jaringan sosial yang merujuk pada ikatan orang, kelompok atau komunitas. Kondisi ini pun terekam pada ikatan sebagai

sesama “anak negeri” *Booi* sehingga memungkinkan mereka untuk saling membantu.

c. Tenaga kerja

Dalam menjalankan suatu sistem ekonomi dibutuhkan beberapa tahapan yang merupakan nilai penting dalam setiap alur. Proses tersebut berkaitan dengan sistim produksi yang dapat menghasilkan barang atau jasa yang digunakan untuk memenuhi kebutuhan pasar (kebutuhan masyarakat). Dalam pelaksanaannya terdapat beberapa faktor penting yang harus diperhatikan yakni faktor Sumber daya Alam dan Sumber daya manusia (tenaga kerja). Sumber daya alam di gunakan sebagai pemasok kebutuhan dalam mengolah suatu barang atau jasa, sedangkan Sumber daya manusia (tenaga kerja) sebagai perangkai terciptanya produk.

Tenaga kerja dan tanah (lahan) merupakan bagian dari faktor produksi asli. Sedangkan modal dan peralatan merupakan substitusi faktor produksi tanah dan tenaga kerja. Dengan modal dan peralatan, faktor produksi tanah dan tenaga kerja dapat memberikan manfaat yang jauh lebih baik bagi masyarakat [17]. Upaya petani dalam menjalankan usaha taninya secara efisien merupakan hal penting. [18] dan [19] memiliki pandangan yang sama bahwa selain penerapan teknologi, penggunaan varietas, luas lahan dan biaya, faktor tenaga kerja juga merupakan faktor penting.

Penggunaan tenaga kerja dalam setiap usaha tani sangat beragam dan terbatas. Perilaku ini secara tidak langsung berdampak pada jam kerja. Temuan dalam penelitian ini menunjukkan jika jumlah jam kerja para petani di *Negeri Booi* sangat beragam, rata-rata para petani menghabiskan 4-7 jam aktifitasnya di *dusung*. Lamanya waktu yang dibutuhkan tenaga kerja untuk beraktifitas akan berkorelasi dengan peningkatan pendapatan petani itu sendiri. Sementara terkait jumlah tenaga kerja, temuan memperlihatkan jika pelibatan tenaga kerja dalam usaha tani tanaman pala menggunakan anggota keluarga mereka sendiri sehingga biaya tenaga kerja yang harus dikeluarkan dapat ditekan.

d. Pengalaman kerja

Selain berbagai faktor produksi di atas, pengalaman juga memiliki peran strategis terkait usaha tani. [19] memperlihatkan jika pengalaman petani sangat beragam antara 1 tahun hingga 30 tahun. Bahkan, pengalaman petani ini ikut menentukan keberhasilan usaha perkebunan karena semakin lama pengalaman yang dimiliki oleh petani, maka kemampuan petani dalam mengelola perkebunan akan semakin baik. Pengalaman kerja adalah pengetahuan atau ketrampilan yan telah diketahui dan dikuasai seseorang yang akibat dari

perbuatan atau pekerjaan yang telah dilakukan selama beberapa waktu tertentu [20].

Pengalaman akan membentuk pengetahuan dan ketrampilan serta sikap yang lebih menyatu pada diri seseorang. Kondisi ini menyiratkan jika banyak sedikitnya pengalaman kerja akan menentukan kualitas dan produktifitas dalam bekerja [21] dan [22]. Berkaitan dengan petani pala di *Negeri Booi* terlihat bahwa, rata-rata pengalaman kerja pada usaha perkebunana tanaman pala di atas 15 tahun. Pengalaman kerja yang membentuk pengetahuan para petani di *Negeri Booi*, selain diperoleh melalui pengalaman pribadi, juga diperoleh melalui pengetahuan yang diturunkan dari generasi sebelumnya (orang tua).

Fenomena ini terlihat dari cara menanam, merawat hingga panen buah pala yang memiliki kemiripan satu sama lainnya. Dengan demikian, maka dapat dikatakan jika pengetahuan yang dimiliki tersebut juga merupakan kebiasaan petani karena dilakukan secara terus menerus dan cenderung berulang-ulang (sama).

3.2 Identifikasi hambatan yang dihadapi masyarakat dalam pengembangan usaha

Hambatan yang dihadapi oleh masyarakat *Negeri Booi* dalam mengembangkan usaha yang berbasis sumberdaya lokal berupa tanaman pala adalah masalah internal dan masalah eksternal. Permasalahan internal meliputi: keterbatasan tenaga kerja atau SDM serta minimnya pengetahuan tentang cara pengolahan produk, keterbatasan dana atau modal usaha, kurangnya sarana prasarana atau keterbatasan teknologi dan peralatan produksi, lemahnya pengetahuan tentang pemasaran, manajemen yang terlalu sederhana dan belum efektif sehingga berdampak pada ketidakefisienan, serta infrastruktur yang tidak mendukung.

Permasalahan utama dari lemahnya pengembangan usaha masyarakat negeri Booi berbasis tanaman pala adalah dari segi permodalan dan ketersediaan sarana dan prasarana penunjang bagi peningkatan usaha. Masyarakat sendiri banyak yang ingin membuka usaha dan dapat membuka usaha dengan memanfaatkan sumberdaya lokal tanaman pala yang dimilikinya, namun tidak dapat mempertahankan usahanya tersebut dengan alasan keterbatasan modal yang terkadang disebabkan oleh lemahnya daya beli masyarakat dan informasi serta pengetahuan tentang berwirausaha.

Beberapa permasalahan dan hambatan yang ditemui dalam hal manajemen baik secara internal dan eksternal maupun dalam pelaksanaan kegiatan usaha yang antara lain sebagai berikut:

1. Masih rendahnya pengetahuan dan pemahaman masyarakat sebagai pelaku usaha dalam mengembangkan dan mempertahankan usaha di dunia bisnis
2. Terbatasnya modal yang dimiliki oleh pelaku usaha.
3. Kurangnya ketersediaan sarana dan prasarana yang dibutuhkan oleh pelaku usaha dalam membantu pengembangan dan peningkatan usahanya.
4. Kurangnya pemahaman dari masyarakat tentang strategi, sistem dan proses pemasaran hasil produksinya.
5. Kurangnya pemahaman masyarakat mengenai birokrasi dalam dunia usaha untuk dapat menembus pasar yang lebih luas dari pasar lokal yang telah mereka lakukan.
6. Kurang atau minimnya informasi tentang cara pengembangan usaha.
7. Terbatasnya kemampuan masyarakat dalam penggunaan atau penerapan teknologi yang dapat menunjang peningkatan usaha dan kemampuan penerapan standar produk yang masih terbatas.
8. Terbatasnya akses sarana informasi yang dapat diakses oleh masyarakat dan kebijakan yang masih terlihat bias bagi pelaku usaha, sehingga mengurangi ruang geraknya dalam berusaha.

3.3 Analisis identifikasi dan deskripsi pengembangan usaha

Analisis ini mencakup beberapa aspek yang akan menentukan rumusan strategi pengembangan usaha yang efektif bagi masyarakat negeri Booi. Dimana pada tahap ini yang perlu diperhatikan adalah aspek pemasaran, aspek modal dan pendanaan usaha, aspek pemanfaatan teknologi informasi dan inovasi, aspek pemakaian bahan baku, aspek peralatan produksi, aspek penyerapan dan pemberdayaan tenaga kerja, aspek organisasi dan manajemen usaha, aspek birokrasi dan peran pemerintah serta aspek eksternalitas dan lain-lain.

a. Aspek Pemasaran

Pada aspek pemasaran ini ada beberapa hal yang menjadi pertimbangan konsumen dalam memilih produk, yang dikenal dengan istilah *marketing mix* atau bauran pemasaran atau 4P, yaitu *product* (produk), *price* (harga), *place* (tempat), *promotion* (promosi), dan lain-lainnya terkait pemasaran produk tanaman pala masyarakat negeri Booi.

Dari sisi produk, aspek pemasaran ini masih sangat lemah karena produk tanaman pala yang dihasilkan oleh masyarakat negeri Booi belum memiliki kemasan yang baik, belum memiliki izin

usaha, produk tidak dihasilkan tidak melalui desain, belum ada layanan purna jual atau garansi, memiliki merek yang belum dipatenkan, tidak ada diferensiasi produk, serta segmentasi produk. Satu-satunya kelebihan adalah produk dibuat berdasarkan pesanan atau orderan konsumen.

Aspek pemasaran dari sisi harga memiliki kelebihan karena memiliki harga jual yang rendah yang ditetapkan berdasarkan biaya produksi, harga penawaran dan harga pasar. Tempat merupakan salah satu penentu dalam usaha, apakah tempat usaha tersebut harus mendekati bahan baku, pasar/konsumen atau harus mendekati keduanya sekaligus. Pada sisi ini, maka tempat usaha masyarakat negeri Booi adalah dekat dengan sumber bahan baku.

Dari sisi promosi, aspek pemasarannya masih sangat lemah karena belum melakukan kegiatan promosi yang bersifat persuasif. Kegiatan penarikan minat konsumen hanya memanfaatkan pengenalan produk secara lisan dari mulut ke mulut.

b. Aspek Modal dan Pendanaan Usaha

Berdasarkan hasil wawancara di lapangan dengan kelompok usaha yang ada, maka sebagian besar modal usaha berasal dari modal sendiri dan baru tahun ini ada bantuan modal usaha dari pemerintah negeri/desa. Kelompok usaha ini masih membutuhkan bantuan pendanaan baik dari pemerintah setempat maupun BUMN lainnya.

c. Aspek Pemanfaatan Teknologi Informasi dan Inovasi

Pemanfaatan teknologi dan inovasi merupakan suatu alat penunjang dalam perkembangan usaha. Dalam aspek ini, ada beberapa kelemahan dan keunggulan yang dimiliki oleh masyarakat negeri Booi. Kelemahannya adalah pelaku usaha/kelompok usaha belum menggunakan komputer dalam menjalankan usaha, maupun dalam mendesain produk baru yang lebih berkualitas, belum ada usaha untuk melakukan perubahan pelayanan kepada konsumen, atau mencari pasar baru/pejuang baru. Di lain sisi, mereka tidak perlu mencari supplier bahan baku yang lebih baik karena negeri Booi memiliki sumber bahan baku dengan kualitas terbaik di Maluku.

d. Aspek Pemakaian Bahan Baku dan Kontinuitasnya

Bahan baku merupakan salah satu faktor penting yang akan mempengaruhi penentuan harga produk yang diproduksi oleh suatu usaha, baik dalam hal penggunaan, ketersediaan maupun harga perolehan dari bahan baku itu sendiri. Bagi pelaku usaha di negeri Booi, ketersediaan bahan baku sangat berlimpah, bahkan berlebihan. Seperti yang telah dikemukakan di atas, bahwa kapasitas panen

buah pala adalah 190 ton/tahun [8] dan [9] serta berdasarkan penelitian sebelumnya oleh [23] menyatakan bahwa daging buah pala yang tidak dimanfaatkan dan hanya terbuang sebagai limbah adalah sebesar 152,88 ton/thun. Hal ini mengisyaratkan bahwa pemakaian atau pemanfaatan bahan baku belum maksimal. Di sisi lain kontinuitas bahan baku selalu tersedia dan tidak akan habis turun temurun, mengingat kepemilikan lahan dan luas lahan adalah tetap dan tidak terbatas hanya pada pemilik dusun saja, melainkan juga bagi orang lain yang bukan pemilik dusun agar dapat memenuhi kebutuhan hidupnya di negeri Booi [8].

Dari segi pemakaian bahan baku, bahan baku sangat mudah diperoleh secara cuma-cuma atau gratis, kualitas bahan baku konsisten, serta terdapat jaminan ketersediaan bahan baku secara berkelanjutan. Hal ini menjadi kekuatan bagi pelaku usaha di negeri Booi.

e. Aspek Peralatan Produksi

Aspek peralatan produksi merupakan aset penting dalam menjalankan suatu usaha. Peralatan produksi dapat berupa barang bergerak maupun barang tak bergerak, dan tanpa peralatan produksi yang memadai akan sulit bagi pelaku usaha untuk tumbuh berkembang dalam menjalankan usahanya.

Peralatan produksi yang digunakan masih sangat tradisional dengan peralatan seadanya, belum melakukan perubahan yang lebih canggih dan efisien, peralatan produksinya sejauh ini masih aman, dan karena masih menggunakan peralatan yang sederhana sehingga tidak membutuhkan biaya yang besar dalam operasionalnya.

Selain barang tak bergerak seperti mesin produksi, barang bergerak seperti kendaraan roda dua (sepeda motor) dan kendaraan roda empat (mobil) atau alat transportasi lainnya turut berperan sebagai pendukung dalam menjalankan usaha di negeri Booi dalam penyediaan bahan baku maupun pemasaran produk.

f. Aspek Penyerapan dan Pemberdayaan Tenaga Kerja

Pada aspek ini, ada beberapa kelemahan antara lain: tenaga kerja yang belum berpengalaman dan tidak memiliki keahlian khusus, namun di sisi lain perekrutan tenaga kerja dapat dilakukan dengan mudah dan terdapat upaya peningkatan kapasitas ketrampilan dan keahlian tenaga kerja. Hal ini akan membantu pelaku usaha untuk dapat bersaing nantinya dengan pelaku usaha sejenis lainnya.

g. Aspek Organisasi dan Manajemen Usaha

Aspek ini menyoroti keterlibatan pelaku usaha dalam asosiasi usaha, rencana pengembangan usaha, pemisahan keuangan usaha dan pribadi, serta

antisipasi resiko pencurian dan penyimpangan kecurangan dari karyawan.

Pada aspek ini, kelemahannya adalah pelaku usaha belum terlibat dalam asosiasi usaha yang dapat membantu sharing informasi terkait pengembangan produk, pemasaran serta pengembangan usaha. Di sisi lain, manajemen keuangan sudah diatur dengan baik tentang pemisahan keuangan usaha dan pribadi, namun terhadap faktor resiko pencurian dan penyimpangan yang dilakukan oleh karyawan pelaku usaha tidak mengantisipasi hal ini karena merasa semua karyawan adalah saudara terdekat yang saling percaya satu sama lain.

h. Aspek Birokrasi dan Peran Pemerintah

Aspek ini membahas tentang kemudahan proses perizinan usaha, pungutan terhadap usaha, keterlibatan dalam kebijakan usaha, ketersediaan infrastruktur yang membantu lancarnya usaha, pendanaan oleh pemerintah, pembinaan program kemitraan usaha dari pemerintah, serta adanya perlindungan usaha dari pemerintah terhadap kemungkinan terjadinya monopoli maupun ekspansi eksternal.

Kondisi yang dialami oleh masyarakat negeri Booi adalah sulitnya pengurusan izin usaha, ketersediaan infrastruktur seperti listrik, air, jalan yang cukup memadai, adanya bantuan pendanaan oleh pemerintah negeri atau desa sebagai stimulus bagi pelaku usaha namun belum ada bantuan pendanaan dari pihak lain, sejauh ini belum ada kebijakan pemerintah desa terkait usaha masyarakat sehingga pelaku usaha masih leluasa dalam pengembangan usahanya, program kemitraan belum terlalu intensif, serta adanya perlindungan usaha oleh pemerintah. Hal ini menjadi kekuatan bagi pelaku usaha.

i. Aspek Eksternalitas

Aspek ini terdiri atas tingkat gangguan keamanan usaha seperti pencurian, penipuan, tidak kriminal, dan lain-lain, terdapat persaingan produk dari luar negeri Booi yang dapat menghambat usaha, ketidakstabilan politik, tingkat inflasi yang mempengaruhi harga bahan pembantu, serta kondisi perekonomian secara umum.

Dampak eksternalitas ini belum terlalu berarti karena di wilayah Saparua belum ada usaha-usaha sejenis yang dapat mempengaruhi usaha yang dijalani oleh masyarakat negeri Booi. Kondisi eksternalitas lainnya sangat normal dan menjadi kekuatan bagi pelaku usaha, hanya saja kondisi perekonomian secara umum agak terganggu sebagai dampak adanya pandemi Covid-19 yang dialami oleh seluruh dunia dan ikut mengganggu dunia usaha.

3.4 Strategi pengembangan usaha rumahtangga berbasis tanaman pala

Berkaca dari sumberdaya lokal yang dimiliki, maka sudah sepatutnya masyarakat negeri Booi memiliki usaha rumahtangga yang dapat dikembangkan menjadi industri kecil menengah (IKM). Namun sampai saat ini, usaha rumahtangga yang dikembangkan disana hanya terbatas pada industri pembuatan jus pala saja. Sementara, usaha lainnya masih hanya sebatas uji coba pembuatan produk dan belum melewati tahapan produksi maupun uji kelayakan produk. Hal ini disebabkan oleh beberapa faktor, antara lain: faktor minimnya pengetahuan tentang cara pengolahan produk, keterbatasan modal, teknologi dan peralatan produksi, serta keterbatasan pasar. Dengan demikian maka diperlukan strategi pengembangan usaha/bisnis bagi masyarakat negeri Booi.

Strategi pengembangan usaha/bisnis adalah sekumpulan tujuan, kebijakan, perencanaan, dan aktivitas perusahaan yang ditujukan untuk mengidentifikasi kesempatan usaha/bisnis di tengah pasar dan mempertahankan kelangsungan bisnis atau mencapai kesuksesan usaha/bisnis. Dalam rangka mengembangkan usaha/bisnis secara berkelanjutan, suatu perusahaan harus terus-menerus melakukan penilaian atas strategi usaha/bisnis yang dijalankannya. Teece (2010) menyatakan bahwa analisis strategi bisnis merupakan langkah penting dalam merancang model bisnis yang dapat bertahan lama, sehingga berdampak pada hidup perusahaan yang berlangsung lama pula.

Dalam merumuskan strategi pengembangan usaha, diperlukan alat analisis yang tepat guna memetakan strategi yang baik untuk dilakukan oleh pelaku usaha. Penelitian ini menggunakan SWOT sebagai alat analisis yang akan mengevaluasi kekuatan, kelemahan, peluang dan ancaman untuk merumuskan strategi yang tepat.

Matrik SWOT pada tabel berikut ini memperlihatkan kekuatan, kelemahan, peluang dan ancaman pelaku usaha tanaman pala di negeri Booi, Saparua.

Tabel 1. Matrik SWOT

	KEKUATAN	KELEMAHAN
F A K T O R I N T E R N A L	1. Harga produk mampu bersaing.	1. Belum memiliki izin dan legalitas usaha.
	2. Bahan baku mudah diperoleh dengan kualitas yang konsisten.	2. Belum memiliki peralatan produksi yang memadai.
	3. Ada rencana peningkatan keterampilan tenaga kerja melalui pelatihan.	3. Terbatasnya modal usaha.
		4. Kurangnya pemahaman tentang manajemen usaha, strategi, sistem dan proses pemasaran.
		5. Kurangnya jaringan pemasaran dan teknologi informasi penunjang usaha.
		6. Kurangnya keahlian dan pengalaman SDM.
	PELUANG	ANCAMAN
F A K T O R E K S T E R N A L	1. Kecenderungan konsumsi masyarakat yang cukup besar terhadap produk yang dihasilkan.	1. Kondisi perekonomian secara umum tidak stabil dan berdampak pada dunia usaha.
	2. Rendahnya tingkat gangguan keamanan terhadap usaha.	2. Tingkat inflasi yang terus meningkat.
	3. Adanya program pemerintah dalam menunjang peningkatan IKM.	
	4. Adanya bantuan dana sebagai stimulus dari pemerintah setempat.	
	5. Infrastruktur cukup menunjang.	
	6. Belum memiliki pesaing pada usaha sejenis.	
	7. Adanya perlindungan usaha dari pemerintah setempat.	

Berdasarkan hasil analisis terhadap faktor internal dan eksternal yang ada, maka strategi yang dapat diusulkan adalah sebagai berikut:

1. Strategi SO (Mendukung Strategi *Growth*)

Strategi ini memanfaatkan seluruh kekuatan yang dimiliki oleh kelompok usaha yang ada guna menangkap peluang dengan mempertahankan kualitas bahan baku, harga produk yang bersaing dengan konsumsi masyarakat yang cukup besar, adanya peningkatan keterampilan tenaga kerja, serta

dukungan pemerintah setempat terhadap kelancaran usaha.

2. Strategi ST (Mendukung Strategi Diversifikasi)
Strategi ini memanfaatkan kekuatan yang dimiliki guna mengatasi ancaman, antara lain dengan kualitas bahan baku yang konsisten dan didapatkan secara cuma-cuma maka kondisi perekonomian yang tidak stabil akibat pandemi, dapat diatasi oleh pelaku usaha, ditunjang dengan harga jual produk yang cukup rendah dan rencana peningkatan keterampilan tenaga kerja akan sangat membantu pelaku usaha untuk pengembangan usaha.
3. Strategi WO (Mendukung Strategi *Turn-Around*)
Strategi ini diterapkan dengan memanfaatkan peluang yang ada dengan meminimalkan kelemahan yang dimiliki, antara lain dengan program pemerintah untuk menunjang peningkatan IKM, infrastruktur yang baik, adanya perlindungan usaha akan membantu dalam proses perizinan dan legalitas usaha dalam memperpendek birokrasi, meningkatkan manajemen usaha dan pemasaran, serta teknologi informasi.
4. Strategi WT (Mendukung Strategi *Defensive*)
Kegiatan yang dilakukan dalam strategi ini lebih bersifat defensif dengan berusaha meminimalkan kelemahan yang ada dan menghindari ancaman. Kegiatan yang dapat dilakukan dalam strategi ini, antara lain sebagai berikut: menjaga stabilitasi usaha dari semua sisi, baik pemasaran, tenaga kerja, maupun birokrasi pemerintah; kondisi perekonomian secara umum dapat dijadikan pedoman bagi perencanaan pengembangan usaha ke depan; mempelajari dan membuat izin agar mendapatkan perlindungan usaha pada jangka panjang dari monopoli maupun ekspansi lainnya; memperbaiki manajemen internal sehingga usaha dapat berkembang dengan baik.

Berdasarkan hasil analisis SWOT di atas, maka pelaku usaha yang memiliki kekuatan dapat digunakan pada strategi tertentu dengan memanfaatkan peluang yang ada dan secara bersamaan meminimalkan kelemahan serta menghindari ancaman yang datang.

Sehubungan dengan itu, maka strategi pengembangan usaha rumahtangga yang paling tepat digunakan adalah Strategi ST yang mendukung diversifikasi dengan memanfaatkan sumberdaya lokal yang tersedia dengan kualitas tanaman pala yang konsisten dan diperoleh secara cuma-cuma dan melimpah, harga jual produk yang

relatif rendah, serta usaha untuk meningkatkan keterampilan tenaga kerja. Hal ini juga akan mendorong adanya diversifikasi produk.

4. KESIMPULAN

Tanaman pala bagi masyarakat Negeri Booi bukan saja merupakan sumber penghidupan semata akan tetapi tanaman pala telah menjadi bagian dari kehidupan masyarakat Negeri Booi itu sendiri. Kondisi ini tergambar melalui “kesempatan” yang diberikan oleh pemilik Dusun bagi orang lain untuk memanfaatkan biji pala yang telah jatuh di atas menjadi milik orang tersebut.

Kemudian terkait diversifikasi usaha melalui tanaman pala, relaita menunjukkan jika tanaman pala memiliki prospek pengembangan usaha yang beragam terlebih ditunjang dengan ketersediaan daging buah pala yang sangat berlimpah. Keterbatasan yang dialami masyarakat dalam mengembangkan usaha memerlukan pendampingan sehingga usaha diversifikasi buah pala dapat tercapai.

UCAPAN TERIMA KASIH

Para penulis menyampaikan terima kasih kepada Lembaga Penelitian dan Pengabdian Kepada Masyarakat (LPPM) Universitas Pattimura yang telah memberikan bantuan pendanaan sehingga kegiatan ini dapat terlaksana.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Badan Pusat Statistik Provinsi Maluku, “Propinsi Maluku Dalam Angka Tahun 2022,” Ambon, Maluku, 2022.
- [2] F. A. dan R. A. Ratna Wylis Arief, “Potensi Pengolahan Daging Buah Pala Menjadi Aneka Produk Olahan Bernilai Ekonomi Tinggi,” *Bul. Littro*, vol. 26, no. 2, pp. 165–174, 2015.
- [3] S. H. S. Syifa Aulia, “Diversifikasi Produk Olahan Buah Pala (*Myristica fragrans*) di Desa Sukadamai,” *J. Pus. Inov. Masy.*, vol. 2, no. 6, pp. 966–971, 2020.
- [4] Cut Lena Riza & Hilka Yuliani, “Pengembangan Produk P Angan Olahan Dari P Ala Di Desa P Asie Kuala Asahan,” *SOSAINS J. Sos. DAN SAINS*, vol. 2, no. 4, pp. 511–517, 2022.
- [5] Dumadi Suryatmi Retno, “Pemanfaatan Limbah Daging Buah Pala Tua di Maluku,” *J. JRL*, vol. 7, no. 2, pp. 171–177, 2011.
- [6] N. F. Wenno, “Prospek Agroindustri Pala Di Wilayah Pesisir (Suatu Studi Dalam Rangka Pemberdayaan Masyarakat Di Desa Seith Kecamatan Leihibu Kabupaten Maluku Tengah),” *Piramida*, vol. 11, no. 2, pp. 88–94, 2015.
- [7] J. A. P. Sophia Grace Sipahelut, “Pengolahan Limbah Daging Buah Pala di Desa Lilibooi, Kecamatan Leihibu Barat, Kabupaten Maluku Tengah,” *MITRA J. Pemberdaya. Masy.*, vol. 4, no. 1, pp. 11–19, 2020.
- [8] M. L. N. Hendri D. Hahury, Titi S. Prabawa, Pamerdi Giri Wiloso, Tontji Soumokil, “The Role of Kewang Customary Institution as a Biosecurity Strategy of Community Livelihood Asset in Negeri Booi,” *Sodality J. Sociol. Pedesaan*, vol. 7, no. 3, pp. 212–223, 2019.
- [9] Ariviana L. Kakerissa, “Penentuan Model Pengembangan Agroi-dustri Pala Melalui Diversifikasi Produk,” *Tek. Ind. Univ. Bung Hatta*, vol. 6, no. 2, pp. 33–46, 2018.
- [10] W. R. & E. W. Riptanti, “Analisis Efisiensi Ekonomi Penggunaan Faktor-Faktor Produksi Pada Usahatani Kedelai Di Kabupaten Sukoharjo,” *Caraka Tani*, vol. 25, no. 1, pp. 119–125, 2010.
- [11] W. C. I Gusti Ayu Bintang Pradnyawati, “Pengaruh Luas Lahan, Modal dan Jumlah Produksi Terhadap Pendapatan Petani Sayur Di Kecamatan Baturiti,” *Ekuitas J. Pendidik. Ekon.*, vol. 9, no. 1, pp. 93–100, 2021.
- [12] M. R. Ara Anggar Andrias, Yus Darusman, “Pengaruh Luas Lahan Terhadap Produksi Dan Pendapatan Usahatani Padi Sawah,” *Ilm. Mhs. AGROINFO GALUH*, vol. 4, no. 1, pp. 521–529, 2017.
- [13] A. Lidia Sinabang, Dian Anggraeni, “Elastisitas Produksi Dan Efisiensi Penggunaan Faktor Produksi Padi Sawah Pada Berbagai Tingkat Luas Lahan Garapan Di Kabupaten Tangerang,” *J. Ilmu Pertan. Tirtayasa*, vol. 3, no. 2, pp. 311–325, 2021.
- [14] Dwi Nila Andriani, “Pengaruh Modal, Tenaga Kerja, Dan Bahan Baku Terhadap Hasil Produksi (Studi Kasus Pabrik Sepatu Pt. Kharisma Baru Indonesia),” *EQUILIBRIUM*, vol. 5, no. 2, pp. 151–162, 2017.
- [15] J. Coleman, “Social Capital in the Creation of Human Capital,” *Am. J. Sociol.*, vol. 49, pp. 95–120, 2000.
- [16] Bourdieu, *Distinction: A Social Critique of Judgment of Taste*, (R. Nice., Cambridge-Massachusetts: Harvard University Press, 1984.
- [17] Nana Trisna Mei Br Kabeakan, “Pengaruh Faktor Produksi Terhadap Produksi Jagung

- Dan Kelayakan Usahatani Jagung (*Zea mays* L.) Desa Laubaleng Kecamatan Laubaleng Kabupaten Karo,” *Agrium J. Ilmu Pertan.*, vol. 21, no. 1, pp. 62–67, 2017.
- [18] I. Abas, Hasmari Noer, “Faktor-Faktor Yang Mempengaruhi Produksi Tanaman Padi Gogo Di Kabupaten Morowali,” *Agrotech*, vol. 9, no. 1, pp. 19–25, 2019.
- [19] Z. Z. Afrianingsih Putri, Yusmarni, Cindy Paloma, “Kinerja Faktor Produksi Kopi Arabika (*Coffea arabica* L.) di Lembah Gumanti, Kabupaten Solok, Sumatera Barat,” *Ind. J. Teknol. dan Manaj. Agroindustri*, vol. 7, no. 3, pp. 189–197, 2018.
- [20] H. Mubeen, “Impact of Long Working Hours on Job Satisfaction of Employees Working in Services Sector of Karachi,” *J. Business Strateg.*, vol. 8, no. 1, pp. 21–37, 2014.
- [21] M. S. Wijaya, I.B Kresnadan Utama, “Analisis Faktor-Faktor Yang Mempengaruhi Pendapatan Industri Kerajinan Bambu Di Kabupaten Bangli,” *E-JURNAL Ekon. Pembang. Univ. UDAYANA*, vol. 5, no. 4, pp. 434–456, 2016.
- [22] N. K. N. Antari and M. S. Utama, “Analisis Faktor-Faktor Yang Mempengaruhi Pendapatan Petani Rumput Laut,” *E-JURNAL Ekon. Pembang. Univ. UDAYANA*, vol. 8, no. 1, pp. 179–210, 2019.
- [23] Kakerissa Ariviana L. & Hahury Hendri D., “Pala Booi: Prospek Pengembangan Industri Rumah Tangga Berbasis Sumberdaya Lokal,” in *Prosiding Seminar Nasional Archipelago Engineering (ALE)*, 2018, pp. 122–128.

KINERJA BONGKAR MUAT PELABUHAN PERIKANAN NUSANTARA AMBON DALAM MENUNJANG PENANGKAPAN IKAN TERUKUR

Ruth P. Soumokil, S.T., M.Si¹

¹Jurusan Teknik Perkapalan Fakultas Teknik Universitas Pattimura, Ambon 97233

E-mail: ut.soumokil@gmail.com

Abstrak. Indonesia dengan produksi perikanan sebesar 6,3 juta ton menempati urutan ke-3 terbesar di dunia (7,95%) dan Provinsi Maluku merupakan kontributor ke-2 (8,53%) terbesar total produksi perikanan Indonesia. Untuk menggali potensi perikanan tersebut, sekaligus dalam rangka mendukung Penangkapan Ikan Terukur, maka diperlukan suatu kondisi yang kondusif dalam rangka pengembangan usaha dan menunjang investasi. Dalam Penangkapan Ikan Terukur, semua hasil tangkapan harus didaratkan di pelabuhan perikanan yang ada di sekitaran zonasi penangkapan. Dengan demikian, pelabuhan perikanan di daerah menjadi pusat-pusat ekonomi baru. Penelitian bertujuan untuk (1) menganalisis ukuran dermaga saat ini berdasarkan jumlah dan dimensi kapal yang melakukan tambat di dermaga. (2) Menganalisis luas kolam saat ini berdasarkan jumlah kapal yang memanfaatkan kolam pelabuhan. (3) Menghitung rasio pemakaian dermaga di pelabuhan berdasarkan jumlah jam pemakaian, panjang kapal, panjang dermaga dan jumlah hari pemakaian dermaga. Dari hasil penelitian diperoleh: Jumlah kapal yang masuk di Pelabuhan Perikanan Nusantara Ambon dalam tahun di 2020 adalah 852 Unit Kapal dengan ukuran terbanyak adalah Kapal dengan ukuran 10-30GT yaitu sebanyak 717 unit kapal atau 84,15% dari total jumlah kapal selama satu tahun, atau rata-rata 60 kapal ukuran 10-30 GT per bulan. Luas Kolam Pelabuhan di PPN Ambon adalah sebesar = 8.126,15 m² dan *Berth Occupancy Ratio (BOR)* sebesar 73,9% dimana nilai BOR tersebut sudah sesuai dengan ketentuan UNCTAD. Dari keseluruhan hasil yang diperoleh, maka Kinerja Bongkar Muat Pelabuhan Perikanan Nusantara Ambon saat ini masih dapat menunjang kebijakan Penangkapan Ikan Terukur.

Kata kunci: Kata Kunci: Pelabuhan Perikanan, Dermaga, Penangkapan Ikan Terukur

Abstract. Indonesia with fishery production of 6.3 million tons ranks the 3rd largest in the world (7.95%) and Maluku Province is the 2nd largest contributor (8.53%) of Indonesia's total fishery production. To explore this fishery potency, as well as to support Quota Based Fishing, a conducive condition is needed in the context of business development and to support investment. In Quota Based Fishing, all catches must be landed at the fishing port around the fishing zone. Thus, fishing ports in the regions become new economic centers. This research aims to (1) analyzing the size of the current pier based on the number and dimensions of ships mooring at the pier, (2) analyzing the current pool area based on the number of ships using the port pool, (3) calculating the ratio of the use of the pier at the port based on the number of hours of use, the length of the ship, the length of the pier and the number of days of using the pier. The results of the research are: The maximum number of ships entering the Ambon Nusantara Fisheries Port in 2020 is 852 Ships with the largest size is ships with a size of 10-30GT, namely 717 ships or 84.15% of the total number of ships for one year, or an average of 60 vessels measuring 10-30 GT per month. The area of the Port Pool at PPN Ambon is = 8,126.15 m² and the *Berth Occupancy Ratio (BOR)* is 73.9% where the BOR value is in accordance with the provisions of UNCTAD. From the overall results obtained, the loading and unloading performance of the Ambon Nusantara Fisheries Port is currently still able to support the Quota Based Fishing policy.

Keywords: Fishing Port, Pier, Quota Based Fishing

1. PENDAHULUAN

Indonesia memiliki sembilan wilayah pengelolaan perikanan atau *fishing ground* utama, dimana dari sembilan wilayah *Fishing Ground* utama itu, tiga diantaranya berada di Maluku yaitu Laut Banda, Laut Arafura, dan Laut Seram. Maluku sendiri memiliki Luas sebesar 712.480 Km², dimana 92,4% nya merupakan wilayah lautan yang dilalui Arus Laut Indonesia dengan Potensi Lokasi *Upwelling* sehingga subur dan kaya sumber daya ikan.

Menurut Kepmen KP No. 50/KEPMEN-KP/2017 [1], total potensi perikanan nasional Indonesia adalah 12.541.431 ton/tahun, dimana dari 3 WPP (714, 715, & 718) yang berada di Maluku, total potensi perikanan Maluku sebesar 4.669.030 ton/tahun atau sebesar 37,23% dari Potensi Nasional. Provinsi Maluku merupakan kontributor ke-2 (8,53%) terbesar total produksi perikanan Indonesia.

Untuk menggali potensi perikanan tersebut, sekaligus dalam rangka menumbuh kembangkan usaha di bidang perikanan, maka diperlukan tersedianya prasarana bagi kapal-kapal perikanan (*Fishing Base*) untuk tempat berlabuh/berlindung dan mendaratkan ikan hasil tangkapannya. Prasarana yang dimaksud adalah berupa Pelabuhan Perikanan (PP) atau Pangkalan Pendaratan Ikan (PPI) sebagai tempat atau pangkalan bagi kapal-kapal perikanan [2].

Pelabuhan Perikanan adalah tempat yang terdiri atas daratan dan perairan di sekitarnya dengan batas-batas tertentu sebagai tempat kegiatan pemerintahan dan kegiatan sistem bisnis perikanan yang digunakan sebagai tempat kapal perikanan bersandar, berlabuh dan/atau bongkar muat ikan yang dilengkapi dengan fasilitas keselamatan pelayaran dan kegiatan penunjang perikanan (Permen no PER.08/MEN/2012) [3].

Pelabuhan Perikanan mempunyai daya dukung yang baik apabila fasilitas-fasilitas yang ada di pelabuhan perikanan mampu melayani satu siklus kegiatan, baik kegiatan operasional di laut/sungai maupun kegiatan operasional di darat. Salah satu Fasilitas Pokok di Pelabuhan Perikanan adalah Dermaga.

Dermaga adalah suatu bangunan kelautan yang berfungsi sebagai tempat labuh, bertambatnya kapal, bongkar muat hasil tangkapan dan mengisi bahan perbekalan untuk menangkap ikan di laut. Sedangkan kegiatan perikanan di dermaga adalah untuk bongkar muat (*unloading*), mengisi perbekalan (*out fitting*), dan berlabuh (*idle berthing*). Karena kegiatan tersebut tidak dilakukan

secara berkesinambungan, sehingga kegiatan tersebut dipisah pada masing-masing tempat demi efisiensi kerja di pelabuhan [4].

Kinerja bongkar muat pada Pelabuhan Perikanan Nusantara Ambon tidak berbanding lurus dengan hasil perikanan yang diperoleh [5], karena itu perlu dilakukan evaluasi berdasarkan tinjauan tingkat pemakaian dermaga agar kegiatan bongkar muat dapat berjalan dengan baik. Saat ini zona pembongkaran ikan, tambat, perbekalan, dan aktivitas kapal non perikanan di kolam pelabuhan belum ditentukan. Oleh sebab itu perlu dilakukan penelitian mengenai analisis kelayakan teknis ukuran dermaga dan kolam pelabuhan di PPN Ambon [6].

Penangkapan Ikan Terukur adalah suatu metode penangkapan Ikan dengan cara Pembatasan Penangkapan yang dilakukan untuk menjaga jumlah stok ikan di laut. Pengendalian Penangkapan Ikan dilakukan dengan perizinan, dengan mempertimbangkan kuota. Hasil tangkapan pelaku usaha berdasarkan kuota (*catch limit*) [7].

Tujuan Utama Penangkapan Terukur antara lain (1) Peningkatan pendapatan dan kesejahteraan nelayan, (2) Mencegah overfishing dan untuk mendorong pemanfaatan secara berkelanjutan, (3) Peningkatan kontribusi terhadap perekonomian nasional (PNBP-PDB) maupun mendorong pembangunan daerah.

Dari beberapa tujuan di atas, diharapkan akan tercipta *Multiplier Effect* bagi terciptanya peningkatan lapangan kerja baru, pengembangan industri perikanan (galangan kapal, *cold storage*, pengolahan ikan, pabrik es, dll), pengembangan jasa logistik, peningkatan *traceability* produk perikanan, peningkatan kredibilitas sektor perikanan terhadap industri perbankan serta pengembangan pariwisata.

Penerapan Kebijakan Mencakup Pengaturan tentang: (1) Area penangkapan ikan, (2) Jumlah ikan yang boleh ditangkap berdasarkan kuota volume produksi, (3) Musim penangkapan ikan, (4) Jumlah dan ukuran kapal, (5) Jenis alat tangkap, (6) Pelabuhan perikanan sebagai tempat pendaratan dan pembongkaran ikan, (7) Penggunaan ABK lokal, (8) Suplai pasar domestik dan ekspor ikan harus dilakukan dari pelabuhan di WPP yang ditetapkan, (9) Jumlah pelaku usaha, dengan memberlakukan sistem kontrak untuk jangka waktu tertentu.

Penangkapan berbasis kuota bertujuan menjaga ekosistem laut tetap sehat sehingga kegiatan ekonomi maupun sosial di dalamnya berjalan berkesinambungan. Sementara penetapan sistem

zonasi tujuan utamanya untuk mendorong pertumbuhan ekonomi di daerah sebab hasil tangkapan harus didaratkan di pelabuhan perikanan yang ada di sekitaran zonasi penangkapan. Dengan demikian, pelabuhan perikanan di daerah menjadi pusat-pusat ekonomi baru sehingga tidak lagi terpusat di Pulau Jawa.



Gambar 1. Pembagian zona kebijakan penangkapan ikan terukur

Penelitian ini bertujuan untuk (1) menganalisis ukuran dermaga saat ini berdasarkan jumlah dan dimensi kapal yang melakukan tambat di dermaga. (2) Menganalisis luas kolam saat ini berdasarkan jumlah kapal yang memanfaatkan kolam pelabuhan. (3) Menghitung rasio pemakaian dermaga di pelabuhan berdasarkan jumlah jam pemakaian, panjang kapal, panjang dermaga dan jumlah hari pemakaian dermaga.

2. BAHAN DAN METODE

2.1. Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian dilakukan pada bulan April sampai dengan Juni 2021. Adapun lokasi penelitian adalah pada Pelabuhan Perikanan Nusantara Ambon di Tantui, Kota Ambon.

2.2. Variabel Penelitian

Variabel penelitian terdiri dari variabel bebas dan variabel terikat. Variabel bebas dalam penelitian ini adalah Jumlah Kapal, sedangkan variabel terikat adalah Panjang Dermaga.

2.3. Metode Pengumpulan Data

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode deskriptif yaitu survei. Peneliti melakukan pengamatan dan pengukuran langsung terhadap objek berupa dermaga tambat di Pelabuhan Perikanan Nusantara Ambon.

2.4. Metode Analisis Data

a. Volume Kapal

Volume kapal didapat berdasarkan data statistik Jumlah Kunjungan Kapal yang masuk di PPN Ambon dan merupakan jumlah kapal yang tambat setiap bulan selama satu tahun pada tahun 2020.

b. Luas kolam pelabuhan

Luas Kolam Pelabuhan dihitung dengan menggunakan persamaan berikut (DJPT, 2015) [8]

$$L = Lt + (3 \times n \times l \times b) \tag{1}$$

$$Lt = \pi \times l^2 \tag{2}$$

dimana:

L = Luas kolam pelabuhan (m²)

Lt = Luas kolam untuk memutar kapal (m²)

n = Jumlah maksimum kapal yang dapat berlabuh (buah)

l = Panjang kapal rata-rata (meter)

b = Lebar kapal terbesar (meter)

c. Berth Occupancy Ratio (BOR)

Perhitungan nilai BOR bertujuan untuk mengetahui tingkat pemakaian dermaga. Perhitungan BOR dapat dihitung dengan menggunakan persamaan berikut:

$$BOR = \frac{Vs \times St}{t \times n} \times 100\% \tag{3}$$

dimana:

Vs = jumlah kapal yang dilayani (unit /tahun)

St = service time (jam/hari)

n = jumlah tambatan

t = Waktu efektif jumlah hari dalam setahun

Apabila nilai BOR yang diperoleh berdasarkan persamaan di atas melebihi nilai BOR yang disarankan UNCTAD, maka diperlukan perluasan dermaga. Nilai BOR yang disarankan UNCTAD [9] dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Nilai BOR yang disarankan UNCTAD

Jumlah tambatan dalam Grup	BOR yang disarankan (%)
1	40
2	50
3	55
4	60
5	65
6-10	70

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Volume Kapal

Volume kapal merupakan jumlah kapal masuk setiap bulan selama satu tahun. Pada tahun 2020, total Volume Kapal adalah sebanyak 852 kapal. Tren jumlah kapal di pelabuhan perikanan tiap tahun berbeda, karena dipengaruhi oleh musim ikan. Berdasarkan data di lapangan dapat diketahui bahwa volume kapal tertinggi pada tahun 2020 adalah pada bulan November yaitu 94 kapal dari berbagai ukuran. Data maksimal tersebut yang berikutnya akan dijadikan sampel sebagai dasar perhitungan ketercukupan dermaga.

Volume bulanan kapal yang berjin pada tahun 2020 per ukuran kapal disajikan dalam Tabel berikut ini.

Tabel 2. Volume bulanan kapal yang berjin pada tahun 2020 per ukuran kapal

Bln	Ukuran Kapal (GT)								Tot
	0-5	5-10	10-30	30-50	50-100	100-200	200-300	>300	
Jan	-	26	26	3	5	3	2	1	66
Feb	-	19	43	1	4	-	1	-	68
Mar	1	19	47	2	7	3	2	-	81
Apr	-	18	50	2	5	1	1	-	77
Mei	-	11	28	1	5	5	1	-	77
Jun	-	5	38	2	4	2	-	-	51
Jul	1	9	44	5	4	3	1	1	68
Agst	-	9	46	1	5	-	1	-	62
Sept	1	19	55	5	3	-	3	-	86
Okt	1	19	52	2	5	1	1	-	81
Nov	1	23	55	3	9	2	-	1	94
Des	-	17	39	1	3	3	2	1	66
Tot	5	194	523	28	59	23	16	4	852
%	0,59	22,77	61,38	3,29	6,92	2,70	1,88	0,47	100

Dari data di atas didapat jumlah kapal ukuran 10-30GT maksimal dalam satu tahun adalah 717 kapal atau 84,15% dari total jumlah kapal selama satu tahun, atau rata-rata 60 kapal ukuran 10-30 GT per bulan.

3.2. Luas kolam pelabuhan

Luas Kolam Pelabuhan dihitung dengan menggunakan persamaan (1). Kolam putar digunakan untuk pergerakan kapal saat berlabuh. Luas kolam putar ditentukan berdasarkan panjang kapal terbesar yang menggunakan pelabuhan.

Luas belokan kapal, radius putar paling sedikit satu kali panjang kapal terbesar ditentukan berdasarkan persamaan (2) dimana:

$$\pi = 3,14;$$

$$l = \text{Panjang kapal terbesar (m)}$$

$$= 46,8 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} \text{Maka } L_t &= 3,14 \times (46,8)^2 \\ &= 6.877,4 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

Dengan demikian Luas Kolam Pelabuhan adalah

$$L = L_t + (3 \times n \times l \times b)$$

$$\begin{aligned} L &= 6.877,4 + (3 \times 5 \times 18,5 \times 4,5) \\ &= 8.126,15 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

3.3. Berth Occupancy Ratio (BOR)

Perhitungan nilai BOR bertujuan untuk mengetahui tingkat pemakaian dermaga. Perhitungan BOR dapat dihitung dengan menggunakan persamaan berikut [10]:

$$\text{BOR} = \frac{V_s \times St}{t \times n} \times 100\%$$

Dari data lapangan tahun 2020 diketahui

$$\text{BOR} = \frac{852 \times 5}{(24 \times 30) \times 8} \times 100\%$$

$$\begin{aligned} \text{BOR} &= 0,739 \times 100\% \\ &= 73,9\% \end{aligned}$$

Dengan demikian BOR masih memenuhi ketentuan dari UNCTAD.

4. KESIMPULAN

Kesimpulan yang dapat diambil dari Penelitian ini adalah Jumlah kapal yang masuk di Pelabuhan Perikanan Nusantara Ambon maksimal dalam satu tahun adalah 852 Unit Kapal dengan ukuran terbanyak adalah Kapal dengan ukuran 10-30GT yaitu sebanyak 717 unit kapal atau 84,15% dari total jumlah kapal selama satu tahun, atau rata-rata 60 kapal ukuran 10-30 GT per bulan. Luas Kolam Pelabuhan di PPN Ambon adalah sebesar = 8.126,15 m² dan *Berth Occupancy Ratio* (BOR) sebesar 73,9% dimana nilai BOR tersebut sudah sesuai dengan ketentuan UNCTAD. Dari keseluruhan hasil yang diperoleh, maka Kinerja Bongkar Muat Pelabuhan Perikanan Nusantara Ambon saat ini masih dapat menunjang kebijakan Penangkapan Ikan Terukur.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] *Kepmen KP No. 50/KEPMEN-KP/2017*. 2017.
- [2] E. Lubis, *Pelabuhan Perikanan*. Indonesia: Penerbit IPB Press, 2012.
- [3] Kementerian Kelautan dan Perikanan, "Peraturan Menteri Kelautan dan Perikanan RI Nomor PER.08/MEN/2012 Tentang Kepelabuhanan Perikanan," pp. 1–20, 2012,

- [Online]. Available:
<http://jdih.kkp.go.id/peraturan/per-08-men-2012.pdf>.
- [4] B. Triatmodjo, *Perencanaan Pelabuhan*. .
- [5] R. P. Soumokil, “Identifikasi Fasilitas Pokok dan Fasilitas Fungsional Dalam Rangka Peningkatan Produksi di Pelabuhan Perikanan Nusantara Ambon,” *J. Masohi*, vol. 01, no. No 1, pp. 9–17, 2020, [Online]. Available:
<http://journal.fdi.or.id/index.php/jmas/article/view/287/184>.
- [6] R. Soumokil, “Strategy To Improve The Class Of Ambon Archipelago Fisheries Port Into An Ocean Fishery Port Using Swot Analysis,” *Arika*, vol. 15, no. 1, pp. 1–14, 2021.
- [7] “Peraturan Menteri Kelautan dan Perikanan Nomor 18 Tahun 2021,” 2021.
- [8] “Keputusan Dirjen No 14/KEP-DJPT/2015 tentang Pelaksanaan Pemanfaatan Lahan dan Bangunan di Pelabuhan Perikanan,” [Online]. Available:
<https://kkp.go.id/djpt/artikel/7074-keputusan-dirjen-no-14-kep-djpt-2015>.
- [9] R.S. Amaliyah, A. Hasanuddin, W. Kriswardhana, “ANALISIS TINGKAT PELAYANAN DERMAGA PELABUHAN TANJUNG WANGI KABUPATEN BANYUWANGI,” *J. REKAYASA*, vol. 10, no. 1, pp. 45–54, 2020.
- [10] B. Triatmodjo, *Perencanaan Pelabuhan*. Beta Offset, 2009.

ANALISIS LAJU PENGAUSAN PERLINDUNGAN ZINK ANODA PADA KAPAL TERHADAP LAJU KOROSI

Sonja T. A. Lekatompessy¹

¹ Jurusan Teknik Perkapalan Fakultas Teknik Universitas Pattimura, Ambon 97233

E-mail: sonja.lekatompessy@gmail.com

Abstrak Korosi pada kapal merupakan salah satu masalah penting. Laju pengausan pada zink anoda adalah salah satu masalah yang ditinjau karena berhubungan langsung dengan efisiensi kerja dari zink anoda yang dapat mereduksi laju korosi. Tujuan penelitian ini untuk menganalisis seberapa besar laju korosi yang terjadi dengan membandingkan laju pengausan zink anoda terpasang pada kapal dan hasil perhitungan secara teoritis sehingga dapat diketahui perubahan laju korosi yang diakibatkannya. Data laju pengausan zink anoda terpasang diambil dari data 3 kapal dalam 5 tahun terakhir. Selain itu diperlukan data zink anoda setiap tahun. Hasil penelitian ini, pada kapal ke-1 laju pengausan cenderung tetap sebesar $19 \text{ m}^3 \cdot 10^{-3}$ terjadi penurunan laju korosi mencapai $0,0317 \text{ mm/tahun}$ pada tahun ke-5. Pada kapal ke-2 dan pada tahun ke 5 naik menjadi $0,0735 \text{ mm/tahun}$. Pada kapal ke-3 laju pengausan cenderung tetap hingga tahun ke-3 sebesar $22,23 \text{ m}^3 \cdot 10^{-3}$ dan naik pada tahun ke-4 dan ke-5 hingga $23,27 \text{ m}^3 \cdot 10^{-3}$ terjadi penurunan laju korosi mencapai $0,0388 \text{ mm/tahun}$ pada tahun ke-5.

Kata kunci: Zink anoda, laju korosi

Abstract Corrosion of the ship is one of the important problems. The rate of discharge on the zinc anodes is one of the problems reviewed because it is directly related to the working efficiency of the zinc anodes which can reduce the corrosion rate. The purpose of this study is to analyze how much corrosion rate occurs by comparing the anode zinc extraction rate attached to the ships and the theoretical calculation results so that it can be known the change in the resulting corrosion rate. Data on the rate of ignition of the installed zinc anodes are taken from the data of 3 ships in the last 5 years. In addition, zinc anodes data is required every year. The results of this study, on the 1st ship, the wear rate tends to remain at $19 \text{ m}^3 \cdot 10^{-3}$, there is a decrease in the corrosion rate reaching 0.0317 mm/year in the 5th year. On the 2nd ship, the wear rate tends to decrease at $14,62 \text{ m}^3 \cdot 10^{-3}$, there is a decrease in the corrosion rate reaching 0.0245 mm/year and the 5th year it increases to 0.0735 mm/year . On the 3rd ship the wear rate tends to remain until the 3rd year by $22.23 \text{ m}^3 \cdot 10^{-3}$ and rises in the 4th and 5th years to $23.27 \text{ m}^3 \cdot 10^{-3}$ there is a decrease in the corrosion rate reaching 0.0388 m/year in the 5th year.

Keywords: Zinc Anode, Corrosion Rate

1. PENDAHULUAN

Dalam mengatasi permasalahan korosi pada lambung kapal perlu diketahui penyebab dasar korosi pada kapal dan prinsip-prinsip perlindungan katodik. Ini juga memberikan tinjauan anoda korban yang tersedia dan anoda perlindungan katodik (ICCP) saat ini yang terkesan hanya untuk keuntungan dan kerugiannya untuk perlindungan lambung kapal tertentu. Kemajuan paling penting dalam perlindungan katodik kapal adalah pemodelan skala fisik dan pemodelan komputer selama satu setengah dekade terakhir. Kelebihan dan kekurangan pemodelan skala fisik dan pemodelan skala komputer dibahas secara rinci. Kebutuhan paket perangkat lunak dapat menentukan jumlah optimal anoda dan elektroda referensi dan posisi optimalnya di bagian bawah air kapal yang berbeda dan berbagai kelas lambung kapal semua kondisi operasi [1].

Korosi merupakan salah satu permasalahan yang sering ditemui dalam penggunaan bahan logam besi dalam kehidupan sehari-hari baik di rumah maupun skala industri. Banyak metode untuk menghambat proses korosi pada besi, salah satunya dengan perlindungan katodik dengan metode pengorbanan. Bahan kurban yang digunakan mengandung lebih banyak energi potensial negatif daripada besi. Dalam penelitian ini baja AISI 1020 yang akan dilindungi dengan seng sebagai anodel pengorbanan, yang dibantu oleh logam tambahan AZ31 magnesium dan aluminium 8011. Proses pengujian dilakukan dengan metode penurunan berat badan, di mana bahan direndam selama 2 bulan. Hasilnya menunjukkan tidak ada pengurangan berat pada aluminium 8011, baja AISI 1020 dan seng ketika aluminium 8011 ditambahkan ke perlindungan ini. Tetapi pengurangan berat badan terjadi pada magnesium AZ31 ketika magnesium digunakan sebagai logam tambahan [2].

Kontrol korosi kapal meliputi bahan baja, lapisan pelindung, dan perlindungan katodik, yang harus dipertimbangkan dalam semua tahap pemeliharaan kapal. Lapisan pelindung adalah elemen utama dari kontrol korosi. Bahan pelapisan yang dipilih dengan benar dan praktik aplikasi untuk kapal-kapal besar dan kompleks ini melibatkan investasi keuangan yang signifikan untuk mencapai peningkatan masa pakai dengan pemeliharaan dan perbaikan dalam layanan minimum, yang pada gilirannya mempromosikan keamanan kehidupan dan properti serta pelestarian lingkungan alam [3].

Sistem anoda korban yang dirancang sesuai dengan kebutuhan akan mencegah korosi pada permukaan selama pelat baja tercelup dalam air [4].

Zink anoda sangat penting untuk mereduksi laju korosi pada permukaan basah kapal. Zink anoda ditempelkan ke bagian-bagian kapal yang rawan terhadap korosi air laut. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui seberapa besar pengaruh kuat arus terpasang terhadap laju korosi dengan cara melakukan analisis terhadap data penggunaan zink anoda di lapangan dan data penggunaan zink anoda hasil perhitungan sehingga penggunaan kuat arus terpasang sesuai dengan kebutuhan akan mengurangi laju korosi. Untuk melihat pengaruh kuat arus terhadap laju korosi maka dibutuhkan data laju korosi 5 tahun terakhir dari kapal dan juga jumlah zink anoda yang dipergunakan setiap tahunnya. Dari grafik hasil perhitungan kuat arus sesuai teori dan hasil pemakaian zink anoda pada sembilan kapal, hasil yang didapat terlihat jelas bahwa kuat arus zink anoda terpasang harus mencukupi kebutuhan masing-masing kapal karena akan berpengaruh terhadap penurunan laju korosi [5].

An assessment of performance of zinc anodes on the cathodic protection of mild steel in 0.5 M hydrochloric acid was made at both the room and elevated temperatures. The cathodic protection reactions process was evaluated by weight-loss method, corrosion rate calculation and potential measurement methods. The effectiveness of zinc sacrificial anodes were found to be cathodically protective on mild steel in the hydrochloric acid at both the room temperature (27°C) and elevated temperature (60°C). There was close correlation of the results obtained for the weight-loss method and potential measurement in the HCL environment [6].

Zink anoda digunakan untuk perlindungan cathodic, kemudian pengaruh waktu pencelupan (10, 20, dan 30 hari) dan jarak anoda dari katoda (1, 2, dan 3 cm) diteliti. Perlindungan terbaik untuk

korosi diperoleh pada waktu pencelupan 10 hari dan jarak elektroda 1 cm, memungkinkan tingkat korosi 0,694 mpy dengan efisiensi 81,8% [7].

Dari grafik hasil perhitungan ZAP sesuai dengan teori dan hasil penggunaan ZAP, maka hasil yang diperoleh bahwa penambahan luas permukaan ZAP dan penambahan bobot ZAP mempengaruhi penurunan laju korosi [8].

Proses reaksi perlindungan cathodic dievaluasi dengan metode penurunan berat, perhitungan tingkat korosi dan metode pengukuran potensial. Efektivitas zink anoda korban ditemukan secara cathodically protektif pada baja ringan dalam asam klorida pada suhu ruangan (27 ° C) dan suhu tinggi (60 ° C). Ada korelasi dekat dari hasil yang diperoleh untuk metode penurunan berat dan pengukuran potensial [9].

Berdasarkan hasil wawancara dengan pemilik-pemilik kapal yang beroperasi di perairan Maluku tentang efisiensi penggunaan zink anoda dijelaskan bahwa ada yang menggunakan zink anoda lebih, dan ada juga yang kurang daripada yang diharuskan karena dari hasil ultrasonik terbukti bahwa dengan menambah zink anoda laju korosi yang diperoleh pada tahun berikutnya mengalami penurunan [5].

Adapun masalah yang ditinjau adalah kebutuhan zink anoda terpasang yang masih belum mencukupi kebutuhan kapal. Masalah ini ditinjau karena berhubungan langsung dengan efisiensi kerja dari zink anoda, yang dari hasil perhitungan akan terlihat apakah masalah yang ditinjau tersebut berpengaruh pada laju korosi pada pelat lambung basah kapal baja.

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh laju pengausan zink anoda terpasang terhadap laju korosi kapal baja.

2. BAHAN DAN METODE

Korosi adalah penurunan mutu logam akibat reaksi elektrokimia dengan lingkungannya. Korosi dapat terjadi apabila memiliki anoda, katoda, media elektrolit, adanya arus listrik akibat pergerakan elektron [7].

Diperlukan data ukuran pokok 3 buah kapal yang menggunakan anoda tumbal tipe zink anoda dan data ketebalan pelat kapal setiap tahun selama 5 tahun. Untuk mendapatkan data berat pelat terkorosi dengan cara merubah pengurangan ketebalan pelat (mm) tiap tahun ke dalam ukuran weight loss (gr) untuk mendapatkan laju korosi dari persamaan berikut [10]:

$$C_R = 87,6 \times \left(\frac{W}{DAT} \right) \quad (\text{mm/tahun}) \quad (1)$$

dimana, W = massa yang hilang akibat terkorosi (mg);
 D = rapat massa (gr/cm^3)
 = $7.8 \text{ mgr}/\text{m}^3$ atau $490\text{lb}/\text{ft}^3$;
 A = luas permukaan (in^2);
 T = lama pengujian (hari).

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Tabel dan Gambar

Laju pengausan zink anoda dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Laju pengausan seluruh zink anoda terpasang (kolom 1 s.d. 10)

No	1x6	2x7	3x8	4x9	5x10	1x11	2x12	3x13	4x14	5x15	16x1
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	19,0	19,0	19,0	19,0	19,0	22,4	26,0	22,4	26,0	26,0	41,4
2	14,7	14,7	14,7	14,6	14,6	8,5	8,5	6,1	14,2	14,2	23,2
3	22,2	22,2	22,2	23,3	23,3	-5,6	-5,6	-5,6	-4,5	-4,5	17,6

Keterangan :

- Kolom 1 s/d 5 = Laju pengausan total zink anoda tahun ke-1 hingga tahun ke-5 (m^3) 10^{-3}
- Kolom 6 s/d 10 = Volume sisa total zink anoda tahun ke-1 hingga tahun ke-5 (m^3) 10^{-3}
- Kolom 11 = Volume total zink anoda sebelum terpakai tahun pertama (m^3)

Laju pengausan per sebuah zink anoda dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Laju pengausan per sebuah zink anoda (m^3) 10^{-3}

No	TAHUN I	TAHUN II	TAHUN III	TAHUN IV	TAHUN V
	1	0,376	0,376	0,376	0,317
2	0,217	0,217	0,196	0,179	0,179
3	0,278	0,278	0,278	0,278	0,258

Keterangan:

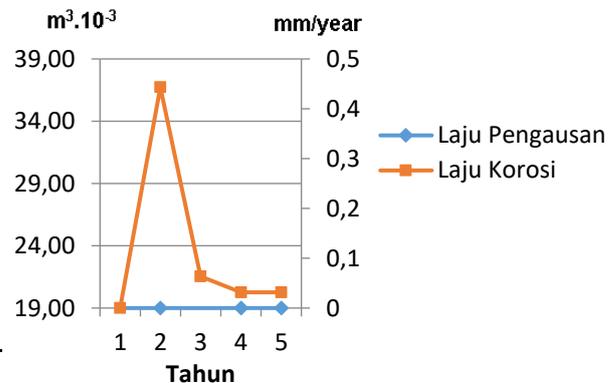
- 1.518 adalah harga tetapan laju pengausan sebuah anoda
- Untuk memperoleh laju pengausan sebuah zink anoda maka digunakan data hasil perhitungan pada tabel 2, di mana: Laju pengausan sebuah zink anoda = $1.158 \times X$ (m^3)

Volume sisa sebuah zink anoda dalam 1 tahun diperoleh dengan melihat selisih = Volume sebuah zink anoda – laju pengausan (m^3) $\times 10^{-3}$ dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Volume sisa zink anoda per tahun $\text{m}^3 \times 10^{-3}$

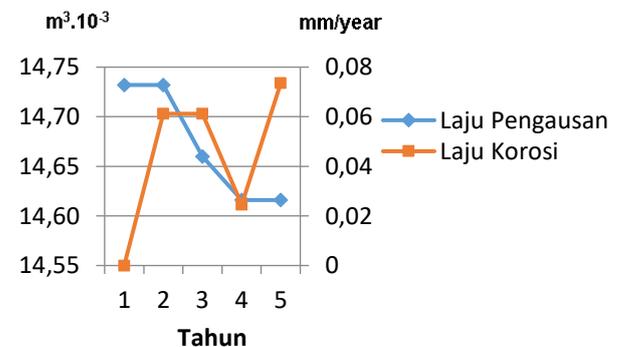
No	TAHUN I	TAHUN II	TAHUN III	TAHUN IV	TAHUN V	VOLUME
	1	0,487	0,520	0,487	0,520	0,520
2	0,146	0,146	0,118	0,197	0,221	0,400
3	-0,128	-0,128	-0,128	-0,095	0,642	0,400

Analisis dilakukan pada 3 kapal, yang masing-masing dibuat dalam analisis tersendiri dengan memperhatikan permasalahan yang ditinjau.



Gambar 1. Grafik korelasi *corrosion rate* dan laju pengausan pada kapal no. 1

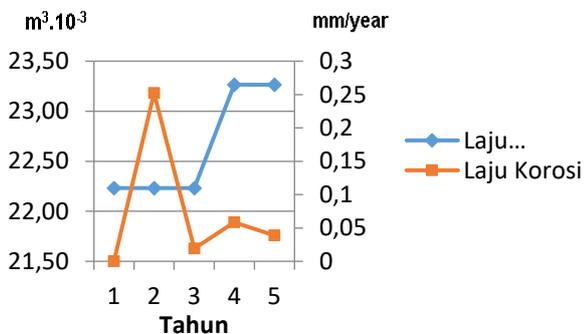
Berdasarkan perhitungan laju pengausan selama setahun kapal ini masih memiliki kelebihan atau sisa volume zink anoda.. Pada tahun ke-1 hingga tahun ke-5 dalam gambar 1 terlihat laju pengausan tetap pada $19,00 \text{ m}^3 \times 10^{-3}$. Sedangkan laju korosi memiliki kecenderungan semakin menurun hingga mencapai $0,0317 \text{ mm}/\text{tahun}$ pada tahun ke-5. Hal ini menunjukkan bahwa jumlah zink anoda memenuhi kebutuhan kapal sehingga mampu melindungi kapal setiap tahun dalam 5 tahun.



Gambar 2. Grafik korelasi *corrosion rate* dan laju pengausan pada kapal no. 2

Pada Gambar 2 di atas terlihat laju pengausan cenderung tetap dan menurun mulai tahun ke-1 hingga tahun ke-5. Namun tidak demikian halnya dengan laju korosi yang terjadi. Laju korosi cenderung menurun hingga tahun ke-4 mencapai $0,0245 \text{ mm}/\text{tahun}$, tetapi kemudian meningkat pada tahun ke-5 hingga mencapai $0,0735 \text{ mm}/\text{tahun}$. Hal ini. Penambahan jumlah zink anoda pada tahun ke-5 ternyata tidak membawa perubahan pada laju korosi, sebaliknya justru terjadi peningkatan laju

korosi. Berdasarkan teori seharusnya penambahan ini membawa dampak yang lebih baik terhadap pengendalian laju korosi. Karenanya diduga ada faktor lain yang menjadi penyebab tidak terkendalinya laju korosi.



Gambar 3. Grafik korelasi *corrosion rate* dan laju pengausan pada kapal no. 3

Dari grafik pada gambar 3, laju pengausan tetap hingga tahun ke-3 sebesar $22,23 m^3 \times 10^{-3}$, kemudian naik mencapai $23,27 m^3 \times 10^{-3}$ pada tahun ke-4 dan ke-5. Laju korosi terjadi cukup signifikan pada tahun ke-2 sebesar 0,2523 mm/tahun, hal ini diakibatkan jumlah zink anoda yang kurang sehingga permukaan lambung basah kapal yang terlindungi hanya sebagian saja. Pada tahun ke-3 dilakukan penambahan jumlah zink anoda, laju korosi mengalami penurunan hingga mencapai 0,0194 mm/tahun. Pada tahun ke-4 dan ke-5 terjadi sedikit kenaikan laju korosi sebesar 0,0388 mm/tahun, seiring dengan meningkatnya laju keausan.

4. KESIMPULAN

Korelasi antara laju keausan zink anoda dan laju korosi seharusnya dapat memberikan gambaran bahwa laju keausan yang tetap atau semakin menurun pada zink anoda memberikan dampak laju korosi yang semakin menurun. Pada kapal pertama, laju pengausan yang tetap sebesar $19,00 m^3 \times 10^{-3}$ mampu menahan laju korosi hingga mencapai 0,0317 mm/tahun pada tahun ke-5. Pada kapal ke-2 laju pengausan yang cenderung menurun hingga mencapai $14,62 m^3 \times 10^{-3}$ diikuti dengan menurunnya laju korosi hingga tahun ke-4 sebesar 0,0245 mm/tahun, tetapi kemudian meningkat pada tahun ke-5 hingga mencapai 0,0735 mm/tahun. Pada kapal ke-3, laju pengausan cenderung naik mencapai $23,27 m^3 \times 10^{-3}$ pada ke-5. Laju korosi terjadi cukup signifikan pada tahun ke-2 sebesar 0,2523 mm/tahun, kemudian mengalami penurunan yang signifikan pula hingga tahun ke-5 mencapai 0,0388 mm/tahun setelah dilakukan penambahan zink anoda.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terimakasih kepada Fakultas Teknik Universitas Pattimura sebagai penyandang dana (dana PNBP Fakultas Teknik) sehingga penelitian ini dapat selesai sesuai jadwal yang ditetapkan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Gurrappa, I., Yashwanth, I.V.S. & Mounika, I. Cathodic Protection Technology for Protection of Naval Structures Against Corrosion. *Proc. Natl. Acad. Sci., India, Sect. A Phys. Sci.* 85, 1–18 (2015). <https://doi.org/10.1007/s40010-014-0182-0>
- [2] Kusumaningrum I. and Usman M., IOP Conference Series: Materials Science and Engineering The Effect of More Anodic Metals from Zinc Addition on Cathodic Protection of Iron with Zinc as Sacrificial Anode Against Corrosion Rate, 494, <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1757-899X/494/1/012086#references>, (2019)
- [3] Chao W., George W., Marcus C., David L. O. and Stephen L., Handbook of Environmental Degradation of Materials (Third Edition) *Corrosion Protection of Ships* pp. 533-557, <https://doi.org/10.1016/B978-0-323-52472-8.00026-5>, (2018)
- [4] Class Guideline DNVGL-CG-0288, Corrosion Protection of Ships, Edition May 2017.
- [5] Lekatompessy, S. Analisis Pengendalian Korosi Pada Permukaan Basah Kapal-Kapal Baja Dengan Menggunakan Zink Anoda. Seminar Nasional Archipelago Engineering (ALE) Ke-4 2021, North America, jun. 2021. Available at: <<https://ocs.unpatti.ac.id/index.php?conferen ce=ale2021&schedConf=ale2021&page=pap er&op=view&path%5B%5D=18>>. Date accessed: 08 Aug. 2022.
- [6] Cleophas A L, Roland T L, and Abimbola P. P. (2019). Chemical Data Collection Performance Evaluation of Zinc Anodes for Cathodic Protection of Mild Steel Corrosion in HCL, 24, <https://doi.org/10.1016/j.cdc.2019.100280>
- [7] Komalasari, Komalasari & Evelyn, Evelyn & Situmeang, I & Heltina, Desi.(2020) Cathodic protection on stuctures of carbon steel using sacrificial anode methode for corrosion control. <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1757-899X/845/1/012015>
- [8] Sonja T. A. L. and Richard L.(2021). AIP

Conference Proceedings 2360, Analysis of the Effect of Protection System Installation Cathode and Sacrificial Anode (Zn) on Corrosion Rate of Steel Vessels,
<https://doi.org/10.1063/5.0059554>

- [9] Ngatmin, Ngatmin & Purwanto, Helmy & Riwayati, Indah. (2019). Analisis Laju Korosi Pada Plat Baja Lambung Kapal dengan Umpan Anoda Korban Aluminium. Jurnal Ilmiah Momentum. 15. 10.36499/jim.v15i2.3085.
DOI:[10.36499/jim.v15i2.3085](https://doi.org/10.36499/jim.v15i2.3085)
- [10] Trethewey, K. R. Korosi untuk Mahasiswa dan Rekayasawan. Penerbit PT Gramedia Pustaka Utama, Jakarta 1993.

PENGARUH FAKTOR BIOLOGI DENGAN KEJADIAN DERMATOSIS PADA NELAYAN DI DESA TULEHU, AMBON

M. Manuputty¹, J. Matakupan²

¹Jurusan Teknik Perkapalan Fakultas Teknik Universitas Pattimura, Ambon 97233

E-mail: monalisa.ftunpatti@gmail.com

²Jurusan Teknik Perkapalan Fakultas Teknik Universitas Pattimura, Ambon 97233

Email: matakupanjohanna@gmail.com

Abstrak. Salah satu penyakit akibat kerja yang menimpa masyarakat pekerja adalah penyakit kulit akibat kerja seperti dermatosis. Dermatosis yang dialami pekerja adalah dermatitis kontak akibat kerja yaitu dermatosis yang disebabkan terpaparnya kulit dengan bahan dari luar yang bersifat iritan atau allergen baik dari faktor kimia atau biologi pada lingkungan kerja. Pekerjaan yang berisiko terhadap kejadian dermatosis salah satunya adalah pekerjaan sebagai nelayan. Tujuan dari penelitian ini adalah menganalisis pengaruh faktor biologi dalam lingkungan kerja nelayan yang berkaitan dengan ikan dan biota laut serta pengaruh masa kerja dan penggunaan alat pelindung diri terhadap kejadian dermatosis yang dialami nelayan. Penelitian ini dimulai dengan membagikan kuesioner tentang lingkungan kerja dan penggunaan alat pelindung diri kepada 74 orang nelayan yang menjadi responden. Kemudian melakukan pemeriksaan kesehatan kulit terkait dengan gejala dermatosis yang dialami oleh responden. Data yang diperoleh dianalisis menggunakan program analisis statistik *Partial Least Square* (PLS). Hasil analisis menunjukkan seluruh indikator dan variabel yang diteliti valid dan reliabel sehingga seluruh indikator dan variabel yang diuji dalam penelitian ini dapat digunakan sebagai pengukur pengaruh antar variabel. Berdasarkan hasil uji hipotesis untuk melihat pengaruh antar variabel diperoleh nilai t-statistik $\geq 1,96$ dan p-value $\leq 0,05$ disimpulkan secara signifikan variabel ikan dan biota laut serta variabel masa kerja dan penggunaan alat pelindung diri mempengaruhi kejadian dermatosis pada nelayan. Variabel masa kerja dan penggunaan alat pelindung diri sebagai variabel moderator memperkuat pengaruh variabel ikan dan biota laut terhadap kejadian dermatosis.

Kata kunci: Faktor biologi, dermatosis, masa kerja, alat pelindung diri

Abstract. One of the occupational diseases that afflicts the working community is occupational skin diseases such as dermatosis. Dermatosis experienced by workers is occupational contact dermatitis, namely dermatosis caused by exposure of the skin to external substances that are irritants or allergens either from chemical or biological factors in the work environment. One of the jobs that are at risk for the incidence of dermatosis is work as a fisherman. The purpose of this study was to analyze the effect of biological factors in the work environment of fishermen related to fish and marine biota and the effect of working period and use of personal protective equipment on the incidence of dermatosis experienced by fishermen. This study began by distributing questionnaires about the work environment and the use of personal protective equipment to 74 fishermen who were respondents. Then carry out skin health checks related to the symptoms of dermatosis experienced by the respondent. The data obtained were analyzed using the *Partial Least Square* (PLS) statistical analysis program. The results of the analysis show that all indicators and variables studied are valid and reliable so that all indicators and variables tested in this study can be used as a measure of the influence between variables. Based on hypothesis test results to see the effect between variables, it was obtained that the t-statistic value ≥ 1.96 and p-value ≤ 0.05 , it was concluded that the fish and marine biota variables significantly and the variable working period and use of personal protective equipment affected the incidence of dermatosis in fishermen. The variables of working period and the use of personal protective equipment as

moderator variables strengthen the effect of fish and marine biota variables on the incidence of dermatosis.

Keywords: Biological factors, dermatosis, working period, personal protective equipment

1. PENDAHULUAN

Penyakit kulit akibat kerja (occupational dermatoses) yaitu peradangan yang terjadi di kulit merupakan salah satu penyakit akibat kerja yang dialami masyarakat pekerja. Penyakit kulit ini meliputi penyakit kulit baru yang timbul karena pekerjaan atau lingkungan kerja dan penyakit kulit lama yang kambuh karena pekerjaan atau lingkungan kerja. Definisi penyakit kulit akibat kerja adalah semua keadaan patologis kulit dengan pajanan pada pekerjaan sebagai faktor penyebab utama atau hanya sebagai faktor penunjang. Walaupun kelainan ini jarang membahayakan jiwa namun dapat menyebabkan morbiditas tinggi dan penderitaan bagi pekerja. Penyakit kulit akibat kerja merupakan salah satu penyebab berkurangnya produktivitas yang bermakna dan absensi karena sakit dalam dunia industri. Segala kelainan yang terjadi pada kulit yang disebabkan oleh pekerjaan merupakan dermatosis akibat kerja. Istilah dermatosis digunakan sebab kelainan kulit akibat kerja tidak selalu suatu peradangan, melainkan juga alergi [1][2]. Kurangnya pelaporan, kurangnya pengenalan kasus, dan klasifikasi kasus yang salah menimbun besarnya masalah yang sebenarnya terjadi. Masalah yang sebenarnya diperkirakan sebanyak 10 hingga 50 kali lebih tinggi dibandingkan angka yang dilaporkan. Dari 20-25% kasus gangguan kulit akibat kerja yang dilaporkan menyebabkan kehilangan waktu kerja rata-rata 10-20 hari kerja [3]. Segala kelainan yang terjadi pada kulit yang disebabkan oleh pekerjaan merupakan dermatosis akibat kerja. Salah satu dermatosis adalah dermatitis kontak akibat kerja (DKAK) yaitu dermatosis yang disebabkan terpaparnya kulit dengan bahan dari luar yang bersifat iritan atau allergen baik dari faktor kimia atau biologi pada lingkungan kerja. Gambaran klinis dan perjalanan penyakit dermatitis kontak akibat kerja sangat bervariasi tergantung pada berbagai faktor internal maupun eksternal, dapat akut maupun kronis [4].

Faktor biologi adalah faktor yang dapat mempengaruhi aktifitas pekerja yang bersifat biologi, disebabkan oleh makhluk hidup meliputi hewan, tumbuhan, dan produknya serta mikroorganisme yang dapat menyebabkan penyakit akibat kerja [5]. Lingkungan kerja nelayan adalah salah satu lingkungan kerja dengan faktor biologi.

Nelayan adalah orang-orang yang sehari-harinya bekerja menangkap ikan dan biota laut lainnya. Penyakit kulit pada nelayan berupa dermatitis dapat disebabkan oleh ikan dan biota laut serta lingkungan kerja basah merupakan tempat berkembangnya penyakit gangguan kulit tersebut [2]. Selain faktor karakteristik agen yang merupakan faktor penyebab langsung, faktor masa kerja dan penggunaan alat pelindung diri merupakan faktor penyebab tidak langsung yang berhubungan dengan kejadian dermatosis pada nelayan [1].

Alat pelindung diri (APD) adalah seperangkat alat yang digunakan oleh tenaga kerja untuk melindungi seluruh/sebagian tubuhnya dari sumber bahaya tertentu, baik yang berasal dari pekerjaan maupun dari lingkungan kerjanya dan berguna dalam usaha mencegah atau mengurangi kemungkinan cedera atau sakit [1]. Jenis-jenis alat pelindung diri yang aman bagi pekerja khususnya nelayan adalah: 1) pakaian kerja yang berlengan panjang, tidak longgar pada dada atau punggung, tidak terdapat lipatan-lipatan. Pakaian kerja jenis celana, harus menghindarkan bagian kaki yang terlalu panjang, bagian bawah yang terlalu lebar atau terlipat keluar karena akan mengurangi pergerakan dan mudah terkait atau jatuh; 2) alat pelindung kepala berupa topi/tudung yang berfungsi untuk melindungi dari panas dan dingin akibat cuaca kerja; 3) alat pelindung tangan berupa sarung tangan yang terbuat dari plastik untuk melindungi tangan dari basah dan kelembaban serta melindungi dari kontak terhadap ikan dan biota laut; 4) alat pelindung kaki berupa sepatu boot yang terbuat dari karet untuk melindungi kaki dari basah dan kelembaban juga dari kontak dengan ikan dan biota laut [6].

Definisi mengenai masa kerja antara lain: 1) Masa kerja adalah jangka waktu atau lamanya seseorang bekerja pada suatu instansi, kantor, dan sebagainya; 2) Masa kerja dapat terlihat dari berapa lama seseorang bekerja pada masing-masing pekerjaan atau jabatan; 3) Masa kerja merupakan akumulasi aktivitas kerja seseorang yang dilakukan dalam jangka waktu yang panjang [7].

Hasil wawancara awal terhadap 20 orang nelayan yang memiliki masa kerja lebih dari 1 tahun, diketahui 8 orang nelayan memiliki keluhan dermatitis kontak seperti gatal-gatal, kemerahan dan adanya gelembung-gelembung kecil pada kulit.

Rata-rata keluhan yang dirasakan nelayan terletak pada bagian kaki dan tangan. Sebagian besar nelayan yang diwawancarai belum pernah memeriksakan diri secara khusus terkait keluhan dermatitis yang dirasakannya dan tidak mengetahui bila keluhan dermatitis tersebut dapat disebabkan oleh faktor biologi pada lingkungan kerjanya. Selain itu masih banyak nelayan tidak menggunakan alat pelindung diri saat bekerja berupa sarung tangan dan sepatu boot. Berdasarkan hal tersebut penelitian ini dilakukan dengan tujuan menganalisis pengaruh faktor biologi dalam lingkungan kerja nelayan yang berkaitan dengan ikan dan biota laut serta pengaruh masa kerja dan penggunaan alat pelindung diri terhadap kejadian dermatosis yang dialami nelayan.

2. BAHAN DAN METODE

Jenis penelitian ini adalah penelitian eksplanatori dengan metode survey. Data diperoleh berdasarkan jawaban dari kuesioner yang dibagikan kepada responden dan hasil pemeriksaan kulit yang dilakukan oleh tenaga kesehatan. Jumlah responden dalam penelitian ini adalah 74 orang nelayan dari Desa Tulehu, Ambon yang merupakan seluruh populasi dari 4 buah kapal ikan dimana mereka bekerja. Penentuan jumlah sampel yaitu 74 responden sudah berdasarkan syarat minimal jumlah sampel dari program analisis *Partial Least Square* (PLS) yang digunakan yaitu jumlah indikator penelitian dikalikan dengan 5 ($13 \times 5 = 65$).

Variabel dalam penelitian ini adalah:

- i. Variabel bebas/eksogen yaitu ikan dan biota laut laut dengan indikator:
 - X1.1 berinteraksi dengan ikan
 - X1.2 berinteraksi dengan biota laut
 - X1.3 tidak berinteraksi dengan ikan dan biota laut
- ii. Variabel moderator masa kerja dengan indikator:
 - X2.1 masa kerja < 1 tahun
 - X2.2 masa kerja 1 - 5 tahun
 - X2.3 masa kerja 6 - 10 tahun
 - X2.4 masa kerja > 10 tahun
- iii. Variabel moderator penggunaan alat pelindung diri dengan indikator:
 - X3.1 menggunakan sarung tangan
 - X3.2 menggunakan sepatu
- iv. Variabel terikat/endogen yaitu kejadian dermatosis dengan indikator:
 - Y1 rasa gatal
 - Y2 ada ruam kemerahan
 - Y3 ada vesikel kecil berisi cairan
 - Y4 tidak ada keluhan

Hipotesis yang diajukan dalam penelitian ini adalah:

- H1 = Ada pengaruh ikan dan biota laut terhadap kejadian dermatosis.
- H2 = Ada pengaruh masa kerja terhadap kejadian dermatosis
- H3 = Ada pengaruh penggunaan APD terhadap kejadian dermatosis
- H4 = Ada pengaruh masa kerja sebagai variabel moderator dari variabel ikan dan biota laut terhadap kejadian dermatosis
- H5 = Ada pengaruh penggunaan APD sebagai variabel moderator dari variabel ikan dan biota laut terhadap kejadian dermatosis

Data dalam penelitian ini dianalisis menggunakan program analisis *Partial Least Square* (PLS). Program analisis PLS merupakan bagian dari program analisis *Structural Equation Model* (SEM). PLS merupakan metode analisis yang tidak membutuhkan banyak asumsi, dapat diterapkan pada semua skala data dan ukuran sampel tidak harus besar. PLS selain dapat digunakan sebagai konfirmasi teori juga dapat digunakan untuk membangun hubungan yang belum ada landasan teorinya atau untuk pengujian proposisi. Tahapan pengolahan data dengan program analisis PLS diawali dengan pembuatan model struktural yaitu penggambaran hubungan antar variabel yang dirancang berdasarkan hipotesis penelitian atau rumusan masalah. Kemudian dilanjutkan dengan pembuatan model pengukuran berupa penentuan indikator dari tiap variabel yang diteliti berdasarkan teori atau hasil-hasil penelitian terdahulu. Setelah data diperoleh dilakukan uji validitas dan reliabilitas. Uji validitas didasarkan pada nilai *loading factor* untuk validitas indikator dan nilai *Average Variance Extracted* (AVE) untuk validitas variabel. Suatu variabel dinyatakan valid bila nilai AVE $\geq 0,5$ sedangkan indikator dinyatakan valid bila nilai *loading factor* $\geq 0,7$. Uji reliabilitas dilakukan dengan melihat nilai *composite reliability* dari blok indikator yang mengukur variabel. Hasil *composite reliability* akan menunjukkan nilai yang memuaskan jika $\geq 0,7$. Uji reliabilitas juga bisa diperkuat dengan nilai Cronbach's Alpha dan dinyatakan reliabel bila nilai Cronbach's Alpha adalah $\geq 0,6$. Tahapan selanjutnya adalah pengujian hubungan antar variabel dan indikator berdasarkan nilai *Goodness of Fit* (GoF) dan R^2 . Nilai GoF merupakan ukuran tunggal untuk memvalidasi performa gabungan antara model pengukuran dan model struktural. Nilai GoF terbentang antara 0 sd 1 dengan interpretasi nilai: $\leq 0,25$ (GoF kecil), $0,25 \geq 0,38$ (GoF moderate), dan $\geq 0,38$ (GoF besar). Nilai GoF dihitung dengan persamaan sebagai berikut:

$$\text{GoF} = \sqrt{\text{AVE variabel Endogen} \times R^2} \quad (1)$$

Nilai R^2 adalah koefisien determinasi pada variabel endogen, Kriteria R^2 terdiri dari tiga klasifikasi, yaitu nilai $R^2 \geq 0,67$, $0,33 \geq 0,67$ dan $\leq 0,19$ sebagai substansial, sedang (*moderate*) dan lemah (*weak*). Uji koefisien determinasi dilakukan untuk mengetahui seberapa besar variabel endogen secara simultan mampu menjelaskan variabel eksogen. Nilai koefisien determinasi yaitu antara 0 dan 1. Jika nilai mendekati 1, artinya variabel eksogen memberikan hampir semua informasi yang dibutuhkan untuk memprediksi variabel endogen. Namun, jika nilai R^2 semakin kecil, artinya kemampuan variabel-variabel eksogen dalam menjelaskan variabel endogen cukup terbatas. Tahapan terakhir adalah pengujian hipotesis. Pengujian hipotesis dilakukan dengan t-test, bila t-statistik $\geq 1,96$ dan p-value $\leq 0,05$ (alpha 5%), maka disimpulkan signifikan atau sebaliknya. Bilamana hasil pengujian adalah signifikan, maka dapat diartikan bahwa terdapat pengaruh yang bermakna antara variabel eksogen terhadap variabel endogen [8][9].

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Hasil Pengumpulan Data

Berdasarkan jawaban responden diketahui 86,48% menyatakan berinteraksi dengan ikan saat bekerja sedangkan 41,89% berinteraksi juga dengan biota laut lainnya. Pada saat bekerja hanya 14,86% responden menggunakan sarung tangan dan 13,51% responden menggunakan sepatu kerja. Dapat disimpulkan lebih dari 85% responden tidak menggunakan alat pelindung diri saat melakukan pekerjaannya.

Dari 74 orang responden, 9,46% diantaranya memiliki masa kerja < 1 tahun, 66,22% memiliki masa kerja 1 – 5 tahun, 17,56% memiliki masa kerja 6 – 10 dan 6,76% memiliki masa kerja > 10 tahun.

Tabel 1. Masa kerja dan gejala dermatosis

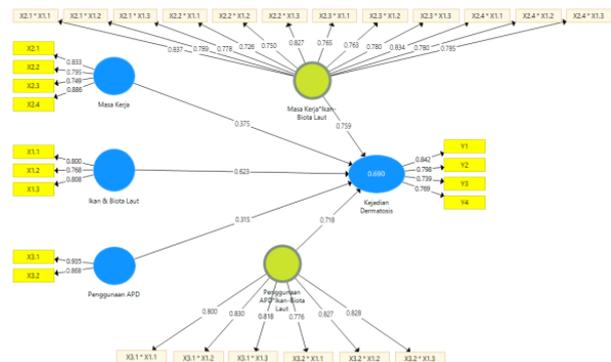
Masa kerja (Tahun)	Gejala DKAK yang dialami					Jumlah
	Gatal	Gatal & Ruam	Gatal & Vesikel	Gatal, Ruam & Vesikel	Normal	
< 1	2	1	0	0	4	7
1 – 5	4	10	2	3	30	49
6 – 10	3	5	2	1	2	13
> 10	2	2	0	0	1	5
Jumlah	11	18	4	4	37	74
Prosentase (%)	14,86	24,32	5,41	5,41	50,00	100

Hasil pemeriksaan kesehatan kulit responden menunjukkan 50,00% responden tidak mengalami gejala dermatitis kontak akibat kerja (DKAK) dan 50,00% lainnya mengalami gejala DKAK antara lain mengalami rasa gatal juga ruam kemerahan (24,32%) dan mengalami rasa gatal, ruam

kemerahan serta memiliki vesikel kecil berisi cairan (5,41%).

3.2. Hasil Analisis Data

Hasil analisis data yang ditunjukkan pada gambar 1 memperlihatkan nilai *loading factor* tiap indikator $\geq 0,7$ dan pada tabel 2 diketahui nilai AVE tiap variabel $\geq 0,5$. Berdasarkan persyaratan uji validitas pada program analisis PLS, hasil tersebut menunjukkan variabel dan indikator yang digunakan valid.



Gambar 1. Hasil analisis data dengan program PLS

Hasil uji reliabilitas menunjukkan semua variabel dinyatakan reliabel karena memiliki nilai *composite reliability* lebih besar dari 0,7 dan nilai Cronbach’s alpha lebih besar dari 0,6 (Tabel 2).

Dari hasil perhitungan berdasarkan persamaan (1) diperoleh nilai GoF sebesar 0,669, nilai tersebut > 0,38 sehingga dapat dikatakan hubungan antar variabel yang diteliti dan indikatornya memiliki performa yang valid.

Tabel 2. Nilai-nilai uji validitas dan reliabilitas serta R^2

Variabel	AVE	Composite Reliability	Cronbach’s Alpha	Nilai R^2
Ikan & biota laut	0,655	0,850	0,740	-
Masa kerja	0,616	0,865	0,790	-
Masa kerja*ikan & biota laut	0,541	0,825	0,719	-
Penggunaan APD	0,581	0,805	0,794	-
Penggunaan APD*ikan & biota laut	0,523	0,802	0,729	-
Kejadian dermatosis	0,650	0,787	0,771	0,690

Dengan nilai R^2 sebesar 0,690 maka hubungan antar variabel pada model struktural dinyatakan kuat karena $0,690 > 0,67$. Berdasarkan nilai R^2 tersebut dapat dikatakan kejadian dermatosis pada nelayan dipengaruhi oleh ikan dan biota laut, masa kerja dan penggunaan APD sebesar 69,0% dan 31% dipengaruhi oleh faktor lain yang tidak diteliti.

Tabel 3. Hasil uji hipotesis

Variabel	Original Sampel/Koef Path	Standar Deviasi	T statistik ((O/STDEV))	P Value
Ikan & biota laut -> kejadian dermatosis	0,623	0,186	3,349	0,001
Masa kerja -> kejadian dermatosis	0,375	0,126	2,976	0,036
Masa kerja*ikan & biota laut -> kejadian dermatosis	0,759	0,153	4,961	0,040
Penggunaan APD -> kejadian dermatosis	0,315	0,115	2,739	0,037
Penggunaan APD* ikan & biota laut -> kejadian dermatosis	0,718	0,164	4,378	0,032

Dari hasil analisis pada Tabel 3 terlihat hipotesis yang diajukan memiliki nilai yang memenuhi syarat signifikansi. Hasil uji hipotesis H1 menunjukkan ikan dan biota laut mempengaruhi kejadian dermatosis pada nelayan secara signifikan. Hal ini sesuai dengan hasil penelitian sebelumnya yang menyatakan dalam satu bulan terakhir terdapat 32% dari 144 orang nelayan memiliki riwayat gangguan kulit berupa tanda dan gejala dermatitis kontak [10].

Hasil uji hipotesis H2 menunjukkan masa kerja mempengaruhi kejadian dermatosis dan masa kerja sebagai variabel moderator (H4) memperkuat pengaruh dari variabel ikan dan biota laut terhadap kejadian dermatosis. Penelitian sebelumnya menyimpulkan ada hubungan antara masa kerja dengan kejadian dermatitis kontak iritan [11], begitu pula [10] yang menemukan hubungan antara masa kerja dengan kejadian dermatitis kontak dan menyatakan nelayan yang memiliki masa kerja lama lebih sering menderita gangguan kulit dibandingkan nelayan dengan masa kerja baru karena nelayan dengan masa kerja yang lama, lebih mudah untuk menderita gangguan kulit akibat sering terpapar dengan faktor penyebab di lingkungan tempat dimana nelayan itu bekerja.

Pemakaian alat pelindung diri (APD) berguna untuk mengurangi paparan langsung dari lingkungan kerja yang dapat menyebabkan kerusakan kulit pada daerah yang kontak dengan lingkungan dan alat kerja. Kontak langsung dengan bahan dan alat kerja tanpa menggunakan alat pelindung diri dapat menimbulkan abrasi yang menyebabkan kulit menjadi terkikis dan bahan iritan semakin mudah

untuk menyebabkan iritasi pada kulit. Kerusakan kulit yang terjadi dapat merusak *barrier* kulit pekerja, sehingga dapat mempermudah masuknya bahan iritan maupun alergen penyebab dermatitis kontak pada nelayan. Pemakaian alat pelindung diri ternyata menjadi faktor yang berhubungan dengan kejadian dermatitis pada nelayan yang bekerja di tempat pelelangan ikan. Responden yang cenderung memakai alat pelindung diri secara baik lebih rendah berisiko terkena dermatitis [12]. Hal ini sesuai dengan hasil uji hipotesis H3 dan H5 yang didapat yaitu penggunaan alat pelindung diri mempengaruhi kejadian dermatosis baik secara langsung maupun sebagai variabel moderator yang memperkuat pengaruh ikan dan biota laut.

Alat pelindung diri yang baik seharusnya dapat mengurangi potensi pekerja untuk terkena dermatitis kontak. Jika pekerja masih merasakan adanya kontak dengan bahan iritan ataupun allergen walaupun telah menggunakan APD, hal ini menunjukkan bahwa APD yang digunakan tidak sesuai untuk melindungi kulit dari bahan dan alat kerja yang dapat menjadi penyebab dermatitis. Pemilihan APD juga tidak hanya berdasarkan harga dan kualitasnya saja tetapi yang lebih penting adalah kesesuaiannya dengan proses kerja [13].

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis diketahui variabel ikan dan biota laut serta variabel masa kerja dan penggunaan alat pelindung diri sebagai variabel moderator menjelaskan 69,0% dari kejadian dermatosis yang dialami oleh nelayan sedangkan 31,0% sisanya dijelaskan oleh variabel lain yang tidak diukur dalam penelitian ini.

Berdasarkan hasil analisis hubungan antar variabel disimpulkan ikan dan biota laut serta masa kerja dan penggunaan alat pelindung diri mempengaruhi kejadian dermatosis pada nelayan. Masa kerja dan penggunaan alat pelindung diri sebagai variabel moderator memperkuat pengaruh ikan dan biota laut terhadap kejadian dermatosis.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih disampaikan pada Fakultas Teknik Universitas Pattimura sebagai penyandang dana (dana PNPB tahun 2021) sehingga penelitian ini dapat terlaksana dan diselesaikan sesuai jadwal.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Syari, S.M., Roga, A.U dan Setyobudi, A. (2022). Factors Related to Dermatitis Contact With Fishers at Oeba Fish Market Kupang City. Media Kesehatan Masyarakat, Vol.4, No.2. PP.

- 264-272. <https://ejurnal.undana.ac.id/MKM>. (diakses pada tanggal: 8 Agustus 2022)
- [2] Fitri Laila dan Sugiharto. (2017). Keluhan Dermatitis pada Pekerja pengupas Singkong. *Higeia: Journal Of Public Health Research and Development I* (1), PP. 65-72.
- [3] Wibisono, G.N., Kawatu, P.A.T dan Kolibu, F.K. (2018). Faktor-Faktor Yang Berhubungan Dengan Timbulnya Gangguan Kulit Pada Nelayan Di Kelurahan Posokan Kecamatan Lembah Utara Kota Bitung. *Jurnal KESMAS*, Vol.7, No.5. <https://ejournal.unsrat.ac.id/index.php/kesmas/article/viewFile/22559/22250>. (diakses pada tanggal: 8 Agustus 2022)
- [4] Wardhana, M., Luh Mas Rusyati, I.G.A. Karmila, Ratih Vebrianti, Puspawati GK Darmaputra, Martima W dan Suryawati. (2021). Pola Dermatitis Kontak Akibat kerja (DKAK) Pada Pekerja Garmen di Denpasar. <https://ojs.unud.ac.id/index.php/eum/article/view/67222/37384> (diakses pada tanggal: 12 maret 2021)
- [5] Peraturan Menteri Ketenagakerjaan Nomor 5 Tahun 2018 tentang Keselamatan dan Kesehatan Kerja Lingkungan Kerja.
- [6] Aisyah, S. (2020). Hubungan Penggunaan Alat Pelindung Diri (APD) dengan Keluhan Penyakit Kulit Pada Nelayan di Kelurahan Bagan Deli. Skripsi. Prodi Ilmu Kesehatan Masyarakat, Universitas Islam Negeri Sumatera Utara Medan. <http://repository.uinsu.ac.id/9547/1/SKRIPSI%20.pdf> (diakses pada tanggal: 6 April 2021)
- [7] Martin. (2020). Pengaruh Masa Kerja dan Kompetensi terhadap Kinerja Karyawan pada PT. Delamibrands Kharisma Busana. *Jurnal Ekonomi Bisnis Ekuivalensi*, Vol.6, No. 2.
- [8] Surya, S., Gusriani, N dan Irianingsih, I. (2020). Analisis Faktor yang Memengaruhi Brand Loyalti Gojek dengan Efek Mediator Menggunakan Partial Least Square Structural Equation Modeling (PLS-SEM). *Jurnal Matematika Integratif* Vol. 16, No.2, PP.127-137
- [9] Gita Alfa, A. N. (2017) Analisis Pengaruh Faktor keputusan konsumen dengan Structural Equation Modeling Partial Least Square. Universitas Pendidikan Indonesia. http://repository.upi.edu/29292/6/S_MAT_1306817_Chapter3.pdf (diakses pada tanggal: 7 April 2021).
- [10] Kasiadi, Y., Kawatu, P.A.T dan Langi F.L.G. (2018) Faktor-Faktor Yang Berhubungan Dengan Gangguan Kulit Pada Nelayan Di Desa Kalinaun Kecamatan Likupang Timur Kabupaten Minahasa Utara, *Jurnal KESMAS*, Vol.7, No.5. <https://ejournal.unsrat.ac.id/index.php/kesmas/article/view/22423>. (diakses pada tanggal: 8 Agustus 2022)
- [11] Pradaningrum, S., Lestantyo, D & Jayanti, S. (2018). Hubungan Personal Hygiene, Lama Kontak dan Masa Kerja dengan Gejala Dermatitis kontak Iritan Pada Pengrajin Tahu Mrican Semarang. *Jurnal Kesehatan Masyarakat (e-Journal)* Volume 6, Nomor 4. (ISSN: 2356-3346). PP. 378-386
- [12] Dewi, I.A.T., Wardhana, M dan Puspawati N.M.D. (2019). Prevalensi dan Karakteristik Dermatitis Kontak Akibat Kerja Pada Nelayan di Desa Perancak, Jembrana Tahun 2018. *E-Jurnal Medika Udayana* Vol 8 No. 12, PP. 1-6
- [13] Ruttina, E., Dyah Wulan SR. W., Sutarto, dan Anggraini, D. I. (2018) Faktor-Faktor yang Berhubungan dengan Kejadian Dermatitis Kontak Akibat Kerja Pada Pedagang Ikan di Pasar Tradisional-Modern Gudang Lelang, Teluk Betung Kota Bandar Lampung. *Medula*, Volume 8, Nomor 1, PP. 87-93

ANALISIS PEMILIHAN SUPPLIER MENGGUNAKAN ANALYTICAL HIERARCHY PROCESS (AHP)

Farid Abdullah¹, D. B. Paillin², B. J. Camerling³ dan, J. M. Tupan⁴

¹Jurusan Teknik Industri Fakultas Teknik Universitas Pattimura, Ambon 97233

E-mail: fariedabdullah30@gmail.com

²Jurusan Teknik Industri Fakultas Teknik Universitas Pattimura, Ambon 97233

E-mail: dani.ti.fatek@gmail.com

³Jurusan Teknik Industri Fakultas Teknik Universitas Pattimura, Ambon 97233

E-mail: camerlingbilly@gmail.com

⁴Jurusan Teknik Industri Fakultas Teknik Universitas Pattimura, Ambon 97233

E-mail: johan.tupan@fatek.unpatti.ac.id

Abstrak. Penelitian ini membahas tentang pemilihan *supplier* bahan baku kayu pada CV Fifa Pratama Mebel dengan menggunakan pendekatan AHP. Hasil pengolahan data dengan metode AHP dapat diperoleh lima kriteria dengan tingkat kepentingan secara berurutan yaitu kriteria harga menjadi prioritas pertama dalam pemilihan *Supplier* ini dengan bobot nilai (0,395), kemudian kriteria berikutnya yaitu kualitas dengan bobot (0,267), prioritas kriteria ketiga yaitu pengiriman mempunyai bobot kriteria (0,144), dan yang keempat kriteria pelayanan dengan bobot (0,098) kemudian prioritas terakhir yaitu kriteria ketetapan jumlah dengan bobot (0,097). Kemudian dengan AHP pula diperoleh bahwa *Supplier* yang direkomendasikan untuk diprioritaskan dengan memperhatikan kriteria-kriteria diatas adalah *Supplier* terpilih pertama yaitu *Supplier* A dengan bobot prioritas (0,351) kemudian urutan prioritas kedua *Supplier* C dengan bobot (0,346) dan prioritas ketiga yaitu *Supplier* B dengan bobot (0,306).

Kata kunci: AHP, Pemilihan Supplier, Kualitas, Harga, Pelayanan, Pengiriman

Abstract. This study discusses the selection of suppliers of wood raw materials at CV Fifa Pratama Furniture using the AHP approach. The data processing results with the AHP method can be obtained from five criteria with a level of importance sequentially; namely, the price criterion being the priority in selecting this supplier with a weighted value (0.395). The next criterion is quality with a weight (of 0.267), the third priority criterion is delivery weights criteria (0.144), and the fourth service criteria weights (0.098), then the last priority is the criteria for determining the amount with a weight of (0.097). Then with AHP, it was also obtained that the recommended supplier to be prioritized by taking into account the above criteria is the first selected supplier, namely Supplier A, with a priority weight (0.351). The second priority order is Supplier C with a weight of (0.346), and the third priority is Supplier B with a weight of (0.306).

Keywords: AHP, Supplier Selection, Quality, Price, Service, Delivery

1. PENDAHULUAN

Pesatnya perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi akan berdampak dengan meningkatnya persaingan industry yang semakin hari semakin ketat, banyak perusahaan yang berlomba-lomba untuk memenangkan persaingan tetapi perusahaan yang berkompeten saja yang mampu bertahan. Untuk mengatasinya, tiap perusahaan berusaha untuk

meningkatkan kualitas produknya melalui proses produksi dengan bahan baku yang bagus. Dalam pembelian bahan baku, perusahaan memanfaatkan supplier sebagai pemasok utama perusahaan. Pemilihan *supplier* yang tepat akan memberikan keuntungan lebih bagi perusahaan, hal ini merupakan keuntungan awal untuk proses selanjutnya. Dalam mengambil keputusan untuk memilih *supplier*,

pengambil keputusan membutuhkan alat analisis yang memungkinkan mereka untuk memecahkan masalah sehingga keputusan yang diambil optimal.

CV. Fifi Pratama Mebel merupakan salah satu usaha dagang yang berlokasi di Kota Ambon. Perusahaan ini merupakan perusahaan yang bergerak dalam industri *furniture* dengan sistem produksi berupa *make to order*. Perusahaan memiliki sebuah gudang untuk penyimpanan bahan baku dengan ukuran 6m x 5m, jenis bahan baku yang sering diorder dari *supplier* adalah jenis kayu lingua dengan ukuran yang bervariasi.

Berdasarkan hasil observasi awal dan wawancara yang dilakukan oleh peneliti terhadap perusahaan, ditemukan bahwa perusahaan mengalami kesulitan dalam melaksanakan proses produksi dikarenakan penyuplaian bahan baku yang dilakukan oleh *supplier* masih terdapat masalah seperti sering terjadi keterlambatan pengiriman bahan baku selama 1-2 minggu dari pihak *supplier*, harga bahan baku yang kompetitif mulai Rp5.000.000-Rp6.000.000/m³ dari tiap *supplier*, jumlah bahan baku yang dikirimkan tidak sesuai dengan kebutuhan pemesanan dan kualitas bahan baku yang dikirim tidak sesuai harapan. Berdasarkan masalah tersebut maka, perusahaan belum dapat menentukan *supplier* yang efisien untuk nantinya dapat digunakan sebagai bahan untuk memilih *supplier* yang terbaik bagi perusahaan.

Dalam penelitian kali ini akan ditentukan *Supplier* terbaik yang akan diusulkan kepada CV. Fifi Pratama Mebel dengan pertimbangan yang sudah dipilih. Pemilihan *Supplier* pada penelitian ini menggunakan metode *Analytic Hierarchy Proses (AHP)* yang digunakan untuk menentukan keputusan dengan menggunakan banyak kriteria. Tujuan penelitian ini adalah untuk mendapatkan nilai bobot prioritas bagi perusahaan dalam pemilihan *supplier*.

2. BAHAN DAN METODE

2.1 Supply Chain Management (SCM)

Supply Chain Management atau manajemen rantai pasokan merupakan kegiatan pengelolaan kegiatan-kegiatan dalam rangka memperoleh bahan mentah, mentransformasikan bahan mentah tersebut menjadi barang dalam proses dan barang jadi, dan mengirimkan produk tersebut ke konsumen melalui sistem distribusi. Kegiatan-kegiatan ini mencakup fungsi pembelian tradisional ditambah kegiatan-kegiatan lainnya yang penting bagi hubungan antara pemasok dengan distributor [1].

SCM bisa meliputi penetapan: (1) pengangkut, (2) pentransferan kredit dan tunai, (3) pemasok (*Supplier*), (4) distributor dan bank, (5) utang dan piutang, (6) pergudangan, (7)

pemenuhan pesanan, dan (8) membagi-bagi informasi mengenai ramalan permintaan, produksi, dan kegiatan pengendalian persediaan. Ada delapan bisnis inti dalam manajemen rantai pasokan yang meliputi [2]:

1. *Customer relationship management*
Mengidentifikasi pelanggan potensial yang dinilai akan memberikan keuntungan bagi perusahaan.
2. *Customer service management*
Informasi tepat waktu bagi pelanggan, untuk memperlancar pelaksanaan pengiriman barang.
3. *Demand management*
Menyeimbangkan antara permintaan pelanggan dengan kemampuan perusahaan untuk memenuhi permintaan tersebut.
4. *Order fulfillment*
Pemenuhan kebutuhan konsumen pada waktu, tempat, dan jumlah yang tepat.
5. *Manufacturing flow management*
Tindakan untuk menyesuaikan permintaan dari pelanggan dengan kemampuan produksi yang dapat dipenuhi perusahaan
6. *Procurement*
Tindakan dari fungsi pembelian dengan mengembangkan mekanisme komunikasi agar dapat mengurangi waktu dan memberikan penghematan dalam transaksi pembelian.
7. *Product development and commercialization*
Tindakan melibatkan *Supplier* dan konsumen dalam proses pengembangan produk perusahaan yang diinginkan oleh konsumen.
8. *Return*
Merupakan tindakan untuk mengelola *feedback* dari pelanggan terhadap produk guna perbaikan kinerja bagi perusahaan [3].

2.2 Pembelian (*Purchasing*)

Rantai pasokan menerima perhatian yang besar karena di sebagian besar perusahaan, pembelian merupakan kegiatan yang paling memakan biaya. Biaya pembelian sebagai persentase dari penjualan, untuk barang maupun jasa, sering kali substansial sifatnya. Aktivitas pembelian mempunyai posisi yang signifikan bagi kebanyakan perusahaan karena pembelian komponen, bahan baku, dan persediaan merepresentasikan 40 sampai 60 persen dari nilai penjualan produk jadinya [1]. Karena porsi pendapatan yang besar dilimpahkan untuk melakukan pembelian, maka strategi pembelian yang efektif merupakan sesuatu yang vital. Pembelian memberikan peluang besar pengurangan biaya dan peningkatan margin kontribusi. Selain itu mutu barang dan jasa yang dijual secara langsung

berhubungan dengan kualitas barang dan jasa yang dibeli. Tujuan dari kegiatan pembelian adalah:

- a. Membantu mengidentifikasi produk dan jasa yang dapat diperoleh secara eksternal.
- b. Mengembangkan, mengevaluasi, dan menentukan pemasok, harga dan pengiriman yang terbaik bagi barang dan jasa tersebut [4].

2.3 Pemilihan pemasok (*Supplier Selection*)

Salah satu aspek utama fungsi pembelian adalah pemilihan pemasok, pengadaan barang yang dibutuhkan, layanan dan peralatan untuk semua jenis perusahaan bisnis. Oleh karena itu, fungsi pembelian adalah bagian utama dari manajemen bisnis. Dalam lingkungan operasi yang kompetitif saat ini, sangat tidak mungkin untuk bisa sukses berproduksi dengan biaya rendah, dan menghasilkan produk yang berkualitas tanpa pemasok yang memuaskan. Dengan begitu, salah satu keputusan pembelian paling penting adalah pemilihan dan pemeliharaan hubungan dengan pemasok/ *Supplier* terpilih yang kompeten. Jadi, pemilihan *Supplier* yang kompeten adalah salah satu fungsi paling penting yang harus dilakukan oleh departemen pembelian. Proses pemilihan *Supplier* ini bermula dari kebutuhan akan *Supplier*, menentukan dan merumuskan kriteria keputusan, pre-kualifikasi (penyaringan awal dan menyiapkan sebuah *shortlist Supplier* potensial dari suatu daftar pemasok/ *Supplier*), pemilihan *Supplier* akhir, dan monitoring *Supplier* terpilih, yaitu evaluasi dan penilaian berlanjut. Kriteria-kriteria dan sub kriteria yang digunakan dalam pemilihan *Supplier* diambil dari hasil wawancara dan beberapa literatur yang terkait yaitu:

- a. Kriteria Harga [5], [6], [7], [8]

Yang termasuk Subkriteria pada kriteria harga adalah:

 - 1) Kepantasan harga dengan kualitas barang yang dihasilkan
 - 2) Kemampuan untuk memberikan potongan harga (diskon) pada pemesanan dalam jumlah tertentu.
- b. Kriteria Kualitas [5], [6], [7], [8]

Yang termasuk Subkriteria pada kriteria kualitas adalah:

 - 1) Kesesuaian barang dengan spesifikasi yang sudah ditetapkan
 - 2) Penyediaan barang tanpa cacat
 - 3) Kemampuan memberikan kualitas yang konsisten

- c. Kriteria Ketepatan Pengiriman [5], [6]

Yang termasuk Subkriteria dalam kriteria ini adalah:

- 1) Kemampuan untuk mengirimkan barang sesuai dengan tanggal yang telah disepakati.
- 2) Kemampuan dalam hal penanganan sistem transportasi

- d. Kriteria Ketepatan Jumlah [6]

Yang termasuk Subkriteria dalam kriteria ini adalah:

- 1) Ketepatan dan kesesuaian jumlah dalam pengiriman
- 2) Kesesuaian isi kemasan

- e. Kriteria *Customer Care* [9]

Yang termasuk Subkriteria dalam kriteria ini adalah:

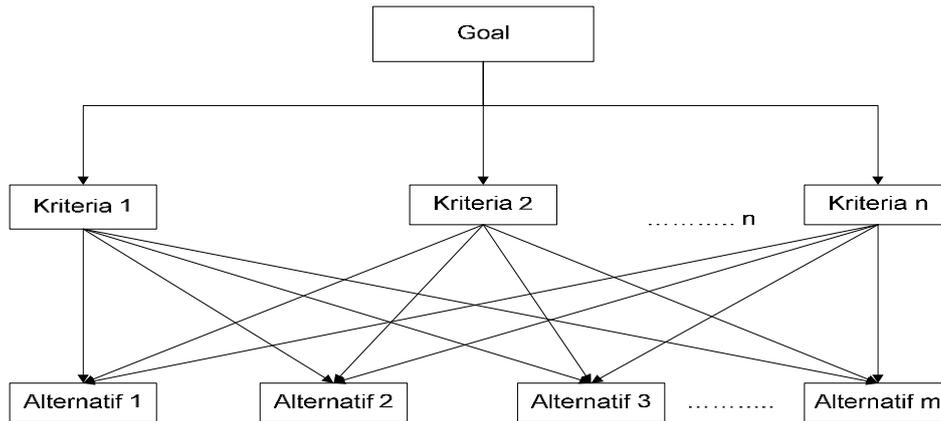
- 1) Kemudahan untuk dihubungi
- 2) Kemampuan untuk memberikan informasi secara jelas dan mudah untuk dimengerti
- 3) Kecepatan dalam hal menanggapi permintaan pelanggan
- 4) Cepat tanggap dalam menyelesaikan keluhan pelanggan.

2.4 Analytical Hierarchy Process (AHP)

Analytical Hierarchy Process (AHP) merupakan suatu model pendukung keputusan yang dikembangkan oleh Thomas L. Saaty. Pada hakikatnya AHP memperhitungkan hal-hal yang bersifat kualitatif dan kuantitatif. Konsepnya yaitu merubah nilai-nilai kualitatif menjadi nilai kuantitatif, sehingga keputusan yang diambil dapat lebih objektif. Proses pengambilan keputusan pada dasarnya adalah memilih suatu alternatif. Peralatan utama AHP adalah sebuah hirarki fungsional dengan input utama persepsi manusia. Dengan hirarki, suatu masalah kompleks tidak terstruktur dipecahkan kedalam kelompok-kelompoknya. Kemudian kelompok-kelompok tersebut diatur menjadi sebuah hirarki.

Adapun langkah-langkah dalam metode AHP adalah [10]:

1. Mendefinisikan masalah dan tujuan yang akan dicapai.
2. Mendefinisikan masalah dalam struktur hirarki. Diawali dengan tujuan umum, dilanjutkan dengan subtujuan-subtujuan, dan kemungkinan alternatif-alternatif pada tingkatan paling bawah.



Gambar 1. Struktur hirarki

3. Membuat matrik perbandingan berpasangan yang menggambarkan kontribusi relatif tiap-tiap level (ukuran $n \times n$).
4. Dengan rumus $n(n-1)/2$ keputusan untuk mengembangkan matriks pada langkah 3. Kebalikan nilai matriks perbandingan mengikuti nilai tiap-tiap elemen matriks perbandingannya. Elemen matriks segitiga atas sebagai input dan elemen matriks segitiga bawah memiliki rumus:

$$a[j,i] = \frac{1}{a[i,j]}, \text{ untuk } i \neq j \text{ dan } a[i,i] = 1, \quad (1)$$

dimana $i = 1, 2, \dots, n$.

5. Menentukan nilai sintesis hirarki yang digunakan untuk menentukan bobot *eigenvector* (vektor prioritas) dari kriteria. Penghitungan vektor prioritas dengan cara menjumlahkan nilai setiap kolom dari matriks kriteria kemudian membagi setiap nilai sel dari kolom dengan total kolom untuk memperoleh normalisasi matriks, dan

menjumlahkan nilai-nilai dari setiap baris dan dibagi n . Setiap vektor prioritas kriteria akan dikalikan dengan setiap elemen pada tingkat hirarki terendah dan dijumlah sehingga diperoleh *eigenvalue* (nilai bobot prioritas).

6. Memeriksa konsistensi hirarki (*Consistent Ratio*).

Yang diukur dalam AHP adalah rasio konsistensi dengan melihat *index* konsistensi. Konsistensi yang diharapkan adalah yang mendekati sempurna, yaitu $CR < 0.1$ agar menghasilkan keputusan yang mendekati valid.

$$CI = \frac{(\lambda_{maks} - n)}{(n-1)} \quad (2)$$

Keterangan:

n = banyak kriteria atau subkriteria

CI = indeks konsisten (*Consistent Index*)

$$CR = \frac{CI}{RI} \quad (3)$$

Tabel 1. Skala penilaian AHP [10][11]

Intensitas Kepentingan	Definisi	Penjelasan
1	Elemen yang satu sama pentingnya dibanding dengan elemen yang lain.	Kedua elemen menyumbang sama besar pada sifat tersebut
3	Elemen yang satu sedikit lebih penting dari pada elemen yang lain.	Pengalaman dan pertimbangan sedikit menyokong satu elemen atas yang lainnya.
5	Elemen yang satu esensial atau sangat penting dari pada elemen yang lain.	Pengalaman dan pertimbangan dengan kuat memihak pada satu elemen atas elemen lainnya.
7	Elemen yang satu jelas lebih penting dari pada elemen yang lain.	Satu elemen dengan kuat disokong dan dominannya telah terlihat.
9	Elemen yang satu mutlak lebih penting dari pada elemen yang lain.	Bukti yang menyokong elemen yang satu atas yang lain memiliki tingkat penegasan tertinggi.
2,4,6,8	Nilai-nilai tengah di antara dua pertimbangan yang berdekatan	Nilai ini diberikan bila diperlukan kompromi
1/(2-9)	Jika untuk aktivitas i mendapat satu angka bila dibandingkan dengan suatu aktifitas j , maka j mempunyai nilai kebalikan, bila dibandingkan dengan aktifitas i .	

Tabel 2. Nilai RI (Random Index)

n	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
RI	0,00	0,00	0,58	0,90	1,12	1,24	1,32	1,41	1,45	1,49	1,51

7. Langkah ke-3 hingga 6 merupakan langkah untuk seluruh level dalam hirarki

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Metode Analytical Hierarchy Process (AHP)

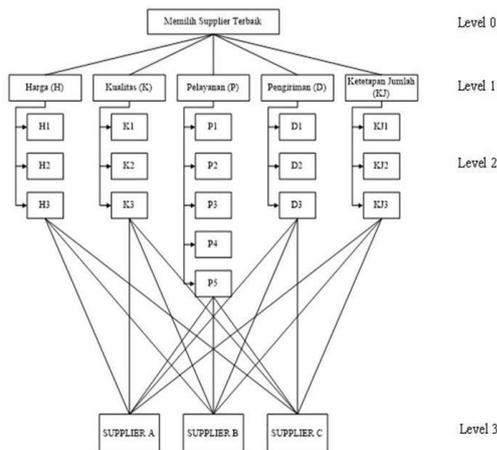
Dalam penyelesaian menggunakan metode AHP terdapat beberapa langkah-langkah sebagai berikut:

1. Membuat Struktur Hirarki

Setelah permasalahan didefinisikan, langkah selanjutnya adalah memecah persoalan yang utuh menjadi unsur-unsurnya. Pemecahan juga dilakukan terhadap unsur-unsurnya sampai tidak mungkin dilakukan pemecahan lebih lanjut untuk mendapatkan hasil yang akurat.

Dalam metode AHP, kriteria biasanya disusun dalam bentuk hirarki. Kriteria dan Subkriteria dalam penelitian ini merupakan kriteria dan Subkriteria yang dipakai oleh perusahaan dalam memilih *Supplier* kayu yang diperoleh dari hasil wawancara pendahuluan. Masalah pemilihan *Supplier* pada CV. Fifa Pritama Mebel disusun dalam tiga level hirarki seperti pada gambar 4.2. Level 0 merupakan tujuan yaitu memilih *Supplier* terbaik (optimal), level pertama merupakan kriteria dalam pemilihan *Supplier*, level 2 merupakan Subkriteria yang merupakan penjabaran dari level pertama (kriteria), sedangkan level 3 merupakan alternatif, *Supplier* mana yang sebaiknya dipilih.

Adapun struktur hirarki dalam pemilihan *Supplier* bahan baku pada CV. Fifa Pritama Mebel adalah sebagai berikut:



Gambar 2. Struktur hirarki keputusan pemilihan *supplier* CV. Fifa Pritama Mebel

2. Membuat matriks perbandingan berpasangan yang menggambarkan kontribusi relatif pengaruh setiap elemen terhadap masing-masing tujuan kriteria yang setingkat di atasnya.

a. Matrix Perbandingan Berpasangan Masing-masing Kriteria dalam Pemilihan *Supplier* Kayu pada CV. Fifa Pritama Mebel

Agar diperoleh bobot penilaian dari masing-masing variabel maka dibuat tabel skala penilaian perbandingan berpasangan. Adapun bentuk tabelnya sebagai berikut:

Tabel 3. Perbandingan berpasangan antar kriteria

Kriteria	Harga (H)	Kualitas (K)	Pelayanan (P)	Pengiriman (D)	Ketetapan Jumlah (KJ)
Harga (H)	1,0	1	5	3	5
Kualitas (K)	1,0	1,0	3	1	3
Pelayanan (P)	0,2	0,3	1,0	1	1
Pengiriman (D)	0,3	1,0	1,0	1,0	1
Ketetapan Jumlah (KJ)	0,2	0,3	1,0	1,0	1,0
Jumlah	2,7	3,7	11,1	7,0	11,0

Tabel 4. Nilai bobot prioritas kriteria

Kriteria	Harga (H)	Kualitas (K)	Pelayanan (P)	Pengiriman (D)	Ketetapan Jumlah (KJ)	Bobot	Presentase
Harga (H)	0,37	0,27	0,45	0,43	0,45	0,395	39%
Kualitas (K)	0,37	0,27	0,28	0,14	0,27	0,267	27%
Pelayanan (P)	0,07	0,09	0,09	0,14	0,09	0,097	10%
Pengiriman (D)	0,12	0,27	0,09	0,14	0,09	0,144	14%
Ketetapan Jumlah (KJ)	0,07	0,09	0,09	0,14	0,09	0,098	10%

$$\lambda_{maks} = (0,395 \times 2,7) + (0,267 \times 3,7) + (0,097 \times 11,1) + (0,144 \times 7,0) + (0,098 \times 11,0) = 5,21$$

Dihitung nilai CI dengan persamaan Persamaan (2), dengan n = 5 (jumlah kriteria).

$$CI = (5,21 - 5) / (5 - 1) = 0,05$$

Nilai RI untuk n = 5 adalah 1,12 (Tabel 2), sehingga dapat dihitung nilai CR dengan Persamaan (3)

$$CR = 0,05 / 1,12 = 0,04$$

(Konsisten karena memenuhi syarat $CR < 0,1$)

Dari hasil perhitungan perbandingan berpasangan antar variabel dalam pemilihan *supplier* diatas diperoleh bobot yang ditunjukkan dalam Tabel 5.

Berdasarkan hasil pengolahan matriks perbandingan dari masing-masing subkriteria dengan alternative/ *supplier* maka yang dipilih sebagai *supplier* prioritas adalah *supplier* C (*supplier* Tambilow) dengan besar bobot (0,35) dan *supplier* prioritas kedua adalah *supplier* B (*supplier* Sepa) dengan bobot (0,33) dan prioritas terakhir adalah *supplier* (*supplier* Ari) dengan bobot (0,32). Secara lengkap dapat dilihat pada Tabel 6.

Tabel 5. Bobot kriteria dan subkriteria AHP

Kriteria	Bobot	Prioritas	Sub Kriteria	Bobot	Prioritas
Harga	0,395	I	H1	0,669	I
			H2	0,243	II
			H3	0,088	III
Kualitas	0,267	I	K1	0,643	I
			K2	0,283	II
			K3	0,074	III
Pelayanan	0,097	V	P1	0,28	II
			P2	0,313	I
			P3	0,199	III
			P4	0,118	IV
			P5	0,09	V
Pengiriman	0,144	III	D1	0,64	I
			D2	0,28	III
			D3	0,07	II
Ketepatan Jumlah	0,098	IV	KJ1	0,435	II
			KJ2	0,487	I
			KJ3	0,078	III

Tabel 6. Bobot *supplier*

Supplier	Bobot	Persentase	Prioritas
A	0,351	35%	I
B	0,306	31%	III
C	0,346	34%	II

b. Konsistensi

Dengan model AHP yang memakai persepsi manusia sebagai inputnya maka ketidak konsistenan mungkin terjadi karena manusia memiliki keterbatasan dalam menyatakan persepsinya secara konsisten terutama harus membandingkan banyak kriteria. Berdasarkan kondisi ini maka manusia dapat menyatakan persepsinya tersebut akan konsisten nantinya atau tidak.

Pengukuran konsisten ini dimaksudkan untuk melihat ketidak konsistenan respon yang diberikan responden. Jika $CR < 0,1$ maka nilai perbandingan berpasangan pada matriks kriteria maupun subkriteria yang diberikan konsisten. Jika $CR > 0,1$ maka nilai perbandingan pada matriks perbandingan berpasangan yang diberikan tidak konsisten. Sehingga jika tidak konsisten maka pengisian nilai-nilai pada matriks berpasangan pada unsur kriteria maupun subkriteria dan alternatif harus dilakukan pengulangan. Tabel 7 merupakan nilai *Consistency ratio* (CR) dari penilaian responden.

Tabel 7. Nilai *Consistency Rasio* (CR)

Perbandingan Berpasangan	CR	Ket
Antar kriteria	0,05	Konsisten
Antar kriteria harga	0,00	Konsisten
Antar kriteria kualitas	0,08	Konsisten
Antar kriteria pelayanan	0,08	Konsisten
Antar kriteria pengiriman	0,08	Konsisten
Antar kriteria ketetapan jumlah	0,01	Konsisten

4. KESIMPULAN

Hasil pengolahan data dengan metode AHP dapat diperoleh lima kriteria dengan tingkat kepentingan secara berurutan yaitu kriteria harga menjadi prioritas pertama dalam pemilihan *Supplier* ini

dengan bobot nilai (0,395), kemudian kriteria berikutnya yaitu kualitas dengan bobot (0,267), prioritas kriteria ketiga yaitu pengiriman mempunyai bobot kriteria (0,144), dan yang keempat kriteria pelayanan dengan bobot (0,098) kemudian prioritas terakhir yaitu kriteria ketetapan jumlah dengan bobot (0,097).

Kemudian dengan AHP pula diperoleh bahwa *Supplier* yang direkomendasikan untuk diprioritaskan dengan memperhatikan kriteria-kriteria diatas adalah *Supplier* terpilih pertama yaitu *Supplier A* dengan bobot prioritas (0,351) kemudian urutan prioritas kedua *Supplier C* dengan bobot (0,346) dan prioritas ketiga yaitu *Supplier B* dengan bobot (0,306).

DAFTAR PUSTAKA

- [1] R. H. Ballou and S. K. Srivastava, *Business logistics/supply chain management: planning, organizing, and controlling the supply chain*. India: Pearson Education, 2007.
- [2] J. R. Stock and D. M. Lambert, *Strategic Logistics Management*, Fourth Edition. Boston: McGraw-Hill, 2001.
- [3] C. F. Putri, “Pemilihan Supplier Bahan Baku Pengemas Dengan Metode AHP (Analytical Hierarchy Process),” *Widya Teknika*, vol. 20, no. 1, pp. 25–31, 2012.
- [4] P. Astuti, “Pemilihan Supplier Bahan Baku Dengan Metode Ahp Study Kasus Pt . Nara Summit Industry , Cikarang,” pp. 39–48, 1993.
- [5] D. Rommer, D. B. Paillin, and J. M. Tupan, “Integrasi Analytical Hierarchy Process-Fuzzy Dalam Pemilihan Supplier”.
- [6] W. Latuny, D. B. Paillin, and S. Yaniah, “Kombinasi Analytical Hierarchy Process (AHP) dan Data Envelopment Analysis (DEA) untuk Pemilihan Supplier Pada UD. Jepara Putra Mebel,” *Performa: Media Ilmiah Teknik Industri*, vol. 19, no. 2, Oct. 2020, doi: 10.20961/performa.19.2.46324.
- [7] E. Adriantantri, D. Wilis, L. Basuki, and E. Nurcahyo, “Integration of AHP and DEA Methods for Supplier Selection,” *International Journal of Latest Engineering and Management Research (IJLEMR)* www.ijlemr.com //, vol. 05, pp. 40–47, 2020, [Online]. Available: www.ijlemr.com
- [8] M. Diouf and C. Kwak, “Fuzzy AHP, DEA, and managerial analysis for supplier selection and development; From the perspective of open innovation,” *Sustainability (Switzerland)*, vol. 10, no. 10, pp. 1–17, Oct. 2018, doi: 10.3390/su10103779.

- [9] M. I. Cahya, H. Setiawan, and N. Ummi, “Analisa Keputusan Pemilihan Supplier Pada PT. Mega Sakti Haq Menggunakan Metode Data Envelopment Analysis (DEA),” *Jurnal Teknik Industri*, vol. 5, no. 1, pp. 7–14, 2017.
- [10] T. L. Saaty, *The analytic hierarchy process*. New York: McGraw- Hill, 1980.
- [11] T. L. Saaty, “Decision making with the analytic hierarchy process,” 2008.

PENGUKURAN KINERJA MENGGUNAKAN BALANCED SCORECARD DI GRAMEDIA AMBON

Christian Alessandro¹, Alfredo Tutuhaturunewa² dan, Daniel B. Paillin³

¹Jurusan Teknik Industri Fakultas Teknik Universitas Pattimura, Ambon 97233

E-mail: christiansiburian32@gmail.com

²Jurusan Teknik Industri Fakultas Teknik Universitas Pattimura, Ambon 97233

E-mail: alfredo.tutuhaturunewa@gmail.com

³Jurusan Teknik Industri Fakultas Teknik Universitas Pattimura, Ambon 97233

E-mail: dani.ti.fatek@gmail.com

Abstrak. Gramedia Asri Media merupakan salah satu anak perusahaan dari Kompas Gramedia yang menyediakan berbagai macam jaringan toko buku dengan nama Toko Buku Gramedia di berbagai wilayah yang ada di Indonesia dan Malaysia. Salah satu toko Gramedia juga terdapat di kota Ambon. Penelitian ini bertujuan untuk mengukur kinerja dari Toko Buku Gramedia Ambon berdasarkan metode pengukuran kinerja Balanced Scorecard. Ada empat perspektif yang menjadi tolak ukur dari Balanced Scorecard, yaitu perspektif keuangan, perspektif pelanggan, perspektif internal bisnis, serta perspektif pembelajaran dan pertumbuhan. Tingkat kinerja dihitung pada masing-masing indikator disetiap perspektif pengukuran. Hasil pengukuran menunjukkan bahwa kinerja toko buku Gramedia dari perspektif pembelajaran dan pertumbuhan sudah baik, dari perspektif internal bisnis sudah cukup baik, dari perspektif pelanggan cukup baik, dan lemah pada perspektif keuangan.

Kata kunci: *Balanced Scorecard*, Pengukuran Kinerja, KPI.

Abstract. Gramedia Asri Media is a subsidiary of Kompas Gramedia which provides various bookstore networks under the name Gramedia Bookstore in various regions in Indonesia and Malaysia. One of the Gramedia stores is also in Ambon city. This study aims to measure the performance of the Ambon Gramedia Bookstore based on the Balanced Scorecard performance measurement method. There are four perspectives that become the benchmark of the Balanced Scorecard, namely financial perspective, customer perspective, internal business perspective, and learning and growth perspective. Performance level is calculated on each indicator in each measurement perspective. The measurement results show that the performance of the Gramedia bookstore at learning and growth perspective is good, at internal business perspective the performance is quite good, at customer perspective the performance is quite good, and weak at financial perspective.

Keywords: *Balanced Scorecard*, Performance Measurement, KPI.

1. PENDAHULUAN

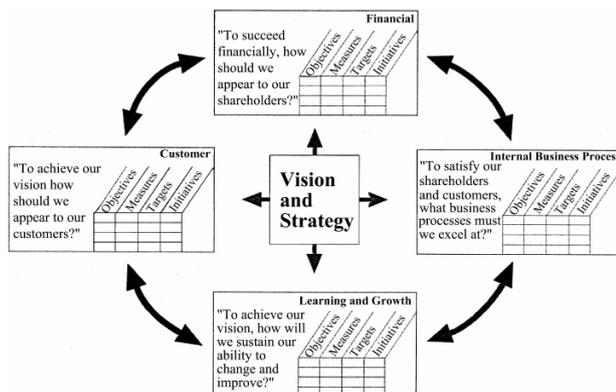
Perusahaan harus melakukan evaluasi untuk dapat mengetahui tingkat kemampuan dan posisi perusahaan dalam persaingan bisnis. Hasil evaluasi dapat menjadi acuan bagi perusahaan untuk meningkatkan atau memperbaiki produk dan layanan agar mencapai kepuasan konsumen, yang mana kepuasan tersebut dapat meningkatkan keuntungan perusahaan. Salah satu langkah awal sebelum melakukan evaluasi adalah dengan melakukan pengukuran kinerja.

Pengukuran kinerja merupakan salah satu langkah penting dalam upaya merumuskan dan menetapkan strategi bisnis demi memenangkan persaingan. Selain digunakan untuk mengukur dan menilai keberhasilan, pengukuran kinerja juga dapat menjadi dasar evaluasi dari kinerja di masa sebelumnya [1]. Pengukuran kinerja selama ini hanya menitikberatkan pada hasil akhir yaitu aspek keuangan dan ini belum mencukupi jika diterapkan di abad informasi dan komunikasi saat ini. Pengukuran kinerja yang seringkali hanya

menfokuskan pada aspek keuangan hanya akan menghasilkan laba maksimal dalam jangka pendek [2].

Bernardin dan Russel [3] memberikan pengertian kinerja sebagai berikut : “*performance is defined as the record of outcomes produced on a specified job function or activity during time period*”. Prestasi atau kinerja adalah catatan tentang hasil-hasil yang diperoleh dari fungsi-fungsi pekerjaan tertentu atau kegiatan selama kurun waktu tertentu.

Balanced Scorecard adalah sistem manajemen strategis yang mendefinisikan sistem akuntansi pertanggungjawaban berdasarkan strategi [4]. Balanced Scorecard merupakan salah satu konsep yang paling berpengaruh dalam akuntansi dan manajemen [5]. Balanced Scorecard menekankan bahwa pengukuran keuangan dan non-keuangan harus merupakan bagian dari sistem informasi bagi seluruh pegawai dari semua tingkatan dalam organisasi [6]. Tujuan dan pengukuran bukan hanya menggabungkan dari ukuran-ukuran keuangan dan non-keuangan serta tindakan jangka pendek dan jangka panjang [7]. Balanced Scorecard memperluas perpektif yang dicakup dalam perencanaan strategis, dari yang sebelumnya hanya terbatas pada perspektif keuangan, meluas ketiga perspektif yang lain: pelanggan, proses bisnis internal, serta pembelajaran dan pertumbuhan. Hubungan antara keempat perspektif Balanced Scorecard dengan visi dan strategi perusahaan ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Kerangka kerja Balanced scorecard

Sejak balanced scorecard diperkenalkan, konsep tersebut telah diadopsi secara luas. Aplikasi konsep ini antara lain pada industri kesehatan [8], [9], institusi pendidikan tinggi [10]–[12], industri kecil dan menengah [13], [14], industri perhotelan [15], [16], industri manufaktur [17], [18], bahkan pada penjualan retail [19]–[21].

Pada penelitian ini dilakukan pengukuran kinerja pada Toko Buku Gramedia di kota Ambon. Toko Buku Gramedia Ambon merupakan toko buku

terbesar di kota Ambon. Pengukuran kinerja pada penelitian ini menggunakan metode pengukuran kinerja Balanced Scorecard, yang mengukur kemampuan perusahaan tidak hanya dari perspektif keuangan, tetapi juga perspektif pelanggan, perspektif internal bisnis, serta perspektif pembelajaran dan pertumbuhan.

2. BAHAN DAN METODE

2.1. Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini akan dilakukan selama satu bulan yaitu 4 Februari 2022 hingga 5 Maret 2022, di Toko Buku Gramedia cabang kota Ambon.

2.2. Populasi dan Sampel Penelitian

Terdapat dua populasi pada penelitian ini, yaitu pelanggan dan seluruh karyawan Gramedia Ambon. Pengukuran kinerja pada aspek inovasi dan pembelajaran ditujukan kepada karyawan Gramedia Ambon, dengan populasi adalah seluruh karyawan Gramedia Ambon yang berjumlah 19 orang. Sampel merupakan bagian dari jumlah karakteristik yang dimiliki oleh populasi, sehingga responden yang dipilih adalah seluruh karyawan Gramedia Ambon, yaitu sebanyak 19 responden. Sedangkan jumlah sampel pada populasi pelanggan sebanyak 68 orang.

2.3. Variabel Penelitian

Adapun variabel-variabel dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

- Variabel terikat (Y). Variabel terikat atau dependen yang akan diukur dalam penelitian ini adalah tingkat kinerja Gramedia Ambon.
- Variabel bebas (X). Variabel bebas dalam penelitian adalah perspektif keuangan, perspektif pelanggan, perspektif proses bisnis internal, serta perspektif pembelajaran dan pertumbuhan

2.4. Perspektif Balanced Scorecard

Kinerja perspektif keuangan menjawab pertanyaan “*How do we look to shareholders?*” [2], yang diukur dari *gross operating profit* [23]. Ini dilakukan dengan membandingkan jumlah penjualan pada tahun 2020 dan tahun 2021. Pertumbuhan jumlah penjualan menunjukkan pertumbuhan laba, dan sebaliknya, penurunan penjualan menunjukkan penurunan laba.

Kinerja perspektif pelanggan merupakan jawaban atas pertanyaan “*How do customers see us?*” [2], yang diukur melalui indeks kepuasan pelanggan, dan jumlah keluhan pelanggan [22]. Indeks kepuasan pelanggan ini diperoleh melalui

kuesioner yang diberikan kepada pelanggan untuk mengetahui secara langsung tingkat kepuasan pelanggan Toko Buku Gramedia cabang kota Ambon. Sedangkan, jumlah keluhan pelanggan diperoleh dari data laporan keluhan pelanggan, serta hasil observasi lapangan.

Kinerja dari perspektif proses bisnis internal harus menjawab pertanyaan “*What must we excel at?*” [2]. Tujuan dan ukuran untuk perspektif proses bisnis internal diturunkan dari strategi eksplisit untuk memenuhi harapan pemegang saham dan pelanggan yang ditargetkan. Perspektif ini diukur berdasarkan pada *Innovation, On Time Delivery* untuk layanan PBA (Pesan Bayar Antar), serta *Product Damage/Return*.

Sementara, kinerja perspektif pembelajaran dan pertumbuhan menjawab pertanyaan “*Can we continue to improve and create value?*” [2], yang diukur dari 4 kategori yaitu, *SOP Completion, Training Completion, Employee Work Capability*, serta *Employee Motivation & Job Satisfaction*.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Perspektif Keuangan

Data penjualan tahun 2020 dan 2021 ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Diagram batang jumlah penjualan pada tahun 2020 dan 2021

Hasil pengukuran melalui jumlah penjualan pada tahun 2020 dan 2021, diketahui jumlah penjualan pada tahun 2020 dan 2021 memiliki perbedaan yang cukup besar, dimana tahun 2021 terjadi penurunan jumlah penjualan dibandingkan dengan tahun 2020. Adapun besar penurunan yang terjadi adalah 3,51%.

3.2. Perspektif Pelanggan

Kuesioner kepuasan pelanggan memiliki 10 pertanyaan dengan mengandung indikator *product/service attributes*, *customer relationship*, serta *image & reputation*. Berdasarkan hasil

pengukuran diketahui tingkat kinerja dari indikator *product/service attributes* sebesar 66,60%, indikator *customer relationship* sebesar 86,58%, indikator *image & reputation* sebesar 91,03%.

Berdasarkan hasil observasi keluhan pelanggan, pada tahun 2020 terdapat 12 keluhan pelanggan tidak menemukan buku/produk yang mereka cari/butuhkan, 4 keluhan buku tersusun berantakan, dan ada 2 keluhan ruangan toko panas akibat kerusakan pendingin ruangan. Sedangkan, pada tahun 2021 ada setidaknya 14 pelanggan yang mengeluhkan tidak menemukan buku/produk yang mereka cari ketika mendatangi Toko Buku Gramedia Ambon, kemudian ada 5 orang yang mengeluhkan tidak menemukan karyawan pada saat membutuhkan bantuan, dan ada 4 orang yang mengeluhkan lokasi Toko Buku Gramedia sulit dijangkau dikarenakan jauh dari tempat mereka tinggal.

3.3. Perspektif Proses Bisnis Internal

Pada proses ini yang diukur adalah frekuensi pengembangan pelayanan, dan tingkat pengadaan produk/buku baru. Pengembangan pelayanan yang dilakukan pada proses ini adalah memberikan suasana baru pada toko. Dengan cara, melakukan pengaturan ulang buku setiap 6 bulan sekali. Sehingga customer dapat merasakan pengalaman yang baru dan berbeda ketika berbelanja. Selain itu dilakukan pengadaan produk/buku baru. Adapun tujuan dari melakukan pengadaan produk baru ini adalah untuk memberikan nilai-nilai baru bagi konsumen, serta memenangkan persaingan perusahaan dengan memilih produk yang inovatif. Berdasarkan hasil pengukuran, diketahui bahwa terjadi penurunan jumlah judul baru di tahun 2021. Pada tahun 2020 jumlah judul baru adalah 9320, sedangkan pada tahun 2021 adalah 6960. Adapun penurunan yang terjadi adalah sebesar 25,32%.

Selain menjual buku melalui toko buku, Toko Buku Gramedia kota Ambon juga menyediakan layanan PBA (Pesan Bayar Antar). Layanan PBA merupakan bentuk layanan daring yang disediakan Toko Buku Gramedia kota Ambon untuk mempermudah customer yang ingin memesan buku tanpa harus datang ke toko buku. Layanan PBA sendiri, untuk sejauh ini tidak ada terjadi keterlambatan pengantaran barang, maupun kesalahan alamat dalam pengantarannya. Hal ini menunjukkan kualitas layanan PBA sudah baik. Semua barang yang dipesan telah diantar tepat waktu dan tepat sasaran.

Berdasarkan hasil pengukuran jumlah produk rusak/kembali, diketahui bahwa ada penurunan jumlah produk rusak/kembali di tahun 2021. Pada

tahun 2020 jumlah produk rusak/kembali adalah 26, sedangkan pada tahun 2021 adalah 16. Adapun penurunan yang terjadi adalah sebesar 38,46%.

3.4. Perspektif pembelajaran dan pertumbuhan

Toko Buku Gramedia cabang kota Ambon memiliki *Standard Operating Procedure* yang digunakan para karyawan untuk melakukan pekerjaannya. Superintendent melakukan pengawasan secara berkala terhadap *Sales Operation Associate* (SOA). Pengawasan ini memastikan bahwa setiap SOA mengikuti prosedur yang ada.

Pelatihan diperlukan untuk memenuhi dan meningkatkan keahlian dan pengetahuan yang dibutuhkan dalam menyelesaikan pekerjaan. Meningkatnya performa keahlian dan pengetahuan karyawan memberikan dampak peningkatan kinerja perusahaan. Untuk itu, kehadiran dan keikutsertaan dalam kegiatan pelatihan merupakan hal yang penting untuk meningkatkan sumber daya manusia yang ada. Berdasarkan data absensi pelatihan Gramedia Ambon, diketahui bahwa terjadi penurunan absensi sebanyak 75%. Selain itu untuk menanggapi absensi pada pelatihan, Toko Buku Gramedia kota Ambon menerapkan pelatihan daring. Dengan cara menyiapkan video pelatihan di internet, kemudian bagi karyawan yang tidak dapat menghadiri pelatihan dapat menyaksikan pelatihan sebagai bahan pembelajaran.

Berdasarkan hasil pengukuran tingkat keahlian karyawan, diketahui kemampuan intelektual karyawan 99%, kemampuan fisik 88%, kuantitas kerja 88%, kualitas kerja 70%, ketepatan waktu 83%, kebutuhan untuk supervisi 78%, dan dampak interpersonal 97%.

Berdasarkan hasil pengukuran tingkat motivasi dan kepuasan karyawan, diperoleh arah perilaku 90,79%, tingkat usaha 92,11%, tingkat kegigihan 86,84%, kepuasan terhadap pekerjaan sendiri 93,42%, kepuasan terhadap pemberian upah dan jaminan 88,82%, kepuasan terhadap promosi atau jabatan 93,42%, kepuasan terhadap atasan 94,08%, dan kepuasan terhadap rekan kerja 94,74%.

4. KESIMPULAN

Dari hasil penelitian yang dilakukan, kinerja Toko Buku Gramedia Ambon berada pada nilai sedang. Perspektif finansial menunjukkan nilai yang buruk, sementara perspektif pembelajaran dan pertumbuhan menunjukkan nilai baik. Untuk perspektif konsumen dan proses bisnis internal, kinerja yang ditunjukkan berada pada nilai sedang. Hal ini dikarenakan nilai beberapa indikator telah

baik, tetapi indikator lain menunjukkan nilai sebaliknya.

Karena keterbatasan waktu dan ketersediaan data yang tersedia, sehingga penelitian ini belum menunjukkan nilai kinerja sesungguhnya dari Toko Buku Gramedia cabang kota Ambon berdasarkan penerapan konsep *balanced scorecard*. Penelitian lebih lanjut diharapkan dapat dilakukan dengan pengumpulan data yang lebih komprehensif untuk menampilkan nilai kinerja sesungguhnya.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih kepada bapak Jacob Frits (*superintendent*) sebagai narasumber utama, serta terima kasih kepada para karyawan Gramedia Ambon lainnya yang telah meluangkan waktu dan membantu proses pengumpulan data.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] R. S. Kaplan and D. P. Norton, *The Balanced Scorecard: Translating Strategy into Action*, 1st edition. Boston, Mass: Harvard Business Review Press, 1996.
- [2] R. S. Kaplan and D. P. Norton, “The Balanced Scorecard—Measures that Drive Performance,” *Harvard Business Review*, Jan. 01, 1992. Accessed: Oct. 18, 2022. [Online]. Available: <https://hbr.org/1992/01/the-balanced-scorecard-measures-that-drive-performance-2>
- [3] Bernadin and Russel, “John & Russel, Joyce EA 2003,” *Human Resource Management (An Experimental Edition)*. Mc Grawhill Inc: Singapore, 2003.
- [4] D. R. Hansen and M. M. Mowen, *Akuntansi Manajerial*, 8th ed. Salemba Empat, 2011.
- [5] D. Ø. Madsen and T. Stenheim, “The Balanced Scorecard: A Review of Five Research Areas.” Rochester, NY, May 24, 2015. Accessed: Oct. 18, 2022. [Online]. Available: <https://papers.ssrn.com/abstract=2612643>
- [6] A. R. Ahmad and N. Kim Soon, “Balanced scorecard in higher education institutions: What should be consider?,” in *2015 International Symposium on Technology Management and Emerging Technologies (ISTMET)*, Aug. 2015, pp. 64–68. doi: 10.1109/ISTMET.2015.7359002.
- [7] E. G. Hansen and S. Schaltegger, “The Sustainability Balanced Scorecard: A Systematic Review of Architectures,” *Journal of Business Ethics*, vol. 133, no. 2, pp. 193–221, Jan. 2016, doi: 10.1007/s10551-014-2340-3.

- [8] G. H. Pink, I. McKillop, E. G. Schraa, C. Preyra, C. Montgomery, and G. R. Baker, “Creating a balanced scorecard for a hospital system,” *J Health Care Finance*, vol. 27, no. 3, pp. 1–20, Jan. 2001.
- [9] W. N. Zelman, G. H. Pink, and C. B. Matthias, “Use of the balanced scorecard in health care,” *J Health Care Finance*, vol. 29, no. 4, pp. 1–16, Jan. 2003.
- [10] C. Papenhausen and W. Einstein, “Implementing the Balanced Scorecard at a college of business,” *Measuring Business Excellence*, vol. 10, no. 3, pp. 15–22, Jan. 2006, doi: 10.1108/13683040610685757.
- [11] S. P. Philbin, “Design and implementation of the Balanced Scorecard at a university institute,” *Measuring Business Excellence*, vol. 15, no. 3, pp. 34–45, Jan. 2011, doi: 10.1108/13683041111161148.
- [12] S. Chen, C. Yang, and J. Shiau, “The application of balanced scorecard in the performance evaluation of higher education,” *The TQM Magazine*, vol. 18, no. 2, pp. 190–205, Jan. 2006, doi: 10.1108/09544780610647892.
- [13] G. Giannopoulos, A. Holt, E. Khansalar, and S. Cleanthous, “The Use of the Balanced Scorecard in Small Companies,” *IJBM*, vol. 8, no. 14, p. p1, Jun. 2013, doi: 10.5539/ijbm.v8n14p1.
- [14] K. J. Fernandes, V. Raja, and A. Whalley, “Lessons from implementing the balanced scorecard in a small and medium size manufacturing organization,” *Technovation*, vol. 26, no. 5, pp. 623–634, May 2006, doi: 10.1016/j.technovation.2005.03.006.
- [15] R. Sainaghi, P. Phillips, and V. Corti, “Measuring hotel performance: Using a balanced scorecard perspectives’ approach,” *International Journal of Hospitality Management*, vol. 34, pp. 150–159, Sep. 2013, doi: 10.1016/j.ijhm.2013.02.008.
- [16] Y. H. Kim, N. Barber, and D.-K. Kim, “Sustainability research in the hotel industry: Past, present, and future,” *Journal of Hospitality Marketing & Management*, vol. 28, no. 5, pp. 576–620, Jul. 2019, doi: 10.1080/19368623.2019.1533907.
- [17] B. Oyewo, O. Moses, and O. Erin, “Balanced scorecard usage and organizational effectiveness: evidence from manufacturing sector,” *Measuring Business Excellence*, vol. ahead-of-print, no. ahead-of-print, Jan. 2021, doi: 10.1108/MBE-01-2021-0005.
- [18] L. E. Quezada, D. E. Aguilera, P. I. Palominos, and A. M. Oddershede, “An ANP Model to Generate Performance Indicators for Manufacturing Firms Under a Balanced Scorecard Approach,” *Engineering Management Journal*, vol. 34, no. 1, pp. 70–84, Jan. 2022, doi: 10.1080/10429247.2020.1840877.
- [19] A. Y. Effendi, T. Soebijono, and E. Rahmawati, “Performance Assessment System Architecture of Retail Shops in PT. Surabaya International Stars with the Balanced Scorecard Method,” *Journal:eArticle, Universitas Dinamika*, 2018. Accessed: Oct. 22, 2022. [Online]. Available: <https://www.neliti.com/publications/245867/>
- [20] C. da C. Webber, J. O. Sausen, K. Basso, and C. G. Laimer, “Remodelling the retail store for better sales performance,” *International Journal of Retail & Distribution Management*, vol. 46, no. 11/12, pp. 1041–1055, Jan. 2018, doi: 10.1108/IJRDM-08-2017-0162.
- [21] N. Nuraeni, M. Sidik, R. Nasri, and M. Yusuf, “MEASURING EMPLOYEE PERFORMANCE WITH THE HUMAN RESOURCE SCORECARD APPROACH PT MATAHARI DEPARTMENT STORE CIPUTRA CIBUBUR,” *Journal of Economics, Management, Entrepreneurship, and Business (JEMEB)*, vol. 1, no. 2, pp. 179–186, Nov. 2021, doi: 10.52909/jemeb.v1i2.50.
- [22] S. Elbanna, R. Eid, and H. Kamel, “Measuring hotel performance using the balanced scorecard: A theoretical construct development and its empirical validation,” *International Journal of Hospitality Management*, vol. 51, pp. 105–114, Oct. 2015, doi: 10.1016/j.ijhm.2015.09.004.
- [23] S. Elbanna, H. Kamel, T. Fatima, and R. Eid, “An investigation of the causality links in the balanced scorecard: The case of the Gulf Cooperation Council hospitality industry,” *Tourism Management Perspectives*, vol. 41, p. 100934, Jan. 2022, doi: 10.1016/j.tmp.2021.100934.

ANALISIS KUALITAS LIMBAH WASTE WATER TREATMENT PLANT DENGAN METODE SEVEN TOOLS

A. Soleman¹, A. Tutuhatonewa² dan, R. Pakay³

¹Jurusan Teknik Industri Fakultas Teknik Universitas Pattimura, Ambon 97233

E-mail: a.soleman@fatek.unpatti.ac.id

²Jurusan Teknik Industri Fakultas Teknik Universitas Pattimura, Ambon 97233

Email: alfredo.tutuhatonewa@fatek.unpatti.ac.id

³Jurusan Teknik Industri Fakultas Teknik Universitas Pattimura, Ambon 97233

Email: rahmat.pakay@gmail.com

Abstrak. Penelitian dilakukan pada Pembangkit Listrik Tenaga Mesin Gas (PLTMG) Seram Peaker berkapasitas 20 MW, di Masohi – Maluku Tengah. Hasil wawancara terhadap 20 warga sekitar, 95% merasa khawatir terhadap dampak limbah *wastewater treatment plant*. Berdasarkan identifikasi pada kegiatan *wastewater treatment plant*, diperoleh bahwa 50% sampel merupakan limbah cacat atau tidak aman bagi lingkungan. Tujuan penelitian ini adalah memperoleh tingkat kualitas limbah Pembangkit Listrik Tenaga Mesin Gas, dan merekomendasikan opsi penyelesaian masalah kualitas limbah tersebut. Metode analisis data yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode *seven tools*. Setelah rekomendasi diterapkan selama dua bulan diperoleh hasil pengujian laboratorium adalah rata-rata nilai ukur pH 7,4 Mg/liter, minyak lemak 4,0 Mg/liter, COD 85 Mg/liter dan total karbon 89,6 Mg/liter. Hasil pengujian laboratorium tersebut menunjukkan bahwa limbah yang dihasilkan adalah aman bagi lingkungan dengan tingkat kualitas 93,75%.

Kata kunci: Limbah, *Wastewater Treatment Plant*, *Seven Tools*

Abstract. The research was conducted at the Seram Peaker Gas Engine Power Plant (PLTMG) with a 20 MW capacity in Masohi – Central Maluku. From interviews with 20 local residents, 95% are worried about the impact of wastewater treatment plant waste. Based on the identification of the wastewater treatment plant, it was found that 50% of the samples were defective or unsafe for the environment. The purpose of this research is to obtain the level of waste quality of the Gas Engine Power Plant and to recommend options for solving the quality problem of the waste. The data analysis method used in this research is the seven tools method. After the application the recommendations were applied for two months, the results of laboratory tests showed that the average measuring value was pH 7.4 Mg/liter, fat oil 4.0 Mg/liter, COD 85 Mg/liter, and total carbon 89.6 Mg/liter. The results of these laboratory tests indicate that the waste produced is safe for the environment with a quality level of 93.75%.

Keywords: Waste, *Wastewater Treatment Plant*, *Seven Tools*

1. PENDAHULUAN

Salah satu bahan sisa dari hasil industri yang menyita perhatian saat ini adalah limbah cair. Limbah cair merupakan air yang tidak dapat dimanfaatkan lagi serta dapat menimbulkan dampak yang buruk terhadap manusia dan lingkungan [1]. Pengolahan yang tepat bagi limbah cair sangat

diutamakan agar tidak mencemari lingkungan [2]. Teknologi pengolahan air limbah adalah kunci dalam memelihara kelestarian lingkungan. Berbagai teknik pengolahan air limbah untuk menyisihkan bahan polutannya telah dicoba dan dikembangkan selama ini. Teknik-teknik pengolahan air buangan yang telah dikembangkan tersebut secara umum

dapat dibagi menjadi tiga metode pengolahan, yaitu pengolahan secara fisika, pengolahan secara kimia, dan pengolahan secara biologi [3].

Berdasarkan observasi lapangan diperoleh bahwa: 1). Terdapat pengolahan limbah pada Pembangkit Listrik Tenaga Mesin Gas (PLTMG) Seram Peaker berkapasitas 20 MW Masohi – Maluku Tengah yaitu dengan sistem *Waste Water Treatment Plant* (WWTP) atau Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL); 2). Pengambilan sampel dilakukan seminggu sekali oleh perusahaan kemudian dilakukan uji laboratorium yang bertujuan untuk memastikan bahwa 4 parameter utama yaitu kadar pH, minyak lemak, COD dan total carbon yang dipersyaratkan oleh perusahaan masih dalam ambang batas normal; 3). Berdasarkan hasil wawancara terhadap 20 orang warga disekitar PLTMG, 95% merasa khawatir terhadap dampak limbah WWTP. Identifikasi awal pada kegiatan WWTP diperoleh bahwa hasil dari jumlah sampel limbah, 50% merupakan sampel limbah cacat (sampel tidak aman bagi lingkungan). Sampel cacat adalah limbah yang mempunyai karakteristik berbahaya bagi lingkungan.

Tujuan penelitian ini adalah mengidentifikasi penyebab tersebut sehingga merekomendasikan perbaikan dengan pendekatan seven tools untuk pengendalian kualitas Limbah WWTP PLTMG Seram Peaker 20 MW dengan Metode Seven Tools.

2. BAHAN DAN METODE

2.1. Metode Seven Tools

Seven tools merupakan salah satu saran yang digunakan dalam pengendalian proses statistik yaitu berupa tujuh alat pengendalian mutu yang menggunakan teknik statistik. Alat-alat ini meliputi:

A. Lembar Pemeriksaan

Dalam kegiatan produksi diperlukan lembar pengamatan (*checksheet*) untuk mempermudah dalam melakukan pengumpulan data terhadap informasi yang diperlukan oleh pengamat. Lembar pengamatan ini berupa data yang hendak diamati, tanggal dan tempat pencatatan, jumlah atau frekuensi data dan identitas pencatat data tersebut. Informasi yang terdapat dalam *checksheet* ini sedapat mungkin dikelompokkan secara spesifik sehingga memudahkan dalam pengolahan data tersebut.

B. Histogram

Dalam sebuah histogram frekuensi, nilai sumbu vertikal (x) menggambarkan jumlah dari observasi yang dilakukan setiap kelas. Sedangkan untuk sumbu horizontal (y) menggambarkan masing-masing kelas atau bagian.

C. Stratifikasi

Kegunaan dari stratifikasi adalah untuk mengetahui atau melihat secara lebih terperinci pengelompokan faktor-faktor yang akan mempengaruhi karakteristik mutu. Secara matematis stratifikasi diperoleh berdasarkan rumus berikut:

$$Sc = \frac{\sum KLC}{\sum TKL} \times 100\% \quad (1)$$

D. Diagram Pareto

Langkah-langkah dalam pembuatan Diagram Pareto menurut [4], [5], yaitu:

- Menentukan metode atau arti dalam pengklasifikasian data, misalnya berdasarkan masalah, penyebab, jenis ketidaksesuaian, dan sebagainya.
- Menentukan satuan yang digunakan untuk membuat urutan karakteristik karakteristik tersebut, misalnya rupiah, frekuensi, unit, dan sebagainya.
- Mengumpulkan data sesuai dengan interval waktu yang telah ditentukan.
- Merangkum data dan membuat rangking kategori data tersebut dari yang terbesar dan yang terkecil.
- Menghitung frekuensi kumulatif atau persentase kumulatif yang digunakan.
- Menggambar diagram batang, menunjukkan tingkat kepentingan relatif masing-masing masalah. Mengidentifikasi beberapa hal yang penting untuk mendapat perhatian.

E. Diagram Pencar (Scatter Diagram)

Kegunaan dari diagram pencar adalah untuk melihat ada tidaknya korelasi (hubungan) dari suatu penyebab/faktor yang lain atau terhadap akibat karakteristik kualitas. Cara pembuatan diagram pencar, yaitu:

- Mengumpulkan data yang diinginkan dan ditabelkan.
- Menggambar sumbu x dan y beserta skala dan keterangannya, kemudian menggambarkan titik-titik data yang sesuai dengan tabel.

F. Grafik Pengendali (Control Chart)

Adapun penggunaan grafik pengendali adalah:

- Pemantauan dan pengawasan suatu proses.
- Pengurangan variabilitas proses.
- Penafsiran parameter produk atau proses.

Secara matematis grafik pengendali kualitas terdiri atas tiga indikator yaitu UCL, X bar dan LCL. Secara matematis tiga indikator tersebut dapat dihitung sebagai berikut:

$$UCL = \sigma + X \text{ bar} \quad (2)$$

$$X \text{ bar} = \sum x n \quad (3)$$

$$LCL = \sigma - X \text{ bar} \quad (4)$$

G. Diagram Sebab-Akibat (Cause Effect Diagram)

Jika suatu proses stabil maka diagram akan memberikan petunjuk pada penyebab yang akan diperiksa untuk perbaikan proses. Prinsip yang dipakai dalam membuat diagram sebab-akibat ini adalah sumbang saran (*brainstorming*). Terdapat tiga macam jenis dari aplikasi *Cause Effect Diagram* yang sering dipakai, yaitu:

1. *Cause Enumeration* (Berdasarkan jenis penyebab).
2. *Dispersion Analysis* (berdasar 5 faktor utama 4M 1E yaitu Man, Machine, Material, Methode, Environment).
3. *Process Analysis* (berdasarkan proses yang dilalui).

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Hasil

Data yang dikumpulkan adalah seluruh sampel limbah cair yang telah dilakukan uji laboratorium oleh perusahaan, dimana setiap minggunya perusahaan mengambil empat botol limbah cair untuk dijadikan sampel dari sumur resapan pada WWTP kemudian dilakukan pengujian.

Diketahui satu sampel limbah diambil sebanyak 4 liter menggunakan 4 botol berbahan plastik dengan kapasitas tiap botolnya adalah 1 liter. Sampel yang dibagi menjadi 4 botol tersebut bertujuan untuk dilakukan pengujian laboratorium secara terpisah yakni botol pertama untuk pengujian pH, botol kedua untuk pengujian COD, botol ketiga untuk pengujian minyak lemak dan botol keempat untuk pengujian total carbon. Botol yang dilakukan pengujian laboratorium dan dikatakan cacat pH, COD, minyak lemak dan total carbon jika nilai ukur adalah:

1. Cacat pH adalah $6 > \text{nilai ukur} > 9$.
2. Cacat COD adalah nilai ukur > 100 .
3. Cacat minyak lemak adalah nilai ukur > 15 .
4. Cacat total carbon adalah nilai ukur > 110 .

Hasil pengukuran laboratorium limbah sejak 01 Oktober 2020 – 31 Desember 2020 terlihat pada Tabel 1. Sementara, rekap sampel limbah cair pada WWTP di PLTMG Seram Peaker terlihat pada Tabel 2.

Berdasarkan hasil pengumpulan sampel limbah pada kegiatan WWTP diperoleh jumlah sampel limbah cacat tertinggi terjadi pada minggu pertama bulan pertama, minggu kedua bulan pertama, minggu keempat bulan kedua, minggu pertama bulan ketiga, dan minggu keempat bulan ketiga.

Sedangkan sampel limbah tidak cacat adalah minggu ketiga bulan pertama, minggu keempat bulan pertama, minggu kedua bulan kedua, minggu kedua bulan ketiga, dan minggu ketiga bulan ketiga.

Tabel 1. Hasil pengukuran laboratorium

Bulan	Minggu	Sampel Limbah			
		pH (mg/L)	Minyak Lemak (mg/L)	COD (mg/L)	Total Karbon (mg/L)
1	I	5,4	18,6	105,4	116,8
	II	5,1	19	107	121
	III	6,8	3,1	72	80,3
	IV	6,5	3,3	79	84
2	I	5,8	4	79,3	89,6
	II	7,9	5,9	84,6	97
	III	7,6	16	89,9	112
	IV	5,7	17,2	103	115,7
3	I	5,6	17,5	108,2	118,2
	II	7,3	3	63	72
	III	7	3,7	65	77
	IV	10	15,8	103,7	112,8

Tabel 2. Data limbah pada kegiatan WWTP

Bulan	Minggu	Jenis Cacat			
		pH	Minyak Lemak	COD	Total Karbon
1	I	v	v	v	v
	II	v	v	v	v
	III	-	-	-	-
	IV	-	-	-	-
2	I	v	-	v	-
	II	-	-	-	-
	III	-	v	-	v
	IV	v	v	v	v
3	I	v	v	v	v
	II	-	-	-	-
	III	v	v	v	v
	IV	-	-	-	-
Total (Liter)		6	6	6	6

3.2. Pembahasan

A. Lembar Pemeriksaan (Checksheet)

Data lembar pemeriksaan terlihat seperti pada Tabel 3.

Tabel 3. Lembar pemeriksaan cacat (*checksheet*)

No.	Jenis Limbah	Hitung	Jumlah	Kumulatif	%
1.	Limbah pH	12	12	12	25%
2.	Limbah Minyak Lemak	12	24	24	25%
3.	Limbah COD	12	36	36	25%
4.	Limbah Total Karbon	12	48	48	25%
Total (liter)		48	48	48	100%

Berdasarkan hasil lembar pemeriksaan diperoleh bahwa total kapasitas limbah adalah 48 liter, diperoleh berdasarkan 12 liter limbah pH, 12 liter limbah minyak lemak, 12 liter limbah COD dan 12 liter limbah total carbon.

B. Stratifikasi

Proses pengelompokan hasil sampel limbah cacat pada kegiatan WWTP terlihat pada Tabel 4.

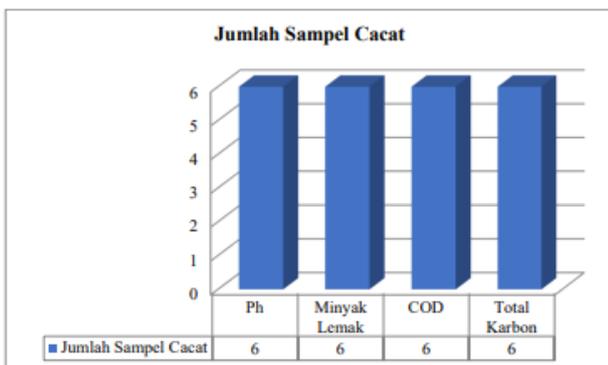
Tabel 4. Stratifikasi

No.	Kapasitas Limbah Per Bulan (Liter)	Jenis Limbah Cacat				Jumlah Kapasitas Limbah Cacat (Mg/L)	Persentase Jumlah Limbah Cacat per Bulan
		pH	Minyak Lemak (mg/L)	COD	Total Karbon (mg/L)		
1.	16	2	2	2	2	8	50%
2.	16	2	2	2	2	8	50%
3.	16	2	2	2	2	8	50%
Jml	48					24	

Berdasarkan hasil stratifikasi diperoleh bahwa jumlah kapasitas limbah cacat untuk bulan pertama adalah 8 liter untuk semua variabel pengukuran, artinya 50% adalah limbah cacat sedangkan 50% lainnya adalah limbah yang aman bagi lingkungan. Sedangkan pada bulan kedua diperoleh bahwa 8 liter untuk semua variabel pengukuran pada jumlah kapasitas limbah cacat, artinya 50% adalah limbah cacat sedangkan 50% lainnya adalah limbah yang aman bagi lingkungan. Pada bulan ketiga diperoleh jumlah kapasitas limbah cacat adalah 8 liter untuk semua variabel pengukuran, artinya 50% adalah limbah cacat sedangkan 50% lainnya adalah limbah yang aman bagi lingkungan. Dari hasil stratifikasi tersebut dapat dianalisis bahwa tingkat keamanan bagi pemukiman di sekitar PLTMG cenderung berbahaya.

C. Histogram

Diagram tabulasi dari keseluruhan data sampel limbah cacat pada kegiatan WWTP ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Histogram

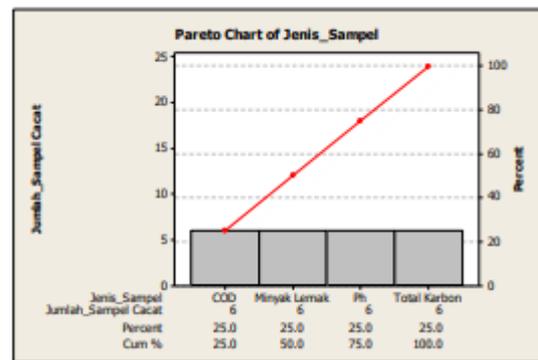
Histogram pada Gambar 1. menunjukkan pola yang sejajar artinya bahwa jumlah sampel cacat dari masing-masing variabel pengukuran adalah sama. Secara kumulatif jika dibandingkan dengan jumlah kapasitas sampel maka terjadi perbandingan yang sama antara jumlah sampel cacat dengan jumlah sampel aman bagi lingkungan.

Hal ini menjadi peringatan bagi perusahaan PLTMG, karena secara standar operasional prosedur jumlah cacat yang tersajikan berada pada kondisi di

luar batas toleransi. Kondisi ini menjadi perhatian serius bagi pihak perusahaan sehingga, selain layak secara standar operasional prosedur, pihak perusahaan juga menjadi garda terdepan bagi keamanan warga disekitar lingkungan PLTMG.

D. Diagram Pareto

Diagram perbandingan antara jenis sampel limbah cacat pada kegiatan WWTP terlihat pada Diagram Pareto sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Diagram Pareto

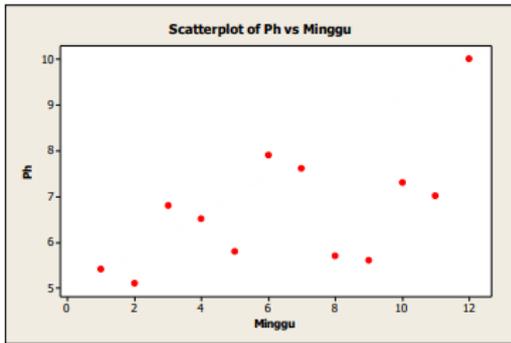
Berdasarkan hasil diagram pareto diperoleh persentase sampel limbah cacat selama 3 bulan adalah sampel limbah cacat pH 25%, sampel limbah cacat minyak lemak 25%, sampel limbah cacat COD 25% dan sampel limbah cacat total karbon adalah 25%, artinya bahwa semua variabel pengukuran sama-sama diprioritaskan dalam mengendalikan kualitas limbah.

Kualitas yang mampu terkendalikan adalah solusi yang sangat relevan dalam meningkatkan kualitas produksi limbah pada PLTMG. Berdasarkan Gambar 2. dapat dianalisis bahwa pengendalian kualitas yang dilakukan harus secara masif oleh PLTMG. Tingkat konstan yang ditunjukkan pada Gambar 2 menjadi alasan yang kuat untuk itu, sehingga limbah yang dihasilkan WWTP berada dalam batas normal secara standar operasional prosedur dan aman bagi masyarakat di sekitar PLTMG.

E. Diagram Pencar (Scatter Diagram)

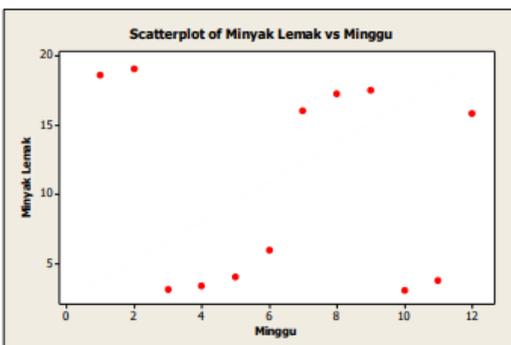
Hasil pengolahan dijabarkan dengan melihat hubungan antara variabel limbah terhadap data tiap minggu.

Diagram pencar limbah pH terlihat seperti pada Gambar 3. Berdasarkan diagram pencar limbah pH diperoleh bahwa titik yang tersebar pada grafik menunjukkan tidak ada hubungan antara variabel limbah pH dengan pengambilan data.



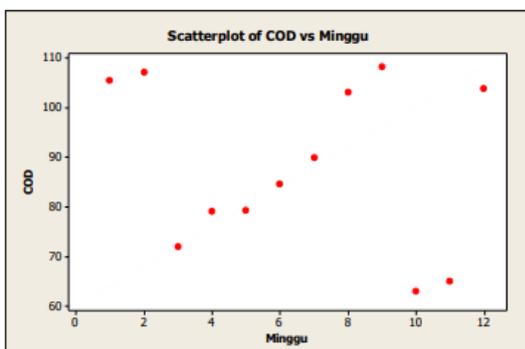
Gambar 3. Diagram pencar limbah pH

Diagram pencar limbah minyak lemak terlihat pada Gambar 4. Berdasarkan diagram pencar limbah minyak lemak diperoleh bahwa titik yang tersebar pada grafik menunjukkan tidak ada hubungan antara variabel limbah minyak lemak dengan pengambilan data tiap minggu.



Gambar 4. Diagram pencar limbah minyak lemak

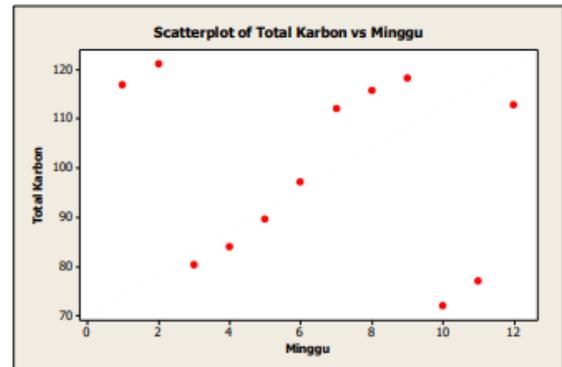
Diagram pencar limbah COD terlihat seperti pada Gambar 5. Berdasarkan diagram pencar limbah COD diperoleh bahwa titik yang tersebar pada grafik menunjukkan tidak ada hubungan antara variabel limbah COD dengan pengambilan data tiap minggu.



Gambar 5. Diagram pencar limbah COD

Diagram pencar limbah total karbon terlihat seperti pada Gambar 6. Berdasarkan diagram pencar limbah total karbon diperoleh bahwa titik yang tersebar pada grafik menunjukkan tidak ada hubungan

antara variabel limbah total karbon dengan pengambilan data tiap minggu.

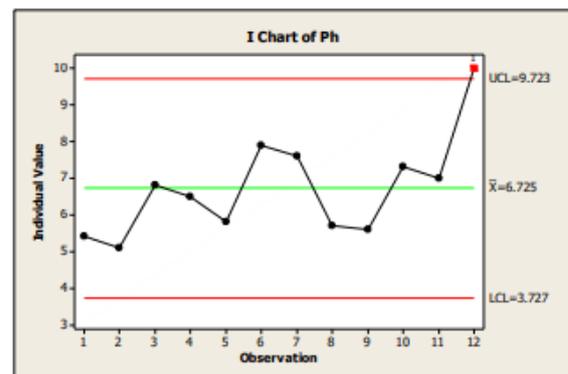


Gambar 6. Diagram pencar limbah total karbon

F. Peta Kontrol (Control Chart)

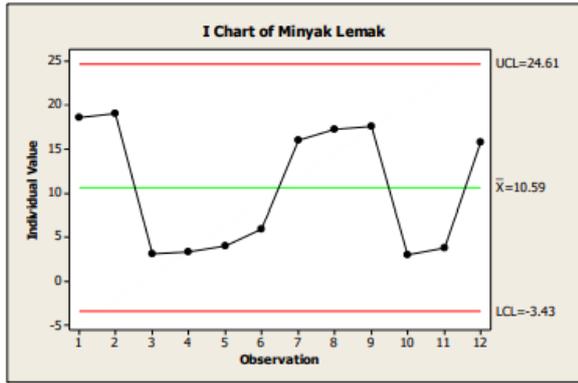
Hasil pengolahan digambarkan berdasarkan variabel limbah pada sistem WWTP.

Peta control limbah pH terlihat seperti pada Gambar 7. Berdasarkan hasil peta control limbah pH diperoleh bahwa semua data pengukuran berada dalam batas kontrol kecuali pengukuran minggu ke 12 yang berada diluar batas kontrol.



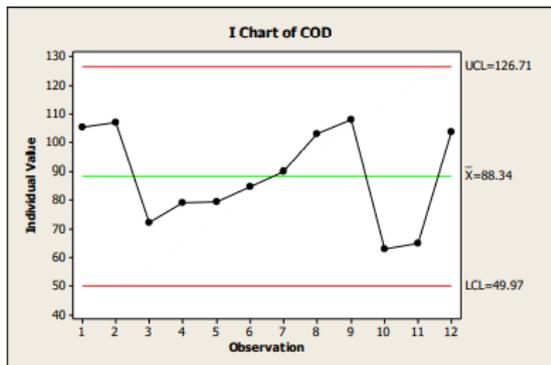
Gambar 7. Peta control limbah pH

Peta control limbah minyak lemak terlihat seperti pada Gambar 8. Berdasarkan hasil peta control limbah minyak lemak diperoleh bahwa semua data pengukuran selama 12 minggu berada dalam batas kontrol.



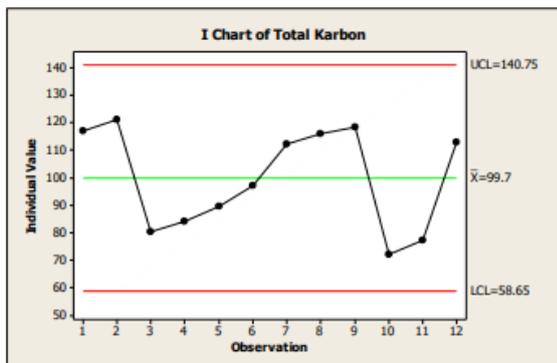
Gambar 8. Peta control limbah minyak lemak

Peta control limbah COD terlihat seperti pada Gambar 9. Berdasarkan hasil peta control limbah COD diperoleh bahwa semua data pengukuran berada dalam batas atas dan batas bawah.



Gambar 9. Peta control limbah COD

Peta kontrol limbah total karbon terlihat seperti pada Gambar 10. Berdasarkan hasil peta kontrol limbah total karbon diperoleh bahwa semua data pengukuran berada dalam batas kontrol.



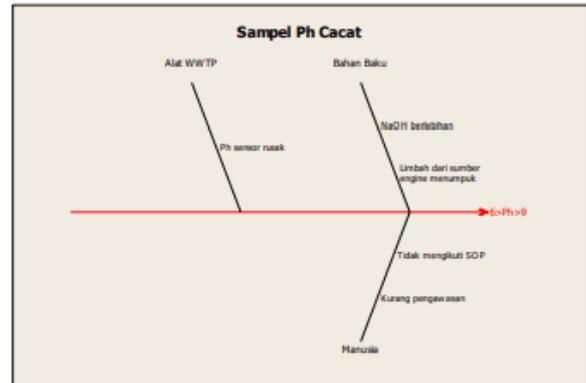
Gambar 10. Peta control limbah total karbon

G. Diagram Sebab Akibat (Cause Effect Diagram)

Hasil analisis dengan menggunakan diagram sebab akibat dijabarkan berdasarkan jenis kecacatan yang ditemukan. Terdapat empat jenis kecacatan

sehingga hasil diagram sebab akibat dijabarkan atas empat poin.

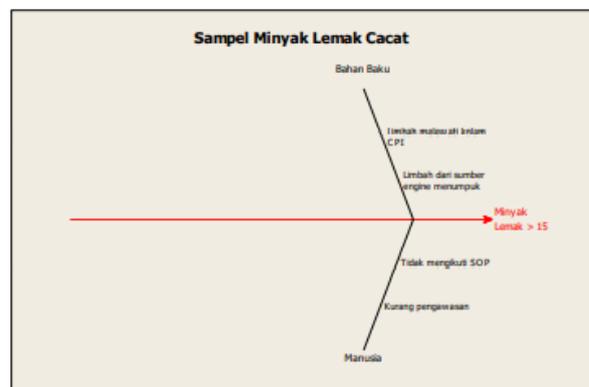
Penyebab masalah sampel pH cacat ditinjau dari aspek manusia, metode kerja, bahan baku dan Mesin. Diagram sebab akibat jenis sampel pH cacat terlihat seperti pada Gambar 11.



Gambar 11. Diagram Sebab Akibat Sampel pH Cacat.

Berdasarkan diagram sebab akibat pH cacat, penyebab cacat pH disebabkan oleh tiga aspek yakni aspek alat WWTP, aspek bahan baku, dan aspek manusia. Jika ditinjau dari aspek Alat WWTP penyebab terjadinya cacat pH adalah pH sensor rusak, dari aspek bahan baku disebabkan oleh dua hal, pertama NOH berlebihan, dan kedua limbah dari sumber mesin menumpuk. Sementara, dari aspek manusia disebabkan oleh dua hal, pertama tidak mengikuti SOP, dan yang kedua kurang pengawasan.

Penyebab masalah sampel minyak lemak cacat ditinjau dari aspek manusia, bahan baku dan metode kerja. Diagram sebab akibat jenis sampel minyak lemak cacat terlihat seperti pada Gambar 12.

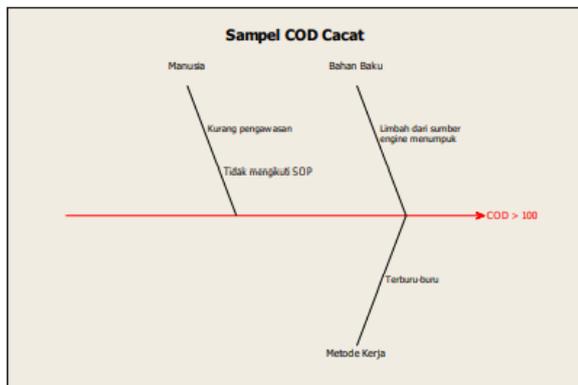


Gambar 12. Diagram Sebab Akibat Sampel Minyak Lemak Cacat

Berdasarkan diagram sebab akibat minyak lemak cacat, Penyebab masalah sampel minyak lemak cacat ditinjau dari aspek manusia, bahan baku dan

metode kerja. Berdasarkan diagram sebab akibat minyak lemak cacat, penyebab cacat minyak lemak disebabkan oleh dua aspek yakni aspek bahan baku dan aspek manusia. Jika ditinjau dari aspek bahan baku disebabkan oleh dua hal, pertama limbah melewati kolam CPI kedua limbah dari sumber mesin menumpuk, dan aspek manusia disebabkan oleh dua hal, pertama tidak mengikuti SOP, dan yang kedua kurang pengawasan.

Penyebab masalah sampel COD cacat ditinjau dari aspek manusia, bahan baku dan metode kerja. Diagram sebab akibat jenis sampel COD cacat terlihat seperti pada Gambar 13.

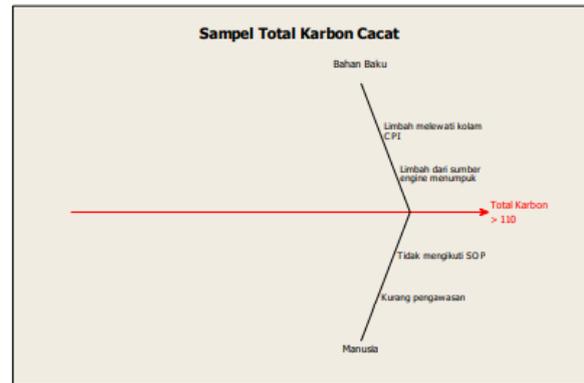


Gambar 13. Diagram Sebab Akibat Sampel COD Cacat

Berdasarkan diagram sebab akibat COD cacat, penyebab cacat COD disebabkan oleh tiga aspek yakni aspek metode kerja, aspek bahan baku dan aspek manusia. Jika ditinjau dari aspek metode kerja penyebab terjadinya cacat COD adalah operator terburu-buru, dari aspek bahan baku disebabkan oleh limbah dari sumber engine menumpuk, dan aspek manusia disebabkan oleh dua hal pertama tidak mengikuti SOP, dan yang kedua kurang pengawasan.

Penyebab masalah sampel total karbon cacat ditinjau dari aspek manusia, bahan baku dan metode kerja. Diagram sebab akibat jenis sampel total karbon cacat terlihat seperti pada Gambar 14.

Berdasarkan diagram sebab akibat total karbon cacat, penyebab cacat total karbon disebabkan oleh dua aspek yakni aspek bahan baku dan aspek manusia. Jika ditinjau dari aspek bahan baku disebabkan oleh dua hal, pertama limbah melewati kolam CPI kedua limbah dari sumber engine menumpuk, dan aspek manusia disebabkan oleh dua hal pertama tidak mengikuti SOP, dan yang kedua kurang pengawasan.



Gambar 14. Diagram Sebab Akibat Sampel Total Karbon Cacat.

Adanya air limbah dan bahan buangan dari berbagai kegiatan manusia yang dibuang ke suatu badan perairan akan mengubah pH air yang pada akhirnya dapat mengganggu kehidupan organisme di dalamnya. Menurut [6], sebagian besar biota akuatik sensitif terhadap perubahan pH dan menyukai nilai pH sekitar 7 - 8,5. Derajat keasaman (pH) merupakan nilai yang menunjukkan aktivitas ion hidrogen dalam air. Nilai pH dalam limbah dapat mencerminkan keseimbangan antar asam dan basa dalam limbah tersebut. Limbah domestik biasanya mempunyai pH mendekati netral [7]. Menurut [8], 13 Keasaman atau pH memengaruhi ketersediaan nutrisi yang dibutuhkan oleh mikroorganisme dan juga dapat berdampak pada aktivitas metabolisme. Secara umum, kondisi pH yang optimum untuk kehidupan mikroorganisme sekitar 6 hingga 8. Namun, untuk spesifikasinya masing-masing jenis mikroorganisme memiliki rentang pH optimum yang berbeda. Bakteri dapat berkembang optimum pada kisaran pH 6,0 hingga 7,5. Air limbah dengan konsentrasi pH yang tidak netral akan menyulitkan proses biologi, sehingga mengganggu proses penjernihannya [9].

Minyak dan lemak merupakan komponen utama bahan makanan yang juga banyak di dapat di dalam air limbah. Minyak adalah lemak yang bersifat cair. Keduanya mempunyai komponen utama karbon dan hidrogen yang mempunyai sifat tidak larut dalam air. Bahan-bahan tersebut banyak terdapat pada makanan, hewan, manusia dan bahkan ada dalam tumbuh-tumbuhan sebagai minyak nabati. Sifat lainnya adalah relatif stabil, tidak mudah terdekomposisi oleh bakteri. Untuk kadar maksimum baku mutu minyak dan lemak sesuai Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan No.68 Tahun 2016 Tentang Baku Mutu Limbah Domestik sebesar 5 mg/l dengan menggunakan perhitungan baku mutu domestik terintegrasi dan Kadar Maksimum Minyak dan Lemak sesuai Peraturan Daerah DIY No. 7 Tahun

2016 tentang Baku Mutu Air Limbah adalah 10 mg/L. Minyak dapat sampai ke saluran air limbah, sebagian besar minyak ini mengapung di dalam air limbah, akan tetapi ada juga yang mengendap terbawa oleh lumpur. Sebagai petunjuk dalam mengolah air limbah, maka efek buruk yang dapat menimbulkan permasalahan pada dua hal yaitu pada saluran air limbah dan pada bangunan pengolahan [10]. Adanya lemak dan minyak dalam air mengakitnya susahny sinar matahari masuk ke dalam air sehingga kebutuhan oksigen menurun. Lemak dan minyak juga mengakitkan efek buruk yang dapat menimbulkan permasalahan pada dua hal yaitu pada saluran air limbah dan pada bangunan pengolahan seperti penyumbatan saluran dan estetika lingkungan. Bila limbah cair minyak/lemak masuk ketanah akan mampu menutup pori-pori tanah dan mengganggu daya resap air tanah dalam perairan. Lapisan minyak dipermukaan air lingkungan akan mengganggu kehidupan organisme di dalam air. Hal ini disebabkan oleh: a) Lapisan minyak pada permukaan air akan menghalangi difusi oksigen dari udara ke dalam air sehingga jumlah oksigen yang terlarut di dalam air menjadi berkurang. Sehingga kandungan oksigen yang menurun akan mengganggu kehidupan hewan air. b) Adanya lapisan minyak pada permukaan air juga akan menghalangi masuknya sinar matahari ke dalam air sehingga fotosintesis oleh tanaman air tidak dapat berlangsung. Akibatnya, oksigen yang seharusnya dihasilkan pada proses fotosintesis. Sehingga kandungan oksigen dalam air semakin menurun. c) Tidak hanya hewan air saja yang terganggu akibat adanya lapisan minyak pada permukaan air tersebut, tetapi burung air pun ikut terganggu karena bulunya jadi lengket, tidak bisa mengembang lagi akibat terkena minyak.

Air limbah domestik terdiri dari bahan organik (karbohidrat, protein, dan lemak, deterjen dan partikel bahan anorganik [11]. Tingginya bahan organik dan anorganik dalam air limbah domestik akan menyebabkan kenaikan nilai Chemical Oxygen Demand (COD) dalam air. Nilai COD digunakan sebagai ukuran bagi pencemaran oleh air limbah domestik atau pun industri [12]. Dampak COD terhadap kesehatan manusia Akibat dari konsentrasi COD yang tinggi dalam badan air menunjukkan bahwa adanya bahan pencemar organik dalam jumlah tinggi jumlah mikroorganisme baik secara patogen dan tidak patogen yang dapat menimbulkan berbagai macam penyakit untuk manusia. Terhadap lingkungan, Konsentrasi COD yang tinggi dapat menimbulkan dan menyebabkan kandungan oksigen terlarut didalam badan air menjadi rendah, bahkan habis. Faktor ini dapat mengakibatkan oksigen

sebagai sumber kehidupan bagi makhluk yang berada didalam air seperti hewan dan tumbuhan air, tidak dapat terpenuhi sehingga makhluk air tersebut bisa terancam mati dan tidak dapat berkembang biak dengan baik.

Total Organic Carbon (TOC) adalah istilah yang digunakan untuk menjelaskan pengukuran kontaminan organik (berbasis karbon) dalam sistem perairan. Kontaminasi organik dapat berasal dari beragam sumber, karena "organik" adalah senyawa seperti gula, sukrosa, alkohol, minyak tanah, PVC, semen, derivat berbasis plastik, dll. Umumnya, senyawa organik bersifat non-ionik dan oleh karena itu tidak terdeteksi oleh pengukuran konduktivitas standar. Oleh karena itu, pengukuran dengan resistivitas tinggi (konduktivitas rendah) dalam sistem perairan ultra-murni tidak dapat membedakan tingginya kadar TOC dari tingginya tingkat kontaminasi. Tingginya kadar TOC dapat: a). menurunkan kualitas sistem pemurnian air; b). mengurangi produktivitas semikonduktor; c). mengontaminasi batch farmasetik; d). Merusak peralatan pembangkit listrik tenaga uap.

3.3. Rekomendasi Opsi Penyelesaian

Berdasarkan hasil diagram sebab akibat opsi penyelesaian yang tepat dalam mengentaskan akibat terjadinya kecacatan terlihat pada Tabel 5.

Tabel 5. Opsi penyelesaian

No.	Penyebab	Opsi Penyelesaian
1.	Limbah yang berasal dari sumber engine menumpuk	Menambahkan air bersih secukupnya ke bak penampung drain pit kemudian di mixing agar limbah tidak menggumpal menjadi padat dan keras
2.	pH sensor error	Membersihkan atau mencuci detektor pH meter dua minggu sekali
3.	Pencampuran NaOH berlebihan	Menyesuaikan settingan takaran NaOH berdasarkan indicator pH meter atau kertas lakmus
4.	Minyak lolos dari kolam CPI	Sering mengontrol atau memastikan bahwa penampungan waste oil tank kosong atau tidak penuh ketika limbah dialirkan ke kolam CPI sehingga oli dan minyak tidak menumpuk di kolam CPI
5.	Waktu pendiaman terlalu cepat	Mendiamkan air limbah di tanki clarifier minimal selama 5 hari

Setelah implementasi opsi penyelesaian dilakukan selama dua bulan (07 Februari 2021 – 08 April 2022), dilakukan pengujian ulang terhadap limbah yang dihasilkan. Hasil pengujian laboratorium ditunjukkan pada Tabel 6.

Tabel 6. Hasil pengujian laboratorium

Bulan	Minggu	Sampel Limbah			
		pH (mg/L)	Minyak Lemak (mg/L)	COD (mg/L)	Total Karbon (mg/L)
1	I	5,4	3,2	76,1	84,2
	II	6,8	17	73,2	85
	III	6,7	3,1	72	80,3
	IV	6,4	3,3	79	84
2	I	7,5	4	85	89,6
	II	7,9	5,9	84,6	97
	III	7,6	5,5	89,9	96
	IV	7,5	5,6	87,3	89,9

Setelah skema analisis *seven tools* diterapkan diperoleh rata-rata nilai ukur pH 7,4 Mg/liter, nilai ukur minyak lemak 4,0 Mg/liter, nilai ukur COD 85 Mg/liter dan nilai ukur total karbon 89,6 Mg/liter. Hasil pengujian laboratorium tersebut menunjukkan bahwa limbah yang dihasilkan WWTP PLTMG Seram Peaker 20 MW adalah aman bagi lingkungan dengan tingkat kualitas 93,75%.

4. KESIMPULAN

Hasil penelitian menunjukkan bahwa 50% sampel air limbah adalah cacat, dengan jenis kecacatan yang terjadi adalah nilai pH, COD, minyak lemak dan total karbon yang melebihi ketentuan. Kegagalan ini lebih banyak disebabkan karena kesalahan manusia, dimana operator sering tidak mengikut SOP yang ada, serta kurangnya pengawasan terhadap kerja operator tersebut.

Implementasi opsi penyelesaian memberikan nilai ukur rata-rata pH, minyak lemak, COD, dan total karbon berada pada batas yang disyaratkan. Hasil ini menunjukkan bahwa limbah yang dihasilkan WWTP PLTMG Seram Peaker 20 MW setelah implementasi opsi penyelesaian, adalah aman bagi lingkungan dengan tingkat kualitas 93,75%.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] H. Palar, *AMDAL di kawasan Industri*. Jakarta: Bumi Aksara, 2004.
- [2] M. Y. A. Mardana, “Pengolahan yang Tepat bagi Limbah Cair,” 2007. (<http://akademik.che.itb.ac.id/labtek/wp-content/upload/2007/08/modul-pengolahan-air.pdf> (diakses 4 Maret 2019)).
- [3] Suharto, *Limbah Kimia Dalam Pencemaran Air dan Udara*. Yogyakarta: ANDI, 2010.
- [4] A. Mitra, *Fundamentals of Quality Control and Improvement*, 4th edition. Wiley, 2016.
- [5] D. H. Besterfield, *Quality Control*, 8th edition. Upper Saddle River, N.J: Prentice Hall, 2008.
- [6] H. Effendi, *Telaah Kualitas Air Bagi Pengelolaan Sumberdaya dan Lingkungan Perairan*. Yogyakarta: Kanisius, 2003.

Diakses: 23 Oktober 2022. [Daring]. Tersedia pada:

<http://repository.ipb.ac.id/handle/123456789/79927>

- [7] B. S. L. Jenie dan W. P. Rahayu, *Penanganan Limbah Industri Pangan*. Yogyakarta: Kanisius, 1996. Diakses: 23 Oktober 2022. [Daring]. Tersedia pada: <https://opac.perpusnas.go.id/DetailOpac.aspx?id=411153>
- [8] S. Wahyono, F. L. Sahwan, dan F. Suryanto, *Membuat Pupuk Organik Granul dari Aneka Limbah*. Jakarta: AgroMedia Pustaka, 2011. Diakses: 23 Oktober 2022. [Daring]. Tersedia pada: <https://agromedia.net/katalog/membuat-pupuk-organik-granul-dari-aneka-limbah/>
- [9] Sugiharto, *Dasar-dasar pengelolaan air limbah*. Jakarta: UI-Press, 2008. Diakses: 23 Oktober 2022. [Daring]. Tersedia pada: <https://lib.ui.ac.id>
- [10] D. Fidia, “Pengaruh Ekstrak Daun Belimbing Wuluh (*Averrhoa Bilimbi*) dan Jeruk Nipis (*Citrus Aurantiifolia*) terhadap Penurunan Kadar Minyak dan Lemak dalam Pengolahan Limbah Cair Dapur,” Skripsi, Institut Teknologi Yogyakarta, Yogyakarta, 2017.
- [11] A. D. Santoso, “Fitoremediasi Air Limbah Domestik dengan Metode Biology Irrigation System,” *Jurnal Teknologi Lingkungan*, vol. 15, no. 2, Art. no. 2, 2014, doi: 10.29122/jtl.v15i2.1600.
- [12] G. Alaerts dan S. S. Santika, *Metode Penelitian Air*. Surabaya: Usaha Nasional, 1987.

UJI PENGARUH PANJANG PIPA KAPILER TERHADAP KERJA UNIT PEMBUAT ES SKALA KECIL MENGGUNAKAN OUTDOOR AC 2 PK

R. Ufie¹, Cendy S.E Tupamahu², M. Mas’ud Tohepaly

¹Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Pattimura, Ambon 97233

E-mail: rikhardufienew@gmail.com

²Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Pattimura, Ambon 97233

Email : tupamahucendy@gmail.com

³Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Pattimura, Ambon 97233

Email : masudtohepaly@gmail.com

Abstrak. Pabrik es umumnya dibangun untuk skala menengah hingga skala besar dengan produksi berkisar 7,5 – 152 ton/24 jam menggunakan unit refrigerasi siklus kompresi uap yang terdiri kompresor jenis open type dimana kompresor dan motor penggerak dirangkai secara terpisah dan dengan memanfaatkan kondensor yang didinginkan dengan air (water cooled condenser) yang bekerja dengan didukung oleh unit pendinginan air berupa cooling tower. Pengembangan unit pembuat es skala kecil dengan memanfaatkan outdoor AC telah dilakukan oleh CV Samudera Pendingin untuk pembekuan es dalam cetakan. Walaupun upaya terobosan ini dapat dikatakan berhasil dengan memproduksi es dalam jangka waktu tertentu, tidak diperoleh informasi apakah unit pembuatan es yang dibuat telah didasarkan pada pengujian untuk mendapatkan kondisi operasi yang optimum. Dengan demikian secara akademis masih terdapat tantangan pengembangan untuk menghasilkan unit pembuatan es berdasarkan pendekatan optimasi terhadap kondisi dan variabel unit refrigerasi yang dibutuhkan. Pada mesin refrigerasi siklus kompresi uap (SKU), pipa kapiler merupakan alat yang berfungsi menurunkan tekanan refrigeran dari tekanan kondensasi ke tekanan evaporasi. Untuk itu, penelitian ini menggunakan 3 variasi panjang pipa kapiler yakni 0,75, 1,0, dan 1,25m. Modifikasi panjang pipa kapiler dimaksudkan agar dapat dicapai temperatur evaporasi yang lebih rendah dari temperatur brine yang direncanakan dan juga agar dapat dipertahankan temperatur kondensasi yang lebih tinggi dari temperatur lingkungan. Hasil perhitungan pengaruh ukuran pipa kapiler terhadap kerja unit pembuat es yaitu untuk panjang pipa kapiler 0,75 m COP sebesar 3,837, panjang pipa kapiler 1,0 m, COP sebesar 3,837 dan untuk panjang pipa 1,25 m besarnya COP 2,825. Terlihat bahwa semakin panjang pipa kapiler semakin meningkat nilai kerja unit pembuat es secara linier.

Kata kunci: outdoor AC, Panjang pipa kapiler, COP

Abstract Ice plants are generally built for medium to large scale with production ranging from 7.5 – 152 tons/24 hours using a steam compression cycle refrigerating unit consisting of an open type compressor where the compressor and motor drive are assembled separately and with the use of a water-cooled condenser. (water cooled condenser) which works supported by a water cooling unit in the form of a cooling tower. The development of small-scale ice-making units by utilizing outdoor air conditioners has been carried out by CV Mutiara Pessel for freezing ice in plastic packaging and CV Samudera Keren for freezing ice in molds. Although this breakthrough effort can be said to be successful by producing ice for a certain period of time, information is not obtained whether the ice-making unit made has been based on testing to obtain optimum operating conditions. Thus, academically, there are still development challenges to produce an ice-making unit based on an optimization approach to the conditions and variables required for the refrigeration unit. In the vapor compression cycle refrigeration machine (SKU), the capillary tube is a device that functions to lower the refrigerant pressure from the condensing pressure to the evaporation pressure. For this reason, this study uses 3 variations in the length of the

capillary tube, namely 0.75, 1.0, and 1.25m. The modification of the capillary tube length is intended to achieve an evaporation temperature lower than the planned brine temperature and also to maintain a condensation temperature that is higher than the ambient temperature. The results of the calculation of the effect of the size of the capillary tube on the work of the ice maker unit are for a capillary tube length of 0.75 m, a COP is 3.837, the length of a capillary tube is 1.0 m, a COP is 3.837 and for a pipe length of 1.25 m, the COP is 2.825 It can be seen that the longer the capillary tube the higher the work value of the ice maker unit linearly

Keywords: outdoor AC, capillary tube length, cop

1. PENDAHULUAN

Kebutuhan masyarakat akan es kini semakin luas baik untuk penyediaan berbagai jenis minuman penyegar yang dikonsumsi secara langsung maupun proses pendinginan demi menjaga kesegaran berbagai produk pertanian seperti buah-buahan dan sayur-mayur [1,2] dan produk perikanan khususnya ikan hasil tangkapan [3]. Kebutuhan es untuk dikonsumsi dalam skala rumah tangga umumnya dipenuhi melalui penggunaan kulkas ataupun freezer, sedangkan kebutuhan dalam jumlah yang lebih besar khususnya untuk pendinginan produk umumnya sangat tergantung pada adanya pabrik es berskala besar. Semakin meluasnya kebutuhan akan es ini memunculkan kebutuhan akan unit refrigerasi untuk pembuatan es yang selain dimaksud untuk menghindari adanya ketergantungan pada adanya pabrik es, juga dapat memenuhi skala usaha kecil-menengah yang dapat dioperasikan oleh masyarakat sendiri.

Salah satu terobosan yang dapat ditempuh untuk memenuhi kebutuhan ini yakni pembuatan unit pembuat es dengan memanfaatkan outdoor AC (Air Condition) sebagai condensing unit yang dirangkai dengan evaporator yang ditempatkan di dalam kotak pendingin (coolbox) guna proses pembuatan es. Pengembangan unit pembuat es skala kecil dengan memanfaatkan outdoor AC telah dilakukan untuk pembekuan es dalam kemasan plastik dan oleh CV Samudera Pendingin [4] untuk pembekuan es dalam cetakan.

Pada mesin refrigerasi siklus kompresi uap (SKU), pipa kapiler merupakan alat yang berfungsi menurunkan tekanan refrigeran dari tekanan kondensasi ke tekanan evaporasi [5, 6]. Modifikasi panjang pipa kapiler dimaksudkan agar dapat dicapai temperatur evaporasi yang lebih rendah dari temperatur brine yang direncanakan dan juga agar dapat dipertahankan temperatur kondensasi yang lebih tinggi dari temperatur lingkungan. Perubahan ukuran pipa kapiler dengan demikian akan mengubah kondisi kerja siklus pendingin [7]. Pada

penelitian ini, dibuat 3 variasi panjang pipa kapiler yaitu 0,75, 1,0 dan 1,25 meter untuk mendapatkan kondisi optimum, jenis refrigerant yang digunakan R-22.

2. BAHAN DAN METODE

Konstruksi unit pembuat es dengan coolbox berukuran 200 liter, yaitu dengan ukuran panjang-dalam 85 cm, lebar-dalam 52 cm dan tinggi-dalam 45 cm. Kompresor R-22 yang digunakan adalah dari merek Panasonic model CU-PO-13GKF dengan power input pada voltase 220-240 V, berkisar 1,99 – 2,05 kW yang terpasang dalam outdoor AC yang dilengkapi dengan kondensor yang didinginkan dengan kipas angin (air cooled condenser). Evaporator dirangkai dari pipa tembaga berukuran ½ inch dan ditempatkan di dasar kotak pendingin.

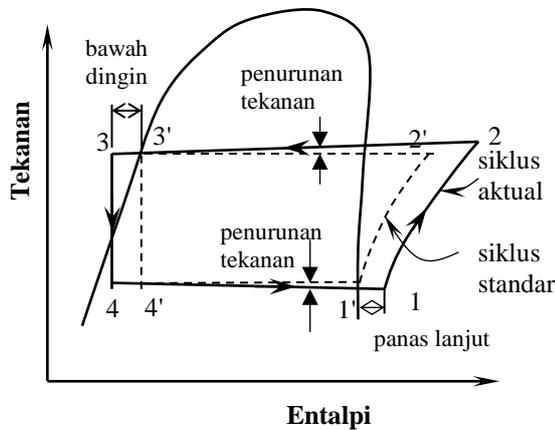
Pada proses pendinginan/pembekuan, brine yang memasuki ruang evaporator pada dasar coolbox dihisap dengan bantuan 2 pompa celup yang selanjutnya mensirkulasi brine yang telah didinginkan ke dalam ruang pendinginan/pembekuan. Brine yang digunakan berupa larutan air garam dengan konsentrasi garam sebesar 23% basis massa, yang dimaksudkan agar dapat dicapai titik beku larutan terendah hingga -21°C.

2.1. Prosedur Penelitian

A. Penentuan Kondisi Kerja Sistem

Penentuan kondisi kerja sistem didasarkan pada siklus kompresi uap yang digambarkan dalam skema diagram tekanan-entalpi (p-h), seperti diperlihatkan pada Gambar 1. Parameter yang dijadikan acuan bagi penentuan kondisi kerja sistem yaitu besar temperatur evaporasi (T₄) yang dipilih dengan mempertimbangkan temperatur penyimpanan produk, dan besar temperatur kondensasi (T₄) yang dipilih dengan mempertimbangkan temperatur pengeringan produk yang dikehendaki. Refrigeran yang digunakan dalam hal ini adalah R-22 dengan sifat-sifat

termodinamika dan transport yang akan dihitung dengan bantuan perangkat lunak REFPROP6.



Gambar 1. Siklus kompresi uap

B. Prosedur Perhitungan

Perhitungan dilakukan dengan menggunakan refrigeran R-22, dengan 3 variasi panjang pipa kapiler yaitu 0,75m, 1,0m, dan 1,25m dengan prosedur sebagai berikut:

- Tentukan lebih dahulu besar tekanan evaporasi sesuai dengan besar temperatur evaporasi ($p_1 = p_4$) dan tekanan kondensasi ($p_2 = p_3$) sesuai data sifat refrigeran.
- Kenaikan temperatur evaporasi dan tekanan evaporasi pada proses pemanasan lanjut (ΔT_{SH}), ditetapkan temperatur refrigerant pada tk 1 yaitu saat memasuki kompresor ($T_1 = T_{ev} + \Delta T_{SH}$)
- Tekanan kondensasi dan penurunan temperatur evaporasi pada pendinginan lanjut (ΔT_{SC}), temperatur refrigerant pada tk 3 berada pada saat memasuki peralatan ekspansi ($T_3 = T_{kond} - \Delta T_{SC}$)
- Mengikuti garis entropi konstan yang diteatiki dari tk1, ditetapkan tk 2s pada perpotongan dengan garis tekanan ($s_1 = s_2s$)
- Selanjutnya dicari nilai entalpi ($h_1, h_2s, h_3 = h_4$)
- Kemudian dilanjutkan dengan perhitungan nilai entalpi h_2 pada tk 2.
- Kalor yang harus diserap oleh evaporator dari kotak pendingin adalah sama dengan total beban pendinginan (Q_c); sedangkan dampak refrigerasi dihitung sebagai selisih entalpi pada titik 1 dengan titik 4, yaitu [8]:

$$q_0 = (h_1 - h_4) \tag{1}$$

- Menghitung laju aliran massa refrigeran dengan persamaan [8]:

$$\dot{m} = \frac{\dot{Q}_c}{(h_1 - h_4)} \tag{2}$$

dimana:

\dot{Q}_c = Kalor yang diserap evaporator atau beban pendinginan, kW

\dot{m} = Laju aliran massa refrigeran, kg/s.

- Menghitung daya kompresi isentropic, dihitung dengan persamaan:

$$\dot{W}_s = \dot{m}(h_{2s} - h_1) \tag{3}$$

Dimana :

\dot{m} = laju aliran massa refrigerant

h_{2s} = entalpi pada titik 2s, kJ/kg

h_1 = entalpi pada titik 1, kJ/kg

- Perhitungan daya kompresi actual, menggunakan persamaan :

$$\dot{W}_k = \frac{\dot{W}_s}{\eta_{is}} \tag{4}$$

Dimana η_{is} adalah efisiensi isentropic.

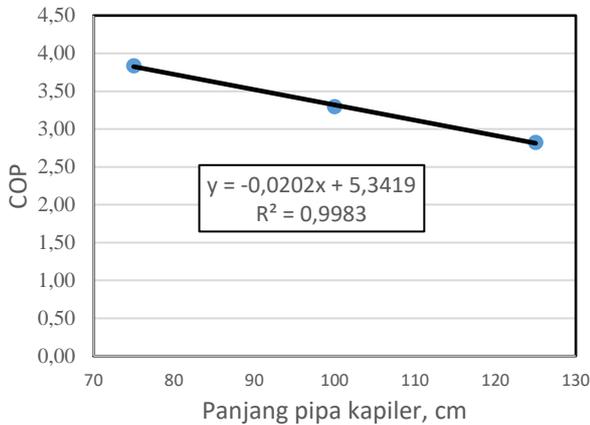
3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Tabel 1. Hasil perhitungan pengaruh ukuran pipa kapiler terhadap kerja sistem

Variabel kerja Mesin Pendingin	Panjang pipa kapiler			Satuan
	0,75	1,0	1,25	
$p_2 = p_3$	217,050	240,70	250,80	Psia
$p_1 = p_4$	41,400	36,7	31,64	Psia
ΔP	175,650	204,000	219,160	Psia
T_{evap}	-16	-19	-23	°C
T_1	-10,00	-12,00	-14,00	°C
T_2	71,56	70,57	70,15	°C
T_{kond}	39	43	45	°C
T_3	30,00	31,00	32,00	°C
h_1	402,81	402,2	401,68	kJ/kg
h_2	446,13	452,08	459,21	kJ/kg
$h_3 = h_4$	236,6	237,86	239,14	kJ/kg
$S_1 = S_{2s}$	1,7913	1,7998	1,8112	kJ/(kg.C)
S_2	1,7998	1,8028	1,8163	kJ/(kg.C)
Δs	0,0085	0,003	0,0051	kJ/(kg.C)
q_0	166,21	164,34	162,54	kJ/kg
q_k	209,53	214,22	220,07	kJ/kg
w_k	43,320	49,880	57,530	kJ/kg
COP	3,837	3,295	2,825	-

Pada penelitian ini, dibuat 3 variasi panjang pipa kapiler untuk mendapatkan kondisi optimum, yakni kondisi di mana diperoleh panjang pilar kapiler tertentu yang memberikan nilai COP yang tertinggi.

Hasil pengukuran dan perhitungan sesuai besaran siklus pada ketiga variasi panjang pipa kapiler ini ditunjukkan pada Tabel 1, sedangkan grafik hubungan antara COP dan panjang pipa kapiler ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Hubungan panjang pipa kapiler dengan COP

Terlihat bahwa yang semakin panjang pipa kapiler semakin menurun nilai COP, secara linier. Namun dengan memperhatikan kepentingan menjaga temperatur evaporasi agar tetap berada di bawah temperatur brine, dengan beda yang cukup, maka pada penelitian ini digunakan pipa kapiler sepanjang 1 meter yang adalah sesuai bawaan unit outdoor yang digunakan. Dengan penggunaan pipa kapiler bawaan ini maka untuk temperatur brine rata-rata sebesar -15°C , beda temperatur pada sisi evaporator diperoleh sebesar 4°C , sedangkan untuk temperatur lingkungan rata-rata sebesar 30°C , beda temperatur pada sisi kondensor diperoleh sebesar 13°C .

4. KESIMPULAN

Makin panjang pipa kapiler maka kerja unit pendingin sistem refrigerasi yang terbaca lewat nilai COP akan cenderung turun. Sedangkan parameter lain seperti jumlah kalor yang diserap evaporator, kerja kompresi, dan kalor yang dibuang kondensor akan cenderung mengalami peningkatan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] A. L. Basediya, D.V.K. Samuel, V. Beera. 2013. Evaporative cooling system for storage of fruits and vegetables - a review, *Journal of Food Science and Technology*, 50(3):429–442.
- [2] W. Handayani. 2015. *Penanganan Segar Hortikultura Untuk Penyimpanan Dan Pemasaran*. Prenamedia Group: Jakarta.

- [3] T. W. Nurani, R.P.S. Murdaniel, M.H. Harahap. 2013. Upaya penanganan mutu ikan tuna segar hasil tangkapan kapal tuna longline untuk tujuan ekspor, *Marine Fisheries*, 4(2):153-162.
- [4] <https://www.mesinesbalok.com/> (Diakses: 2020).
- [5] Ryan, N. P., Pengaruh Panjang Pipa Kapiler 3 Meter Dan 2 Meter Dengan Diameter 0.28 Inch Terhadap Performa Sistem Refrigerasi, Surabaya : ITATS., 2018
- [6] Aprilia C. L. Fuad., Ary B. K. Putra. 2016. Studi Eksperimen Pengaruh Panjang Pipa Kapiler dan Variasi Beban Pendinginan pada Sistem Refrigerasi Cascade, *JURNAL TEKNIK ITS Vol. 5 No. 2*.
- [7] R.P. Lestari. 2019. Kaji Eksperimental Pengaruh Panjang Pipa Kapiler Terhadap Performansi Mesin Ice Cube Maker Menggunakan R-22, Politeknik Negeri Bandung, 2019.
- [8] A.D. Cappenberg. 2020. Analisis Chiller Dengan Menggunakan R123 Dan R134a Pada Kinerja Pendinginan, *Jurnal kajian teknik mesin*, Vol 5. No.1,48-57

KARAKTERISTIK GETARAN PADA DINDING KAPAL PENUMPANG BERMATERIAL FIBER REINFORCE PLASTIC AKIBAT OPERASIONAL MESIN INDUK

Debby R. Lekatompessy¹, Christopher C. Titihuru², Agustinus S. Titirloloby³ dan Dimas G. Panjaitan⁴

¹ Jurusan Teknik Perkapalan Fakultas Teknik Universitas Pattimura, Ambon 97233

E-mail: de.lekatompessy@gmail.com

² Jurusan Teknik Perkapalan Fakultas Teknik Universitas Pattimura, Ambon 97233

Email: christotitihuru5@gmail.com

³ Jurusan Teknik Perkapalan Fakultas Teknik Universitas Pattimura, Ambon 97233

Email: sanlastitirloloby@gmail.com

⁴ Jurusan Teknik Perkapalan Fakultas Teknik Universitas Pattimura, Ambon 97233

Email: dmaspanjaitan@gmail.com

Abstrak. Salah satu sumber getaran pada kapal adalah akibat kerja mesin induk. Material struktur menjadi salah satu penentu besarnya amplitudo yang terjadi. Kapal monohull dengan penggunaan 3 mesin menjadi objek dari penelitian ini. Getaran pada dinding di ruang penumpang menjadi penting ketika amplitudo yang terjadi mengganggu penumpang di dalamnya. Karakteristik getaran perlu diketahui agar dapat dicarikan solusi untuk mengatasinya. Pengukuran getaran langsung di kapal menggunakan vibrometer dan dilanjutkan dengan menggunakan simulasi hingga diperoleh karakteristik getaran pada dinding kapal ini. Hasil pengukuran di lapangan menunjukkan angka amplitudo di atas 0,2 mm melebihi batas yang diijinkan yaitu 0,02 mm. Diperlukan simulasi untuk menggambarkan distribusi getaran pada dinding kapal. Hal ini untuk mempermudah proses analisa pola distribusi getaran. Hasil simulasi pada dinding kapal menunjukkan bahwa getaran dalam arah vertikal mempunyai nilai amplitudo yang lebih besar dan frekuensi lebih rendah dibandingkan arah getaran horisontal. Hal ini mengindikasikan konstruksi dalam keadaan buruk jika frekuensi natural dari sistem tersebut mendekati nilai frekuensi eksitasi akibat operasional mesin. Getaran yang diteruskan dari sumber getaran tidak teredam dengan baik. Hal ini ditunjukkan dengan besarnya nilai amplitudo yang mencapai 10 kali lebih besar dari amplitudo arah getaran horisontal. Penelitian ini menunjukkan diperlukan peredam pada bagian dinding kapal agar getaran dalam arah vertikal dapat dikurangi. Adapun cara meredam getaran dapat dilakukan dengan berbagai cara. Solusi untuk mengurangi getaran ini menjadi peluang untuk dilakukan penelitian lainnya.

Kata kunci: getaran, amplitudo, dinding kapal, redaman

Abstract. One source of vibration on the ship is the result of the main engine working. The structural material is one of the determinants of the magnitude of the amplitude that occurs. The monohull ship with the use of 3 engines is the object of this research. Vibration on the walls in the passenger compartment becomes important when the occurring amplitude disturbs the passengers inside. Vibration characteristics need to be known to find a solution to overcome them. Using simulations to measure direct vibration on the ship using a vibrometer continued to obtain the characteristics of the vibrations on the ship's walls. The results of field measurements show that the amplitude is above 0.2 mm, exceeding the allowable limit of 0.02 mm. Simulation is needed to describe the distribution of vibrations on the ship's walls. This is to simplify the process of analyzing the vibration distribution pattern. The simulation results on the ship's wall show that the vibration in the vertical direction has a greater amplitude value and a lower frequency than the horizontal vibration direction. This indicates the construction is in bad condition if the system's natural frequency is close to the

excitation frequency value due to engine operation. Vibrations transmitted from the vibration source are not well damped in the vertical direction. This is indicated by the magnitude of the amplitude value which reaches 10 times greater than the amplitude of the horizontal vibration direction. This study shows that a damper is needed on the ship's wall to reduce vibrations in the vertical direction. How dampen vibrations can be done in various ways. The solution to reducing this vibration becomes an opportunity for other research.

Keywords: vibration, amplitude, ship walls, damper.

1. PENDAHULUAN

Penelitian mengenai material Fibre Reinforced Plastic (FRP) sudah banyak dilakukan orang dari berbagai aspek teknis termasuk kekuatan material jenis ini [1], [2]. Getaran pada material FRP sendiri sudah dilakukan oleh beberapa peneliti [3]–[5]. Tetapi karakteristik getaran khususnya pada kapal bermaterial FRP belum banyak [6]–[8]. Setiap material punya kelebihan dan kekurangan dari berbagai segi karenanya beberapa peneliti melakukan kajian mengenai kemungkinan dilakukan kombinasi dua jenis material seperti baja dan FRP bahkan material sandwich yang sekarang sementara menarik perhatian para perekayasa material [9], [10]. Bahkan material FRP digunakan juga untuk memperkuat penyambungan dua jenis material berbeda [11].

Getaran material FRP pada pengukuran di lapangan, ditemukan besar amplitudo yang melebihi batas ijin. Pada penelitian ini getaran pada struktur kapal dilihat pada bagian dinding kapal di ruang penumpang yang tepat berada di atas ruang kamar mesin tempat mesin induk bekerja. Karakteristik getaran dapat menunjukkan bagian kritis dari struktur yang ditinjau dimana titik-titik tersebut merupakan bagian dimana resonansi terjadi. Resonansi adalah hal yang paling dihindari dalam melakukan analisa getaran. Frekuensi eksitasi harus dijauhkan dari nilai frekuensi naturalnya. Pada kapal frekuensi rendah dihindari dengan menaikkan frekuensi eksitasi sistem.

Analisis getaran lokal dilakukan untuk memprediksi lokasi kritis struktur akibat resonansi yang terjadi dengan metode Finite Element Analysis (FEA) [12]. Amplitudo wujud dari displasemen dalam satuan mm yang terjadi akibat adanya getaran sebagai pengganggu dijadikan alat ukur. Semakin kecil amplitudo yang dihasilkan maka akan semakin baik untuk struktur dari segi kekuatan dan keamanannya. Banyak yang sudah dilakukan orang untuk mengatasi atau mengurangi nilai amplitudo ini [13].

Berbagai metode diterapkan untuk mengatasi getaran dengan menggunakan peredam dari berbagai

material dan menambah massa sistem serta menaikkan nilai kekakuan sistem disekitarnya [14]. Pada kapal yang sudah beroperasi maka alternatif yang paling mungkin untuk dilakukan adalah dengan menambahkan peredam pada sistem di tempat yang tepat [15]. Agar dapat digunakan peredam yang tepat maka karakteristik getaran dari struktur kapal yang akan ditinjau harus diketahui.

Banyak industri tertinggal dari penelitian kontrol struktur terbaru dan menajejemennya sekarang ini seperti yang dilakukan oleh Koutsoloukas et al. [16]. Karena alasan ini maka penelitian ini dilakukan sebagai langkah awal untuk mengetahui karakteristik getaran pada kapal bermaterial FRP. Terutama pada tempat yang terdampak yaitu di atas kamar mesin. Material FRP adalah material komposite yang juga tergolong dalam material isolator dalam meredam getaran [15].

2. BAHAN DAN METODE

2.1. Data kapal Express Cantika 88

Kapal Express Cantika 88 ditunjukkan pada Gambar 1. Sementara, gambar mesin induk kapal ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 1. Kapal Express Cantika 88

Sementara, data teknik kapal dan mesin induknya adalah sebagai berikut:

Nama Kapal	: Express Cantika 88
Jenis Kapal	: Penumpang Cepat

- Material Kapal : FRP
- Panjang Kapal : 40.46m
- Lebar Kapal : 6.75m
- Tinggi sarat : 1.20m
- Merek Mesin Induk : Carterpillar
- Daya (MCR) : 1450 BHP
- Rpm : 2300 Rpm
- Panjang mesin : 212 cm
- Lebar mesin : 152 cm
- Tinggi mesin : 158,75 cm



Gambar 2. Mesin induk kapal Express Cantika 88

Gaya eksitasi sebagai akibat kerja mesin induk adalah: $F = 5543.76 \text{ N}$. Data Kamar Mesin diuraikan sebagai berikut:

- Bahan Sekat: Fiberglass
- Panjang K/M: 17.6 m
- Lebar: 6.68 m

Sebagai bahan masukan untuk program simulasi, dibutuhkan data geometri dari material FRP, sebagai berikut:

- Density = 2500 Kg/m³
- Young's Modulus = 7,2E+10 Pa
- Poisson's Ratio = 0,22

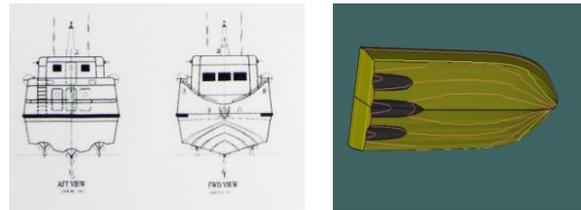
Selain itu, dibutuhkan juga data *structural steel*, sebagai berikut:

- Density = 7850 Kg/m³
- Young's Modulus = 2E+11 Pa
- Poisson's Ratio = 0,3

Adapun bagian konstruksi model kapal dan ukuran bagian-bagian konstruksi kapal ditunjukkan pada Gambar 3. Semnatara, Gambar 4 menunjukkan bentuk kapal dan penggambarannya dengan aplikasi Maxsurf.

Ukuran Konstruksi	Dimensi (mm)
Jarak Gading	600
Ukuran Gading	200 x 150
Ukuran FRP Pondasi	400 x 150 x 23
Keel	28
Side shell laminates	15
Bottom shell laminates	16
Deck	13
Frame	15
Ukuran Metal Cup	290 x 15 x 15
Bracket	15
Pengagar	40 x 5

Gambar 3. Bagian konstruksi pada model dan ukuran bagian-bagian konstuksi



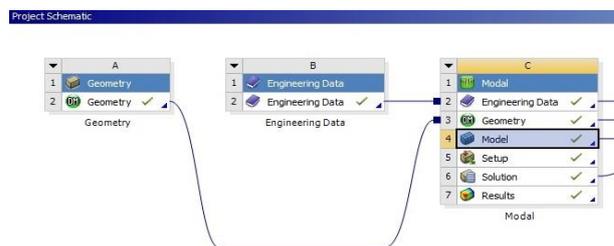
Gambar 4. Model kapal (Cantika 88) & penggambaran pada maxsurf

Simulasi

Software yang digunakan adalah salah satu perangkat lunak berbasis metode elemen hingga yang dipakai untuk menganalisa masalah-masalah rekayasa (engineering), menyediakan fasilitas untuk berinteraksi antar solvers juga dapat berintegrasi dengan perangkat lunak lainnya sehingga memudahkan pengguna dalam membangun model geometri dengan berbagai perangkat lunak sesuai Gambar (lihat Gambar 3 dan 4).

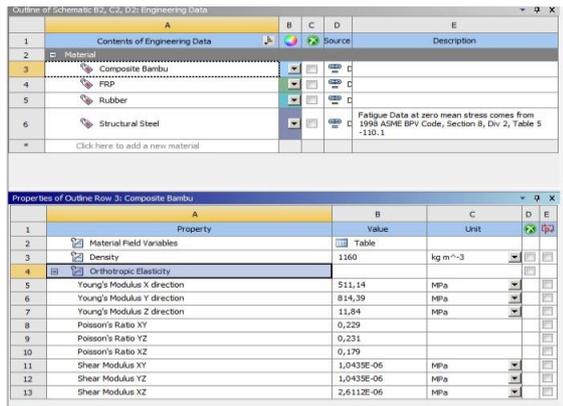
Modal Analysis

Modal analisis merupakan salah satu dari sekian banyak *tools/software* yang digunakan untuk ada dalam proses analisa dimana dalam *Modal Analysis* akan dicari frekuensi natural. Sebelum masuk pada Modal untuk ada dalam proses meshing. Kemudian dilanjutkan dengan menghubungkan Geometri dan *Engineering data* dengan modal dimana fungsi dari engineering data agar jenis material yang dipakai sebagai bahan peredam dapat dipilih secara otomatis sesuai dengan yang ada pada tools tersebut atau dapat dimasukan secara manual jika jenis material yang diinginkan tidak tertera dalam *tools*, Proses ini dapat dilakukan dengan menggunakan bagan pada Gambar 5.

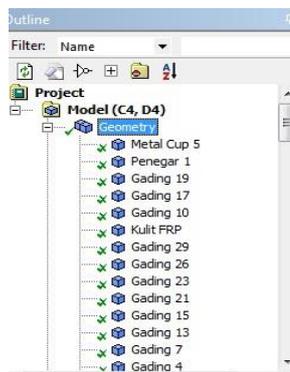


Gambar 5. Transfer data dari geometri dan engineering data ke modal

Setelah mentransfer data dari geometri dan *engineering data* ke modal (Gambar 5), selanjutnya dilakukan pengisian data jenis material (Gambar 6). Setelah itu, dilakukan pergantian nama pada *parts* di geometri sesuai nama konstruksi sesuai dengan konstruksi yang ada di kapal (Gambar 7).



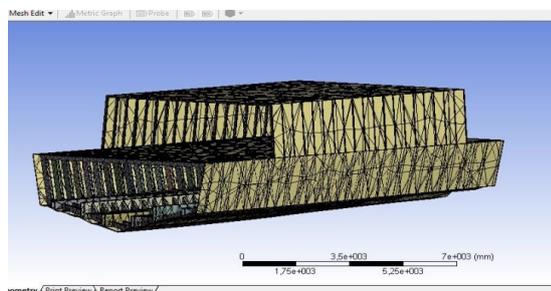
Gambar 6. Pengisian data jenis material



Gambar 7. Pergantian nama part sesuai konstruksi kapal dan pengisian jenis material

Setelah melakukan pergantian *parts* dengan nama konstruksi kapal dan pengisian jenis material, selanjutnya dilakukan proses persiapan meshing dengan mendefinisikan pemilihan grid mesh atau *relevance* yang akan dipakai yaitu geometri untuk membantu dalam pembuatan surface pada bagian kapal yang masih belum berhubungan.

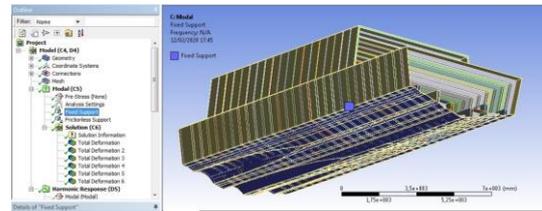
Terlihat pada *connection* di geometri, sesudah itu dilanjutkan dengan pengaturan mesh. Setelah pengaturan mesh selesai kemudian dilanjutkan dengan proses *generate mesh* Gambar 8.



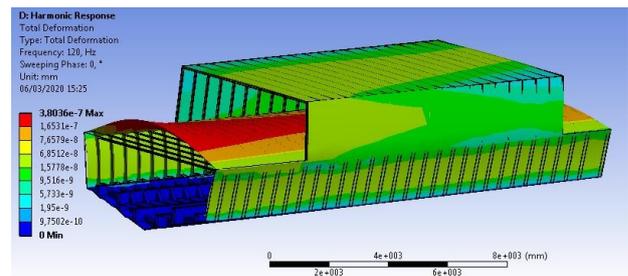
Gambar 8. Hasil *meshing* pada model

Setelah proses meshing digunakan kondisi batas *fixed support* dan *frictionless support*. Pada bagian lunas, Sistem dieksitasi pada frekuensi pribadinya. Kemudian dilakukan generate mesh sehingga dapat

dilihat frekuensi natural, Proses ini dapat dilihat pada Gambar 8 & Gambar 9.



Gambar 9. Kondisi batas menggunakan *fixed support* dan *frictionless support*



Gambar 10. Total deformasi sistem hasil simulasi

Harmonic Response

Harmonic response adalah salah satu tools/software yang digunakan untuk mencari frekuensi dan amplitudo pada kondisi struktur dinding yang dapat dilihat pada gambar 10.

Sebelum ada dalam penentuan bagian struktur yang akan di tinjau pada kapal, kemudian dilanjutkan dengan menghubungkan modal dengan Harmonic response dalam hal ini mentransfer data dari Modal ke Harmonic Response. Kemudian dilakukan pengaturan frekuensi range minimum dan maksimum dan juga solution intervals. Amplitudo yang dihasilkan menunjukkan getaran yang terjadi ketika gaya eksitasi diberikan pada sistem. Analisis modal menghasilkan frekuensi natural dan harmonik respons menghasilkan frekuensi eksitasi. Keduanya merupakan parameter penting dalam menentukan apakah sistem mengalami resonansi atau tidak.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Analisis Modal

Analisis modal dilakukan untuk memperoleh nilai frekuensi natural sistem. Pada penelitian ini hasil dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil Frekuensi Natural

Mode	Frequency (Hz)
1	39,25
2	43,392
3	77,181
4	83,8
5	92,029
6	95,869

Frekuensi ini merupakan frekuensi dari 6 modus getar tanpa gaya yang dikenai pada sistem dan tanpa penjepitan. Pada mode-1 sampai dengan mode-3 menunjukkan arah getaran dilatasi terhadap sumbu x , y dan z sedangkan mode-4 sampai dengan mode-6 menunjukkan arah getaran rotasional terhadap masing-masing sumbu x , y dan z . Arah sumbu y adalah arah getaran vertikal sedangkan x dan z merupakan arah getaran horisontal. Untuk mengetahui karakteristik getaran maka diperlukan data hasil frekuensi eksitasi pada analisis harmonik respons.

3.2. Analisis Harmonik Respons

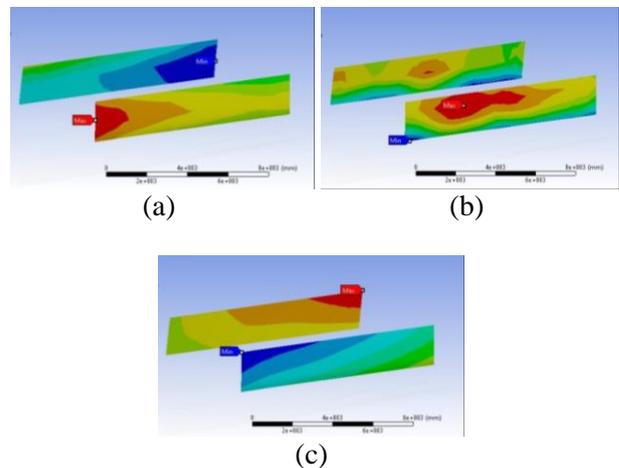
Hasil perhitungan Frekuensi dan Amplitudo berdasarkan *harmonic response* berdasarkan sumbu x , y , dan z ditunjukkan pada Tabel 2.

Tabel 2. *Harmonic response* sistim berdasarkan arah sumbu x , y , dan z

No.	Sumbu x		Sumbu y		Sumbu z	
	Frequency (Hz)	Amplitude (mm)	Frequency (Hz)	Amplitude (mm)	Frequency (Hz)	Amplitude (mm)
1	22	6,75E-08	22	2,19E-07	22	2,83E-09
2	24	7,16E-08	24	2,27E-07	24	2,87E-09
3	26	7,67E-08	26	2,36E-07	26	2,91E-09
4	28	8,30E-08	28	2,48E-07	28	2,95E-09
5	30	9,09E-08	30	2,64E-07	30	3,00E-09
6	32	1,01E-07	32	2,88E-07	32	3,04E-09
7	34	1,15E-07	34	3,26E-07	34	3,09E-09
8	36	1,33E-07	36	4,05E-07	36	3,12E-09
9	38	1,60E-07	38	7,20E-07	38	3,14E-09
10	40	1,99E-07	40	5,99E-07	40	3,09E-09
11	42	2,30E-07	42	2,67E-08	42	2,83E-09
12	44	8,88E-07	44	5,95E-08	44	1,10E-09
13	46	7,75E-06	46	1,48E-07	46	8,54E-09
14	48	7,88E-07	48	1,86E-07	48	5,55E-09
15	50	3,64E-07	50	2,16E-07	50	5,32E-09
16	52	2,35E-07	52	2,43E-07	52	5,42E-09
17	54	1,74E-07	54	2,70E-07	54	5,67E-09
18	56	1,38E-07	56	2,99E-07	56	6,04E-09
19	58	1,15E-07	58	3,33E-07	58	6,56E-09
20	60	9,98E-08	60	3,72E-07	60	7,28E-09
21	62	8,90E-08	62	4,21E-07	62	8,32E-09
22	64	8,14E-08	64	4,83E-07	64	1,00E-08
23	66	7,66E-08	66	5,67E-07	66	1,36E-08
24	68	7,44E-08	68	6,86E-07	68	2,88E-08
25	70	7,56E-08	70	8,71E-07	70	2,08E-08
26	72	8,29E-08	72	1,20E-06	72	8,36E-10
27	74	1,08E-07	74	1,94E-06	74	3,97E-09
28	76	3,63E-07	76	5,17E-06	76	7,41E-09
29	78	5,40E-08	78	7,38E-06	78	1,17E-08
30	80	1,30E-08	80	2,13E-06	80	2,25E-08
31	82	1,46E-07	82	1,23E-06	82	7,06E-09
32	84	3,37E-08	84	8,59E-07	84	1,90E-08
33	86	8,52E-09	86	6,60E-07	86	5,48E-08
34	88	7,77E-10	88	5,33E-07	88	7,05E-07
35	90	3,02E-09	90	4,45E-07	90	7,96E-08
36	92	5,61E-09	92	4,10E-07	92	1,55E-07
37	94	1,14E-09	94	3,32E-07	94	1,09E-08
38	96	5,53E-09	96	2,92E-07	96	1,99E-09

Dari data di atas dapat diketahui frekuensi dan amplitudo pada dinding kapal pada kondisi maksimum, frekuensi pada dinding kapal untuk sumbu x berada pada kisaran 46 Hz dengan amplitudo 7,75E-06 mm dan kekakuan 2,14E+07 N/mm, untuk sumbu y frekuensi berada pada kisaran 78 Hz dengan amplitudo 7,38E-06 mm dan kekakuan 2,25E+07 N/mm, serta untuk sumbu z frekuensi berada pada kisaran 88 Hz dengan amplitudo 7,05E-06 mm dan kekakuan 2,36E+08 N/mm. Berikut adalah hasil running berdasarkan arah getaran sumbu pada dinding kapal.

Berdasarkan hasil simulasi untuk sistim tanpa peredam pada *harmonic response* maka diketahui daerah kritis sesuai dengan arah getaran sumbu x , y , z yang dapat dilihat pada Gambar 11.



Gambar 11. Hasil simulasi pada (a) sumbu x (b) sumbu y dan (c) sumbu z

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pembahasan di atas frekuensi eksitasi masih memiliki nilai yang terlalu dekat dengan frekuensi natural sistem dimana kondisi ini rentan terjadinya resonansi atau lonjakan nilai amplitudo. Semakin tinggi nilai kekakuan dari sistem maka nilai amplitudo semakin kecil. Untuk mengatasi dapat dilakukan dengan menambah kekakuan sistem atau menambah peredam pada sistem sehingga nilai amplitudo dapat dikurangi. Hasil simulasi menunjukkan bagian kritis dari struktur. Sehingga hal ini membuka peluang untuk dilakukan penelitian lebih lanjut dalam upaya mengurangi getaran yang terjadi pada dinding kapal.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih disampaikan kepada Pimpinan Fakultas Teknik Universitas Pattimura yang sudah memberi dukungan baik fasilitas melalui dana PNBPN sehingga penelitian ini dapat diselesaikan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] A. H. Ali, A. Gouda, H. M. Mohamed, M. H. Rabie, and B. Benmokrane, “Nonlinear finite elements modeling and experiments of FRP-reinforced concrete piles under shear loads,” *Structures*, vol. 28, pp. 106–119, Dec. 2020, doi: 10.1016/j.istruc.2020.08.047.
- [2] E. Monaldo, F. Nerilli, and G. Vairo, “Effectiveness of some technical standards for debonding analysis in FRP-concrete systems,” *Composites Part B: Engineering*, vol. 160, pp. 254–267, Mar. 2019, doi: 10.1016/j.compositesb.2018.10.022.
- [3] K. Dileep Kumar, S. B. Sarathchandra, S. M. Madhusudanprasad, and K. Prasad, “Effect of delamination on natural frequencies of laminated FRP composite plate,” *Materials Today: Proceedings*, Oct. 2022, doi: 10.1016/j.matpr.2022.09.376.
- [4] Z. Zhang *et al.*, “Vibration-based assessment of delaminations in FRP composite plates,” *Composites Part B: Engineering*, vol. 144, pp. 254–266, Jul. 2018, doi: 10.1016/j.compositesb.2018.03.003.
- [5] X. Liu, Y. Wang, G. Wang, B. Yang, and R. Xu, “Dynamic analysis of RC beams externally bonded with FRP plates using state space method,” *Engineering Structures*, vol. 253, p. 113788, Feb. 2022, doi: 10.1016/j.engstruct.2021.113788.
- [6] N. Kharghani and C. Guedes Soares, “Experimental and numerical study of hybrid steel-FRP balcony overhang of ships under shear and bending,” *Marine Structures*, vol. 60, pp. 15–33, Jul. 2018, doi: 10.1016/j.marstruc.2018.03.003.
- [7] G. Vizinin and G. Vukelic, “Marine environment induced failure of FRP composites used in maritime transport,” *Engineering Failure Analysis*, vol. 137, p. 106258, Jul. 2022, doi: 10.1016/j.engfailanal.2022.106258.
- [8] K. Li, Y. Yu, Y. Wang, and Z. Hu, “Research on structural optimization method of FRP fishing vessel based on artificial bee colony algorithm,” *Advances in Engineering Software*, vol. 121, pp. 250–261, Jul. 2018, doi: 10.1016/j.advengsoft.2018.03.011.
- [9] T. Tafsirojjaman, A. Ur Rahman Dogar, Y. Liu, A. Manalo, and D. P. Thambiratnam, “Performance and design of steel structures reinforced with FRP composites: A state-of-the-art review,” *Engineering Failure Analysis*, vol. 138, p. 106371, Aug. 2022, doi: 10.1016/j.engfailanal.2022.106371.
- [10] H. Li *et al.*, “Vibro-impact response of FRP sandwich plates with a foam core reinforced by chopped fiber rods,” *Composites Part B: Engineering*, vol. 242, p. 110077, Aug. 2022, doi: 10.1016/j.compositesb.2022.110077.
- [11] Y. Ouyang and C. Chen, “Research advances in the mechanical joining process for fiber reinforced plastic composites,” *Composite Structures*, vol. 296, p. 115906, Sep. 2022, doi: 10.1016/j.compstruct.2022.115906.
- [12] E. Avi, A. Laakso, J. Romanoff, H. Remes, and I. Lillemäe-Avi, “Coarse mesh finite element model for cruise ship global and local vibration analysis,” *Marine Structures*, vol. 79, p. 103053, Sep. 2021, doi: 10.1016/j.marstruc.2021.103053.
- [13] H. Wang, W. Jiang, Z. He, and W. Peng, “Analysis on surface mobility of an infinite beam-stiffened structure,” *Applied Acoustics*, vol. 172, p. 107590, Jan. 2021, doi: 10.1016/j.apacoust.2020.107590.
- [14] D. Chen, H. Zi, Y. Li, and X. Li, “Low frequency ship vibration isolation using the band gap concept of sandwich plate-type elastic metastructures,” *Ocean Engineering*, vol. 235, p. 109460, Sep. 2021, doi: 10.1016/j.oceaneng.2021.109460.
- [15] I. G. Akande, M. A. Fajobi, O. A. Odunlami, and O. O. Oluwole, “Exploitation of composite materials as vibration isolator and damper in machine tools and other mechanical systems: A review,” *Materials Today: Proceedings*, vol. 43, pp. 1465–1470, Jan. 2021, doi: 10.1016/j.matpr.2020.09.300.
- [16] L. Koutsoloukas, N. Nikitas, and P. Aristidou, “Passive, semi-active, active and hybrid mass dampers: A literature review with associated applications on building-like structures,” *Developments in the Built Environment*, vol. 12, p. 100094, Dec. 2022, doi: 10.1016/j.dibe.2022.100094.

ANALISIS PENGEMBANGAN GALANGAN DENGAN MENGGUNAKAN SISTEM AIRBAG DI MALUKU

E. R. de Fretes¹,

¹Jurusan Teknik Perkapalan Fakultas Teknik Universitas Pattimura, Ambon 97233

E-mail: defretesera@gmail.com

Abstrak. Tahun 2019 jumlah kapal yang tiba di 32 (tiga puluh dua) pelabuhan di Provinsi Maluku sebanyak 17.529 kapal/tahun atau rata-rata kapal tiba sebanyak 1.460 kapal/bulan, sedangkan kapal yang berangkat 17.503 kapal/tahun atau rata-rata kapal berangkat sebanyak 1.458 kapal/bulan. Koleksi data yang lain diperoleh jumlah kapal yang beroperasi di perairan Maluku sekitar 500 unit dengan bobot yang bervariasi, di mulai dari kapal-kapal dengan bobot 200 TLC, 1500 TLC hingga 2500 TLC atau lebih. Dari kondisi geografis dan populasi kapal yang ada, maka galangan kapal (dock) menjadi salah satu infrastruktur penting karena keberadaannya dapat mendukung keberlangsungan transportasi laut yang digunakan. Penelitian ini bertujuan untuk menentukan ukuran galangan yang optimal di Maluku. Metodologi yang digunakan dalam mendesain ini adalah dengan menggunakan data statistik yang dianalisis dengan menggunakan teori desain yang ada untuk mendapatkan ukuran galangan yang efisien. Hasil perhitungan untuk kapasitas *winch* ataupun daya elektomotor adalah sebesar 848,1 Hp dengan kapasitas 3000 *Gross Tonnage* atau $\geq 1470,79$ TLC

Kata kunci: *Airbag*, galangan, infrastruktur, ton lifting capacity,

Abstract In 2019 the number of ships arriving at 32 (thirty-two) ports in Maluku Province was 17,529 ships / year or an average of 1,460 ships arriving / month, while ships departing 17,503 ships / year or an average of 1,458 ships departing / month. Another data collection obtained the number of ships operating in Maluku waters around 500 units with varying weights, ranging from ships with a displacement of 200 TLC, 1500 TLC to 2500 TLC or more. From the existing geographical conditions and ship population, the shipyard (dock) is one of the important infrastructures because its existence can support the sustainability of the sea transportation used. This study aims to determine the optimal size of the shipyard in Maluku. The methodology used by da-lam designing this is to use statistical data that is analyzed by using existing design theories to obtain an efficient shipyard size. The calculation result for the winch capacity or electomotor power is 848.1 Hp with a capacity of 3000 Gross Tonnage or ≥ 1470.79 TLC.

Keywords: *Airbags*, dockyards, infrastructure, tons of lifting capacity

1. PENDAHULUAN

Kapal merupakan sarana transportasi yang sangat penting pada provinsi Maluku. Menurut data BPS (Badan Pusat Statistik) jumlah kapal yang tiba di 32 (tiga puluh dua) pelabuhan di Provinsi Maluku sebanyak 17.529 kapal/tahun atau rata-rata kapal tiba sebanyak 1.460 kapal/bulan. Sementara, kapal yang berangkat 17.503 kapal/tahun atau rata-rata kapal berangkat sebanyak 1.458 kapal/bulan. Koleksi data yang lain diperoleh jumlah kapal yang beroperasi di perairan Maluku sekitar 500 unit

dengan bobot yang bervariasi, di mulai dari kapal-kapal dengan bobot 200 TLC, 1500 TLC hingga 2500 TLC atau lebih.

Melihat dari kondisi geografis dan populasi kapal yang ada, maka galangan kapal (*dock*) menjadi salah satu infrastruktur penting karena keberadaannya dapat mendukung keberlangsungan bisnis pada industri khusus yang proses bisnisnya berkaitan dengan aktifitas logistik (barang, *cargo vessel*, penumpang, *passenger vessel*, *tugboat*) [1], [2].

Berdasarkan jumlah data operasional kapal beserta jumlah galangan yang masih aktif pada perairan Maluku khususnya kota Ambon sebanyak 3 buah galangan kapal diantaranya PT. Dok & Perkapalan Waiame (Persero), PT. Pasifik Dok Maluku, dan Dok & Perkapalan Galala. Potensi pasar di sektor reparasi kapal wilayah Maluku sangat besar, sementara galangan kapal yang mampu pada setiap dok hanya dapat melakukan pengedokan untuk kapal-kapal dengan kapasitas 500 DWT hingga 1.500 DWT.

Dari latar belakang diatas, maka permasalahan yang diperoleh adalah berapakah spesifikasi peralatan sistem peluncuran/pengedokan kapal dan perlengkapan yang optimal untuk pengembangan menggunakan analisa statistik dan perhitungan-perhitungan penunjang secara teknis, dengan kemampuan galangan yang lebih besar dari 1.500 DWT.

2. BAHAN DAN METODE

Analisis pengembangan galangan harus memperhatikan jumlah armada yang beroperasi di daerah dimana galangan itu berada, maupun memperhatikan lokasi dan *layout* galangan yang hendak dibangun. Hal ini disebabkan karena untuk membangun suatu galangan, maka lahan yang dibutuhkan harus disesuaikan dengan besar kebutuhan serta regulasi yang berlaku di daerah masing-masing dimana galangan tersebut dibangun. Sekarang ini pembangunan galangan harus memperhatikan faktor teknologi yang dengan perkembangan terkini baik itu membujur atau melintang. Untuk kondisi lahan yang besarm maka peluncuran membujur dapat digunakan karena dari resio yang kecil [3]. Salah satu type galangan yang sementara berkembang adalah type galangan dengan pelimbangan dan peluncuran menggunakan *airbag*. Penyebab dari penggunaan *airbag* sebagai media pelimbangan adalah dari sisi biaya yang murah dan sisi operasional yang mudah [4].

2.1. Kantung Udara (*Airbag*)

Kantung udara harus memenuhi persyaratan ISO 14409. Menurut berat kapal yang diluncurkan, jumlah kantung udara yang diperlukan untuk operasi ini harus dihitung sesuai dengan Rumus [5], [6]:

$$N = k_1 \frac{Qg}{c_b \cdot R \cdot L_d} \quad (1)$$

dimana:

- N = jumlah kantung udara yang digunakan untuk peluncuran kapal;
- K_1 = koefisien, secara umum, $K_1 \geq 1,2$;
- Q = berat kapal (ton);

- g = percepatan gravitasi (m/s^2), $g = 9,8$;
- C_b = koefisien blok kapal
- R = kapasitas dukung unit yang diijinkan dari kantung udara (kN/m)
- L_d = panjang kontak antara bagian bawah kapal dan badan kantong udara di bagian *midship* (m).

2.2. Gaya Tarik *Roll Block* dan Bobot Kapal

Roll blok merupakan penggabungan beberapa katrol atau puli yang membentuk sebuah sistem puli yang terhubung ke *winch* untuk mendapatkan gaya tarik yang lebih besar dari pada kekuatan tarik *winch* sebelumnya. Pada prinsipnya, *roll blok* mengadopsi prinsip kerja sistem puli dengan tali penarik dari arah puli bergerak.

Persamaan untuk menentukan gaya keluaran dari sistem *sling* sebagai berikut:

$$F = Z \frac{e^{z+1}-1}{e^z(e-1)} \quad (2)$$

dimana :

- F = Gaya keluaran dari sistem *sling* (ton)
- Z = Gaya tarik *Winch* (Ton)
- e = Nilai hambatan puli
= 1.02 – 1.05
- z = Jumlah puli

Berdasarkan Persamaan di atas, maka bobot maksimum kapal yang dapat dilayani oleh dok sistem *airbags* dapat ditentukan menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$W < \frac{F}{\mu \cos \alpha + \sin \alpha} \quad (3)$$

dimana:

- F = Gaya tarik *sling* (ton)
- W = Berat kapal (ton)
- M = koefisien gesek antara *airbags* dengan landasan
= 0.035 (landasan beton) dan 0..65 (landasan pasir)
- α = sudut kemiringan landasan *rampway*

Dalam menentukan besarnya gaya tarik *winch*, maka sebelumnya perlu diuraikan gaya-gaya yang bekerja pada kapal saat proses pelimbangan. Besarnya gaya tarik *winch* dapat dihitung dengan menggunakan rumus [7] yaitu:

$$P = W \sin \alpha + fs \quad (4)$$

dimana:

- W = berat kapal + berat air bag
- α = kemiringan slipway
- fs = gaya gesek

$$= \mu \cdot W \cdot \cos \alpha$$

$$\mu = \text{koefisien gesek (0.03 - 0.06)}$$

2.3. Spesifikasi Peralatan

Diameter drum *winch* dapat dihitung menurut rumus [8], [9] sebagai berikut:

$$D \geq e_1 \cdot e_2 \cdot d \quad (5)$$

dimana:

$$D = \text{diameter drum}$$

$$e_1 = \text{faktor alat penarik (20 - 30)}$$

$$e_2 = \text{faktor konstruksi sling (0.9-1.8)}$$

$$d = \text{diameter sling}$$

Tebal drum dari pendingin drum dapat dihitung berdasarkan rumus sebagai berikut:

$$W_t = 0.02 \times D + (0,6 \text{ sampai } 1.0) \quad (6)$$

Panjang drum *winch* tergantung dari panjang sling dan jarak alur sling. Panjang drum dapat dihitung dengan rumus:

$$L_{dr} = (1.1 \text{ sampai } 1.6) \times D \quad (7)$$

Tinggi flans drum tergantung dari banyaknya lilitan pada drum serta diameter pada drum tersebut, sedangkan jumlah lilitan sling pada lapisan pertama tergantung dari banyaknya alur pada drum *winch*, dimana jumlah alur dihitung sebagai berikut:

$$n_a = L_{dr} / S_1 \quad (8)$$

dimana:

$$L_{dr} = \text{panjang drum winch}$$

$$S_1 = \text{jarak alur drum winch}$$

Untuk menentukan diameter puli digunakan persamaan adalah:

$$D_1 = 0.6 \times D \quad (9)$$

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Jumlah Airbag

Untuk menghitung kebutuhan jumlah *Airbag* sebagai berikut [10]:

$$N = K_1 \frac{Q \cdot g}{C_b \cdot R \cdot L_d} + N_1$$

$$N = 1.3 \frac{3000 \cdot 9.81}{0.726 \cdot 138.22 \cdot 52.11} + 4$$

$$N = 10 \text{ Pcs}$$

3.2. Perhitungan Panjang Terendam

Panjang blok bergerak ke kapal menggunakan tali sling tersendiri, panjangnya dapat dihitung dengan rumus [11]:

$$L_{rdm} = (T_0^2 + L_r^2)^{1/2}$$

Di mana :

$$T_0 = \text{Sarat kapal kosong} + \text{Tinggi airbag}$$

$$= 6,48 + 1,8$$

$$= 8,28 \text{ m}$$

Panjang L_r adalah panjang horisontal pada saat air pasang maksimum dapat dihitung sebagai berikut:

$$L_r = T_0 / \sin \beta$$

$$B = 2^0$$

$$\text{Maka } L_r = 8,28 / \sin 2^0$$

$$= 237,47 \text{ m}$$

$$L_{rdm} = \sqrt{(8,28^2 + 237,47^2)^{1/2}}$$

$$= 237,62 \text{ m}$$

3.3. Perhitungan Kapasitas Winch

Besarnya gaya Tarik winch dapat dihitung dengan:

$$F = W \sin \alpha + f_s$$

dimana:

$$W = \text{berat kapal} + \text{Berat air bag}$$

$$= 3000 + (10 \cdot 0.732)$$

$$= 3000 + 7,87$$

$$= 3007,95 \text{ Ton}$$

$$\alpha = \text{kemiringan landasan } 2^0$$

$$\mu = \text{koefisien gesek} = 0,33$$

$$f_s = \text{gaya gesek}$$

$$= \mu \cdot W \cdot \cos 2^0$$

$$= 0.33 \times 3007,95 \times 0.9994$$

$$= 992,03$$

Sehingga diperoleh:

$$F = 3007,95 \times \sin 2^0 + 992.03$$

$$= 1097 \text{ Ton}$$

Besarnya gaya luncur *winch* (bila *winch* digunakan untuk meluncurkan kapal) dapat dihitung menggunakan persamaan:

$$F = f_s - W \sin \alpha$$

$$= 992.03 - 3007,95 \sin 2^0$$

$$= 887,05 \text{ Ton}$$

Gaya tegangan yang bekerja pada masing-masing sling dihitung dengan rumus:

$$S_8 = Q \cdot \varepsilon \frac{\varepsilon - 1}{\varepsilon^{(J+1)} - 1}$$

dimana:

$$Q = F = \text{Gaya tarik winch}$$

$$= 1097 \text{ Ton}$$

$$J = \text{Jumlah Puli (6 buah)}$$

ε = faktor tahanan puli (1.05)

$$= 2966,4 \text{ mm}$$

Sehingga :

$$\begin{aligned} S_8 &= 1097 \times 1.05 \frac{1.5-1}{\frac{1.05^{(6+1)}-1}{1.5-1}} \\ &= 1097 \times 1.05 \frac{1.5-1}{1.05^{(7)}-1} \\ &= 1151,85 \times 0.123 \\ &= 148,544 \text{ Ton} \end{aligned}$$

Tegangan putus sling dapat dihitung dengan rumus:

$$S_8 = P_b / K \quad (\text{Kg})$$

Dimana :

S_8 = gaya tegangan sling

$$= 148.544 \text{ Kg}$$

P_b = beban putus sling (Kg)

K = faktor keamanan (5)

Maka diperoleh :

$$P_b = S_8 \cdot K$$

$$= 148,544 \times 5$$

$$= 742,72 \text{ Ton}$$

$$= 742,72 \times 9.81$$

$$= 7286,1 \text{ Kn Kg}$$

Dengan beban maksimum ini, maka dipilih sling dengan tipe 6 x 19 dan 6 x 37 *rope with CWR (IWRC), Bright or Drawn Galvanised (RRL)* dengan mode EEIPS sudah distandarkan dengan kemampuan beban sebesar 7900 KN dengan diameter sebesar 115 mm atau 4-1/2 Inch atau dengan metode super titan dengan kemampuan standart 7908 KN dengan diameter standart 103 mm atau 4,0 Inch.

Diameter drum dihitung dengan persamaan:

$$D > e_1 \cdot e_2 \cdot d$$

dimana:

D = diameter Drum

e_1 = faktor ketergantungan penarik 20–30

$$e_1 = 20$$

e_2 = faktor dari konstruksi sling, 0,9–1,8

$$e_2 = 0,9$$

d = diameter sling = 103 mm

Sehingga diameter drum

$$D = 20 \times 0,9 \times 103 \text{ mm}$$

$$= 1854 \text{ mm}$$

Tebal dinding drum dihitung sebagai berikut:

$$T = 0,02 D + (0,6-1,0) \text{ mm diambil} = 0,6$$

$$= 37.68 \text{ mm}$$

Panjang drum sling tergantung dari panjang sling dan jarak alur sling, panjang drum dapat ditentukan dengan:

$$L_{dr} = (1.1 - 1.6) D$$

$$= 1,6 \times 1854$$

Tinggi flens drum tergantung dari banyaknya lilitan pada drum serta diameter dari drum tersebut, sedangkan jumlah lilitan pada lapisan pertama tergantung dari banyaknya alur pada drum winsh, jumlah alur dihitung dengan:

$$N_a = L_{dr} / S_1$$

$$= 2966,4 / 42$$

$$= 71 \text{ lilitan}$$

Dengan menggunakan pendekatan matematis dapat diperoleh panjang sling pada lapisan pertama drum sling adalah:

$$L_{sd} = 2 \cdot \pi \cdot r \cdot N_a$$

$$= 2 \times 3,14 \times 927 \times 71$$

$$= 411168 \text{ mm}$$

$$= 411.168 \text{ m}$$

Panjang *sling* melingkar pada drum adalah 411.168 m, merupakan panjang pada lapisan pertama, sehingga banyaknya lapisan pada *drum winch* adalah:

$$N_{tab} = 411.168 / 517$$

$$= 795.297 \text{ lilitan}$$

Dengan demikian tinggi flens drum dapat dihitung dengan:

$$h_a = N_{lab} \times D$$

$$= 795.297 \times 103$$

$$= 81915.6 \text{ mm}$$

$$= 81.9156 \text{ m}$$

Bahan pully terbuat dari besi tuang dengan tegangan Tarik yang diijinkan sebesar 100 kg/cm². Ukuran diameter pully dihitung dengan :

$$D_p = 0.6 \cdot D$$

$$= 0.6 \cdot 1854$$

$$= 1112.4 \text{ mm}$$

3.4. Penentuan Daya Elektromotor

Untuk menggerakkan *winch* digunakan daya *electromotor* sebagai sumber daya.

Daya *electromotor* dapat dihitung dengan:

$$N = (F \cdot V) / 1.02 \eta$$

dimana:

$$F = \text{beban maksimum Tarik} = 1098.14 \text{ kg}$$

$$V = \text{kecepatan Tarik} (0,03-0,3 \text{ m/dt})$$

$$\eta = \text{randem motor Z}(0,65-0,85)$$

Sehingga diperoleh:

$$N = (1098.14 \cdot 0.05) / 102 \cdot 0.85$$

$$= 632,6 \text{ Kw}$$

$$= 848,1 \text{ HP}$$

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisa perhitungan untuk Pengembangan galangan Type Air bag di Maluku diperoleh kapasitas kapal adalah 3000 GT atau kapasitas galangannya 1470,79 TLC dengan spesifikasi sebagai berikut:

Penentuan Drum atau Tromol :

Diameter drum	= 936 mm
Tebal drum	= 19,32 mm
Jalur alur drum	= 22 mm
Tengangan yang terjadi	= 1167,41 kg/cm ²
Tengangan Ijin	= 1600 Kg/cm ²
Panjang drum	= 1497,6 mm
Tinggi flens drum	= 20,12 m
Daya <i>electromotor winch</i> tarik	= 848,1 Hp

DAFTAR PUSTAKA

- [1] K. Bhasin, *Airbag for safety system in automobile engineering*, International Journal of automobile engineering, Volume 10, TJPRC Pvt.Ltd., P1-6 Issue 1 Juni 2020
- [2] R. Q. Tinandri, A. Wahidin dan A. Imron, *Analisis Desain Layout Air bags Pada Peluncuran kapal Tanker 17500 LTDW Di PT Daya Radar Utama Unit Lamongan*, Conference on Design and Manufacture and Its Application Vol. 1, No. 1 2017.
- [3] Z. Ariany, *Analisa Perhitungan Ballast Pada Peluncuran Menyamping (Side Launching) Kapal Sungai 200 GT Di PT DKB (Persero) Cabang Semarang*, Gema Teknologi Vol. 19. No. 4 Periode Oktober 2017 – April 2018.
- [4] A. E. Nezhad, *Airbag-Ship launching*, Marine conference, Departemen of Mechanical Engginering, Sharif University of Technologi, Islamabat P158-166, 2017.
- [5] Z. Irianto, N. Puryantini, A. Baharudin, b. S. Prasajo. *Experimental Study on Ship Launching Using Air Bag*, MIPI Volume 13 no 1 pp 56-64, April 2019
- [6] M. Soetardjo, *Applied Technology and Computing Science Journal Vol 1 No.1*” dalam Jurnal *Perencanaan Awal Tata Letak Galangan Kapal Di Daerah Kawasan Lahan Terbuka*, 2018
- [7] B. Baxter, *Naval Architecture Example and Theory*, Charles Griffing and Company Limited, England, 1967.
- [8] Rudenko, *Mesin Pindah Bahan*, Erlangga, Jakarta, 1964.
- [9] L. S. Volenyuk, A. S. Rashkovskyi, *Ship stability analysis during launching from longitudinal sloping slipway by pneumatic airbags*, International shipbuilding Progress Vol, 64. Mo. 1-2. pp. 41-5, 2017.
- [10] S. Rudan, J. Urem and A. Zaninovic, *Comparison of Ship Launching Evaluation Methods*, XX Symposium SORTA, 2012.
- [11] Qingdao, Evergreen Shipping Supplies Co., L. (n.d). *Ship Launching Airbag Retrieved* April 13, 2019

APLIKASI METODE *SERVICE QUALITY* DALAM MENGANALISIS KUALITAS LAYANAN PT. PLN (PERSERO) PLTD POKA AMBON

Imelda Ch.Poceratu¹, Nil Edwin Maitimu²

¹ Jurusan Teknik Industri Fakultas Teknik Universitas Pattimura, Ambon 97233

Email: imelpoce@gmail.com

² Jurusan Teknik Industri Fakultas Teknik Universitas Pattimura, Ambon 97233

Email: edwinmaitimu@yahoo.com

Abstrak. Layanan publik (jasa) adalah segala bentuk jasa pelayanan, baik dalam bentuk barang publik maupun jasa publik yang pada prinsipnya menjadi tanggung jawab dan dilaksanakan oleh Instansi Pemerintah di Pusat, di Daerah, dan di lingkungan Badan Usaha Milik Negara atau Badan Usaha Milik Daerah, dalam rangka untuk upaya pemenuhan kebutuhan masyarakat maupun pelaksanaan ketentuan peraturan perundang-undangan. PT. PLN (Persero) PLTD Poka merupakan perusahaan yang bergerak dalam bidang jasa khususnya kelistrikan. Untuk mengetahui tingkat kepuasan pelanggan, maka dilakukan analisis dengan menggunakan metode *servqual* dan *six sigma*. Dengan melihat 5 dimensi kualitas sebagai parameter pengukuran yaitu *tangible*, *responsiveness*, *reliable*, *assurance*, dan *empathy*. Untuk nilai kesenjangannya sebesar -1,05. Oleh karena itu, atribut yang memiliki gap cukup besar dijadikan prioritas untuk diperbaiki dibandingkan dengan atribut yang memiliki gap lebih kecil. Yang memiliki gap terbesar sesuai dengan lima dimensi jasa yaitu dimensi empati dengan nilai gap -1,26.

Kata Kunci: Layanan Publik, Kepuasan Pelanggan, *Servqual*.

Abstract. Public services are all forms of services, both in the form of public goods and public services which in principle are the responsibility and are carried out by Government Agencies at the Center, in the Regions and within the State-Owned Enterprises or Regional-Owned Enterprises, in the framework for efforts to meet the needs of the community as well as the implementing the provisions of laws and regulations. PT. PLN (Persero) PLTD Poka is a company engaged in services, especially electricity. An analysis was carried out to determine the level of customer satisfaction, using the *servqual* and *six sigma* methods. Looking at the 5 dimensions of quality as measurement parameters, namely *tangible*, *responsiveness*, *reliability assurance*, and *empathy*. The value of the gap is -1.05. Therefore, attributes with a large enough gap are prioritized for improvement compared to those with a smaller gap. Which has the largest gap according to the five service dimensions, namely the empathy dimension with a gap value of -1.26.

Keywords: Public Service, Customer Satisfaction, *Servqual*.

1. PENDAHULUAN

Kualitas layanan sangat mempengaruhi kepuasan pelanggan, karena apabila kualitas layanan tidak sesuai dengan harapan konsumen, maka konsumen tidak akan puas. Hal tersebut secara tidak langsung akan mempengaruhi kualitas layanan yang dihasilkan oleh perusahaan. Pelanggan yang puas cenderung tetap loyal lebih

lama, membeli lebih banyak, kurang peka terhadap perubahan harga dan mereka akan membeli ulang dan memberitahu orang lain mengenai pengalaman baik dengan produk tersebut [1]. Kualitas mempunyai dampak langsung terhadap prestasi produk atau jasa dan kepuasan konsumen/pelanggan, sehingga semakin puas konsumen/pelanggan maka kualitas pelayanan pada suatu

perusahaan akan semakin baik pula atau berkualitas.

Dalam pengukuran tentang kualitas pelayanan berdasarkan kepuasan pelanggan tercantum beberapa keputusan menteri salah satunya dalam Keputusan Menteri Negara Pendayagunaan Aparatur Negara Nomor 25/KEP/M.PAN/2/2004 tentang “Pedoman Penyusunan Indeks Kepuasan Masyarakat Unit Pelayanan Instansi Pemerintah”. Sehingga unit pelayanan instansi pemerintah harus terus melakukan penyusunan indeks kepuasan masyarakat. Disamping itu, masih banyak keluhan masyarakat/pelanggan tentang pelayanan yang diberikan selama ini, seperti masih kurang tanggapnya pihak PT. PLN (Persero) PLTD Poka.

Penelitian ini memfokuskan untuk menganalisis kualitas pelayanan dan mengetahui perkembangan pelayanan serta menganalisis atribut-atribut pelayanan yang perlu dikembangkan oleh PT. PLN (Persero) PLTD Poka. Dalam penelitian ini, pengintegrasian metode servqual diharapkan dapat diimplementasikan pada industry yang bergerak di bidang pelayanan (jasa) yaitu pada PT. PLN (Persero) PLTD Poka Ambon.

1.1. Kepuasan Pelanggan dan Kualitas Layanan

Kepuasan pelanggan adalah perbandingan antara persepsinya terhadap jasa yang diterima dengan harapannya sebelum menggunakan jasa tersebut. Kepuasan pelanggan adalah hasil akumulasi dari konsumen/pelanggan dalam menggunakan produk dan jasa. Kepuasan konsumen/pelanggan pada dasarnya mencakup perbedaan antara harapan dan kepentingan atau hasil yang dirasakan oleh konsumen/pelanggan. Dengan demikian kunci keberhasilan perusahaan sebenarnya sangat tergantung kepada suksesnya perusahaan dalam memuaskan kebutuhan pelanggannya hal ini [1].

Kualitas pelayanan merupakan segala bentuk aktivitas yang dilakukan oleh perusahaan guna memenuhi harapan konsumen. Pelayanan sebagai jasa atau servis yang disampaikan oleh pemilik jasa yang berupa kemudahan, kecepatan, hubungan, kemampuan dan keramahan yang ditujukan melalui sikap dan sifat dalam memberikan pelayanan untuk kepuasan konsumen [2].

1.2. Dimensi Service Quality (Serqual)

Metode servqual adalah suatu kuesioner yang digunakan untuk mengukur kualitas jasa. Cara ini mulai dikembangkan pada tahun 1980-an oleh Zeithaml, Parasuraman & Berry, dan telah digunakan dalam mengukur berbagai kualitas jasa. Dengan kuesioner ini, kita bisa mengetahui

seberapa besar celah (gap) yang ada di antara persepsi pelanggan dan ekspektasi pelanggan terhadap suatu perusahaan jasa. Kuesioner servqual dapat diubah-ubah (disesuaikan) agar cocok dengan industri jasa yang berbeda-beda pula (misalnya bank, restoran, atau perusahaan telekomunikasi).

Metode Servqual merupakan metode yang digunakan untuk mengukur kualitas layanan dari atribut masing-masing dimensi, sehingga akan diperoleh nilai gap (kesenjangan) yang merupakan selisih antara persepsi konsumen terhadap layanan yang telah diterima dengan harapan terhadap yang akan diterima. Metode Servqual digunakan karena mudah dipahami, mempunyai instrumen yang jelas untuk melakukan pengukuran [3]. Pengukurannya metode ini dengan mengukur kualitas layanan dari atribut masing-masing dimensi, sehingga akan diperoleh nilai gap yang merupakan selisih antara persepsi konsumen terhadap layanan yang diterima dengan harapan konsumen terhadap layanan yang akan diterima. Secara umum memang belum ada keseragaman batasan tentang konsep service quality (servqual). Beberapa pendapat para ahli tentang konsep servqual tersebut, antara lain [4]:

- 1) Christopher Lovelock dalam bukunya “Product Plus: How Product+Service=Competitive Advantage (1994), yang menyatakan bahwa suatu gagasan yang sangat menarik, yaitu tentang bagaimana suatu produk bila ditambah dengan pelayanan (*service*) akan menghasilkan suatu kekuatan yang dapat memberikan manfaat bagi perusahaan dalam mendapatkan keuntungan.
- 2) Lovelock menggambarkan titik rawan dalam pelayanan ke dalam diagram kelopak-kelopak sebuah bunga yang terdiri dari; *information* (informasi), *consultation* (konsultasi), *ordertaking* (keyakinan), *hospitality* (keramahan), *caretaking* (perawatan), *exceptions* (pengecualian), *billing* (transaksi administrasi), dan *payment* (pembayaran).

Terdapat lima dimensi yang digunakan untuk mengukur kualitas suatu layanan industri jasa [5]. Kelima dimensi tersebut antara lain:

- 1) *Tangible* (Bukti langsung), yaitu segala sesuatu yang secara langsung dapat dilihat, dirasakan dan berwujud nyata meliputi penampilan secara fisik, peralatan/perlengkapan, karyawan.
- 2) *Reliability* (Keandalan), yaitu kemampuan untuk memberikan layanan yang dijanjikan secara akurat, tepat waktu, memuaskan, dan dapat dipercaya. Dari lima dimensi, faktor ini merupakan faktor yang paling penting dari kualitas pelayanan.

- 3) *Responsiveness* (Daya tanggap), yaitu kemampuan untuk membantu pelanggan dengan memberikan layanan yang baik dan cepat. Dengan kata lain keinginan para staf untuk membantu para pelanggan dan memberikan pelayanan dengan tanggap, yang meliputi kecepatan, kompetensi, kenyamanan, mudah direparasi, serta penanganan keluhan yang memuaskan sejak proses penjualan hingga purna jualnya (*serviceability*).
- 4) *Assurance*, yaitu mencakup kemampuan/ pengetahuan, kesopanan dan sifat dapat dipercaya oleh pelanggan yang dimiliki oleh para staf, sehingga dapat meyakinkan pelanggan mengenai kualitas layanan yang diberikan.
- 5) *Emphaty*, yaitu berusaha untuk mengetahui dan mengerti kebutuhan pelanggan secara individual dengan memberikan komunikasi yang baik, sikap peduli, dan perhatian kepada pelanggan.

1.3. Analisis GAP

Model kualitas jasa pada gambaran diatas mengidentifikasi 5 (lima) gap (kesenjangan) yang menyebabkan gagalnya pelayanan jasa yaitu [6]:

- 1) Gap 1: Kesenjangan antara harapan pasien dengan persepsi pihak manajemen, Pihak manajemen tidak selalu memahami dengan tepat apa yang diinginkan pasien dan bagaimana pasien menilai masing-masing komponen jasa tersebut, akibatnya manajemen tidak mengetahui bagaimana suatu jasa seharusnya didesain, dan jasa-jasa pendukung/sekunder apa saja yang diinginkan oleh pasien. Contohnya pengelola catering mungkin mengira para pelanggannya lebih mengutamakan ketepatan waktu pengantaran makanannya, padahal pelanggan tersebut mungkin lebih memperhatikan variasi menu yang disajikan.
- 2) Gap 2: Kesenjangan antara harapan pasien dengan persepsi pihak manajemen, Kadangkala manajemen mampu mamahami secara tepat apa yang di inginkan pasien, tapi mereka tidak menyusun standar kinerja tertentu yang jelas. Hal ini dapat di karenakan tiga faktor, yaitu tidak adanya komitmen total manajemen terhadap kualitas jasa, kekurangan sumber daya atau karena adanya kelebihan permintaan. Sebagai contoh: manajemen bank meminta para stafnya agar memberikan pelayanan secara ‘cepat’ tanpa menentukan standard atau ukuran waktu pelayanan yang dapat dikategorikan cepat.
- 3) Gap 3: Kesenjangan antara harapan pasien dengan persepsi pihak manajemen, Ada banyak faktor yang mempengaruhi pemberian jasa, dimana mungkin ada perbedaan antara beban kerja yang diberikan dengan ketrampilan yang dipunyai sehingga akan menimbulkan perbedaan hasil dari yang telah direncanakan. Faktor-faktor yang menyebabkan gap ini antara lain :
 - *Role Ambiguity*: terjadinya kebingungan pada bagian pelaksana untuk dapat melaksanakan tugasnya dengan baik karena tidak memiliki informasi dan ketrampilan yang dibutuhkan.
 - *Role Conflict*: adanya persepsi dalam diri karyawan bahwa mereka tidak dapat memenuhi semua permintaan dari semua individu yang harus mereka layani. Hal ini dapat terjadi karena jumlah pasien yang terlalu banyak dan menginginkan pelayanan pada waktu yang sama.
 - Adaptasi lingkungan dari karyawan yang tidak memadai.
 - Tidak tersedianya sarana dan prasarana yang dibutuhkan oleh karyawan dalam melaksanakan tugasnya.
 - Kurangnya pengawasan dan pengontrolan yang efektif.
 - Tidak adanya rasa kebersamaan sebagai satu tim dari pihak pelaksana dan pihak manajemen.
- 4) Gap 4: Kesenjangan antara harapan pasien dengan persepsi pihak manajemen, Harapan pasien dipengaruhi oleh pemberi jasa melalui komunikasi. Akan menjadi masalah jika pengharapan yang diinginkan pasien berbeda dengan keadaan yang sebenarnya, sehingga menimbulkan kekecewaan pasien.
- 5) Gap 5: Kesenjangan antara harapan pasien dengan persepsi pihak manajemen, Gap ini timbul apabila pelanggan mengukur kinerja/prestasi perumahan dengan cara yang berlainan, atau bisa juga keliru mempersepsikan kualitas jasa tersebut. Sehingga kesenjangan antar manajemen dan pasien terganggu.

Metode servqual merupakan metode yang digunakan untuk mengetahui kriteria-kriteria yang harus ditingkatkan kepuasan pelayanannya yang terjadi antara persepsi dan harapan pelanggan. Selisih antara persepsi dengan harapan disebut dengan GAP atau kesenjangan kepuasan pelayanan, yang dirumuskan sebagai berikut [7]:

$$GAP = P - H \quad (1)$$

Dimana:

GAP = Selisih dari nilai persepsi dan harapan pelanggan

P = nilai persepsi pelanggan

H = nilai harapan pelanggan

Jika hasil dari penilaian persepsi dan harapan pelanggan positif ($P > H$), maka layanan yang diberikan dikatakan sangat memuaskan. Jika hasil dari penilaian persepsi dan harapan pelanggan bernilai nol ($P = H$), maka layanan yang diberikan dikatakan memuaskan. Jika hasil dari penilaian persepsi dan harapan pelanggan bernilai negatif ($P < H$), maka layanan yang dikatakan tidak memuaskan [8].

Servqual terdiri atas 2 bagian, yaitu bagian harapan yang berisi pernyataan untuk mengetahui harapan umum dari pengguna jasa yang berhubungan dengan pelayanan (jasa) dan bagian persepsi yang berisi pernyataan yang sesuai dengan bagian harapan. Untuk mengukur penilaian penggunaan jasa terhadap perusahaan yang ingin diteliti dalam kategori layanan (jasa) [9].

➤ Persepsi

Persepsi pasien dapat didefinisikan sebagai proses pasien dalam memilih, mengatur, dan menginterpretasikan stimulasi menjadi berarti dan merupakan gambaran secara koheren terhadap dunia sekelilingnya. Persepsi terjadi berdasarkan pengalaman masa lalu, setelah konsumen merasakan sesuatu terhadap apa yang diterimanya dan mengambil suatu kesimpulan dalam pikirannya untuk menilai apa yang dialaminya tersebut. Hasil pengamatan dari individu dari pengalaman masa lalu terhadap suatu produk akan membentuk suatu pandangan tertentu terhadap suatu produk, yang akan menciptakan proses persepsi dalam perilaku pembelian oleh konsumen. Kualitas yang baik diukur berdasarkan sudut pandang atau persepsi pelanggan, bukan dari sudut penyedia jasa. Keputusan pemilihan jasa oleh pengguna jasa sangat dipengaruhi oleh persepsinya terhadap produk atau jasa yang ditawarkan oleh sebab itu penyedia jasa haruslah benar-benar memperhatikan apa yang dipersepsikan konsumen terhadap produk jasa yang diberikannya.

➤ Ekspektasi (Harapan)

Harapan adalah suatu dorongan yang kuat atau keinginan pengguna jasa, seperti perasaan mereka tentang apa yang seharusnya ditawarkan oleh penyedia jasa lebih dari apa yang sebenarnya akan ditawarkan oleh penyedia jasa tersebut [10]. Harapan pengguna jasa dapat didefinisikan sebagai perkiraan pengguna jasa tentang apa yang akan diterimanya bila ia

membeli atau mengkonsumsi suatu produk atau jasa [11].

2. BAHAN DAN METODE

Dalam menganalisa kualitas pelayanan digunakan metode servqual. Pengukuran gap servqual bertujuan untuk mengetahui nilai gap antara harapan dan kenyataan yang terjadi terhadap pelayanan yang diberikan melalui 5 dimensi: *tangible, responsiveness, reliable, assurance, dan empathy* [12].

Selanjutnya dilakukan perhitungan skor rata-rata tingkat kepentingan (harapan) dan kinerja (persepsi) pelayanan untuk tiap dimensi servqual, maka kita dapat menganalisa kesenjangan (gap) dengan cara sebagai berikut:

- 1) Untuk setiap responden, jumlah tiap dimensi dibagi dengan jumlah butir pernyataan untuk tiap dimensi tersebut.
- 2) Jumlah seluruh skor pada langkah pertama untuk semua responden dibagi hasilnya dengan jumlah seluruh responden

Setelah diperoleh rata-rata skor untuk tiap dimensi servqual kemudian didapat besarnya kesenjangan (gap) [13].

$$\text{Servqual Gap} = \text{Skor Tingkat Kepuasan} - \text{Skor Tingkat Kepentingan}$$

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan hasil hasil penelitian didapatkan Permasalahan yang dihadapi pelanggan terhadap PT. PLN tahun 2021 dari bulan Juli sampai September. Berikut ini adalah beberapa jenis keluhan yang paling banyak dialami pelanggan terhadap PT. PLN dengan 20 pelanggan.

Tabel 1. Data keluhan konsumen dari pengguna jasa PT. PLN

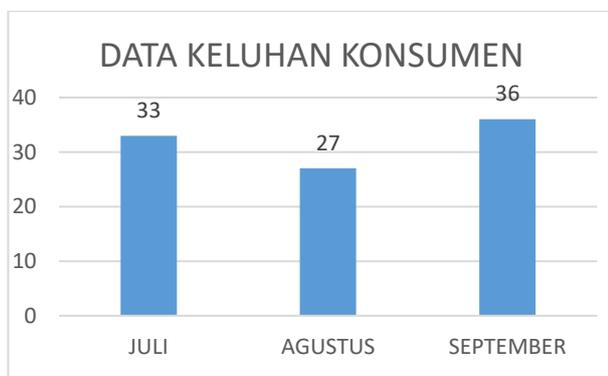
No	Jenis Keluhan	Jumlah Keluhan
1	Mati Lampu	10
2	Kesalahan Pembayaran	5
3	Kesalahan Teknisi	5
Total		20

Berdasarkan data keluhan pelanggan selama 3 bulan yang dikumpulkan PT. PLN mengenai Permasalahan yang dihadapi pelanggan terhadap PT. PLN tahun 2021 dari bulan Juli sampai September.

Gambar 1 menunjukkan grafik data keluhan konsumen dari bulan Juli hingga bulan September yang telah dikumpulkan.

Tabel 2. Data keluhan konsumen dari PT. PLN (Persero) UIW Maluku dan Maluku Utara

NO	BULAN	JENIS KELUHAN	JUMLAH KELUHAN
1	JULI	Mati Lampu	12
		Kesalahan Pembayaran	15
		Kesalahan Teknisi	6
		TOTAL	33
2	AGUSTUS	Mati Lampu	10
		Kesalahan Pembayaran	12
		Kesalahan Teknisi	5
		TOTAL	27
3	SEPTEMBER	Mati Lampu	18
		Kesalahan Pembayaran	12
		Kesalahan Teknisi	6
		TOTAL	36



Gambar 1. Data keluhan konsumen PT. PLN (Persero) UIW Maluku dan Maluku Utara selama tiga bulan

Selanjutnya, variabel penelitian diidentifikasi berdasarkan survey pendahuluan yang dilakukan terhadap pelanggan PT. PLN (Persero) UIW Maluku dan Maluku Utara. Hasil identifikasi variabel penelitian ditunjukkan pada Tabel 3.

Penyebaran kuesioner dilakukan untuk mengumpulkan nilai bobot kenyataan dan nilai bobot harapan konsumen PT PLN (Persero). Rekap hasil nilai bobot kenyataan ditunjukkan pada Tabel 4, dan nilai bobot harapan pada Tabel 5.

Tabel 3. Identifikasi Variabel Penelitian

Kode Atribut	Pertanyaan
T001	Kemudahan mendapat informasi terkait layanan melalui brosur
T002	Ketersediaan dan kenyamanan ruang tunggu
R001	Keandalan dan stabilitas jaringan listrik (dalam satu bulan)
R002	Keakuratan perhitungan rekening listrik
R003	Keakuratan pencatatan meteran listrik oleh petugas
RES001	Kecepatan petugas dalam menanggapi keluhan pelanggan
RES002	Pencatatan meteran listrik dilaksanakan setiap bulan
RES003	Respon Mengenai permohonan pemasangan baru atau perubahan daya
A001	Keamanan melakukan transaksi pembayaran
A002	Kelancaran pembayaran melalui berbagai metode pembayaran
A003	Keramahan petugas loket yang melayani pelanggan
A004	Keramahan petugas pencatatan yang turun ke lapangan
E001	Kejelasan informasi mengenai pemadaman listrik atau kerusakan lainnya
E002	Kemudahan lokasi pembayaran yang mudah dijangkau
E003	Kemudahan dalam menghubungi Costumers Service terkait keluhan pelanggan

Tabel 4. Data penilaian bobot kenyataan

Kode Atribut	Rating					Nilai bobot kenyataan
	1	2	3	4	5	
T001	3	9	8	0	0	75
T002	8	11	1	0	0	87
R001	13	6	1	0	0	92
R002	16	4	0	0	0	96
R003	10	10	0	0	0	90
RES001	3	13	3	1	0	78
RES002	5	13	2	0	0	83
RES003	3	9	8	0	0	75
A001	12	8	0	0	0	92
A002	15	5	0	0	0	95
A003	16	4	0	0	0	96
A004	6	13	1	0	0	85
E001	2	13	5	0	0	77
E002	17	3	0	0	0	97
E003	8	11	1	0	0	87

Tabel 5. Data penilaian bobot harapan

Kode Atribut	Rating					Nilai bobot harapan
	1	2	3	4	5	
T001	16	4	0	0	0	96
T002	15	5	0	0	0	95
R001	15	5	0	0	0	95
R002	18	2	0	0	0	98
R003	11	9	0	0	0	91
RES001	10	10	0	0	0	90
RES002	10	9	1	0	0	89
RES003	5	12	3	0	0	82
A001	13	7	0	0	0	93
A002	16	4	0	0	0	96
A003	16	4	0	0	0	96
A004	13	7	0	0	0	93
E001	6	12	2	0	0	84
E002	17	3	0	0	0	97
E003	16	4	0	0	0	96

Selanjutnya menghitung gap 5 yaitu harapan pelanggan mengenai pelayanan jasa terhadap kenyataan pelayanan yang dirasakan oleh pelanggan. Penghitungan jawaban pelayanan jasa gap 5 dikumpulkan dari 20 responden. Untuk rata-rata jawaban responden pada pernyataan harapan dapat dihitung dengan persamaan:

$$\bar{Y}_i = \frac{\sum y_i}{n}$$

Keterangan :

\bar{Y}_i = rata-rata jawaban responden untuk pernyataan harapan atribut ke – i

$\sum y_i$ = jumlah bobot jawaban pernyataan harapan atribut ke – i

n = jumlah responden

Maka, untuk atribut T001:

$$\bar{Y}_i = \frac{\sum y_i}{n} = \frac{75}{20} = 3,75$$

Rata-rata jawaban responden pada pernyataan kenyataan dapat dihitung dengan persamaan:

$$\bar{X}_i = \frac{\sum x_i}{n}$$

Keterangan :

X = rata-rata jawaban responden untuk pernyataan kenyataan atribut ke – i

$\sum x_i$ = jumlah bobot jawaban pernyataan kenyataan atribut ke – i

n = jumlah responden

Untuk atribut T001:

$$\bar{X}_i = \frac{\sum x_i}{n} = \frac{96}{20} = 4,8$$

Nilai gap adalah nilai kesenjangan yang terjadi antara harapan dan kenyataan pengguna jasa yang diperoleh dari pernyataan kualitas pelayanan jasa tentang harapan konsumen (pesuluh) terhadap pelayanan yang ingin dirasakan dan nilai rata-rata kenyataan pelayanan yang dirasakan konsumen (pesuluh) pada kondisi sebenarnya. Untuk mengetahui nilai gap tersebut digunakan persamaan berikut:

$$SQ_i = \bar{X}_i - \bar{Y}_i$$

Keterangan :

SQ_i = Nilai gap atribut ke-i

\bar{X}_i = Nilai rata-rata kenyataan atribut ke-i

\bar{Y}_i = Nilai rata-rata harapan atribut ke-i

Berdasarkan rumus perhitungan diatas, Tabel 6 merupakan hasil data nilai Gap untuk atribut kenyataan dan harapan pelayanan.

Perhitungan rata-rata jawaban per dimensi nilai gap 5 (lima) untuk harapan:

$$\overline{YD}_i = \frac{\sum YV_i}{n}$$

Keterangan :

\overline{YD}_i = rata-rata dimensi atribut ke-i untuk harapan

$\sum YV_i$ = jumlah nilai rata-rata atribut pernyataan per dimensi ke-i harapan

n = jumlah pernyataan per dimensi

Untuk Dimensi *tangible*:

$$\overline{YD}_i = \frac{\sum YV_i}{n} = \frac{3,75 + 4,35}{2} = 4,05$$

Perhitungan rata-rata jawaban per dimensi nilai gap 5 (lima) untuk Kenyataan:

$$\overline{XD}_i = \frac{\sum XV_i}{n}$$

Keterangan :

\overline{XD}_i = rata-rata dimensi atribut ke-i untuk kenyataan

$\sum XV_i$ = jumlah nilai rata-rata atribut pernyataan per dimensi ke-i kenyataan

n = jumlah pernyataan per dimensi

Maka untuk Dimensi *tangible*:

$$\overline{XD}_i = \frac{\sum XV_i}{n} = \frac{4,75 + 4,75}{2} = 4,78$$

Perhitungan dilakukan untuk keseluruhan dimensi, dan hasilnya ditunjukkan pada Tabel 7. Sementara urutan GAP dari yang terkecil sampai terbesar ditunjukkan pada Tabel 8.

Tabel 6. Nilai gap terhadap pernyataan kualitas pelayanan jasa

Nilai bobot kenyataan	Nilai bobot harapan	Nilai rata-rata kenyataan	Nilai rata-rata harapan	Gap
75	96	3,75	4,8	-1,05
87	95	4,35	4,75	-0,4
92	95	4,6	4,75	-0,15
96	98	4,8	4,9	-0,1
90	91	4,5	4,55	-0,05
78	90	3,9	4,5	-0,6
83	89	4,15	4,45	-0,3
75	82	3,75	4,1	-0,35
92	93	4,6	4,65	-0,05
95	96	4,75	4,8	-0,05
96	96	4,8	4,8	0
85	93	4,25	4,65	-0,4
77	84	3,85	4,2	-0,35
97	97	4,85	4,85	0
87	96	4,35	4,8	-0,45

Tabel 7. Nilai rata-rata gap berdasarkan lima dimensi *servqual*

Dimensi	Atribut pertanyaan	Jumlah kenyataan	Jumlah harapan	Nilai kenyataan pelayanan	Nilai harapan pelayanan	Gap - 5
Tangible	1, 2	8,1	9,55	4,05	4,78	-0,73
Reliability	3, 4, 5	13,9	14,2	4,63	4,73	-0,1
Responsibility	6, 7, 8	11,8	13,05	3,93	4,35	-0,42
Assurance	9, 10, 11, 12	18,4	18,9	4,6	4,73	-0,13
Empathy	13, 14, 15	13,05	13,85	3,35	4,61	-1,26

Tabel 8. Urutan nilai Gap dari yang terkecil sampai yang terbesar

Pertanyaan ke -	Pertanyaan	Nilai Gap	Rank
11	Keramahan petugas loket yang melayani pelanggan	0	1
14	Kemudahan lokasi pembayaran yang mudah dijangkau	0	2
5	Keakuratan pencatatan meteran listrik oleh petugas	-0.05	3
9	Keamanan melakukan transaksi pembayaran	-0.05	4
10	Kelancaran pembayaran melalui berbagai metode pembayaran	-0.05	5
4	Keakuratan perhitungan rekening listrik	-0.1	6
3	Keandalan dan stabilitas jaringan listrik (dalam satu bulan)	-0.15	7
7	Pencatatan meteran listrik dilaksanakan setiap bulan	-0.3	8
8	Respon Mengenai permohonan pemasangan baru atau perubahan daya	-0.35	9
13	Kejelasan informasi mengenai pemadaman listrik atau kerusakan lainnya	-0.35	10
2	Ketersediaan dan kenyamanan ruang tunggu	-0.4	11
12	Keramahan petugas pencatatan yang turun ke lapangan	-0.4	12
15	Kemudahan dalam menghubungi Costumers Service terkait keluhan pelanggan	-0.45	13
6	Kecepatan petugas dalam menanggapi keluhan pelanggan	-0.6	14
1	Kemudahan mendapat informasi terkait layanan melalui brosur	-1.05	15

Sesuai hasil penelitian respon masyarakat mengenai layanan 5 dimensi mulai dari *Tangible*, *Reliability*, *Responsibility*, *assurance*, sampai *empathy* rata-rata menjawab merasa puas dan sangat puas. Kualitas pelayanan jasa listrik dari PT. PLN diukur dengan model Gap 5 yang merupakan kesenjangan antara harapan pelanggan mengenai pelayanan jasa dengan kenyataan pelayanan yang

dirasakan pelanggan, ada juga perhitungan nilai rata-rata gap 5 berdasarkan lima dimensi *servqual* yaitu *Tangible*, *Reliability*, *Responsibility*, *Assurance*, *Empathy* dengan nilai dari masing-masing dimensi yaitu *Tangible* adalah - 0,73, *Reliability* adalah -0,1, *Responsibility* adalah -0,42, *Assurance* adalah -0,13, *Empathy* adalah -1,26.

Berdasarkan hasil data mengenai 5 dimensi karakteristik, nilai Gap terkecil terdapat pada pertanyaan nomor 11 dan 14 yaitu “Keramahan petugas loket yang melayani pelanggan” dan “Kemudahan lokasi pembayaran yang mudah dijangkau”. Pertanyaan ini memiliki nilai kesenjangan paling kecil dari yang lain, maka hal ini merupakan pertanyaan yang direspon positif oleh masyarakat. Sedangkan untuk nilai Gap paling besar terdapat pada pertanyaan nomor 1 yaitu “Kemudahan mendapat informasi terkait layanan melalui brosur”. Nilai Gap ini paling besar diantara pertanyaan lainnya berarti memiliki kesenjangan paling tinggi. Hal ini menandakan bahwa pertanyaan ini merupakan pertanyaan yang perlu ditinjau dan diperbaiki tingkat layanannya oleh PT. PLN sehingga kualitas layanan yang dirasakan oleh masyarakat lebih maksimal.

4. KESIMPULAN

Pelayanan konsumen dalam layanan kelistrikan meliputi pelayanan informasi, penyambungan baru, perubahan daya, pemindahan dari layanan pascabayar ke layanan prabayar, pemindahan dari layanan prabayar ke layanan pascabayar, perubahan golongan tarif tenaga listrik, pemberhentian sebagai konsumen, perubahan nama konsumen, penyambungan sementara, kegiatan pengaduan konsumen Pelayanan di lapangan melakukan kegiatan teknis seperti Pasang baru, Pemeliharaan Instalasi milik PLN, Perbaikan jaringan, ataupun pertemuan dengan pelanggan. Sedangkan di kantor melakukan pekerjaan administrasi maupun pekerjaan perencanaan.

Kualitas pelayanan jasa listrik dari PT. PLN diukur dengan model Gap 5 yang merupakan kesenjangan antara harapan pelanggan mengenai pelayanan jasa dengan kenyataan pelayanan yang dirasakan pelanggan. Untuk nilai kesenjangan sebesar -1,05. Oleh karena itu, atribut yang memiliki gap cukup besar dijadikan prioritas untuk diperbaiki dibandingkan dengan atribut yang memiliki gap lebih kecil. Yang memiliki gap terbesar sesuai dengan lima dimensi jasa yaitu dimensi empathy (empati) dengan nilai gap -1,26

DAFTAR PUSTAKA

- [1] F. Tjiptono. *Prinsip-prinsip Total Quality Service*. Edisi Pertama. Penerbit Andi, Yogyakarta, 1997.
- [2] V. Gaspersz. *Pedoman Implementasi Program Six Sigma Terintegrasi dengan ISO 9001: 2000, MBNQ, dan HACCP*. PT. Gramedia Pustaka Utama. Jakarta, 2002.
- [3] W. Oihu, A. Tutuhatunewa, dan A. L. Kakerissa. “Analisis Perbaikan Kualitas Pelayanan Dengan Metode Servqual Dan Triz Pada PT Dream Sukses Airindo (DSA) Ambon”. *Jurnal i TABAOS*, Vol 2 No. 1, 2022.
- [4] E. Hendrawaty. “Pengembangan Konsep Manajemen Mutu Terpadu Bagi Badan Usaha Milik Negara (BUMN) Jasa Keuangan Cabang Bandar Lampung”. *Jurnal dan Manajemen, Jurnal Ilmiah Berkala Empat Bulan*, ISSN 1411- 9366 Volume 2 No. 3. Bandar Lampung, 2006
- [5] P. Kotler. *Manajemen Pemasaran*, Jilid 2. Bumi Aksara. Jakarta, 2000.
- [6] S. R. Magal dan N. M. Levenburg. “Using Importance Performance Analysis to Evaluate E-Business Strategies among Small Businesses”. *Proceedings of the 38th Hawaii International Conference on System Science*, 2005.
- [7] M. N. Nasution. *Manajemen Mutu Terpadu (Total Quality Management)*. PT. Ghalia Indonesia. Jakarta, 2001.
- [8] P. Sari. “Pengukuran Kualitas Pelayanan Dampaknya Terhadap Kepuasan Pelanggan Dengan Menggunakan Metode Importance-Performance Analisis (Studi pada Pelanggan PT. PLN (Persero) Distribusi Jawa Timur APJ Malang UP Dinoyo)”. Skripsi, Universitas Brawijaya Malang, 2008.
- [9] F. Rangkuti. *Measuring Customer Satisfaction: Teknik Mengukur dan Strategi Meningkatkan Kepuasan Pelanggan Plus Analisis Kasus*. Gramedia Pustaka Utama. Jakarta, 2008.
- [10] A. Parasuraman, V. A. Zeithaml, & L.L. Berry. “SERVQUAL: A multiple- Item Scale for measuring consumer perceptions of service quality”. *Journal of Retailing*, vol 64, 1988.
- [11] Tri Hendradi. *Statistik Six Sigma dengan Minitab Panduan Cerdas Inisiatif Kualitas*. Andi Yogyakarta, 2006.
- [12] H. Umar. *Metode Riset Perilaku Konsumen Jasa*. Gholia Indonesia. Jakarta, 2003.
- [13] V. A. Zeithaml, A. Parasuraman, & L.L. Berry. “A Conceptual Model of Service Quality and Its Implications for Future Research”. *Journal of Marketing*, vol. 49, 1983.

ANALISIS SIFAT MEKANIS KEKUATAN IMPAK KOMPOSIT SERAT SABUT KELAPA DAN TANAH LIAT YANG DIPERKUAT PATI SAGU

Arthur Y. Leiwakabessy¹, Benjamin G. Tentua²

¹ Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Pattimura, Ambon, 97233

Email: arthur.leiwakabessy@gmail.com

² Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Pattimura, Ambon, 97233

Email: benjamin.tentua@fatek.unpatti.ac.id

Abstract. Tanah liat adalah bahan dasar membuat bata merah yang sumber daya alamnya melimpah di Maluku, sedangkan serat sabut kelapa adalah merupakan potensi limbah alam yang sampai sekarang belum dikaji secara ilmiah dan dimanfaatkan untuk suatu tipe material. Sedangkan pati sagu dalam penelitian ini digunakan sebagai perekat yang nantinya dipakai pada saat pembuatan bata merah. Penelitian ini menggunakan metode Hand Lay Up, dalam pembuatan komposit serat tunggal dengan variasi fraksi volume tanah liat : serat sabut kelapa : matrik pati sagu yaitu, 50%:10%:40%, 50%:20%:30%, 50%:30%:20%, dan 50%:40%:10%. Komposisi komposit dibuat sesuai variasi fraksi volume yang sudah ditentukan, dan dicetak dengan cara manual. Setelah itu specimen di keringkan pada suhu 130°C, selama 1 jam, kemudian dilakukan uji impact. Hasil penelitian adalah terjadi kenaikan kekuatan impact seiring penambahan fraksi volume, dimana energi impact tertinggi untuk fraksi volume 50% : 40%:10%, sebesar 2.38 J, dan energi impact terendah pada fraksi volume 50% : 10%:40%, sebesar 1.67 J. dan harga impact tertinggi untuk fraksi volume 50% : 40%:10%, sebesar 0.030 J/mm², dan energi impact terendah pada fraksi volume 50% :10%:40%, sebesar 0.021 J/mm². Sehingga dapat disimpulkan bahwa kekuatan impact komposit serat sabut kelapa dan tanah liat yang diperkuat pati sagu mengalami peningkatan seiring dengan bertambahnya fraksi volume serat.

Kata kunci: Tanah Liat, Serat Sabut Kelapa, Pati Sagu, Kekuatan Impact

Abstract. Clay is the basic material for making red bricks which have abundant natural resources in Maluku, while coconut fiber is a potential natural waste that has not been scientifically studied and utilized as a type of material. While sago starch in this study was used as an adhesive which would later be used when making red bricks. This study uses the Hand Lay Up method, in the manufacture of single fiber composites with variations in volume fraction of clay: coco fiber: sago starch matrix, namely, 50%:10%:40%, 50%:20%:30%, 50%: 30%:20%, and 50%:40%:10%. Composite compositions are made according to a predetermined volume fraction variation and are molded manually. After that, the specimen was dried at 130°C, for 1 hour, then the impact test was carried out. The result of this research is that the impact strength increases with the addition of the volume fraction, where the highest impact energy for the volume fraction 50%: 40%:10%, 2.38 J, and the lowest impact energy for the volume fraction 50%: 10%:40%, amounting to 1.67 J. and the highest impact value for the 50% volume fraction: 40%:10%, at 0.030 J/mm², and the lowest impact energy for the 50%:10%:40% volume fraction, at 0.021 J/mm². So it can be concluded that the composite impact strength of coco fiber and clay reinforced with sago starch increased along with the increase in fiber volume fraction.

Keywords: Clay, Coconut Coir Fiber, Sago Starch, Impact Strength

1. PENDAHULUAN

Tanah liat atau disebut tanah lempung adalah bahan dasar membuat bata merah yang sumber daya alam yang melimpah di Indonesia adalah bahan alam lempung dengan kandungan SiO₂ sebesar 65,54% dan Al₂O₃ sebesar 18,78%. Di Indonesia berjumlah sekitar 380 juta lempung tersebar luas sampai ke Maluku. Kelebihan dinding bata merah: Kedap air sehingga jarang terjadi rembesan pada tembok akibat air hujan, Keretakan relatif jarang terjadi, Kuat dan tahan lama, Tak hanya itu dinding yang terbuat dari batu bata merah tahan terhadap api, jadi akan lebih aman. Namun, kelemahannya batu bata merah memerlukan bahan perekat yang cukup banyak untuk menyatukannya [1].

Serat sabut kelapa yang merupakan limbah buah kelapa (*Cocos nucifera L*) merupakan tanaman serbaguna atau tanaman yang mempunyai nilai ekonomi tinggi yang belum dimanfaatkan untuk suatu jenis material oleh sebab itu perlu adanya kajian ilmiah dengan serat sabut kelapa secara mekanis [2]. Berdasarkan data yang dilaporkan Ditjen BP Perkebunan (2019), bahwa luas lahan kelapa yang tersebar pada provinsi Maluku 113.439 ha semuanya adalah perkebunan rakyat, dengan produksi mencapai 103.550 Ton/tahun [2]. Serat dari kulit buah kelapa memiliki sifat khusus yang sebanding dan biaya pemrosesan yang relatif rendah yang menguntungkan dibandingkan serat sintetis [3]. Di antara berbagai jenis serat alam, serat sabut kelapa merupakan salah satu alternatif filler komposit polymer. Serat sabut kelapa dapat diperoleh dengan mudah karena merupakan limbah yang belum dimanfaatkan [4].

Pati merupakan produk pertanian yang berasal dari pohon sagu (*Metroxylon sagu Rottb.*) yang tumbuh secara alami yang banyak terdapat di Maluku terutama di daerah dataran rawa dengan sumber air yang melimpah. *Metroxylon sagu* berarti tanaman yang menyimpan pati pada batangnya. Pati terdiri dari amilosa dengan rantai lurus dan amilopektin dengan rantai bercabang. Secara fisik, pati memiliki daerah yang bersifat kristalin dan amorf [5]. Amilosa mempunyai struktur lurus dengan ikatan α -1,4-glukosida, sedangkan amilopektin mempunyai struktur lurus dan bercabang.

Alasan pemilihan serat sabut kelapa sebagai bahan penguat pada komposit adalah karena merupakan hasil dari limbah buah kelapa, murah, mudah diperoleh dalam jumlah banyak, yang terdapat di provinsi Maluku. Sedangkan jenis perekat yang digunakan dalam penelitian ini adalah pati sagu sebagai bahan perekat yang nantinya dipakai pada saat pembuatan bata merah.

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mendapatkan nilai kekuatan uji Impak akibat variasi fraksi volume komposit serat sabut kelapa dan tanah liat dengan menggunakan matriks pati sagu.

2. BAHAN DAN METODE

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Pengujian Material Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Pattimura dan Laboratorium Material Politeknik Ambon.

Variabel penelitian dibedakan atas dua yakni; variabel bebas dan variabel terikat. Variabel bebas adalah variabel yang memengaruhi, yaitu variasi fraksi volume tanah liat dan serat sabut kelapa dengan menggunakan matriks pati sagu. Sementara, variabel terikat adalah variabel yang dipengaruhi. Pada penelitian ini, terdapat dua variabel terikat, yaitu energi serap (y_1) dan nilai impact (y_2). Secara matematik hubungan variabel bebas dan variabel terikat dinyatakan sebagai:

$$y_1, y_2 = f(x)$$

Variasi fraksi volume tanah liat dan serat sabut kelapa ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Variasi fraksi volume tanah liat dan serat sabut kelapa

No	Tanah Liat	Serat Sabut Kelapa	Pati Sagu
1	50%	10%	40%
2	50%	20%	30%
3	50%	30%	20%
4	50%	40%	10%

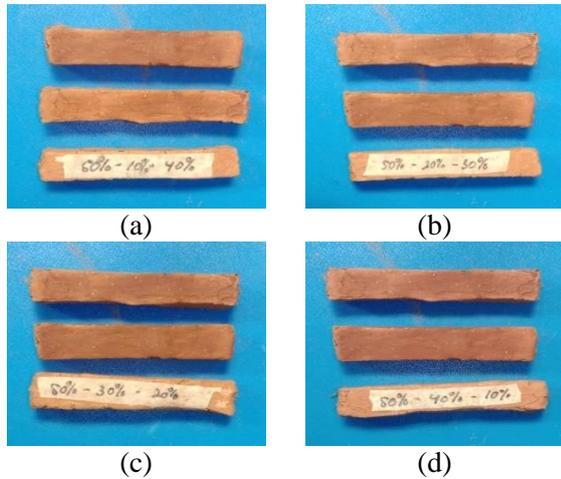
Material yang dipakai pada penelitian ini ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. (a) Serat kelapa, (b) Pati Sagu dan (c) Tanah Liat

Pengujian diulang sebanyak tiga kali untuk masing-masing variasi fraksi volume tanah liat dan

serat sabut kelapa. Spesimen komposit ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Spesimen Uji: (a) 50%:10%:40%; (b)50%:20%:30%; (c)50%:30%:20%; (d)50%:40%:10%.

Variabel terikat adalah Energi serap, diperoleh dari persamaan:

$$W = \text{energi awal} - \text{energi yang tersisa}$$

$$= m.g.h - m.g.h' = m.g.(R - R \cos \alpha) - m.g.(R - R \cos \beta)$$

$$W = mg.R.(\cos \beta - \cos \alpha) \tag{1}$$

dimana:

- W = energi serap (J)
- m = berat pendulum (kg)
- g = percepatan gravitasi (m/s²)
- R = panjang lengan (m)
- α = sudut pendulum sebelum diayunkan
- β = sudut ayunan pendulum setelah mematahkan specimen

Analisis kekuatan impact dilakukan dengan menggunakan pengujian impact Charpy [6,7,8].

Besarnya kekuatan impact pada komposit secara makro mekanik dapat ditentukan dengan persamaan:

$$a_{CN} = \frac{W}{hxb_N} \tag{2}$$

Variabel terkontrol yang digunakan antara lain:

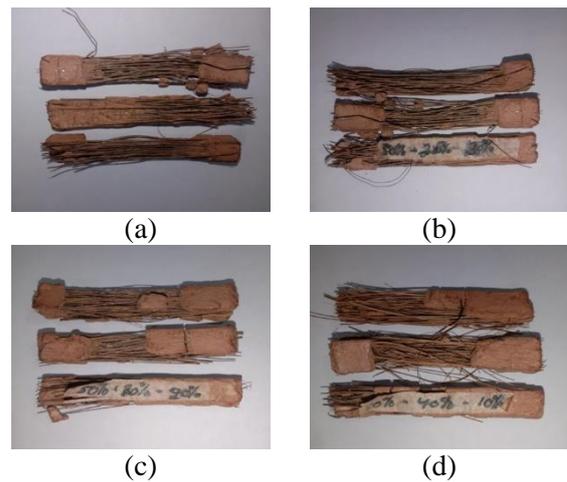
- Tanah Liat 50 %.
- Ukuran panjang serat sabut kelapa 55 mm

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Hasil Pengujian Impact

Pengujian yang dilakukan menggunakan pengujian impact charpy dengan standar ASTM E D256-00. Pengujian ini menggunakan serat sabut kelapa sebagai penguat dan pati sagu sebagai matriks untuk fraksi volume yang divariasikan [9,10].

Hasil pengujian specimen ditunjukkan pada Gambar 3, sementara nilai energi serap dan kekuatan impact, yang selengkapnya ditunjukkan pada Tabel 2.

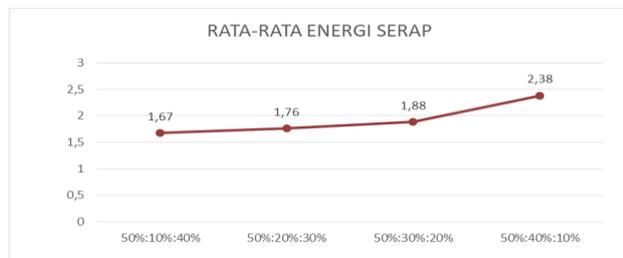


Gambar 2. Spesimen komposit setelah pengujian

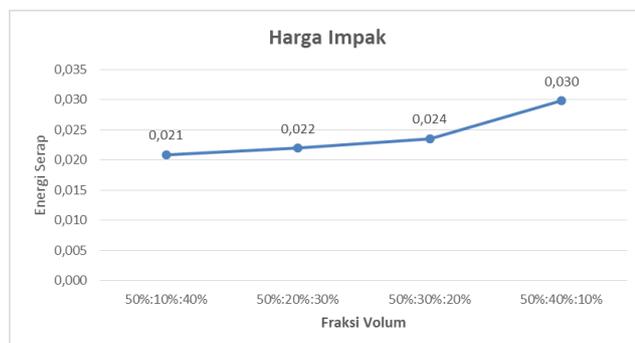
Tabel 2. Hasil pengujian impact komposit serat sabut kelapa dan tanah liat dengan matriks pati sagu

No	Fraksi volume			A	α	β	Kekuatan impact			Harga Impact (J/mm ²)
	Tanah Liat	SSK	Pati Sagu				Percobaan	Energi impact (J)	rata-rata	
1	50%	10%	40%	80	45	39	1	1.5	1.67	0.021
				80	45	36	2	1.7		
				80	45	36	3	1.82		
2	50%	20%	30%	80	45	36	1	1.5	1.76	0.022
				80	45	36	2	1.8		
				80	45	36	3	1.98		
3	50%	30%	20%	80	45	36	1	1.6	1.88	0.024
				80	45	36	2	1.85		
				80	45	36	3	2.2		
4	50%	40%	10%	80	45	36	1	2.2	2.38	0.030
				80	45	36	2	2.4		
				80	45	36	3	2.55		

Berdasarkan hasil pada Tabel 2, nilai rata-rata Energi serap dengan setiap perbandingan fraksi volume ditunjukkan seperti yang terlihat pada Gambar 3. Sedangkan nilai rata-rata harga impact ditunjukkan pada Gambar 4.



Gambar 3. Rata-rata grafik energi serap serat sabut kelapa dan tanah liat dengan matriks pati sagu



Gambar 4. Rata-rata grafik harga impact serat sabut kelapa dan tanah liat dengan matriks pati sagu

Dari hasil pengujian kekuatan Impact (Gambar 3) didapat nilai energi serap terendah pada Fraksi Volume 50%:10%:40% yaitu sebesar 1.67 J, dan seiring bertambah pada Fraksi Volume 50%:20%:30% yaitu sebesar 1.76 J, dan bertambah pada Fraksi Volume 50%:30%:20% yaitu sebesar 1.88 J, dan tertinggi yaitu pada fraksi volume 50%:40%:10% yaitu sebesar 2.38 J, sedangkan harga impact terendah pada (gambar 4) didapat nilai energi serap terendah pada Fraksi Volume 50%:10%:40% yaitu sebesar 0.021 J/mm², dan seiring bertambah pada fraksi volume 50%:20%:30% yaitu sebesar 0.022 J/mm², dan bertambah pada fraksi volume 50%:30%:20% yaitu sebesar 0.024 J/mm², dan tertinggi yaitu pada fraksi volume 50%:40%:10% yaitu sebesar 0.030 J/mm². Sehingga dapat disimpulkan bahwa semakin besar penambahan fraksi volume komposit serat sabut kelapa dan tanah liat dengan matriks pati sagu, maka semakin besar nilai energi serap dan harga impact.

Dari Gambar 2, dimana pola patahan yang hampir mirip, terlihat mekanisme fiber pull out. Ini menandakan bahwa beban terdistribusi sampai ke

serat sehingga menyebabkan serat tertarik keluar. Kondisi ini terjadi karena ikatan antara serat dan matriks melemah akibat beban yg diberikan. Pada saat matriks mengalami kegagalan, serat masih dapat menanggung beban, sehingga menyebabkan serat tertarik keluar.

Selain itu ada beberapa faktor pendukung meningkatnya dan kekuatan impact antara lain :

- 1) Daya rekat antara serat dan matrik yang baik sehingga terjadi ikatan yang kuat.
- 2) Kekuatan komposit yang merata setiap tempat sehingga terjadinya retak sampai patah hanya pada titik yang diberi konsentrasi tegangan.
- 3) Semakin banyak jumlah volume serat maka kemungkinan untuk bergesernya serat menjadi lebih kecil ketika mendapatkan beban.
- 4) Serat juga memiliki sifat ulet sehingga mampu menyerap beban yang diteruskan oleh matrik.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengolahan data dan pembahasan dapat disimpulkan bahwa, semakin besar penambahan fraksi volume komposit serat sabut kelapa, maka semakin besar nilai energi serap dan harga impact.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Universitas Pattimura yang telah mendanai penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Diharjo K, 2006, Pengaruh Perlakuan Alkali terhadap Sifat Tarik Bahan Komposit Serat Rami - Polyester, Jurnal Teknik Mesin Vol. 8, No. 1, Petra Christian University, Jakarta.
- [2] Majid Ali., 2010. Coconut Fiber – A Versatile Material and its Applications in Engineering, National Engineering Services Pakistan (NESPAC) Islamabad.
- [3] A.H.D, Abdullah. 2006. Pemilihan serat alam dan analisis pengaruh perlakuan silane terhadap kekuatan geser komposit serat alam-poliester, Tesis Magister, Program studi Teknik Material ITB.
- [4] Pramuko I Purboputro, 2006, Pengaruh Panjang Serat Terhadap Kekuatan Impact Enceng Gondok dengan Matrik Polyester MEDIA MESIN, Vol. 7, No. 2, 70– 76.
- [5] Diharjo K., 2009 Pengaruh Perlakuan Alkali terhadap sifat Tarik Bahan Komposit Serat Rami-Polyester. Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Kristen Petra.

- [6] ASTM. 1997. Manual book of ASTM standards. Philadelphia : ASTM
- [7] ASTM. 1998. Annual Book ASTM Standard USA.
- [8] ASTM D256-00 ISO 179-1., 2003, Standart Test Method for Tensile Properties of plastic, 47-60
- [9] Budinski Keneth G., 2003. Engineering Material Properties and Selection, Prentice Hall, New Jersey
- [10] ASTM. D 790 Standard test methods for flexural properties of unreinforced and reinforced plastics and electrically insulating material. Philadelphia, PA: American Society for Testing and Material

ANALISIS TINGKAT PRODUKTIVITAS PERUSAHAAN DENGAN METODE AMERICAN PRODUCTIVITY CENTER (APC) PADA UD. X

Nil E. Maitimu¹, Marcy L. Pattiapon²

¹Jurusan Teknik Industri, Fakultas Teknik Universitas Pattimura, Ambon 97233
Email: edwinmaitimu@yahoo.com

²Jurusan Teknik Industri, Fakultas Teknik Universitas Pattimura, Ambon 97233
Email: marcyolita1974@gmail.com

Abstrak. Tujuan perusahaan adalah mencari laba semaksimal mungkin. Untuk mencapai tujuan tersebut, perusahaan melakukan operasinya. Proses operasi dilakukan dengan cara mempertimbangkan produktivitas perusahaan. UD. X merupakan sebuah industri yang bergerak di bidang Meubel yang memproduksi perabotan rumah tangga. Jenis produk yang diproduksi adalah Sofa bungkus, meja makan, tempat tidur, dan lemari. Permasalahan yang terjadi pada perusahaan adalah selama dilakukannya proses produksi dari tahun ke tahun, UD. X belum pernah melakukan pengukuran tentang sejauh mana produktivitas yang telah dicapai. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui fluktuasi Produktivitas UD. X dan untuk menganalisis fluktuasi input-input yang dipakai oleh UD. X sehingga dapat mengetahui input-input yang perlu dilakukan tindakan perbaikan untuk meningkatkan produktivitas perusahaan. Pendekatan yang digunakan dalam menganalisis tingkat produktivitas adalah dengan menggunakan metode APC untuk membandingkan nilai input yang dikeluarkan dan nilai output yang dicapai. Hasil penelitian menunjukkan bahwa terjadi penurunan produktivitas dimana nilai indeks produktivitas pada tahun 2019 turun sebesar -1,7%, tahun 2020 turun sebesar -3,2% dan tahun 2021 turun sebesar -2,1%. Hal ini terjadi karena masalah internal perusahaan yaitu penggunaan sumber daya yang belum efisien yang berefek pada meningkatnya biaya produksi. Dimana pada tahun 2021 nilai output sebesar Rp. 3,219,000,000 dengan produktivitas menurun (-2,0 %) maka perusahaan mengalami kerugian dalam penggunaan sumber daya pada tahun 2016 sebesar Rp. 64.380.000.

Kata Kunci: *American Productivity Center*, Tingkat Produktivitas, Pengukuran Produktivitas, Mebel

Abstract. *The company's goal is to make as much profit as possible. To achieve this goal, the company carries out its operations. The operation process is carried out by considering the company's productivity. UD. X is an industry engaged in the furniture sector that produces household furniture. The types of products produced are sofa wraps, dining tables, beds, and cabinets. The problem that occurs in the company is that during the production process from year to year, UD. X has never measured the extent to which productivity has been achieved. The purpose of this study was to determine fluctuations in UD Productivity. X and to analyze fluctuations in the inputs used by UD. X so that it can find out the inputs that need to be taken corrective action to increase company productivity. The approach used in analyzing the level of productivity is to use the APC method to compare the input values issued and the output values achieved. The results showed that there was a decline in productivity where the productivity index value in 2019 fell by -1.7%, in 2020 it fell by -3.2% and in 2021 it fell by -2.1%. This happens because of the company's internal problems, namely the inefficient use of resources which has an effect on increasing production costs. Where in 2021 the output value is Rp. 3,219,000,000 with decreased productivity (-2.0%) then the company suffered a loss in resource use in 2016 of Rp. 64,380,000.*

Keywords: *American Productivity Center, Productivity Level, Productivity Measurement, Furniture*

1. PENDAHULUAN

Tujuan perusahaan adalah mencari laba semaksimal mungkin. Untuk mencapai tujuan tersebut, perusahaan melakukan operasinya. Proses operasi dilakukan dengan cara mempertimbangkan produktivitas perusahaan. Blocher et al. (2007) mengemukakan bahwa produktivitas adalah rasio output terhadap input. Produktivitas merupakan rasio antara output dan input. Produktivitas sangat penting karena produktivitas merupakan parameter baik atau buruknya perusahaan dalam memanfaatkan sumber daya yang ada untuk mendapatkan hasil yang optimal (Nasution 2015).

Produktivitas berhubungan dengan banyaknya masukan (input) dan banyaknya keluaran (output). Baik faktor masukan maupun faktor keluaran dapat merupakan ukuran unit-unit sumber daya. Faktor masukan dapat berupa sumber material atau bahan baku, tenaga kerja, mesin-mesin, serta sumber daya pikiran otak manusia. Produktivitas sangat penting bagi perusahaan dalam rangka persaingan bisnis yang kompetitif sehingga setiap perusahaan dituntut untuk meningkatkan kinerjanya agar mampu bersaing dengan perusahaan-perusahaan lain. produktivitas ini yang akan menentukan keberlangsungan suatu perusahaan kedepan. Perusahaan akan dikatakan baik jika produktivitasnya selalu meningkat, sebaliknya jika produktivitas perusahaan terus menurun maka diperlukan suatu solusi agar produktivitasnya bisa kembali stabil.

UD. X merupakan sebuah industri yang bergerak di bidang Meubel yang memproduksi perabotan rumah tangga. Jenis produk yang diproduksi adalah Sofa bungkus, meja makan, tempat tidur, dan lemari. selama dilakukannya proses produksi dari tahun ke tahun, UD. Abadi Meubel belum pernah melakukan pengukuran tentang sejauh mana produktivitas yang telah mereka capai. Dengan perkembangan jaman dan bertambahnya industri sejenis, UD. X harus berusaha untuk mempertahankan dan meningkatkan eksistensinya dalam dunia indsutri Meubel. Akibat tidak adanya suatu ukuran tentang produktivitas pada UD. X, maka perusahaan ini belum mengetahui sejauh mana efisiensi penggunaan sumber daya yang dimilikinya. Meskipun perusahaan memiliki profit dari faktor eksternal yaitu hasil penjualan produk yang dipasarkan belum tentu perusahaan sudah memperoleh keuntungan maksimal, karena bisa saja perusahaan mengalami kerugian karena pemborosan penggunaan sumber daya yang berefek pada tingginya biaya produksi.

Penelitian ini menggunakan metode APC (*American Productivity Center*). Metode APC merupakan metode pengukuran produktivitas yang

berhubungan dengan produktivitas, proitabilitas dan perbaikan harga. Penelitian ini menggunakan metode APC karena untuk menghilangkan asumsi bahwa tingkat produktivitas suatu perusahaan tidak diukur melalui kenaikan profit perusahaan.

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui fluktuasi Produktivitas UD. X dengan Model pengukuran American Productivity Center (APC) dan untuk menganalisis fluktuasi input-input yang dipakai oleh UD. X sehingga dapat mengetahui input-input yang perlu dilakukan tindakan perbaikan untuk meningkatkan Produktivitas perusahaan.

2. BAHAN DAN METODE

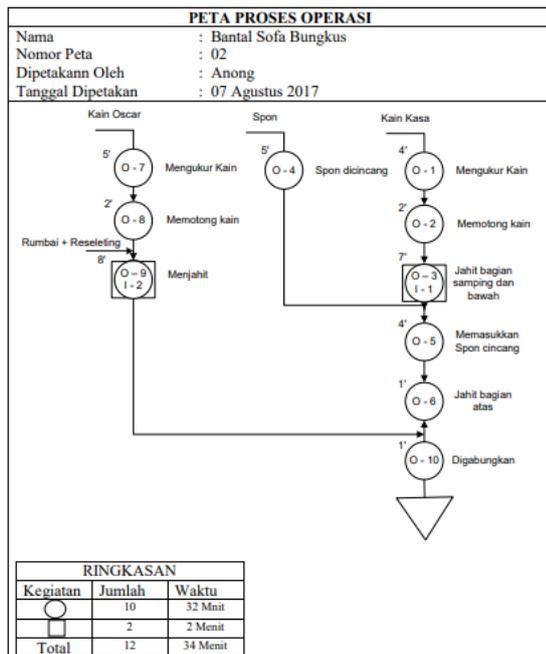
2.1. Konsep Deming Tentang Sistem Industri Modern

Menurut Gasperz (1998), Proses industri harus dipandang sebagai suatu perbaikan secara terus-menerus (*continuous improvement*), yang dimulai dari sederet siklus sejak adanya ide-ide untuk menghasilkan suatu produk, pengembangan produk, proses produksi, sampai distribusi kepada konsumen. Seterusnya, berdasarkan informasi sebagai umpan-balik dikumpulkan dari pengguna produk (pelanggan) itu kita dapat mengembangkan ide-ide untuk menciptakan produk baru atau memperbaiki produk lama beserta proses produksi yang ada saat ini.

Dr. William Edwards Deming, seorang guru manajemen kualitas dari Amerika Serikat, pada bulan Agustus 1950 dalam suatu konferensi dengan manajemen puncak di Hotel de Yama, Mount Hakone, Jepang, memperkenalkan suatu diagram yang memandang industri sebagai suatu sistem. Perbaikan performansi bisnis modern harus mencakup keseluruhan sistem industri dari kedatangan material sampai distribusi kepada konsumen dan desain ulang produk (barang dan/atau jasa) untuk masa mendatang.

2.2. Definisi Produktivitas

Istilah “Produktivitas” muncul untuk pertama kali pada tahun 1766 dalam suatu makalah yang disusun oleh sarjana ekonomi Perancis bernama Quesnay. Satu abad kemudian tepatnya pada tahun 1883, Litte mendefinisikan produktivitas sebagai “kemampuan untuk berproduksi”. Kemudian pada awal abad ke-19 dikenal definisi yang lebih spesifik, yang mengatakan bahwa produktivitas sebagai “Hubungan antara keluarga dari sumber yang digunakan untuk menghasilkan keluaran tersebut”. Tetapi menurut Walter Aigner, filosofi dan spirit tentang produktivitas sudah ada sejak awal peradaban manusia karena makna produktivitas



Gambar 2. Peta proses operasi pembuatan bantal sofa bungkus

3.2. Perhitungan Output, Input dan Indeks Produktivitas berdasarkan harga konstan

Indeks produktivitas adalah angka produktivitas yang dibandingkan dengan angka tahun dasar untuk mengetahui perubahan atau turun naiknya produktivitas. Pada model APC perhitungan angka indeks produktivitas dilakukan menggunakan harga konstan.

Harga Konstan merupakan harga-harga yang berlaku pada tahun dasar (periode dasar) dimana tahun tersebut adalah tahun 2018 yang merupakan tahun awal pengukuran produktivitas.

3.3. Perhitungan Indeks Perbaikan Harga

Dari hasil kedua perhitungan indeks produktivitas dan indeks profitabilitas maka selanjutnya akan dilakukan perhitungan terhadap indeks perbaikan harga. Dimana Indeks perbaikan harga merupakan rasio antara indeks profitabilitas (IPF) dan indeks produktivitas (IP) atau $IPH = IPF / IP$. Tabel 1 menunjukkan hasil indeks perbaikan harga.

3.4. Total Indeks Produktivitas, Profitabilitas dan Perbaikan Harga

Dari Hasil wawancara dan Observasi yang dilakukan terdapat 5 input yang berpengaruh dalam proses produksi sofa bungkus pada UD. X. Input tersebut yaitu input Tenaga Kerja, Input Material, Input Energi, Input Modal dan Input lain-lain.

Setelah melakukan pengolahan data, diperoleh hasil mengenai fluktuasi input produktivitas, profitabilitas dan perbaikan harga. Tabel 2 menunjukkan hasil mengenai fluktuasi input produktivitas, profitabilitas dan perbaikan harga.

Tabel 1. Indeks Perbaikan Harga Tahun 2018 sampai 2021

No	Input	Indeks Profitabilitas (IPF) (%)	Indeks Produktivitas (IP) (%)	Indeks Perbaikan Harga (IPH)
1	2	3	4	5 = 3 / 4
TAHUN 2019				
1	Tenaga Kerja	99.1%	99.1%	1.000
2	Material	97.0%	99.8%	0.971
3	Energi	91.5%	97.8%	0.935
4	Modal	105.5%	96.7%	1.091
5	Lain-lain	93.6%	93.6%	1.000
6	Input Total	100.0%	98.4%	1.017
TAHUN 2020				
1	Tenaga Kerja	101.4%	101.1%	1.003
2	Material	99.2%	99.5%	0.996
3	Energi	86.9%	100.8%	0.862
4	Modal	101.2%	91.8%	1.103
5	Lain-lain	91.9%	88.6%	1.037
6	Input Total	100.0%	97.0%	1.031
TAHUN 2021				
1	Tenaga Kerja	102.0%	103.3%	0.987
2	Material	97.5%	100.5%	0.969
3	Energi	87.0%	102.1%	0.852
4	Modal	102.6%	92.3%	1.111
5	Lain-lain	93.1%	87.2%	1.068
6	INPUT TOTAL	100.0%	98.0%	1.020

Tabel 2. Total Indeks Produktivitas, Profitabilitas dan Perbaikan Harga, tahun 2018 sampai 2021

	Indeks Tahun			
	2018	2019	2020	2021
Produktivitas	1.000	0.984	0.970	0.980
Profitabilitas	1.000	1.000	1.000	1.000
Perbaikan Harga	1.000	1.017	1.031	1.020

3.5. Hubungan Variabel Input, Output dengan Produktivitas

Dalam upaya peningkatan produktivitas dengan mengoptimalkan penggunaan sumber daya, perusahaan perlu mengetahui hubungan antara peningkatan input, output terhadap produktivitas.

Tabel 3. Variabel Input Naik 10%

No	Deskripsi	Jika data variabel input naik 10% pada tahun 2		Angka-angka Indeks		Total Perubahan	
		Thn 1	Thn 2	Thn1	Thn2	Thn1	Thn2
A	B	C	F	G	$J = F/C$	K	$N = J-G$
1	Output	2,549,500,000	2,549,500,000	1.000	1.000	-	0.0%
INPUT							
2	Tenaga Kerja	696,500,000	766,150,000	1.000	1.100	-	10.0%
3	Material	907,750,000	998,525,000	1.000	1.100	-	10.0%
4	Energi	39,430,272	43,373,299	1.000	1.100	-	10.0%
5	Modal	837,819,728	921,601,701	1.000	1.100	-	10.0%
6	Lain-Lain	68,000,000	74,800,000	1.000	1.100	-	10.0%
7	Input Total	2,549,500,000	2,804,450,000	1.000	1.100	-	10.0%
Indeks Produktivitas							
A	B	C	F	G	$J = F/C$	K	$N = J-G$
7	Tenaga Kerja	3.66	3.33	1.00	0.909	-	-9.1%
8	Material	2.81	2.55	1.00	0.909	-	-9.1%
9	Energi	64.66	58.78	1.00	0.909	-	-9.1%
10	Modal	3.04	2.77	1.00	0.909	-	-9.1%
11	Lain-Lain	37.49	34.08	1.00	0.909	-	-9.1%
12	Input Total	1.00	0.91	1.00	0.909	-	-9.1%

Tabel 4. Variabel Input Turun 10%

No	Deskripsi	Jika data Variabel Input Turun 10 % pada tahun 2		Angka-angka Indeks		Total Perubahan	
		Thn 1	Thn 2	Thn1	Thn2	Thn1	Thn2
A	B	C	F	G	$J = F/C$	K	$N = J-G$
1	Output	2,549,500,000	2,549,500,000	1.000	1.000	-	0.0%
INPUT							
2	Tenaga Kerja	696,500,000	626,850,000.0	1.000	0.900	-	-10.0%
3	Material	907,750,000	816,975,000.0	1.000	0.900	-	-10.0%
4	Energi	39,430,272	35,487,244.8	1.000	0.900	-	-10.0%
5	Modal	837,819,728	754,037,755.2	1.000	0.900	-	-10.0%
6	Lain-Lain	68,000,000	61,200,000.0	1.000	0.900	-	-10.0%
7	Input Total	2,549,500,000	2,294,550,000	1.000	0.900	-	-10.0%
Indeks Produktivitas							
A	B	C	F	G	$J = F/C$	K	$N = J-G$
7	Tenaga Kerja	3.66	4.07	1.00	1.111	-	11.1%
8	Material	2.81	3.12	1.00	1.111	-	11.1%
9	Energi	64.66	71.84	1.00	1.111	-	11.1%
10	Modal	3.04	3.38	1.00	1.111	-	11.1%
11	Lain-Lain	37.49	41.66	1.00	1.111	-	11.1%
12	Input Total	1.00	1.11	1.00	1.111	-	11.1%

Tabel 3 dan Tabel 4 menunjukkan bahwa Input tenaga kerja, material, energi, modal dan lain-lain memiliki pengaruh yang signifikan terhadap peningkatan produktivitas. Apabila Salah satu input dinaikan sebesar (+ 10%) dengan asumsi bahwa nilai output konstan maka dapat berpengaruh terhadap

penurunan produktivitas sebesar (-9,1%). Sebaliknya Apabila salah satu input diturunkan sebesar (-10%) dengan asumsi bahwa nilai output konstan maka dapat berpengaruh terhadap peningkatan produktivitas sebesar (+ 11,1%).

Tabel 5. Variabel Output Naik 10%

No	Deskripsi	Jika Data Variabel Output naik 10% pada tahun 2		Angka-angka Indeks		Total Perubahan	
		Thn 1	Thn 2	Thn1	Thn2	Thn1	Thn2
A	B	C	F	G	$J = F/C$	K	$N = J-G$
1	Output INPUT	2,549,500,000	2,804,450,000	1.000	1.100	-	10.0%
2	Tenaga Kerja	696,500,000	696,500,000	1.000	1.000	-	0.0%
3	Material	907,750,000	907,750,000	1.000	1.000	-	0.0%
4	Energi	39,430,272	39,430,272	1.000	1.000	-	0.0%
5	Modal	837,819,728	837,819,728	1.000	1.000	-	0.0%
6	Lain-Lain	68,000,000	68,000,000	1.000	1.000	-	0.0%
7	Input Total	2,549,500,000	2,549,500,000	1.000	1.000	-	0.0%
Indeks Produktivitas							
A	B	C	F	G	$J = F/C$	K	$N = J-G$
7	Tenaga Kerja	3.66	4.03	1.00	1.100	-	10.0%
8	Material	2.81	3.09	1.00	1.100	-	10.0%
9	Energi	64.66	71.12	1.00	1.100	-	10.0%
10	Modal	3.04	3.35	1.00	1.100	-	10.0%
11	Lain-Lain	37.49	41.24	1.00	1.100	-	10.0%
12	Input Total	1.00	1.10	1.00	1.100	-	10.0%

Tabel 6. Variabel Output Turun 10%

No	Deskripsi	Jika Data Variabel Output Turun 10 % pada tahun 2		Angka-angka Indeks		Total Perubahan	
		Thn 1	Thn 2	Thn1	Thn2	Thn1	Thn2
A	B	C	F	G	$J = F/C$	K	$N = J-G$
1	Output INPUT	2,549,500,000	2,294,550,000.0	1.000	0.900	-	-10.0%
2	Tenaga Kerja	696,500,000	696,500,000	1.000	1.000	-	0.0%
3	Material	907,750,000	907,750,000	1.000	1.000	-	0.0%
4	Energi	39,430,272	39,430,272	1.000	1.000	-	0.0%
5	Modal	837,819,728	837,819,728	1.000	1.000	-	0.0%
6	Lain-Lain	68,000,000	68,000,000	1.000	1.000	-	0.0%
7	Input Total	2,549,500,000	2,549,500,000	1.000	1.000	-	0.0%
Indeks Produktivitas							
A	B	C	F	G	$J = F/C$	K	$N = J-G$
8	Tenaga Kerja	3.66	3.29	1.00	0.900	-	-10.0%
9	Material	2.81	2.53	1.00	0.900	-	-10.0%
10	Energi	64.66	58.19	1.00	0.900	-	-10.0%
11	Modal	3.04	2.74	1.00	0.900	-	-10.0%
12	Lain-Lain	37.49	33.74	1.00	0.900	-	-10.0%
13	Input Total	1.00	0.90	1.00	0.900	-	-10.0%

Tabel 5 dan Tabel 6 menunjukkan bahwa nilai output adalah variabel yang memiliki pengaruh yang paling besar daripada variabel input terhadap

peningkatan produktivitas. Apabila variabel output dinaikan sebesar (+10%) dengan asumsi bahwa nilai input konstan maka dapat berpengaruh terhadap

peningkatan produktivitas input dan total yang masing-masingnya meningkat sebesar (+10%). Sebaliknya apabila variabel output diturunkan sebesar (-10%) dengan asumsi bahwa nilai input konstan maka dapat berpengaruh terhadap penurunan produktivitas input dan total dengan masing-masing penurunan sebesar (-10%).

4. KESIMPULAN

Kesimpulan yang diperoleh adalah sebagai berikut:

1. Hasil pengukuran produktivitas total menunjukkan selama periode 2018 sampai 2021 terjadi fluktuasi tingkat produktivitas dimana pada tahun 2019 produktivitas total menurun sebesar (-1,6%), tahun 2020 produktivitas total turun sebesar (-3,0 %) dan pada tahun 2021 produktivitas total turun sebesar (-2,0 %). Hal ini terjadi karena masalah internal perusahaan yaitu penggunaan sumber daya yang belum efisien yang berefek pada meningkatnya biaya produksi. Dimana pada tahun 2021 nilai output sebesar Rp. 3,219,000,000 dengan produktivitas menurun (-2,0 %) maka perusahaan mengalami kerugiandalam penggunaan sumber daya pada tahun 2021 sebesar Rp. 64.380.000.
2. Pada periode 2019 terjadi penurunan produktivitas total sebesar (-1,6%) disebabkan karena produktivitas tenaga kerja yang menurun sebesar (-0,9 %), produktivitas material menurun sebesar (-0,2%), produktivitas energi menurun sebesar (- 2,2%), produktivitas modal menurun sebesar (-3,3%), produktivitas lain-lain menurun sebesar (-6,4%). Pada periode 2020 terjadi penurunan produktivitas total sebesar (- 3,0%) disebabkan karena adanya produktivitas tenaga kerja yang meningkat sebesar (1,1%), produktivitas material menurun (-0,5%), produktivitas energy meningkat (0,8%), produktivitas modal menurun (- 8,2%), dan produktivitas lain-lain menurun (-11,4%). Sedangkan pada periode 2016 terjadi penurunan produktivitas total sebesar (- 2,0%) diakibatkan karena produktivitas tenaga kerja yang meningkat sebesar (3,3%), produktivitas material meningkat (0,5%), produktivitas energi meningkat (2.1%), produktivitas modal menurun (-7,7%) dan produktivitas lain-lain menurun (-12,8%).

UCAPAN TERIMA KASIH

Penelitian ini dapat dilaksanakan dengan baik atas bantuan dari berbagai pihak. Untuk itu peneliti mengucapkan banyak terima kasih yang kepada semua pihak yang telah bersedia menyediakan

waktu dan memberikan data penelitian yang dibutuhkan dalam penulisan penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Blocher; Chen; dan Lin,. 2007. Manajemen Biaya, Edisi Ketiga, Penerbit Salemba Empat, Jakarta.
- [2] Gaspersz, Vincent,. 1998. “Manajemen Produktivitas Total : Strategi Peningkatan Produktivitas Bisnis Global”. PT. Gramedia Pustaka Umum, Jakarta.
- [3] Sinungan, M. (2000). Produktivitas Apa dan Bagaimana. Jakarta : Bumi Aksara.
- [4] Nasution, M.N. 2015. Manajemen Mutu Terpadu. Bogor: Ghalia Indonesia.
- [5] Sumanth, D. J. 1984, Productivity Engineering and Management, McGraw-hill Book Company.

RENCANA PENGEMBANGAN USAHA GETAH DAMAR DENGAN METODE SWOT DAN QSPM (QUANTITATIVE STRATEGIC PLANNING MATRIKS)

Richard.A. de Fretes¹, Fransina Tibalilatu²

¹Jurusan, Teknik Industri Fakultas Teknik Universitas Pattimura, Ambon 97233

Email: rdefretes@yahoo.com

²Jurusan Teknik Industri Fakultas Teknik Universitas Pattimura, Ambon 97233

Email: fransinatibalilatu@gmail.com

Abstrak. Masyarakat Kabupaten Seram Bagian Barat, khususnya masyarakat desa Rambatu dikenal menjual getah damar (kopal) sebagai salah satu pendapatan utama untuk pemenuhan kebutuhan hidup. Hasil hutan bukan kayu dapat memberikan atau meningkatkan usaha dan pendapatan masyarakat sekitar hutan salah satunya adalah damar. Luas lahan dan jumlah produksi getah damar (kopal) yang ada di daerah tersebut sangat besar dengan rencana pengembangan usaha yang dilakukan masih sangat sederhana. Dengan proses, metode penjualan dan promosi yang masih sangat sederhana, membuat para petani damar kesulitan dalam memproduksi dan meningkatkan harga damar. Untuk membantu meningkatkan unit usaha getah damar (kopal) kering, diperlukan suatu strategi yang baik, untuk meningkatkan pendapatan, sehingga berdampak bagi peningkatan kesejahteraan masyarakat. Pendekatan yang digunakan dalam menganalisis pengembangan usaha getah damar (kopal) adalah metode SWOT dan QSPM, untuk merumuskan dan memprioritaskan strategi yang akan digunakan untuk mengembangkan usaha getah damar (kopal). Hasil penelitian menunjukkan bahwa usaha getah damar (kopal) ada dalam kondisi pertahankan sementara matriks SWOT mendapatkan 4 strategi besar yakni SO, ST, WO dan WT dengan beberapa sub strategi yang ada. Sementara, hasil analisis QSPM menempatkan yang menjadi prioritas untuk dijalankan adalah strategi WT dengan nilai TAS sebesar 5,015.

Kata kunci: getah damar, rencana pengembangan usaha, SWOT dan QSPM

Abstract. The people of West Seram Regency, especially the people of the village of Rambatu, are known to sell resin gum (copal) as one of the main sources of income to fulfill their daily needs. Non-timber forest products can provide or increase the business and income of communities around the forest, one of which is resin. The area of land and the amount of production of gum resin (copal) in the area is very large with the business development plan being carried out is still very simple. With the process, sales and promotion methods that are still very simple, making it difficult for damar farmers to produce and increase the price of damar. To help increase the dry resin (copal) business unit, a good strategy is needed, to increase income, so that it has impact on improving people's welfare. The approach used in analyzing the development of the resin (copal) business is the SWOT and QSPM methods, to formulate and prioritize strategies that will be used to develop the resin (copal) business. The results showed that the resin (copal) business was in a maintained condition while the SWOT matrix got 4 major strategies, namely SO, ST, WO and WT with several existing sub-strategies. Meanwhile, the results of the QSPM analysis place that the priority to be implemented is the WT strategy with a TAS value of 5.015.

Keywords: resin sap, business development plan, SWOT and QSPM

1. PENDAHULUAN

Jenis hasil hutan bukan kayu yang banyak dimanfaatkan oleh masyarakat desa di daerah

pegunungan Kabupaten Seram Bagian Barat adalah getah damar atau kopal [1]. Masyarakat lokal di daerah ini merupakan kelompok

masyarakat yang sebahagian besar (>80%) berada di bawah garis kemiskinan (data statistik Kabupaten Seram Bagian Barat, 2016), mereka masih menggantungkan hidupnya pada sumberdaya hutan. Hasil hutan berupa getah damar atau kopal merupakan sumber pendapatan penting bagi mereka untuk kebutuhan hidup sehari-hari, dan teristimewa untuk biaya pendidikan anak-anak.

Getah damar atau kopal banyak diusahakan oleh masyarakat di daerah pegunungan Seram Bagian Barat secara turun temurun, karena di daerah ini terdapat hutan damar (*Agathis* spp) yang dulunya cukup luas, namun karena banyak yang ditebang oleh pengusaha pemegang [2]. Hak Pengusahaan Hutan (HPH) beberapa tahun yang lalu (tahun 1970 – 1980) maka keberadaannya semakin berkurang. Pada sisi lain produksi dan kualitas getah damar yang diusahakan oleh masyarakat di daerah ini masih tergolong rendah karena proses pengelolaannya masih bersifat tradisional berdasarkan teknik atau metode yang diwariskan secara turun temurun. Demikian pula sistem pemasaran getah damar/kopal masih dikendalikan oleh para pengusaha yang datang membeli kopal di desa setempat. Masyarakat tidak memiliki kemampuan negosiasi dengan pengusaha/pembeli kopal dalam menentukan harga jual yang menguntungkan kedua belah pihak.

Dengan masih menggunakan proses yang sangat sederhana dengan metode penjualan dan proses promosi yang masih sangat simpel sehingga membuat para petani damar kesulitan dalam memproduksi dan meningkatkan harga damar [3]. Maka untuk membantu meningkatkan unit usaha getah damar (kopal) kering diperlukan suatu strategi yang dapat meningkatkan penjualan dan pendapatan, untuk meningkatkan pendapatan, sehingga memberikan dampak bagi peningkatan kesejahteraan masyarakat.

Penelitian ini menggunakan metode SWOT dan QSPM (Quantitative Strategis Planning Matrics). Metode SWOT merupakan metode perumusan strategi yang berhubungan dengan analisa factor internal dan faktor eksternal. Penelitian ini menggunakan metode QSPM karena untuk memprioritaskan strategi yang telah dirumuskan dari analisis SWOT.

Tujuan penelitian ini adalah untuk mendapatkan nilai bobot kriteria terpilih sebagai strategi pengembangan usaha getah damar (kopal).

Sebagai salah satu jenis pohon yang menghasilkan nilai ekonomis, tentunya damar

menarik minat para pembudidaya. Untuk membudidayakan damar, maka diperlukan bibit dari pohon yang berusia tua dan melalui tahap inspeksi sehingga dikatakan bibit sempurna [3]. Budidaya pohon damar relatif lebih mudah ketika pohon telah tumbuh kuat dan kokoh. Sebab tidak perlu lagi memberikan perawatan intensif dan pemberian pupuk dapat dikurangi.

- a. Agar tanaman tumbuh subur, ada beberapa syarat lokasi yang sebaiknya dipenuhi, yaitu: Pilihlah tempat tanam dengan curah hujan tinggi agar kebutuhan air dapat terpenuhi
- b. Pilihlah jenis tanah subur dan gembur. Tujuannya adalah agar tanaman tercukupi kebutuhan unsur hara sehingga hasil panen sesuai dengan harapan
- c. Ketinggian yang cocok untuk perkebunan damar adalah sekitar 400 meter di atas permukaan laut

Pengembangan usaha ialah peran dan cara sistematis untuk mempersiapkan kemungkinan pertumbuhan yang potensial, bantuan dan juga pengawasan terhadap penerapan peluang pengembangan usaha namun tidak mencakup keputusan mengenai strategi dan pelaksanaan kesempatan pengembangan usaha [4].

Pengembangan usaha yaitu semua usaha dalam membenahi implementasi kerja baik sekarang ataupun kemudian hari dengan cara menyampaikan informasi yang dapat mempengaruhi sikap juga kemampuan. Pengembangan sebuah usaha merupakan tanggung jawab para pengusaha yang memerlukan pandangan yang maju, dukungan dan juga daya cipta. Umumnya, dalam mengembangkan usahanya para pengusaha dituntut untuk bisa melihat peluang yang orang lain tak bisa melihatnya, tak bisa mengambil peluang, mengawali dan menjalankan usahanya dengan baik [5].

Dengan melakukan pengembangan usaha maka seorang pelaku usaha akan mengerahkan seluruh pikiran dan juga tenaga untuk bisa memperbaiki kinerja mereka dengan cara melakukan perluasan dan meningkatkan mutu dan jumlah produksi [6].

SWOT ini merupakan singkatan dari: *strength*, *weakness*, *opportunity*, dan *threat*. Analisis ini bertujuan untuk mengetahui aspek-aspek utama dari sebuah bisnis yang meliputi keunggulan, kekurangan, kesempatan dan ancaman. Dengan menggunakan metode SWOT ini, maka dapat dirancang strategi yang tepat untuk membuat sebuah usaha/bisnis lebih unggul dibanding para kompetitor lain.

Secara umum, kegunaan analisis SWOT adalah untuk mengidentifikasi kekuatan (*strength*), kelemahan (*weakness*), peluang (*opportunity*), dan ancaman (*threat*) dalam sebuah bisnis atau usaha [7].

- Strength* merupakan kekuatan bisnis/usaha, seperti kualitas, lokasi, atau unsur lain yang membuatmu lebih unggul dibanding kompetitor.
- Weakness* adalah kelemahan bisnis/usaha jika dibandingkan dengan kompetitor.
- Opportunity* adalah peluang yang bisa kamu raih setelah menganalisis posisimu melalui dua faktor internal di atas. Peluang juga bisa di tentukan melalui penghitungan budget yang akan di keluarkan untuk melakukan promosi atau iklan tertentu..
- Threat* atau ancaman dalam metode SWOT mengarah ke masa depan bisnis/usaha berdasarkan keputusan yang di ambil saat ini.

Matriks SWOT ini merupakan alat formulasi pengambilan keputusan untuk menentukan strategi yang ditempuh berdasarkan logika untuk memaksimalkan kekuatan dan peluang, namun secara bersamaan dapat meminimalkan kelemahan dan ancaman perusahaan. Tahapan dalam menyusun matriks SWOT adalah sebagai berikut:

- Menyusun daftar peluang dan dan ancaman eksternal perusahaan serta perusahaan serta kekuatan dan kelemahan internal perusahaan.
- Menyusun strategi SO (*Strength – Opportunity*) dengan cara mencocokkan kekuatan-kekuatan internal dan peluang-peluang eksternal.
- Menyusun strategi WO (*Weakness – Opportunity*) dengan cara mencocokkan kelemahan-kelemahan internal dan peluang-peluang eksternal.
- Menyusun strategi ST (*Strength – Threat*) dengan cara mencocokkan kekuatan-kekuatan internal dan ancaman-ancaman eksternal.
- Menyusun strategi WT (*Weakness – Threat*) dengan cara mencocokkan kelemahan-kelemahan internal dan ancaman-ancaman eksternal.

QSPM adalah alat yang direkomendasikan bagi para ahli strategi untuk melakukan evaluasi pilihan strategi alternatif secara obyektif, berdasarkan Key Success Factor Internal-External yang telah diidentifikasi sebelumnya [8]. Jadi secara konseptual, tujuan QSPM untuk menetapkan kemenarikan relatif (*relative attractiveness*) dari strategi-strategi yang bervariasi yang telah dipilih dan untuk menentukan strategi mana yang dianggap paling

baik untuk diimplementasikan. Cara membuat tabel QSPM sebagai berikut.

- Membuat daftar peluang, ancaman, kekuatan dan kelemahan di sebelah kiri QSPM, informasi ini diambil dari Matriks EFAS dan IFAS.
- Memberi Weight pada masing-masing eksternal dan internal. Weight ini sama dengan yang ada di Matriks EFAS dan IFAS.
- Meneliti matriks-matriks pada stage I dan identifikasikan alternative strategi yang dapat direkomendasikan dari hasil Matriks Internal Eksternal dan Matriks SWOT.

2. BAHAN DAN METODE

2.1. Lokasi Penelitian.

Waktu penelitian dilakukan pada bulan Agustus – November 2021 dengan lokasi penelitian bertempat di desa Rambatu Kabupaten Seram Bagian Barat

2.2. Variabel yang diamati.

Variabel penelitian merupakan atribut-atribut penelitian yang sangat berpengaruh terhadap rencana pengembangan usaha. Variabel penelitian meliputi variabel terikat dan variabel bebas yang dirumuskan sebagai berikut:

$$y = x_1, x_2 \quad (1)$$

dimana:

y = Prioritas strategi terpilih (bobot)

x_1 = Faktor internal (bobot)

x_2 = Faktor Eksternal (bobot)

Variabel terikat (y) diperoleh dengan menentukan variabel bebas x yaitu variabel bebas x_1 adalah aspek internan meliputi: kekuatan dan kelemahan sedangkan x_2 adalah aspek eksternal yang meliputi: peluang dan ancaman.

2.3. Pendekatan Penelitian.

- Metode Penelitian: Metode SWOT dan QSPM untuk mengetahui aspek-aspek utama dari usaha getah damar (kopal) yang meliputi keunggulan, kekurangan, kesempatan dan ancaman serta merumuskan strategi berdasarkan Mtriaks SWOT.
- Proses pengumpulan dan analisis strategi kemudian dihitung untuk dijadikan strategi prioritas usaha getah damar (kopal) lewat analisis QSPM.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Identifikasi Potensi Faktor Internal dan Eksternal

Berdasarkan hasil dari responden yang memberikan pendapat mengenai faktor-faktor strategis internal dan eksternal dalam pengamatan rencana pengembangan usaha getah damar di Desa Rambatu, diperoleh hasil sebagai berikut.

Faktor-faktor internal yang meliputi faktor kekuatan dan kelemahan dapat dibedakan sebagaimana ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Kekuatan dan Kelemahan

Kekuatan (Strenght)	Kelemahan(Weeakness)
Kepemilikan Lahan Sendiri	Lingkup penjualan yang terbatas
Damar yang Berkualitas	Ketergantungan dari pengepul
Hubungan Jual beli yang Baik	Proses produksi masih sederhana
Pengeluaran Biaya Produksi yang minim	Lokasi yang sulit di jangkau
Pekerja yang telah ahli pada bidangnya	Distribusi yang terbatas
Kerja sama yang baik antar pekerja	Minimnya modal untuk mengembangkan usaha
Ketersediaan Damar yang melimpah	
Proses pengambilan damar tidak mempengaruhi kualitas	
Aturan adat istiadat dan keagamaan yang mengikat(sasi/kewang)	

Faktor-faktor internal yang meliputi faktor kekuatan dan kelemahan dapat ditunjukkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Tabel Peluang dan Ancaman

Peluang	Ancaman
Permintaan damar yang Cukup tinggi	Dipengaruhi oleh jadwal muat kapal
Kurangnya pesaing	Cuaca/ iklim mempengaruhi produktifitas
Memiliki beberapa jenis damar	Penurunan harga beli oleh pembeli/penadah
Dukungan dari Pemerintah desa	Proses sadap pada musim hujan

3.2. Analisis Faktor Internal dan Eksternal.

a. Matriks Internal

Pembobotan dilakukan dengan menggunakan metode perbandingan berpasangan (*paired comparison*) terhadap faktor kekuatan dan kelemahan. Rating kekuatan dan kelemahan diperoleh dengan memberikan skala mulai dari 4 (*outstanding*) sampai dengan 1 (*poor*), berdasarkan pengaruh faktor tersebut terhadap kondisi usaha getah damar yang bersangkutan. Skor faktor internal diperoleh dari perkalian antara bobot dan rating kekuatan dan kelemahan. Hasil selengkapnya seperti pada Tabel 3.

Tabel 3. Matriks IFE (*Internal Factor Evaluation*)

No	Kekuatan	Bobot	Rating	Bobot*Rating
1	Kepemilikan Lahan Sendiri	0,089	4	0,337
2	Damar yang Berkualitas	0,082	3	0,263
3	Hubungan Jual beli yang Baik	0,079	2	0,189
4	Pengeluaran Biaya Produksi yang minim	0,073	3	0,206
5	Pekerja yang telah ahli pada bidangnya	0,072	3	0,202
6	Kerja sama yang baik antar pekerja	0,072	3	0,187
7	Ketersediaan Damar yang melimpah	0,082	4	0,312
8	Proses pengambilan damar tidak mempengaruhi kualitas	0,078	4	0,282
9	Aturan adat istiadat dan keagamaan yang mengikat(sasi/kewang)	0,092	4	0,368
Kelemahan				
1	Lingkup penjualan yang terbatas	0,055	2	0,11
2	Ketergantungan dari pengepul	0,053	2	0,084
3	Proses produksi masih sederhana	0,073	3	0,203
4	Lokasi yang sulit di jangkau	0,057	1	0,068
5	Distribusi yang terbatas	0,065	2	0,104
6	Minimnya modal untuk mengembangkan usaha	0,071	2	0,122
Total		1,00		2,672

Berdasarkan hasil perhitungan dapat dilihat bahwa kekuatan yang dimiliki para petani damar dalam rencana pengembangan usaha getah damar dalam meminimalisasikan faktor kelemahan ada pada koordinat 2,672, dikatakan kuat sehingga mampu memanfaatkan faktor-faktor kekuatan yang ada untuk dapat mengatasi faktor-faktor kelemahannya.

b. Matriks Eksternal

Pembobotan dilakukan dengan menggunakan metode perbandingan berpasangan (*paired comparison*) terhadap faktor peluang dan ancaman. Rating peluang dan ancaman diperoleh dengan memberikan skala mulai dari 4 (*outstanding*) sampai dengan 1 (*poor*), berdasarkan pengaruh faktor tersebut terhadap kondisi usaha getah damar yang bersangkutan. Skor faktor eksternal diperoleh dari perkalian antara bobot dan rating peluang dan ancaman. Hasil selengkapnya seperti pada Tabel 4.

Berdasarkan hasil perhitungan dapat dilihat bahwa peluang yang dimiliki para petani damar dalam rencana pengembangan usaha getah damar untuk meminimalisasikan faktor ancaman ada pada koordinat 2,657, dikatakan kuat sehingga mampu memanfaatkan faktor-faktor peluang yang ada untuk dapat menghindari faktor-faktor ancaman.

Tabel 4. Matriks EFE (*External Factor Evaluation*)

No	Peluang	Bobot	Rating	Bobot*Rating
1	Permintaan Damar yang Cukup tinggi	0,161	4	0,6110
2	Kurangnya pesaing	0,116	3	0,3937
3	Memiliki beberapa jenis damar	0,133	3	0,4528
4	Ukuran pohon tidak mempengaruhi kualitas	0,123	3	0,3923
Ancaman				
1	Dipengaruhi oleh jadwal muat kapal	0,137	1	0,1646
2	Cuaca/ iklim yang mempengaruhi produktifitas	0,121	2	0,2670
3	Turunnya harga damar	0,1	2	0,18
4	Proses sadap pada musim hujan	0,109	2	0,1962
Total		1,00		2,657

3.3. Matching Stage

Berdasarkan hasil dari matriks IFE dan matriks EFE maka dapat disusun selanjutnya dalam matriks IE. Nilai rata-rata IFE sebesar 2,672 dan rata-rata EFE sebesar 2,657. Nilai rata-rata IFE dan EFE diperoleh dari jumlah skor pada masing-masing faktor, dimana skor tersebut didapatkan dari perkalian antara rata-rata rating dan rata-rata bobot pada masing-masing faktor. Nilai tersebut menunjukkan hasil posisi kuadran V (Lima) yaitu menunjukkan strategi yang diperlukan untuk perusahaan saat ini adalah *Hold and Maintain* (Pertahankan dan Pelihara).

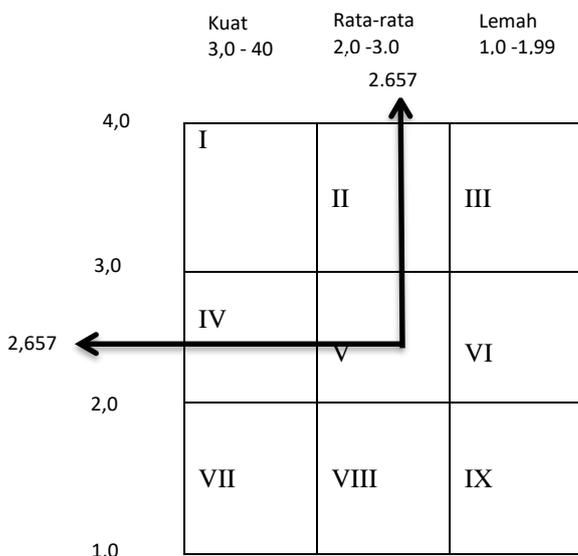
produk. Strategi penetrasi pasar adalah usaha peningkatan pangsa pasar suatu produk atau jasa yang sudah ada di pasar melalui usaha pemasaran yang lebih intensif dan dapat di lihat Gambar 1.

3.4. Matriks SWOT

Berdasarkan situasi dan kondisi yang ada, maka dapat disusun analisis *Strengths, Weaknesses, Opportunities, and Threats (SWOT)* sebagaimana disajikan pada Tabel 5. Hasil analisis *SWOT* ini digunakan sebagai pertimbangan untuk menetapkan “Strategi perencanaan pengembangan usaha getah damar”.

Strategi yang diperoleh berdasarkan analisa SWOT adalah sebagai berikut:

1. Pengembangan Berdasarkan Strategi SO (*Strength-Opportunities*)
 - ✚ Meningkatkan produktifitas getah damar
 - ✚ Mempertahankan harga jual getah damar di pasaran
2. Pengembangan Berdasarkan Strategi WO (*Weakness-Opportunities*)
 - ✚ Membangun kerjasama dengan pembeli baru
 - ✚ Pengembangan Usaha
3. Pengembangan Berdasarkan Strategi ST (*Strength-Threats*)
 - ✚ Meningkatkan harga jual getah damar.
4. Pengembangan Berdasarkan Strategi WT (*Weakness-Threats*)
 - ✚ Membangun kerjasama dengan pihak lain dalam memberikan bantuan modal usaha.



Gambar 1. Matriks SPACE

Strategi umum yang dipakai adalah penetrasi pasar, pengembangan produk dan pengembangan pasar. Strategi intensif meliputi strategi penetrasi pasar, pengembangan pasar dan pengembangan

Tabel 5. Matriks SWOT

Faktor Internal		
	<i>Kekuatan (S)</i>	<i>Kelemahan (W)</i>
	1. Kepemilikan lahan sendiri 2. Damar yang berkualitas 3. Hubungan jual beli baik 4. Pengeluaran biaya produksi yang minim 5. Pekerja yang telah ahli pada bidangnya 6. Kerja sama yang baik antar pekerja 7. Ketersediaan Damar yang melimpah 8. Proses pengambilan tidak mempengaruhi kualitas 9. Aturan adat istiadat dan keagamaan yang mengikat (sasi/kewang)	1. Lingkup Penjualan yang terbatas 2. Ketergantungan harga dari pengepul 3. Proses produksi masih sederhana 4. Lokasi yang sulit di jangkau 5. Distribusi yang terbatas 6. Minimnya modal untuk mengembangkan usaha
Faktor Eksternal		
	Strategi S – O	Strategi W – O
<i>Peluang (O)</i>		
1. Permintaan Damar yang Cukup Tinggi	1. Meningkatkan produktifitas getah damar (S1,S2,S3,S4,S5,S6,S7,S8-O1,O2,O3)	1. Membangun kerjasama dengan pembeli baru (W1,W2,W5,W6-O1,O2,O3)
2. Kurangnya Pesaing		
3. Memiliki Beberapa Jenis Damar	2. Mempertahankan harga jual getah damar di pasaran (S2.S3,S5,S7-O1,O2,O3)	2. Pengembangan usaha (W1,W2,W3,W4,W5,W6 – O1,O2,O3)
	Strategi S – T	Strategi W – T
<i>Ancaman (T)</i>		
1. Dipengaruhi oleh jadwal muat kapal	Meningkatkan harga jual getah damar (S2,S3,S5,S7-T1, T3)	Membangun kerjasama dengan pihak lain dalam memberikan bantuan modal usaha. (T1,T,2T3,T4-W1,W2,W3, W4,W5,W6)
2. Cuaca/Iklim yang mempengaruhi produktifitas		
3. Turunnya harga damar		
4. Proses Sadap pada musim hujan		

3.5. Matriks QSPM

Quantitative Strategic Planning Matrix (QSPM) merupakan alat analisis dalam pengambilan keputusan. Analisis QSPM memungkinkan perusahaan untuk mengevaluasi faktor strategi secara objektif, berdasarkan factor keberhasilan internal dan eksternal yang telah diidentifikasi sebelumnya [7]. Matriks ini digunakan untuk mengevaluasi dan memilih strategi terbaik yang paling cocok dengan lingkungan eksternal dan internal. Alternatif strategi yang memiliki nilai total terbesar pada matriks QSPM merupakan strategi yang paling baik [8].

Dari hasil perhitungan dengan menggunakan metode QSPM maka didapat nilai *Tas/ Total Attrative Score* tertinggi sebesar 5,015 dan menjadi Prioritas Strategi utama dalam merencanakan dan mengembangkan usaha getah damar guna meningkatkan harga jual getah damar bagi petani damar desa Rambatu, yakni strategi membangun kerjasama dengan pihak lain dalam memberikan bantuan modal usaha, setelah itu

baru strategi Meningkatkan harga jual getah damar.

Tabel 6. QSPM Prioritas Strategi

Strategi S-O		Strategi W-O		Strategi S-T	Strategi W-T
ST 1	ST 2	ST 3	ST 4	ST 5	ST 6
0,1408	0,2112	0,1408	0,1408	0,176	0,1936
0,246	0,2296	0,1476	0,1968	0,2132	0,1968
0,234	0,1716	0,234	0,1248	0,2652	0,1872
0,1752	0,1314	0,1752	0,1606	0,146	0,1752
0,1584	0,144	0,144	0,1728	0,1872	0,216
0,1562	0,1136	0,0994	0,1704	0,1562	0,142
0,246	0,1476	0,164	0,2296	0,1968	0,1968
0,1404	0,1248	0,156	0,2184	0,156	0,234
0,11	0,132	0,209	0,121	0,165	0,176
0,0936	0,0832	0,1456	0,1248	0,156	0,1248
0,144	0,1008	0,1584	0,216	0,1584	0,1728
0,1008	0,112	0,1456	0,1456	0,168	0,112
0,117	0,143	0,195	0,156	0,143	0,169
0,112	0,21	0,154	0,168	0,196	0,21
0,512	0,416	0,384	0,512	0,512	0,448
0,276	0,207	0,23	0,23	0,299	0,345
0,3458	0,4256	0,3192	0,266	0,3325	0,3192
0,2196	0,1708	0,244	0,1708	0,244	0,244
0,2466	0,2192	0,1644	0,411	0,274	0,3562
0,3872	0,3388	0,2	0,3388	0,242	0,3388
0,18	0,22	0,22	0,22	0,25	0,24
0,218	0,218	0,1526	0,327	0,218	0,218
4,56	4,27	4,183	4,821	4,85	5,015

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan dapat di simpulkan bahwa perhitungan faktor internal dan eksternal dengan bobot 2,672 dan 2,657 serta pencocokan pada matriks Internal dan Eksternal yang berada pada posisi kuadran ke V yang menunjukkan strategi yang dibutuhkan petani damar dalam rencana pengembangan usaha getah damar adalah Pertahanan dan pemeliharaan sehingga dilakukan formulasi pengambilan 6 strategi keputusan dengan menggunakan matriks SWOT. Berdasarkan 6 alternatif strategi yang ada diperoleh strategi prioritas untuk dilakukan oleh petani damar desa Rambatu dengan menggunakan Matriks OSPM yaitu menjalani kerja sama dengan pihak lain dalam pemberian bantuan modal dengan Total Attractive score /TAS sebesar 5,015.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Th. M. Silaya. 2011. Kearifan Masyarakat Lokal dalam Pengelolaan Sumber daya Hutan di Daerah Pegunungan Kabupaten Seram Bagian Barat.
- [2] Anonim, 2000. Laporan Tahunan Dinas Kehutanan Provinsi Maluku-Ambon.
- [3] L.P.L. Kainama. 1992. Persepsi Masyarakat Seram Barat terhadap Pohon Damar. Kecamatan Kairatu Kabupaten Seram Bagian Barat. Skripsi, Fakultas Pertanian Unpatti.
- [4] R. Oszaer. 2006. Perencanaan Pengelolaan Hutan pada Pulau-Pulau Kecil; Prociding Workshop Pembangunan Hutan Maluku dan Maluku Utara. Kerjasama Fakultas Pertanian Unpatti – Departemen Kehutanan - National Forest Programme (FAO).
- [5] Th. Silaya. 2007 Kajian Aspek Manajemen, Ekonomi dan Lingkungan Agroforestry Tradisional “Dusung” pada Beberapa Desa di Pulau Ambon
- [6] E. Santo. 2005. *Membangun Masyarakat Memberdayakan Rakyat: Kajian Strategis Pembangunan Kesejahteraan Sosial dan Pekerjaan Sosial*. Jakarta: PT. Refika.
- [7] F. R. David. 2009. *Manajemen Strategi Konsep*. Buku I, Jakarta: Penerbit Salemba Empat.
- [8] R. A. de FRETES (2013), Strategi Perencanaan dan pengembangan industry pariwisata, *Jurnal Ilmiah Rekayasa Mesin, Media Ilmuan & Praktisi Teknik Industri*, ISSN 1978-1105 Vol.1 No.1 pp. 14-24.

DESAIN EVAPORATOR SISTEM REFRIGERASI MEKANIK UNTUK KAPAL IKAN 3 GT

Gertruida S. Norimarna¹, P. Ciptoadi², Farel I. R. Sipahelut³ dan Fany Laamena⁴

¹ Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Pattimura, Ambon 97233

E-mail: gertruidanorimarna@gmail.com

² Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Pattimura, Ambon 97233

E-mail: p.ciptoadi69@gmail.com

³ Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Pattimura, Ambon 97233

E-mail: farelsipahelut30@gmail.com

⁴ Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Pattimura, Ambon 97233

E-mail: laamenafany@gmail.com

Abstrak. Es balok sebagai salah satu media pendingin ikan sering digunakan oleh nelayan tradisional untuk menyimpan ikan di dalam palka, akan tetapi penggunaannya dinilai kurang efektif karena dapat menyebabkan kerugian bagi nelayan, Sehingga harus dibuat sistem pendingin aktif sebagai pengganti es balok, salah satu bagian dari sistem pendingin aktif adalah evaporator. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui beban panas yang harus dienyahkan oleh evaporator serta mendesain evaporator untuk kapal ikan 3 GT. Penelitian ini dilakukan dengan metode observasi lapangan, wawancara, dan studi literature kemudian dilakukan pengolahan data dan analisis data. Dari hasil perhitungan panas yang harus dienyahkan oleh evaporator sebesar 6,410270319 kJ/hr, serta desain evaporator adalah sebagai berikut, diameter pipa evaporator sebesar 9,53mm, jenis pipa yaitu pipa tembaga jenis K, panjang keseluruhan pipa sebesar 21,70667314 m, tipe evaporator bare, serta sistim refrigrasi yang digunakan adalah sistim refrigerasi kering. COP yang didapat sebesar 90 %.

Kata Kunci: Es balok, Evaporator.

***Abstract.** Ice cubes as a fish cooling medium are often used by traditional fishermen to store fish in the hold, but their use is considered less effective because it can cause harm to fishermen, so an active cooling system must be made as a substitute for ice blocks, one part of the system. The active refrigerant is the evaporator. This study aims to determine the heat load that must be removed by the evaporator and to design the evaporator for a 3 GT fishing vessel. This research was conducted using field observations, interviews, and literature studies, then data processing and data analysis were carried out. From the calculation results, the heat that must be removed by the evaporator is 6.410270319 kJ/hr, and the evaporator design is as follows, the diameter of the evaporator pipe is 9.53mm, the type of pipe is copper pipe type K, the overall length of the pipe is 21.70667314 m, type bare evaporator, and the refrigeration system used is a dry refrigeration system. The COP obtained is 90%.*

Keywords: Ice cubes, Evaporator.

1. PENDAHULUAN

Penggunaan palka ikan dengan es balok untuk nelayan tradisional seringkali meyebabkan kerugian bagi nelayan. Sebagai media pendingin ikan, penggunaan palka ilkan dengan es balok menyebabkan beberapa kerugian bagi nelayan, antara lain waktu melaut nelayan menjadi terbatas, dan hasil yang didapat saat melaut tidak maksimal.

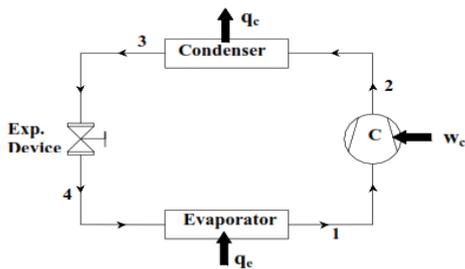
Kalaupun hasil yang didapat banyak, seringkali kualitas ikannya menurun. Untuk itu, diperlukan solusi berupa pembuatan sistem pendingin aktif untuk palka ikan bagi nelayan tradisional[1]. Pembuatan sistem pendingin dimulai dengan pembuatan/desain evaporator untuk sistem pendingin tersebut.

2. BAHAN DAN METODE

2.1. Siklus Sistem pendingin

Siklus kerja Sistem pendingin kompresi (*Compression Refrigeration System*)[1]–[4] sebagai berikut:

1. Kompresi: 1-2 Refrigeran yang bersirkulasi memasuki kompresor dalam bentuk uap dan dikompresikan pada tekanan dan temperatur tinggi, tetapi dibawah batas tekanan pada temperatur tersebut.
2. Kondensasi: 2-3 Temperatur tinggi dan tekanan uap memasuki kondensor tempat uap terkondensasi dan diubah menjadi cairan dengan menghilangkan panas tambahan pada tekanan konstan.
3. Ekspansi: 3-4 Cairan refrigeran pada tekanan konstan memasuki koil ekspansi (*Expansion Coil*) dimana tekanan dari refrigeran diturunkan dan menyebabkan penguapan.
4. Penguapan: 4-1 Cairan refrigeran bertekanan rendah melewati kumparan Evaporator dan menghasilkan efek pendingin. Panas yang dihasilkan akan disimpan untuk memanaskan refrigeran, refrigeran kembali ke fase uap.



Gambar 1. Kerja sistem pendingin uap [1]

2.2. Beban Pendinginan

Beban pendinginan dibagi menjadi beberapa bagian sesuai dengan sumber panas yang dihasilkan. Penjumlahan dari setiap bagian sumber panas adalah beban pendinginan total pada peralatan. Beban pendinginan total dibagi menjadi empat beban terpisah, tetapi dalam penelitian ini beban pendinginan yang dihitung hanya tiga, yaitu:

1. Beban produk

Beban produk dapat dihitung, dengan persamaan [5]

$$Q_f = W \times c_p \times [T_1 - T_2] \tag{1}$$

dimana,

W = Massa produk, kg

c_p = Panas jenis produk, $Kcal/kg^{\circ}C$

T_1 = Temperature awal produk, $^{\circ}C$

T_2 = Temperatur akhir produk, $^{\circ}C$

$1 kcal = 4,1868 KJ$

2. Beban panas yang melalui dinding.

Beban panas melalui dinding dapat dihitung, dengan persamaan [5]–[7]:

$$Q_w = A \times U \times \Delta t \tag{2}$$

dimana,

A = Luas permukaan dinding, m^2

U = Aliran panas yang masuk ke dinding,

$Kcal/m^2jam^{\circ}C$

Δt = Perubahan Temperatur dari awal sampai akhir, $^{\circ}C$

3. Beban perubahan udara

Beban panas akibat perubahan udara, dengan persamaan [6], [7]:

$$Q_a = \frac{N_r + V_r(I_o - I_r)}{V_o} \tag{3}$$

dimana,

N_r = Jumlah tutup palka yang dibuka dalam sehari, jam

V_r = Volume ruang pendinginan, m^3

I_o = Entalpy udara didalam palka, KJ/kg

I_r = Entalpy udara diluar palka, KJ/kg

V_o = Spesifik volume udara pada sisi udara luar, m^3/kg

4. Beban panas total untuk pendinginan

Beban panas total untuk pendinginan dapat dihitung, dengan persamaan [1], [3]–[5]

$$Q_T = Q_f + Q_w + Q_a \tag{4}$$

2.3. Evaporator

a. Luas Permukaan Evaporator

Luas permukaan evaporator dihitung dengan persamaan [2], [3], [5] berikut

$$A = \frac{Q_t}{K \times \Delta T} \tag{4}$$

dimana,

A = Luasan evaporator, m^2jam

k = Koefesien perpindahan panas, $\frac{kcal}{m^2 jam^{\circ}C}$

Q_t = Beban panas yang diambil dari evaporator, $Kcal$

b. Keliling Pipa Evaporator

Dalam menentukan keliling pipa evaporator perlu diketahui ukuran jenis pipa yang di gunakan dan diameter dalam dan luar pipa. Ada dua pipa yang digunakan untuk refrigerant yaitu jenis pipa tembaga dan pipa baja skedul 40 Keliling pipa evaporator dihitung dengan persamaan berikut:

$$K = \pi \times D \tag{5}$$

dimana,

K = keliling, m

π = Nilai $(\frac{22}{7})$

D = Diameter dalam pipa, m

c. Perhitungan panjang pipa

Panjang pipa evaporator, dengan persamaan

berikut [2]:

$$P_{pipa} = \frac{A}{K} \quad (6)$$

dimana,

P_{pipa} = Panjang Pipa, m

A = Luasan Evaporator, m^2

k = Keliling evaporator, m

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Beban Produk

Dengan kapasitas palka sebesar 200 kg ikan, dan nilai panas spesifik ikan (c_p) sebesar $0,86 \text{ kcal/kg}^\circ\text{C}$.

$$Q_f = \frac{200 \text{ kg} \times 0,86 \text{ kcal/kg}^\circ\text{C}}{(30 - (-2))^\circ\text{C}} \\ = 4816 \text{ kcal}$$

3.2. Beban Panas dari Dinding Palka

Beban panas dari dinding palka dihitung dengan menggunakan persamaan (2). Dimana nilai dari perubahan udara di luar palka dan di dalam palka sebesar 32°C dan nilai koefisien perpindahan panas dinding palka sebesar $0.073 \frac{\text{kcal}}{\text{m}^2\text{h}^\circ\text{C}}$. Maka diperoleh:

$$Q_w = 7,48 \times 0,073 \times 32 \times 24 \\ = 414,78 \text{ kcal}$$

3.3. Beban Panas akibat Perubahan Udara

Waktu keseluruhan untuk membuka tutup palka ditotalkan menjadi 1 jam, volume spesifik udara luar sebesar $0,194 \text{ m}^3/\text{kg}$, dan sesuai dengan *Stoichiometry R-22* dimana temperatur evaporator sebesar -2 maka diperoleh nilai entalpi liquid (h_f) 42 KJ/kg , entalpi vapor (h_g) dalam sebesar $404,3 \text{ KJ/kg}$.

$$Q_a = \frac{0,194 (404,3 - 197,7)}{0,1972} \\ = 203 \text{ KJ} = 48,5 \text{ kcal}$$

3.4. Beban Panas Total Pendinginan

Penjumlahan dari setiap bagian sumber panas adalah beban pendinginan total.

$$Q_T = 4816 + 414,7 + 48,5 \\ = 5279,2 \text{ kcal}$$

3.5. Luas Permukaan Evaporator

Berdasarkan beban panas evaporator sebesar $5279,2 \text{ kcal}$ dan pipa yang di pakai pipa jenis tembaga dengan koefisien perpindahan panas sebesar $326 \text{ kcal/m}^2\text{h}^\circ\text{C}$, dan kisaran perbedaan temperature sebesar $\pm 32^\circ\text{C}$ maka, untuk

menghitung luas permukaan evaporator menggunakan persamaan (4), diperoleh :

$$A = \frac{5515,52 \text{ kcal}}{326 \text{ kcal/m}^2\text{h}^\circ\text{C} \times 32^\circ\text{C}} \\ = 0,5 \text{ m}^2$$

Pemilihan pipa jenis tembaga karena dalam sistem pendingin pipa tembaga salah satu pipa yang biasa digunakan, serta harganya lebih murah dibanding pipa jenis lain, serta tahan terhadap korosi.

3.6. Spesifikasi Pipa Evaporator

Jenis pipa yang digunakan pipa jenis tembaga skedul 40. Konduktifitas pipa jenis tembaga (Raj & Ganne, 2012): $326 \frac{\text{kcal}}{\text{m}^2}^\circ\text{C}$, Ukuran diameter pipa : $9,53 \text{ mm}$ - $41,28 \text{ mm}$ dan Ketebalan pipa : $0,76$ - $0,89 \text{ mm}$

3.7. Pemilihan Pipa Evaporator

Penelitian ini akan menggunakan pipa jenis tembaga skedul 40 jenis K dengan ukuran berdasarkan Tabel 1[2], [3], [5]:

Tabel 1. Dimensi pipa-pipa Tembaga

Ukuran Nominal	DL, mm	Ukuran pipa tembaga DD, mm	
		Jenis K	Jenis L
3/8	9,53	7,75	8,00
1/2	12,70	10,21	10,92
5/8	15,88	13,39	13,84
3/4	19,05	16,56	16,92
1	22,23	18,92	19,94
1,1/4	28,58	25,27	26,04
1,1/2	34,93	31,62	32,13
2	41,28	37,62	38,23

3.8. Keliling dan panjang pipa evaporator

Pada penelitian ini akan di pakai pipa jenis tembaga dengan ukuran $3/8 \text{ inch}$ dengan diameter $0,00775 \text{ m}$ dengan laju aliran massa 0.0297 kJ/jam dan beban panas pada evaporator adalah 6.14 KJ/jam , keliling pipa 0.0244 m^2 dan luas permukaan evaporator 0.5 m^2 maka panjang total pipa evaporator sebesar $20,5 \text{ m}$ sebagai pipa untuk evaporator. Berdasarkan hasil perhitungan panjang pipa evaporator maka, dengan 16 belokan 90° maka panjang pipa yang disarankan adalah 25 m dengan faktor koreksi 0.2

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian maka kesimpulan yang diperoleh adalah beban panas yang harus dienyahkan oleh evaporator adalah sebesar $5279,2 \text{ kcal}$. Sementara, spesifikasi desain evaporator

adalah sebagai berikut: tipe evaporator berdasarkan bentuk: bare; tipe evaporator berdasarkan keadaan refrigerant evaporator kering; beban kerja evaporator 6,41 kj/jam; ukuran pipa evaporator yang dipakai adalah pipa tembaga 3/8 inci; jenis k dengan 16 belokan evaporator 90^0 , maka panjang pipa evaporator adalah 25 m.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] S. D. Pentury, G. S. Norimarna, P. Ciptoadi, and E. W. Wairisal, “Pemanfaatan Panas Buangan Motor Induk Untuk Menjalankan Sistem Pendingin Pada KM Alalunga,” *J. METIKS*, vol. 1, no. 1, p. 39, 2021.
- [2] C P Arora, *refrigeration and air conditioning*, The McGraw-Hill., vol. 3. New Delhi: Tata McGraw-Hill Publishing Company Limited, 2009.
- [3] G F Hundy, *Refrigeration, Air Conditioning and Heat Pumps*, vol. 5. UK: Butterworth-Heinemann, 2016.
- [4] K. M. Odunfa, T. O. Arowona, and V. O. Odunfa, “Visual Interactive Computer Package for Air Conditioning System Design: Case of the International Conference Centre, University of Ibadan, Nigeria,” *J. Build. Constr. Plan. Res.*, vol. 6, Dec. 2019.
- [5] Wilbert F. Stoecker Jerold W. Jones Supratman Hara, *Refrigerasi dan Pengkondisian Udara*. 2009.
- [6] I. S. Riki Effendi, “Perancangan Refrigerated Sea Water (RSW) Sistem Kering Pada Kapal Ikan Kayu Lapis Fiber 58 GT Dengan Kapasitas Palka 45 M³,” *SINTEK J.*, 2016.
- [7] P. Farayibi, T. Mogaji, and T. Erinle, “Effect of Throttling Variation on the Performance of Vapour Compression Refrigeration System,” *Br. J. Appl. Sci. Technol.*, vol. 13, no. 5, pp. 1–10, Jan. 2016, doi: 10.9734/BJAST/2016/23086.



ALE 2022

ARCHIPELAGO ENGINEERING

**FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS PATTIMURA
AMBON**



**Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia
Pusat Data Dan Dokumentasi Ilmiah
PUSAT NASIONAL ISSN INDONESIA**

<https://issn.lipi.go.id/>