

ARJKA

Media Ilmuan dan Praktisi Teknik Industri

J
U
R
N
A
L

T
E
K
N
I
K

I
N
D
U
S
T
R
I

Vol. 15, Nomor 2

Agustus 2021

ANALISIS DAMPAK PANDEMI COVID-19 TERHADAP SUSTAINABILITY PADA INDUSTRI KECIL DAN MENENGAH DENGAN METODE ANALYTICAL HIERARCHY PROCESS (AHP)

*A. Besse Riyani Indah
Nadzirah Ikasari
Dian Pratiwi Sahar*

PENGARUH PERSEPSI K3 TERHADAP PERILAKU PEKERJA BAGIAN PRODUKSI PT. BOSOWA BETON INDONESIA MAKASSAR

*Stenly Jacob Wenno
H Jalil Genisa
Muhammad Rifai*

PERANCANGAN KEY PERFORMANCE INDICATOR (KPI) SEBAGAI DASAR PENGUKURAN KINERJA KARYAWAN DI GUDANG SPAREPART PADA PT XYZ

*Andi Nurwahidah
Ahmad Sawal
Mulyadi Mulyadi
Mohammad Thezar Afifudin
Hasmita Sari*

KINERJA POMPA JET EJECTOR DENGAN MODIFIKASI HELMHOLTZ RESONATOR PADA PIPA NORMAL SHOCK

*Mesak Frits Noya
Rusdy Rumeon
P. W. Tetelepta
Abdul Hadi*

PERANCANGAN ULANG TATA LETAK FASILITAS PRODUKSI DENGAN MENGGUNAKAN METODE ALGORITMA BLOCPLAN PADA PT. X

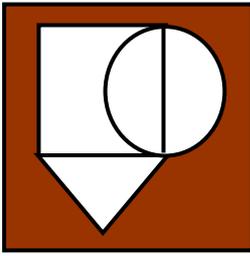
*Marcy Lolita Pattiapon
Nil Edwin Maitimu*

PENERAPAN GOOD MANUFACTURING PRACTICE PADA UD. XYZ DI KOTA TUAL

*Nil Edwin Maitimu
Marcy Lolita Pattiapon*

KAJIAN TEKNIS PENERAPAN MATERIAL SANDWICH PADA STRUKTUR LAMBUNG KAPAL TANKER

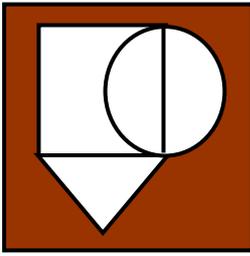
Abdi Ismail



ARIKA

Media Ilmuan dan Praktisi Teknik Industri

- Penanggung Jawab : Dr. Ir. W. R. Hetharia, M.App.Sc.
(Dekan Fakultas Teknik Universitas Pattimura)
- Ketua Dewan Penyunting : Alfredo Tutuhatunewa, ST., MT., IPM.
Scopus ID: [57211693005](#), SINTA ID: [6166538](#)
- Anggota Dewan Penyunting : Nil Edwin Maitimu, ST., MT., IPM.
SINTA ID: [6760169](#)
Aminah Soleman, ST., MT., IPM.
SINTA ID: [6198344](#)
Daniel Bunga Paillin, ST., MT., IPM.
SINTA ID: [6019888](#)
Wilma Latuny, ST., M.Phil., PhD.
Scopus ID: [57189327163](#); SINTA ID: [6008751](#)
Hanok Mandaku, ST., MT., IPM.
SINTA ID: [6740411](#)
- Staf IT dan Administrasi : Richard A. de Fretes, ST., MT., IPM.
SINTA ID: [6712067](#)
M. Thezar Afifudin, ST., MT.
SINTA ID: [6678497](#)
- Alamat Redaksi : Ruang Program Studi Teknik Industri
Lantai 1, Gedung A Fakultas Teknik Universitas Pattimura
Jl. Ir. M. Putuhena, Kampus Poka - Ambon, 97233.
- Diterbitkan oleh : Program Studi Teknik Industri Fakultas Teknik Universitas
Pattimura



ARJKA

Media Ilmuan dan Praktisi Teknik Industri

Vol. 15, Nomor 2

Agustus 2021

- ANALISIS DAMPAK PANDEMI COVID-19 TERHADAP SUSTAINABILITY PADA INDUSTRI KECIL DAN MENENGAH DENGAN METODE ANALYTICAL HIERARCHY PROCESS (AHP)** 65 – 78
*A. Besse Riyani Indah
Nadzirah Ikasari
Dian Pratiwi Sahar*
- PENGARUH PERSEPSI K3 TERHADAP PERILAKU PEKERJA BAGIAN PRODUKSI PT. BOSOWA BETON INDONESIA MAKASSAR** 79 – 87
*Stenly Jacob Wenno
H Jalil Genisa
Muhammad Rifai*
- PERANCANGAN KEY PERFORMANCE INDICATOR (KPI) SEBAGAI DASAR PENGUKURAN KINERJA KARYAWAN DI GUDANG SPAREPART PADA PT XYZ** 88 – 93
*Andi Nurwahidah
Ahmad Sawal
Mulyadi Mulyadi
Mohammad Thezar Afifudin
Hasmita Sari*
- KINERJA POMPA JET EJECTOR DENGAN MODIFIKASI HELMHOLTZ RESONATOR PADA PIPA NORMAL SHOCK** 94 – 103
*Mesak Frits Noya
Rusdy Rumeon
P. W. Tetelepta
Abdul Hadi*
- PERANCANGAN ULANG TATA LETAK FASILITAS PRODUKSI DENGAN MENGGUNAKAN METODE ALGORITMA BLOCPAN PADA PT. X** 104 – 114
*Marcy Lolita Pattiaapon
Nil Edwin Maitimu*
- PENERAPAN GOOD MANUFACTURING PRACTICE PADA UD. XYZ DI KOTA TUAL** 115 – 124
*Nil Edwin Maitimu
Marcy Lolita Pattiaapon*
- KAJIAN TEKNIS PENERAPAN MATERIAL SANDWICH PADA STRUKTUR LAMBUNG KAPAL TANKER** 125 – 132
Abdi Ismail

ANALISIS DAMPAK PANDEMI COVID-19 TERHADAP SUSTAINABILITY PADA INDUSTRI KECIL DAN MENENGAH DENGAN METODE ANALYTICAL HIERARCHY PROCESS (AHP)

Andi Besse Riyani Indah*

Program Studi Teknik Industri, Universitas Hasanuddin, Gowa, Indonesia

Nadzirah Ikasari

Program Studi Teknik Industri, Universitas Hasanuddin, Gowa, Indonesia

Dian Pratiwi Sahar

Program Studi Teknik Industri, Universitas Pattimura, Ambon, Indonesia

*E-mail korespondensi: a.besseryani@gmail.com

ABSTRAK

IKM di Indonesia mulai berkembang dengan berbagai jenis usaha khususnya di Kota Makassar. Dalam menjalankan usahanya setiap IKM dituntut untuk mempertahankan keberlanjutan (sustainability) usahanya. Sustainability merupakan hal yang perlu diperhatikan jika IKM ingin tetap bertahan dan bersaing dalam skala lokal, nasional, hingga internasional. Sustainability mencakup tiga aspek utama yaitu ekonomi, lingkungan, dan sosial. Dimasa pandemi Covid-19 beberapa IKM mengalami permasalahan dalam menjalani usahanya, dan hal tersebut menyebabkan beberapa IKM tidak dapat mencapai target sustainability. Berdasarkan permasalahan ini maka dilakukan penelitian untuk melakukan analisis dampak pandemi Covid-19 terhadap sustainability pada IKM khususnya di Kota Makassar. Tujuan dari penelitian ini akan diketahui aspek sustainability yang tidak dapat dicapai secara maksimal oleh IKM karena dampak dari pandemi Covid-19. Analisis dilakukan dengan menggunakan metode Analytical Hierachy Process (AHP). Metode AHP merupakan metode yang digunakan untuk membantu menyusun suatu prioritas dari berbagai pilihan dengan menggunakan beberapa kriteria (multi criteria). Berdasarkan data yang diolah dengan AHP kriteria dengan tingkat kepentingan yang tinggi adalah kriteria ekonomi dengan priority vector sebesar 0.63, sedangkan berdasarkan hirarki alternatif pada masing-masing kriteria diperoleh hasil bahwa Kesehatan dan keselamatan (sosial) dengan priority vector sebesar 0.36, kurangi penggunaan energi (lingkungan) dengan priority vector sebesar 0.40, dan keuntungan (ekonomi) dengan priority vector sebesar 0.48 merupakan alternatif yang memiliki nilai kepentingan tertinggi.

Kata Kunci: *IKM; Sustainability; Pandemi Covid-19; Analytical Hierachy Process (AHP); Sustainability policy.*

ABSTRACT

SMEs in Indonesia are starting to develop with various types of businesses, especially in Makassar City. In support of every SMEs victory to maintain (sustainable) development. Sustainability is something that needs to be considered if SMEs want to survive and compete on a local, national and international scale. Sustainability includes three main aspects, namely economic, environmental and social. During the Covid-19 pandemic, several SMEs experienced problems in running their businesses, and this caused some SMEs to be unable to achieve their sustainability targets. Based on this problem, a research was conducted to analyze the impact of the sustainability of the Covid-19 pandemic on SMEs, especially in Makassar City. The purpose

of this research will be to find out aspects of sustainability that cannot be achieved optimally by SMEs due to the impact of the Covid-19 pandemic. The analysis was carried out using the Analytical Hierachy Process (AHP) method. The AHP method is a method used to help develop a priority from various options using several criteria (multi-criteria). Based on the data processed by AHP, the criteria with a high level of importance are the economic criteria with a priority vector of 0.63, while based on the alternative hierarchy on each criterion, the result is that Health and safety (social) with a priority vector of 0.36, reduces energy use (environmental) with a priority vector of 0.40, and the benefits (economy) with a priority vector of 0.48 are alternatives that have the highest importance value.

Keywords: SMEs; Sustainability; Covid-19 pandemic; Analytical Hierarchy Process (AHP); Sustainability policy.

1. PENDAHULUAN

Industri Kecil dan Menengah (IKM) merupakan salah satu pendongkrak bagi sector perekonomian di Indonesia. Salah satu yang menjadi keunggulan IKM adalah mampu menyerap tenaga kerja yang sangat besar, karena pada dasarnya IKM tidak membutuhkan kualifikasi pendidikan tertentu dalam menjalankan kegiatan produksi dan usahanya. Oleh karena itu, keberlanjutan (*sustainability*) IKM menjadi hal yang sangat penting untuk terus meningkatkan kemampuan IKM dalam bersaing secara local, nasional, hingga internasional. Menurut (Setiyadi, Amar, & Aji, 2011) IKM harus mampu memiliki kecakapan manajerial, dan mengetahui teknik menjual yang strategis yang dimulai dari pengetahuan tentang produk, ciri khas produk dan daya saing produk terhadap produk sejenis. Hal ini dilakukan agar IKM mampu memasarkan setiap produk yang dihasilkan dengan baik dan produk yang telah dihasilkan dapat bertahan walaupun berada pada persaingan yang ketat.

Sustainability merupakan suatu konsep yang diterapkan dalam perusahaan agar suatu perusahaan dapat mencapai keberlanjutan dalam usahanya untuk waktu jangka Panjang. Terdapat tiga aspek dalam *sustainability* yaitu ekonomi, lingkungan, dan sosial. Ketiga aspek ini merupakan hal yang mendasar yang harus dicapai perusahaan termasuk IKM agar mencapai target *sustainability*. Adapun ekonomi mengarah pada proses produksi yang dilakukan sebisa mungkin mencapai efisiensi termasuk dalam hal bahan baku, tenaga kerja, dan biaya produksi. Pada aspek lingkungan, dalam proses usahanya harus dipastikan bahwa kegiatan yang dilakukan tidak memberi dampak negatif terhadap lingkungan seperti pencemaran dan limbah berbahaya yang dihasilkan. Sedangkan pada aspek sosial mengarah pada keberlanjutan sosial sebagai sistem yang mampu mencapai kesetaraan, menyediakan layanan sosial termasuk kesehatan, pendidikan, gender, dan akuntabilitas politik.

Pandemi Covid-19 memberi dampak yang besar bagi IKM di Indonesia termasuk di Kota Makassar. Menurut data Kementerian Perindustrian RI tahun 2020 bahwa selama pandemi Covid-19 IKM mengalami penurunan permintaan terhadap produk-produk yang dihasilkan hingga 90%, yang pada tahun sebelum pandemi Covid-19 segala aktivitas penjualan sebesar 97% dilakukan secara *offline*. Dampak tersebut juga mempengaruhi ketercapaian *sustainability* bagi IKM yang terdiri dari aspek ekonomi, lingkungan, dan sosial. Beberapa IKM tidak dapat memenuhi target kinerjanya dalam hal *sustainability*. Dari sisi ekonomi mengalami masalah seperti meningkatnya biaya produksi, tenaga kerja, dan bahan baku. Dari sisi lingkungan misalnya sistem yang berwawasan lingkungan dituntut untuk mampu menjaga kestabilan sumber daya, menghindari eksploitasi sumber daya alam dan fungsi lingkungan. Sedangkan pada sisi sosial, berdampak pada kesejahteraan tenaga kerja yang terlibat pada IKM, secara langsung terdapat perubahan yang mendasar khususnya bagi para tenaga kerja IKM selama pandemi Covid-19 terutama dalam hal kesejahteraan pegawai.

Berdasarkan masalah yang telah diuraikan maka akan dilakukan penelitian analisis dampak pandemi Covid-19 *sustainability* pada IKM dengan metode *Analytical Hierachy Process*

(AHP). Tujuan dari penelitian ini akan diketahui aspek sustainability yang terdampak pandemi Covid-19 yang terdiri dari aspek ekonomi, lingkungan, dan sosial. Metode AHP adalah metode yang digunakan untuk membantu menyusun suatu prioritas dari berbagai pilihan dengan menggunakan beberapa kriteria (*multi criteria*). Dengan metode AHP akan diperoleh prioritas faktor yang mempengaruhi aspek *sustainability* sehingga IKM tidak dapat mencapai target *sustainability* yang telah ditetapkan. Dari hasil analisis berdasarkan metode AHP akan dibuat rumusan usulan kebijakan dalam bentuk *sustainability policy* yang dapat dilakukan oleh IKM untuk mencapai aspek *sustainability* khususnya yang terkena dampak pandemi Covid-19.

2. BAHAN DAN METODE

a. *Industri Kecil dan Menengah (IKM)*

Menurut Peraturan Menteri Perindustrian Republik Indonesia Nomor: 13/M-IND/PER/2/2013 Tentang Petunjuk Teknis Program Restrukturisasi Mesin dan/atau Perlatan Industri Kecil Menengah Pasal 1 ayat (1), (2), dan (3) yang menyebutkan:

- (1) Industri Kecil dan Menengah (IKM) adalah perusahaan industri kecil dan perusahaan industri menengah.
- (2) Perusahaan Industri Kecil (IK) adalah perusahaan industri dengan nilai investasi seluruhnya sampai dengan Rp. 500.000.000 (lima ratus juta Rupiah), dengan tidak termasuk tanah dan bangunan tempat usaha.
- (3) Perusahaan Industri Menengah (IM) adalah perusahaan industri dengan nilai investasi seluruhnya lebih besar dari Rp. 500.000.000 (lima ratus juta Rupiah) sampai dengan paling banyak 10.000.000.000 (sepuluh milyar Rupiah), tidak termasuk tanah dan bangunan tempat usaha.

IKM adalah bentuk kegiatan yang didalamnya tidak hanya sebatas usaha jual beli, tetapi juga ada kegiatan proses produksi dengan menggunakan teknologi, manajemen organisasi sederhana, dan kerjasama dengan pihak lain (Asmara & Rahayu, 2014).

Menurut Undang-Undang Nomor 5 Tahun 1984 tentang Perindustrian dijelaskan bahwa industri kecil adalah kegiatan ekonomi yang terdiri dari kegiatan mengolah bahan mentah, bahan baku, barang setengah jadi, dan atau barang jadi menjadi barang yang memiliki nilai lebih tinggi penggunaannya (Ridwan, Hartutiningsih, & Mass'ad, 2014).

b. *IKM selama Pandemi Covid-19*

Pandemi COVID-19 yang terjadi saat ini mau tidak mau memberikan dampak terhadap berbagai sektor. Pada tataran ekonomi global, pandemi COVID-19 memberikan dampak yang sangat signifikan pada perekonomian domestik negara-bangsa dan keberadaan UMKM. Laporan *Organisation for Economic Co-operation and Development* (OECD) menyebutkan bahwa pandemi ini berimplikasi terhadap ancaman krisis ekonomi besar yang ditandai dengan terhentinya aktivitas produksi di banyak negara, jatuhnya tingkat konsumsi masyarakat, hilangnya kepercayaan konsumen, jatuhnya bursa saham yang pada akhirnya mengarah kepada ketidakpastian.

Indonesia yang didominasi oleh keberadaan Usaha Mikro, Kecil, dan Menengah (UMKM) sebagai tulang punggung perekonomian nasional juga terdampak secara serius tidak saja pada aspek total produksi dan nilai perdagangan akan tetapi juga pada jumlah tenaga kerja yang harus kehilangan pekerjaannya karena pandemi ini. Data dari Kementerian Koperasi dan Usaha Kecil Menengah (KemenkopUKM) menunjukkan bahwa pada tahun 2018 terdapat 64.194.057 UMKM yang ada di Indonesia (atau sekitar 99 persen dari total unit usaha) dan mempekerjakan 116.978.631 tenaga kerja (atau sekitar 97 persen dari total tenaga kerja di sektor ekonomi).

Pada aspek perusahaan, pandemi ini telah mengganggu kinerja perusahaan-perusahaan terutama yang bergerak dalam sektor perdagangan, transportasi, dan pariwisata. Kebijakan social distancing yang kemudian diubah menjadi physical distancing dan bekerja dari atau di rumah berdampak pada penurunan kinerja perusahaan yang kemudian diikuti oleh pemutusan hubungan kerja. Bahkan ada beberapa perusahaan yang mengalami kebangkrutan dan akhirnya memilih untuk menutup usahanya. Pada aspek UMKM, adanya pandemi ini menyebabkan

turunnya kinerja dari sisi permintaan (konsumsi dan daya beli masyarakat) yang akhirnya berdampak pada sisi suplai yakni pemutusan hubungan kerja dan ancaman macetnya pembayaran kredit (Pakpahan, 2020).

c. *Sustainability IKM*

Terminologi keberlanjutan sangat multiface dan originalitas dari keberlanjutan (sustainability) yang bersifat sangat kompleks (Bell, S & Morse, S., 2008). Keberlanjutan dapat menjadi sumber daya strategis yang mengarah pada keunggulan kompetitif, dan pada gilirannya, kinerja organisasi yang unggul. Sementara sebagian besar studi keberlanjutan melihat ketiga aspek dari triple bottom line, berdasarkan beberapa literatur menunjukkan hasil yang tidak meyakinkan ketika strategi bertujuan untuk menangani ketiga pendekatan keberlanjutan secara bersama-sama (Leea, Che-Haa, & Alwi, 2019).

Dalam beberapa tahun terakhir, perhatian yang cukup besar telah difokuskan pada topik keberlanjutan yang mengintegrasikan dan menemukan keseimbangan antara aspek lingkungan, ekonomi dan sosial perusahaan. Ekonomi bersama aspek sosial dan lingkungan adalah konstruksi utama dari keberlanjutan, tetapi terkadang dari ketiga aspek ini juga cenderung saling bertentangan (Tajbakhsh & Hassini, 2015). Keberlanjutan bisnis paling sering disajikan secara terintegrasi, menggabungkan ketiga aspek tersebut, karena sebagiannya tumpang tindih. Secara grafis, hal ini dapat digambarkan dengan tiga lingkaran yang saling tumpang tindih, dimana perpotongan di tengahnya merepresentasikan keberlanjutan (Stopper, Kossik, & Gastermann, 2016).

Para pelaku UMKM berusaha menerapkan keberlanjutan perusahaan dengan mematuhi kebijakan dan peraturan (Witjes, Vermeulen, & Cramer, 2017). UKM berusaha untuk mencapai keberlanjutan dengan melakukan manufaktur ramping, manufaktur hijau, dan praktik keberlanjutan lainnya. Ada temuan yang kontradiktif tentang korelasi antara praktik sosial dan lingkungan dengan keberlanjutan perusahaan dan kinerja ekonomi UKM. Praktik keberlanjutan adalah praktik apa pun yang bertujuan untuk mencapai atau mendukung nilai berkelanjutan (Phan & Kim, 2019). Kinerja keberlanjutan dapat didefinisikan sebagai kinerja perusahaan dalam semua dimensi dan untuk semua pendorong keberlanjutan perusahaan (Malesios, De, Moursellas, Dey, & Evangelinos, 2020).

d. *Sustainability IKM*

Proses Hierarki Analitik (*Analytical Hierarchy Process* - AHP) dikembangkan oleh Dr. Thomas L. Saaty dari *Wharton School of Business* pada tahun 1970-an untuk mengorganisasikan informasi dan *judgement* dalam memilih alternatif yang paling disukai.

Perbandingan dilakukan berdasarkan "*judgment*" dari pengambil keputusan dengan menilai tingkat kepentingan suatu elemen dibandingkan elemen lainnya. Dibawah ini merupakan penetapan skala kuantitatif satu sampai sembilan untuk menilai perbandingan tingkat kepentingan suatu elemen terhadap elemen lain (Saaty, 1988)

Analytical Hierarchy Process digunakan sebagai metode pemecahan masalah dibanding dengan metode yang lain karena alasan-alasan berikut (Munthafa & Mubarak, 2017):

1. Struktur yang berhierarki, sebagai konsekuensi dari kriteria yang dipilih, sampai pada sub kriteria yang paling dalam.
2. Memperhitungkan validitas sampai dengan batas toleransi inkonsistensi sebagai kriteria dan alternatif yang dipilih oleh pengambil keputusan. Memperhitungkan daya tahan output analisis sensitivitas pengambilan keputusan.

e. *Pengumpulan Data*

Metode pengumpulan data yang digunakan untuk memperoleh data dalam penulisan proposal penelitian ini adalah:

1. Penelitian lapangan yaitu bentuk penelitian dengan cara observasi langsung dilapangan, dengan menyebarkan kuisioner dan wawancara langsung dengan para expert dalam bidang IKM di Kota Makassar.

2. Penelitian kepustakaan yaitu studi literatur yang berhubungan dengan masalah yang akan dibahas pada penelitian ini seperti sustainability pada IKM, dampak pandemi Covid-19 terhadap IKM, dan metode AHP.

f. *Pengolahan Data dan Analisis Data*

Metode pengolahan data yang digunakan pada penelitian ini adalah melakukan pengolahan data hasil kuisisioner dan wawancara yang telah disebar dengan analisis deskriptif. Dan mencari nilai prioritas dari aspek *sustainability* yang terdiri dari aspek ekonomi, lingkungan, dan sosial yang dijadikan sebagai kriteria untuk pengolahan data pada metode AHP. *Software* yang digunakan untuk melakukan analisis data adalah *Expert Choice* (EC). EC adalah suatu program aplikasi yang dapat digunakan sebagai salah satu *tool* untuk membantu para pengambil keputusan dalam menentukan keputusan. EC menawarkan beberapa fasilitas mulai dari input data-data kriteria, dan beberapa alternatif pilihan, sampai dengan penentuan tujuan. EC mudah dioperasikan dengan *interface* yang sederhana. Kemampuan lain yang disediakan adalah mampu melakukan analisis secara kuantitatif dan kualitatif sehingga hasilnya rasional. Didukung dengan gambar grafik dua dimensi membuat EC semakin menarik. EC didasarkan pada metode/ proses hirarki analitik (*Analytic Hierarchi Process/AHP*).

g. *Pengolahan Data dan Analisis Data*

Menurut Kadarsyah dan Ali (1998) dalam (Munthafa & Mubarak, 2017), langkah- langkah yang dilakukan dalam metode AHP sebagai berikut:

1. Mendefinisikan masalah dan menentukan solusi yang diinginkan.
2. Membuat struktur hierarki yang diawali dengan tujuan utama.
3. Membuat matrik perbandingan berpasangan yang menggambarkan kontribusi relatif atau pengaruh setiap elemen terhadap tujuan atau kriteria yang setingkat di atasnya.
4. Mendefinisikan perbandingan berpasangan sehingga diperoleh jumlah penilai seluruhnya sebanyak $n \times [(n-1)/2]$ buah, dengan n adalah banyaknya elemen yang dibandingkan.

Tabel 1. Skala penilaian perbandingan berpasangan

Intensitas Kepentingan	Keterangan
1	Kedua elemen sama penting
3	Elemen yang satu sedikit lebih penting dari elemen lainnya
5	Elemen yang satu lebih penting dari elemen lainnya
7	Elemen yang satu sangat penting dari elemen lainnya
9	Elemen yang satu mutlak sangat penting dari elemen lainnya
2,4,6,8	Nilai-nilai antaradua nilai pertimbangannya yang berdekatan
Kebalikan	Jika aktivitas i mendapat satu angka dibandingkan dengan aktivitas j , maka j memiliki nilai kebalikan dibandingkan i

5. Menghitung nilai eigen dan menguji konsistensinya. Jika tidak konsisten maka pengambilan data diulangi.
6. Mengulangi langkah 3,4, dan 5 untuk seluruh tingkat hierarki.
7. Menghitung vektor eigen dari setiap matriks perbandingan berpasangan yang merupakan bobot setiap elemen untuk penentuan prioritas elemen-elemen pada tingkat hierarki terendah sampai mencapai tujuan. Penghitungan dilakukan lewat cara menjumlahkan nilai setiap kolom yang bersangkutan untuk memperoleh normalisasi matriks, dan menjumlahkan nilai-nilai dari setiap baris dan membaginya dengan jumlah elemen untuk mendapatkan rata-rata. Apabila A adalah matriks perbandingan berpasangan, maka vektor bobot yang berbentuk:

$$(A)(w^T) = (n)(W^T) \quad (1)$$

dapat didekati dengan cara:

- Menormalkan setiap kolom j dalam matriks A , sedemikian hingga:

$$\sum_i a(i, j) = 1 \quad (2)$$

sebut sebagai A'.

- Hitung nilai rata-rata untuk setiap baris i dalam A' :

$$w_i = \frac{1}{n} \sum_i a(i, j) \quad (3)$$

dengan w_i adalah bobot tujuan ke-i dari vektor bobot.

8. Memeriksa konsistensi hirarki.

Misal A adalah matriks perbandingan berpasangan dan w adalah vektor bobot, maka konsistensi dari vektor bobot w dapat diuji sebagai berikut:

- Hitung Konsistensi dari Vektor Bobot: $(A)(w^T)$

$$t = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left(\frac{\text{elemen ke-i pada } (A)(w^T)}{\text{elemen ke-i pada } (w^T)} \right) \quad (4)$$

- Hitung indeks konsistensi:

$$CI = \frac{t-n}{n-1} \quad (5)$$

- Indeks random RI_n adalah nilai rata-rata CI yang dipilih secara acak pada A dan diberikan sebagai:

n	2	3	4	5	6	7	...
RI_n	0	0,58	0,90	1,12	1,24	1,32	...

- Hitung rasio konsistensi

$$CR = \frac{CI}{RI_n} \quad (6)$$

- Jika $CR = 0$, maka hierarki konsisten
- Jika $CR < 0,1$, maka hierarki cukup konsisten
- Jika $CR > 0,1$, maka hierarki sangat tidak konsisten)

h. Pengolahan Data dan Analisis Data

Pada sub bab ini akan dibahas mengenai variabel dan alternatif yang digunakan dalam membuat kuesioner AHP yang diberikan kepada responden. Tahap identifikasi kriteria dan Alternatif mengacu pada beberapa penelitian antara lain Chang & Cheng (2019) dan Singha, et al., (2016). Berdasarkan studi literatur penelitian tersebut maka ditentukan alternatif-alternatif yang berkaitan dengan *sustainability* pada IKM. Kriteria-kriterianya ditunjukkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Kriteria dan Alternatif

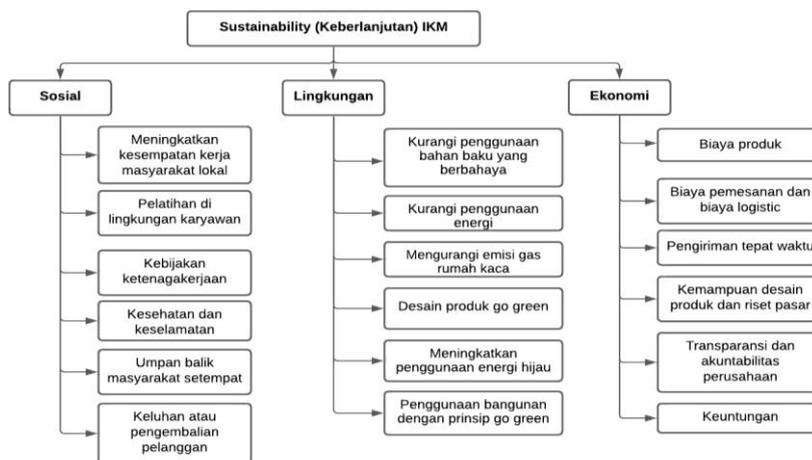
Kriteria	Alternatif	Referensi
Sosial (S)	Meningkatkan kesempatan kerja masyarakat local (S1)	(Chang & Cheng, 2019) (Singha, Olugua, & Nurma, 2016)
	Pelatihan di lingkungan karyawan (S2)	
	Kebijakan ketenagakerjaan (S3)	
	Kesehatan dan keselamatan (S4)	
	Umpan balik masyarakat setempat (S5)	
	Keluhan atau pengembalian pelanggan (S6)	
Lingkungan (L)	Kurangi penggunaan bahan baku yang berbahaya (L1)	
	Kurangi penggunaan energi (L2)	
	Mengurangi emisi gas rumah kaca (L3)	
	Desain produk go green (L4)	
	Meningkatkan penggunaan energi hijau (L5)	
	Penggunaan bangunan dengan prinsip go green (L6)	
Ekonomi (E)	Biaya produk (E1)	
	Biaya pemesanan dan biaya logistic (E2)	
	Pengiriman tepat waktu (E3)	
	Kemampuan desain produk dan riset pasar (E4)	
	Transparansi dan akuntabilitas perusahaan (E5)	
	Keuntungan (E6)	

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada subbab ini akan dijelaskan mengenai pengolahan data berdasarkan tingkat kepentingan. Hasil kuesioner yang telah diisi oleh expert kemudian di olah dengan menggunakan AHP untuk mengetahui tingkat kepentingan dari masing-masing kriteria dan alternatif yang terdiri dari beberapa indikator. Pengolahan data dilakukan dengan software *Expert Choice*.

a. Penentuan Tujuan Pengambilan Keputusan berdasarkan AHP

Berikut ini adalah pengambilan keputusan untuk menentukan tingkat kepentingan dari setiap kriteria yang perlu dipertimbangkan dalam menentukan “tujuan pengambilan keputusan”. Berikut adalah gambar yang menunjukkan tujuan, kriteria, dan indikator pada alternatif.



Gambar 1. Tujuan Pengambilan Keputusan

b. Penentuan Posisi dari Setiap Kriteria

Pada tahap ini adalah menentukan posisi dari setiap kriteria berdasarkan kuesioner AHP yang telah dibagikan. Pada Tabel 3 menunjukkan hasil bobot dari setiap kriteria *sustainability*.

Tabel 3. Pembobotan Kriteria

Kriteria	Ekonomi (E)	Sosial (S)	Lingkungan (L)
Ekonomi (E)	1,00	3,00	5,00
Sosial (S)	0,33	1,00	3,00
Lingkungan (L)	0,20	0,33	1,00
Jumlah	1,53	4,33	9,00

Berikut adalah tabel hasil normalisasi dengan menentukan priority vector dan dilakukan uji konsistensi pada masing-masing bobot kriteria. Tujuan melakukan uji konsistensi adalah untuk memastikan kekonsistenan pengguna dalam memasukkan perbandingan yang berpengaruh terhadap hasil akhir, selain itu juga dilakukan untuk proses pengecekan terhadap konsistensi setiap perbandingan.

Tabel 4. Uji Konsistensi Kriteria

Kriteria	Ekonomi	Sosial	Lingkungan	Priority Vector	Uji Konsistensi
Ekonomi	0,65	0,69	0,56	0,63	1,95
Sosial	0,22	0,23	0,33	0,26	0,79
Lingkungan	0,13	0,08	0,11	0,11	0,32
Jumlah	1,00	1,00	1,00	1,00	3,06

Berdasarkan hasil perhitungan priority vector maka diperoleh nilai priority yang tertinggi dari tiga kriteria adalah ekonomi yaitu 0,63. Begitu juga dengan uji konsistensi yang dilakukan menunjukkan nilai tertinggi pada kriteria ekonomi yaitu 1,95.

Untuk menentukan nilai lambda maka terlebih dahulu dilakukan perhitungan dengan membagi antara nilai uji konsistensi dengan priority vector, kemudian merata-ratakan hasilnya. Nilai lambda ditunjukkan pada Tabel 5.

Tabel 5. Nilai Lambda

Kriteria	Priority vector/ Uji konsistensi
Ekonomi	3,07
Sosial	3,03
Lingkungan	3,01
Nilai Lambda (Rata-rata)	3,04

Dari nilai lambda kemudian diketahui nilai *CI*, *RI*, dan *CR* yang bertujuan untuk mengetahui tingkat konsistensi dari nilai pembobotan yang telah ditentukan berdasarkan kuesioner. Berdasarkan persamaan (4) sampai (6), didapat nilai *CI*, *RI*, dan *CR* masing-masing sebesar 0,02, 0,66, dan 0,03. Dengan nilai *CR* tersebut (0,03), maka hirarki menunjukkan cukup konsisten.

c. Penentuan Posisi dari Setiap Alternatif

Alternatif ditentukan berdasarkan indikator pada masing-masing kriteria yaitu ekonomi, sosial, dan lingkungan. Masing-masing kriteria terdiri dari enam indikator yang juga dilakukan pembobotan kepentingan.

1) Kriteria Sosial

Tabel 6 adalah nilai hasil pembobotan untuk alternatif berdasarkan kriteria sosial yang terdiri dari enam alternatif.

Tabel 6. Pembobotan Alternatif Kriteria Sosial

Alternatif	S1	S2	S3	S4	S5	S6
S1	1,00	3,00	1,00	0,33	3,00	3,00
S2	0,33	1,00	3,00	0,33	3,00	1,00
S3	1,00	0,33	1,00	0,33	3,00	3,00
S4	3,00	3,00	3,00	1,00	4,00	4,00
S5	0,33	0,33	0,33	0,25	1,00	1,00
S6	0,33	1,00	0,33	0,25	1,00	1,00
Jumlah	6,00	8,67	8,67	2,50	15,00	13,00

Tabel 7 adalah tabel hasil normalisasi dengan menentukan priority vector dan dilakukan uji konsistensi pada masing-masing bobot alternatif pada kriteria sosial.

Tabel 7. Uji Konsistensi Alternatif Kriteria Sosial

Alternatif	S1	S2	S3	S4	S5	S6	Priority Vector	Uji Konsistensi
S1	0,17	0,35	0,12	0,13	0,20	0,23	0,20	1,34
S2	0,06	0,12	0,35	0,13	0,20	0,08	0,15	1,05
S3	0,17	0,04	0,12	0,13	0,20	0,23	0,15	0,93
S4	0,50	0,35	0,35	0,40	0,27	0,31	0,36	2,42
S5	0,06	0,04	0,04	0,10	0,07	0,08	0,06	0,40
S6	0,06	0,12	0,04	0,10	0,07	0,08	0,08	0,50
Jumlah	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	6,63

Berdasarkan hasil perhitungan priority vector maka diperoleh nilai priority yang tertinggi dari enam alternatif pada kriteria sosial adalah S4 (Kesehatan dan Keselamatan) yaitu 0,36.

Begitu juga dengan uji konsistensi yang dilakukan menunjukkan nilai tertinggi pada S4 yaitu 2,42.

Nilai Lambda berdasarkan alternatif pada kriteria sosial adalah ditunjukkan pada Tabel 8.

Tabel 8. Nilai Lambda Alternatif Kriteria Sosial

Alternatif	Priority vector/ Uji konsistensi
S1	6,77
S2	6,77
S3	6,33
S4	6,69
S5	6,31
S6	6,60
Nilai Lambda (Rata-rata)	6,58

Dari nilai lambda kemudian didapat nilai CI, RI, dan CR masing-masing 0,12, 1,32, dan 0,09. Karena nilai $CR < 0,1$. Yaitu 0,09 maka hirarki dianggap cukup konsisten untuk alternatif pada kriteria sosial.

2) Kriteria Lingkungan

Tabel 9 menunjukkan nilai hasil pembobotan untuk alternatif berdasarkan kriteria lingkungan yang terdiri dari enam alternatif.

Tabel 9. Pembobotan Alternatif Kriteria Lingkungan

Alternatif	L1	L2	L3	L4	L5	L6
L1	1,00	0,20	0,25	0,33	0,20	0,25
L2	5,00	1,00	5,00	4,00	3,00	3,00
L3	4,00	0,20	1,00	2,00	0,50	0,50
L4	3,00	0,25	0,50	1,00	0,25	0,33
L5	5,00	0,33	2,00	4,00	1,00	1,00
L6	4,00	0,33	2,00	3,00	1,00	1,00
Jumlah	22,00	2,31	10,75	14,33	5,95	6,08

Tabel 10 menunjukkan hasil normalisasi dengan menentukan priority vector dan dilakukan uji konsistensi pada masing-masing bobot alternatif pada kriteria lingkungan.

Tabel 10. Uji Konsistensi Alternatif Kriteria Lingkungan

Alternatif	L1	L2	L3	L4	L5	L6	Priority Vector	Uji Konsistensi
L1	0,05	0,09	0,02	0,02	0,03	0,04	0,04	0,26
L2	0,23	0,43	0,47	0,28	0,50	0,49	0,40	2,58
L3	0,18	0,09	0,09	0,14	0,08	0,08	0,11	0,70
L4	0,14	0,11	0,05	0,07	0,04	0,05	0,08	0,46
L5	0,23	0,14	0,19	0,28	0,17	0,16	0,19	1,24
L6	0,18	0,14	0,19	0,21	0,17	0,16	0,18	1,12
Jumlah	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	6,37

Berdasarkan hasil perhitungan priority vector maka diperoleh nilai priority yang tertinggi dari enam alternatif pada kriteria lingkungan adalah L2 (kurangi penggunaan energi) yaitu 0,40. Begitu juga dengan uji konsistensi yang dilakukan menunjukkan nilai tertinggi pada L4 yaitu 2,58.

Nilai Lambda berdasarkan alternatif pada kriteria lingkungan ditunjukkan pada Tabel 11. Dari nilai lambda kemudian didapat nilai CI, RI, dan CR masing-masing 0,06, 1,32, dan 0,04. Karena nilai $CR < 0,1$. Yaitu 0,04 maka hirarki dianggap cukup konsisten untuk alternatif pada kriteria lingkungan.

Tabel 11. Nilai Lambda Alternatif Kriteria Lingkungan

Alternatif	Priority vector/ Uji konsistensi
L1	6,12
L2	6,45
L3	6,27
L4	6,10
L5	6,37
L6	6,39
Nilai Lambda (Rata-rata)	6,29

3) Kriteria Ekonomi

Tabel 12 menunjukkan hasil pembobotan untuk alternatif berdasarkan kriteria ekonomi yang terdiri dari enam alternatif.

Tabel 12. Pembobotan Alternatif Kriteria Ekonomi

Alternatif	E1	E2	E3	E4	E5	E6
E1	1,00	0,33	0,33	0,33	1,00	0,14
E2	3,00	1,00	1,00	3,00	3,00	0,20
E3	3,00	1,00	1,00	5,00	5,00	0,20
E4	3,00	0,33	0,20	1,00	1,00	0,20
E5	1,00	0,33	0,20	1,00	1,00	0,14
E6	7,00	5,00	5,00	5,00	7,00	1,00
Jumlah	18,00	8,00	7,73	15,33	18,00	1,89

Tabel 13 menunjukkan hasil normalisasi dengan menentukan *priority vector* dan dilakukan uji konsistensi pada masing-masing bobot alternatif pada kriteria ekonomi.

Tabel 13. Uji Konsistensi Alternatif Kriteria Ekonomi

Alternatif	E1	E2	E3	E4	E5	E6	Priority Vector	Uji Konsistensi
E1	0,06	0,04	0,04	0,02	0,06	0,08	0,05	0,31
E2	0,17	0,13	0,13	0,20	0,17	0,11	0,15	0,97
E3	0,17	0,13	0,13	0,33	0,28	0,11	0,19	1,23
E4	0,17	0,04	0,03	0,07	0,06	0,11	0,08	0,46
E5	0,06	0,04	0,03	0,07	0,06	0,08	0,05	0,34
E6	0,39	0,63	0,65	0,33	0,39	0,53	0,48	3,27
Jumlah	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	6,57

Berdasarkan hasil perhitungan *priority vector* maka diperoleh nilai *priority* yang tertinggi dari enam alternatif pada kriteria ekonomi adalah E6 (keuntungan) yaitu 0,48. Begitu juga dengan uji konsistensi yang dilakukan menunjukkan nilai tertinggi pada L4 yaitu 3,27. Nilai Lambda berdasarkan alternatif pada kriteria ekonomi adalah ditunjukkan pada Tabel 14.

Tabel 14. Nilai Lambda Alternatif Kriteria Ekonomi

Alternatif	Priority vector/ Uji konsistensi
E1	6,32
E2	6,55
E3	6,53
E4	6,00
E5	6,29
E6	6,75
Nilai Lambda (Rata-rata)	6,41

Dari nilai lambda kemudian didapat nilai CI, RI, dan CR masing-masing 0,08, 1,32, dan 0,06. Karena nilai $CR < 0,1$, yaitu 0,06 maka hirarki dianggap cukup konsisten untuk alternatif pada kriteria ekonomi.

d. Analisis Pengumpulan Data

Dalam penelitian ini data dikumpulkan dengan pembagian kuesioner secara offline. Adapun tujuan dilakukan penyebaran kuesioner secara offline agar responden dapat dikontrol saat melakukan pengisian kuesioner. Untuk penilaian kuesioner menggunakan pembobotan AHP. Adapun arti dari nilai tersebut adalah menunjukkan tingkat kepentingan dari kriteria atau alternatif pada sustainability IKM. Adapun karakteristik responden yang digunakan pada kuesioner yang disebar adalah responden yang merupakan expert/ ahli dalam bidang IKM khususnya di kota Makassar yang dibuktikan dengan pengalaman-pengalaman yang diperoleh sangat banyak berkaitan dengan UMKM/ IKM. Melalui kuesioner yang disebar ingin diketahui pandangan para responden tentang kondisi sustainability IKM selama masa pandemi Covid-19. Hasil dari kuesioner kemudian diolah dengan AHP.

e. Analisis Pengolahan Analytical Hierarchi Process (AHP)

Pada bagian ini akan dijelaskan mengenai analisis AHP yang telah dilakukan pada masing-masing kriteria dan alternatif, analisis dilakukan untuk mengetahui kriteria sustainability yang memiliki tingkat kepentingan yang paling tinggi dan paling terkena dampak karena pandemi Covid-19. Sama halnya dengan alternatif pada setiap kriteria juga dilakukan analisis untuk mengetahui alternatif dari masing-masing kriteria yang paling tinggi tingkat kepentingannya dan terkena dampak karena pandemi Covid-19.

1) Analisis Kriteria pada AHP

Kriteria AHP terdiri dari kriteria sosial, lingkungan, dan ekonomi. Masing-masing kriteria diberi pembobotan dengan membandingkan antara kriteria satu dengan yang lain, pembobotan berdasarkan kriteria yang lebih penting dibandingkan dengan kriteria yang lainnya. Dari hasil penilaian dengan pembobotan AHP maka diperoleh nilai tingkat kepentingan tertinggi antara ketiga kriteria. Nilai tertinggi adalah kriteria ekonomi dengan nilai priority vector sebesar 0,63. Nilai pada kriteria sosial adalah 0,26 dan nilai pada kriteria lingkungan adalah 0,11. Dengan demikian, kriteria ekonomi memiliki tingkat kepentingan paling tinggi dibandingkan kriteria yang lain. Masa pandemi Covid-19 diketahui mempengaruhi beberapa sector, salah satunya adalah perekonomian. Melalui penelitian yang dilakukan dengan AHP maka dapat dikatakan bahwa aspek *sustainability* IKM yang paling terdampak pandemi Covid-19 adalah bidang ekonomi. Untuk menguji kekonsistenan dari pembobotan AHP yang dilakukan maka dibuat perhitungan uji konsistensi dengan menghitung nilai lambda, CI, RI, dan CR. Nilai CR yang diperoleh dari pembobotan kriteria adalah 0,03. Karena nilai CR menunjukkan kurang dari 0,1 maka dapat disimpulkan bahwa hirarki kriteria dianggap cukup konsisten.

2) Analisis Alternatif pada Kriteria Sosial

Setiap Kriteria AHP terdiri dari beberapa alternatif. Masing-masing alternatif diberi pembobotan dengan membandingkan antara alternatif satu dengan yang lain, pembobotan berdasarkan alternatif yang lebih penting dibandingkan dengan alternatif yang lainnya. Dari hasil penilaian dengan pembobotan AHP berdasarkan alternatif pada kriteria sosial maka diperoleh nilai tingkat kepentingan tertinggi dari enam alternatif. Nilai tertinggi adalah alternatif S4 (Kesehatan dan Keselamatan) dengan nilai priority vector sebesar 0,36. Dengan demikian, dapat dikatakan bahwa kesehatan dan keselamatan pada kriteria sosial merupakan aspek pada IKM yang sangat terkena dampak akibat pandemi Covid-19. Pada dasarnya pandemi Covid-19 memang dapat berpengaruh kuat terhadap Kesehatan dan keselamatan pelaku IKM karena diketahui virus Covid-19 yang memiliki peluang menular sangat tinggi jika tidak dipatuhi protokol Kesehatan yang telah ditetapkan. Oleh karena itu, para pelaku IKM harus mematuhi protokol Kesehatan dalam menjalankan usahanya demi menjamin Kesehatan dan keselamatan para pekerja maupun pemilik IKM itu sendiri. Untuk menguji kekonsistenan dari pembobotan AHP berdasarkan alternatif pada kriteria sosial maka dibuat perhitungan uji konsistensi dengan menghitung nilai lambda, CI, RI, dan CR. Nilai CR yang diperoleh dari pembobotan alternatif

adalah 0,09. Karena nilai CR menunjukkan kurang dari 0,1 maka dapat disimpulkan bahwa hirarki alternatif untuk kriteria sosial dianggap cukup konsisten.

3) Analisis Alternatif pada Kriteria Lingkungan

Dari hasil penilaian dengan pembobotan AHP berdasarkan alternatif pada kriteria lingkungan maka diperoleh nilai tingkat kepentingan tertinggi dari enam alternatif. Nilai tertinggi adalah alternatif L2 (kurangi penggunaan energi) dengan nilai priority vector sebesar 0,40. Dengan demikian, dapat dikatakan bahwa kurangi penggunaan energi pada kriteria lingkungan merupakan aspek pada IKM yang sangat terkena dampak akibat pandemi Covid-19. Penggunaan energi yang berlebih dapat memberi dampak terhadap lingkungan. Oleh karena itu, saat ini pemerintah banyak mengeluarkan kebijakan terkait dengan pengurangan dalam penggunaan energi khususnya pada para pelaku usaha termasuk IKM. Jika dihubungkan dengan pandemi Covid-19, maka kondisi pandemi saat ini memiliki peluang besar yang mengakibatkan terjadinya krisis energi. Oleh karena itu, para pelaku IKM harus memperhatikan aspek penggunaan energi dalam menjalankan usahanya agar tetap bertahan ditengah pandemi Covid-19. Untuk menguji kekonsistenan dari pembobotan AHP berdasarkan alternatif pada kriteria lingkungan maka dibuat perhitungan uji konsistensi dengan menghitung nilai lambda, CI, RI, dan CR. Nilai CR yang diperoleh dari pembobotan alternatif adalah 0,04. Karena nilai CR menunjukkan kurang dari 0,1 maka dapat disimpulkan bahwa hirarki alternatif untuk kriteria lingkungan dianggap cukup konsisten.

4) Analisis Alternatif pada Kriteria Ekonomi

Dari hasil penilaian dengan pembobotan AHP berdasarkan alternatif pada kriteria ekonomi maka diperoleh nilai tingkat kepentingan tertinggi dari enam alternatif. Nilai tertinggi adalah alternatif E6 (keuntungan) dengan nilai priority vector sebesar 0,48. Dengan demikian, dapat dikatakan bahwa keuntungan pada kriteria ekonomi merupakan aspek pada IKM yang sangat terkena dampak akibat pandemi Covid-19. Sektor ekonomi merupakan sektor yang mengalami kemerosotan selama pandemi Covid-19, begitu juga pada IKM yang berusaha tetap bertahan dimasa pandemi sebagian besar mengalami kemerosotan dalam bidang ekonomi khususnya terkait keuntungan, kurangnya permintaan atas produk yang dihasilkan menyebabkan penurunan profit atau keuntungan bagi IKM. Untuk menguji kekonsistenan dari pembobotan AHP berdasarkan alternatif pada kriteria ekonomi maka dibuat perhitungan uji konsistensi dengan menghitung nilai lambda, CI, RI, dan CR. Nilai CR yang diperoleh dari pembobotan alternatif adalah 0,06. Karena nilai CR menunjukkan kurang dari 0,1 maka dapat disimpulkan bahwa hirarki alternatif untuk kriteria ekonomi dianggap cukup konsisten.

f. Implikasi Manajerial

Penelitian ini menemukan bahwa untuk masing-masing kriteria yaitu ekonomi, sosial, dan lingkungan yang memiliki bobot kepentingan tertinggi adalah ekonomi. Hal ini menandakan bahwa usulan kebijakan terkait ekonomi pada IKM pada masa pandemi Covid-19 agar IKM tersebut tetap dapat bertahan adalah dengan memberikan bantuan modal bagi para pelaku IKM yang mengalami kemerosotan ekonomi, selain itu, memberikan fasilitas dalam hal pemasaran produk tanpa harus melanggar aturan pemerintah terkait protokol Kesehatan, mengeluarkan kebijakan yang dapat meningkatkan daya beli masyarakat terhadap produk lokal agar para pelaku IKM tetap dapat menjalankan produksinya walaupun berada pada masa pandemi.

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan maka dapat dirumuskan suatu konsep implikasi manajerial yang dapat digunakan untuk meningkatkan efektivitas dari masing-masing alternatif yang memiliki nilai kepentingan yang paling tinggi. Berikut adalah usulan kebijakan yang dapat dilakukan oleh para pelaku IKM agar tetap bertahan dimasa pandemi Covid-19:

1. Kesehatan dan Keselamatan

Hal yang dapat dilakukan adalah dengan melakukan sosialisasi yang lebih intens kepada para pelaku IKM agar tetap menjaga dan mempertahankan Kesehatan dan keselamatan kerja dalam menjalankan usahanya dengan menerapkan aturan protokol Covid-19 dan terkait

aturan jadwal masuk kerja berdasarkan status zona Covid-19 tempat IKM tersebut berlokasi. Khususnya dalam hal Kesehatan, kondisi pandemi Covid-19 menuntut kita agar lebih berhati-hati dalam menjaga Kesehatan. Oleh karena itu, walaupun para IKM tetap menjalankan produksinya akan tetapi jangan sampai lalai dalam hal Kesehatan dan keselamatan bagi para pekerja dan pemilik IKM itu sendiri.

2. Kurangi Penggunaan Energi

Hal yang dapat dilakukan untuk mendukung pengurangan dalam hal penggunaan energi adalah dengan menerapkan prinsip *lean* pada proses produksi dan manajemennya. *Lean* merupakan upaya dalam meminimalisir terjadinya pemborosan termasuk dalam hal penggunaan energi. Sistem produksi ramping ini dapat mengurangi aktivitas-aktivitas yang dianggap tidak memberi nilai bagi produk atau manajemen. Langkah *lean* dapat dilakukan dengan cara mengidentifikasi aktivitas yang membutuhkan energi baik sedikit maupun banyak, namun aktivitas tersebut jika dihilangkan tidak mempengaruhi produk yang dihasilkan. Kondisi pandemi Covid-19 berpeluang menyebabkan terjadinya krisis energi. Oleh karena itu, para pelaku IKM harus memiliki strategi yang tepat untuk menghadapi pandemi Covid-19 dalam hal penggunaan energi.

3. Keuntungan

Hal yang dapat dilakukan dengan melihat aspek keuntungan adalah dengan membuat strategi manajemen untuk meningkatkan profit walaupun sedang berhadapan dengan pandemi Covid-19. Strategi manajemen yang dapat diterapkan pada IKM bisa berupa strategi pemasaran secara digital dan strategi dalam hal proses distribusi produk

4. KESIMPULAN

Hasil AHP berdasarkan tiga kriteria menunjukkan nilai kepentingan tertinggi adalah pada kriteria ekonomi dengan priority vector sebesar 0.63. Sedangkan nilai kepentingan tertinggi alternatif pada kriteria sosial pada aspek Kesehatan dan keselamatan dengan priority vector sebesar 0.36, nilai kepentingan tertinggi alternatif pada kriteria lingkungan adalah kurangi penggunaan energi dengan priority vector sebesar 0.40, sedangkan nilai tertinggi alternatif pada kriteria ekonomi adalah keuntungan dengan priority vector sebesar 0.48. Uji konsistensi yang dilakukan pada pembobotan kriteria menunjukkan nilai CI kurang dari 0,01 yang berarti hirarki kriteria dianggap cukup konsisten. Uji konsistensi untuk alternatif pada masing-masing kriteria berdasarkan pembobotan menunjukkan nilai CI kurang dari 0,01 yang berarti hirarki alternatif untuk kriteria sosial, lingkungan, dan ekonomi dianggap cukup konsisten. Berdasarkan hasil pembobotan kepentingan tersebut maka dapat diberikan masukan kepada pemerintah maupun kepada pelaku IKM terkait pembuatan kebijakan maupun strategi usaha dalam menghadapi pandemi Covid-19 khususnya pada kriteria sosial yaitu Kesehatan dan keselamatan, kriteria lingkungan yaitu kurangi penggunaan energi, dan kriteria ekonomi yaitu keuntungan.

Pada penelitian selanjutnya sebaiknya dilakukan analisis sensitivitas terkait kriteria dan alternatif pada sustainability IKM yang dapat diperoleh dengan menggunakan program *Expert Choice*.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih kami ucapkan kepada LP2M Universitas Hasanuddin, para expert dalam bidang IKM, dan seluruh Dosen Departemen Teknik Industri Unhas yang mendukung penulisan artikel ini hingga tahap penyelesaian.

DAFTAR PUSTAKA

- Asmara, A. Y. & Rahayu, S., 2014. *Meningkatkan Daya Saing Industri Kecil Menengah melalui Inovasi dan Pemanfaatan Jaringan Sosial: Pembelajaran dari Klaster Industri Software di India*, s.l.: Pappiptek LIPI.
- Bell, S & Morse, S., 2008. *Sustainability Indicators: Measuring the Immeasurable? Ed.II*. London: Earthscan.

- Chang, A.-Y. & Cheng, Y.-T., 2019. Analysis model of the sustainability development of manufacturing small and medium- sized enterprises in Taiwan. *Journal of Cleaner Production*, pp. 458-473.
- Erdin, C. & Ozkaya, G., 2020. Contribution of small and medium enterprises to economic development and quality of life in Turkey. *Heliyon*.
- Leea, C. M. J., Che-Haa, N. & Alwi, S. F. S., 2019. Service customer orientation and social sustainability: The case of small medium enterprises. *Journal of Business Research*, pp. 751-760.
- Malesios, C. et al., 2020. Sustainability Performance Analysis of Small and Medium Sized Enterprises: Criteria, Methods and Framework Chrisovalantis. *Socio-Economic Planning Sciences*.
- Munthafa, A. E. & Mubarak, H., 2017. Penerapan Metode Analytical Hierarchy Process dalam Sistem Pendukung Keputusan Penentuan Mahasiswa Berprestasi. *Jurnal Siliwangi*, pp. 192-201.
- Pakpahan, K. A., 2020. *COVID-19 dan Implikasi Bagi Usaha Mikro, Kecil, dan Menengah*, Bandung: Universitas Katolik Parahyangan.
- Pereira a., I. P. et al., 2020. A fuzzy cognitive mapping-system dynamics approach to energy-change impacts on the sustainability of small and medium-sized enterprises. *Journal of Cleaner Production journal*, pp. 1-17.
- Phan, H. & Kim, . S., 2019. The effects of sustainable practices and managers' leadership competences on sustainability performance of construction firms. *Sustainable Construction and Consumption*, pp. 1-14.
- Ridwan, M., Hartutiningsih & Mass'ad , H., 2014. Pembinaan Industri Kecil dan Menengah Pada Dinas Perindustrian, Perdagangan, Koperasi dan UMKM Kota Bontang. *Jurnal Administrative Reform*, pp. 187-199.
- Saaty, T., 1988. *The Analytical Hierarchy Process For Decision In Complex World*. Pittsburgh: RWS Publication.
- Setiyadi, S., Amar, K. & Aji, T., 2011. Penentuan Strategi Sustainability Usaha pada UKM Kuliner dengan Menggunakan Metode SWOT-AHP. *Jurnal Ilmiah Teknik Industri*, pp. 68-77.
- Singha, S., Olugua, E. U. & Nurma, S., 2016. Development of sustainable manufacturing performance evaluation expert system for small and medium enterprises. *Procedia CIRP*, pp. 609-614.
- Stopper, M., Kossik, A. & Gastermann, B., 2016. *Development of a sustainability model for manufacturing SMEs based on the innovative doughnut economics framework*. Hongkong, s.n.
- Tajbakhsh, A. & Hassini, E., 2015. Performance measurement of sustainable supply chains: a review and research questions. *International Journal of Productivity and Performance Management*, pp. 744-783.
- Witjes, . S., Vermeulen, W. & Cramer, . J., 2017. Exploring corporate sustainability integration into business activities. Experiences from 18 small and medium sized enterprises in the Netherlands.. *Journal of Cleaner Production*, pp. 528-538.
- Zhang, H., Veltri, A., Amodio, J. C. & Haapala, K. R., 2020. Making the business case for sustainable manufacturing in small and medium-sized manufacturing enterprises: A systems decision making approach. *Journal of Cleaner Production*

PENGARUH PERSEPSI K3 TERHADAP PERILAKU PEKERJA BAGIAN PRODUKSI PT. BOSOWA BETON INDONESIA MAKASSAR

Stenly Jacob Wenno*

Kesehatan Masyarakat, Sekolah Tinggi Ilmu Kesehatan Tamalatea, Makassar, Indonesia

H. Jalil Genisa

Kesehatan Masyarakat, Sekolah Tinggi Ilmu Kesehatan Tamalatea, Makassar, Indonesia

Muhammad Rifai

Kesehatan Masyarakat, Sekolah Tinggi Ilmu Kesehatan Tamalatea, Makassar, Indonesia

*E-mail korespondensi: stenlyjac97@gmail.com

ABSTRAK

Persepsi terhadap Keselamatan dan Kesehatan Kerja adalah pandangan pekerja terhadap apa yang di berikan perusahaan yang bertujuan supaya pekerja terjaga dan terjamin keselamatan dan kesehatan kerjanya. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh persepsi keselamatan dan kesehatan kerja terhadap perilaku pekerja di bagian produksi beton precast PT. Bosowa Beton Indonesia. Metode penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah penelitian analitik dengan desain cross sectional study, dengan jumlah sampel sebanyak 40 pekerja. Hasil penelitian menunjukkan bahwa untuk variabel yang memengaruhi secara signifikan terhadap perilaku pekerja produksi beton precast PT. Bosowa Beton Indonesia adalah pengetahuan K3 (p value $0,000 < \alpha 0,05$), penggunaan alat pelindung diri (p value $0,000 < \alpha 0,05$), dan ketersediaan sarana dan prasarana K3 (p value $0,016 < \alpha 0,05$), sedangkan variabel yang tidak memengaruhi terhadap perilaku pekerja produksi beton precast adalah sistem manajemen K3 (p value $0,545 > \alpha 0,05$) dan risiko bahaya dari penerapan K3 (p value $0,103 > \alpha 0,05$). Variabel yang paling dominan memengaruhi persepsi K3 terhadap perilaku pekerja adalah pengetahuan K3 dan penggunaan alat pelindung diri. Kesimpulan penelitian ini adalah ada pengaruh pengetahuan K3, penggunaan alat pelindung diri, dan ketersediaan sarana prasarana K3 terhadap perilaku pekerja bagian produksi beton precast PT. Bosowa Beton Indonesia.

Kata Kunci : Persepsi K3, Pengetahuan, APD, dan Perilaku Pekerja

ABSTRACT

Perceptions of Occupational Safety and Health are employee views of what is given company that aims to keep employees safe and secure at work. This study aims to analyze the that influence the perception of occupational safety and health on the behavior of workers in the concrete production section of precast PT Bosowa Beton Indonesia. The research method used in this research is analytical research with a cross sectional study design, with a sample of 40 workers. The results showed that the variables that significantly influenced the behavior of workers in the production of concrete at precast PT Bosowa Beton Indonesia were K3 Knowledge (p value $0.000 < 0.05$), Application of K3 personal protective equipment (p value $0.000 < 0.05$), and Availability of K3 facilities and infrastructure (p value $0.016 < 0.05$), while the variables that do not affect the behavior of concrete production workers precast are the K3 management system (p value $0.545 > 0.05$), and the risk of harm from the application of K3 (p value $0.103 > 0.05$). The most dominant variables that influence the perception of K3 on worker

behavior are knowledge and personal protective equipment. Conclusion of this study is that there is an influence on K3 knowledge, K3 personal protective equipment, and Availability of K3 infrastructure on behavior workers in the production of concrete precast PT Bosowa Beton Indonesia.

Keywords: *Perception of K3, Knowledge, PPE, and Worker Behavior*

1. PENDAHULUAN

Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3) merupakan suatu upaya perlindungan kerja agar tenaga kerja selalu dalam keadaan selamat dan sehat selama melakukan pekerjaan ditempat kerja, serta sumber dan proses produksi dapat digunakan secara aman dan efisien. Tenaga kerja merupakan faktor yang sangat menentukan bagi perusahaan, tenaga kerja juga merupakan faktor produksi yang memiliki peran penting dalam kegiatan perusahaan.

Perlindungan tenaga kerja memiliki beberapa aspek dan salah satunya yaitu perlindungan keselamatan, perlindungan tersebut bermaksud agar tenagakerja secara aman melakukan kerjanya sehari-hari untuk meningkatkan produktivitas. Karyawan dalam melaksanakan pekerjaan ini akan menghadapi ancaman bagi keselamatan dan kesehatannya yang akan datang dari pelaksanaan tugas mereka tersebut. Karena itu dalam rangka menjalankan usaha yang aman maka program perlindungan bagi karyawan melalui penerapan Sistem Manajemen Keselamatan dan Kesehatan Kerja (SMK3) harus dilakukan secara konsisten. Hal ini sesuai dengan Undang-Undang Nomor, 1 Tahun 1970, tentang Keselamatan Kerja dan Undang-Undang No. 13 Tahun 2003, tentang Ketenagakerjaan, yang menyatakan kewajiban pengusaha melindungi tenaga kerja dari potensi bahaya yang dihadapinya (Shiddiq et al., 2014). Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3) sangat berpengaruh di tempat kerja agar pekerja dapat bekerja secara aman dan sehat, untuk itu pengetahuan dan pemahaman mengenai Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3) harus diterapkan dan diberikan kepada setiap pekerja agar pekerja memiliki persepsi yang baik tentang keselamatan dan kesehatan kerja (K3).

Sebagai perusahaan khususnya pada bagian produksi yang banyak berhubungan dengan alat-alat yang berbahaya. Alat-alat berbahaya tersebut berpotensi dalam mengakibatkan kecelakaan di tempat kerja, apabila pekerja memiliki persepsi buruk terhadap keselamatan dan kesehatan kerja (K3), serta apabila pekerja tidak berhati-hati dalam melakukan pekerjaannya. Persepsi terhadap Keselamatan dan Kesehatan Kerja adalah pandangan karyawan terhadap apa yang diberikan perusahaan yang bertujuan agar karyawan terjaga dan terjamin keselamatan dan kesehatan kerjanya, ada beberapa faktor yang dianggap kurang penting bagi karyawan dalam bekerja salah satunya adalah penggunaan alat pelindung diri saat bekerja. Hal tersebut dapat menimbulkan risiko kecelakaan kerja oleh karena itu aspek keselamatan perlu diupayakan agar pekerja dapat bekerja secara aman, nyaman, dan selamat. Untuk itu diperlukan observasi dari perusahaan atau juga dari peneliti untuk mengetahui faktor-faktor yang mempengaruhi persepsi keselamatan dan kesehatan kerja terhadap perilaku pekerja.

Terkait pada perilaku pekerja, maka penulis mengambil obyek penelitian pada PT Bosowa Beton Indonesia, yang bertempat di Jalan Insinyur Sutami Terowongan, Lorong 2, Bira, Toll, Kota Makassar, Sulawesi Selatan. Dari data awal yang diperoleh dari PT Bosowa Beton Indonesia tercatat sebanyak 40 orang yang aktif bekerja pada produksi beton (precast), yang akan dijadikan sampel untuk mengetahui faktor-faktor yang mempengaruhi persepsi keselamatan dan kesehatan kerja, dilihat dari beberapa faktor terkait Pengetahuan, sistem manajemen keselamatan dan kesehatan kerja (SMK3), Alat Pelindung Diri (APD), sarana dan prasarana, serta risiko bahaya, yang secara langsung atau tidak langsung memberikan dampak yang baik bagi perusahaan (PT Bosowa Beton Indonesia).

Berdasarkan uraian masalah yang telah diuraikan di atas, maka peneliti tertarik untuk melakukan penelitian tentang Pengaruh Persepsi Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3) Terhadap Perilaku Pekerja pada Bagian Produksi Beton Precast di PT. Bosowa Beton Indonesia Makassar.

2. BAHAN DAN METODE

Penelitian ini merupakan penelitian kuantitatif. Metode penelitian kuantitatif dapat diartikan sebagai metode penelitian yang berlandaskan pada filsafat positivisme, digunakan untuk meneliti pada populasi atau sampel tertentu. Pendekatan penelitian yang digunakan adalah penelitian asosiatif yaitu penelitian yang digunakan untuk menghubungkan variabel independen dan variabel dependen. Desain penelitian yang digunakan adalah *cross sectional study* (Sugiyono, 2017). Penelitian ini dilakukan di PT Bosowa Beton Indonesia dengan waktu penelitian bulan April-Mei 2021. Dalam penelitian ini populasi dan sampel diambil secara *total sampling*, dengan jumlah sampel seluruhnya berjumlah 40 pekerja.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

PT Bosowa Beton Indonesia adalah salah satu *supplier ready mix* terbesar yang ada di Sulawesi selatan dan juga sebagai produsen hasil olahan beton jadi (*precast*). Terletak di Jl. Ir Sutami (Samping Terowongan 2 Tol) Kecamatan Tamanlarea Kota Makassar. Penelitian ini dilakukan di *batching plant* yang ada di Kima Makassar, dengan jumlah karyawan adalah 40 orang bagian produksi *precast*. Adapun hasil penelitian ini disajikan dalam bentuk tabel disertai dengan narasi, mulai dari analisis univariat hingga bivariat.

Tabel 1. Menunjukkan bahwa kelompok umur responden tertinggi pada kelompok umur 30-39 tahun sebanyak 18 (45,0%), sedangkan terendah kelompok umur 40-49 tahun sebanyak 7 (17,5). Berdasarkan pendidikan terakhir responden, yang tertinggi pada Tamatan SMA sebanyak 26 (65,5%) dan terendah pada Tamatan DIII sebanyak 1 (2,5%). Berdasarkan jenis kelamin, semua responden dalam penelitian ini semua berjenis kelamin laki-laki.

Tabel 1. Distribusi frekuensi karakteristik responden.

Karakteristik Responden	Jumlah	Persen
Kelompok Umur		
20-29	15	37,5
30-39	18	45,0
40-49	7	17,5
Pendidikan Terakhir		
SMP	3	7,5
SMA	26	65,5
DIII	1	2,5
S-1	10	25,5
Jenis Kelamin		
Laki-Laki	40	100,0

Tabel 2 menunjukkan bahwa hasil analisis variabel pengetahuan tentang K3 dalam penelitian ini menunjukkan bahwa pengetahuan cukup pekerja mengenai K3 dengan perilaku pekerja baik sebesar 96,8%, sedangkan pengetahuan cukup pekerja mengenai K3 dengan perilaku pekerjakurang sebesar 11,1%. Hasil uji statistik diperoleh nilai p value $0,000 < 0,05$, sehingga H_a diterima. Hal tersebut berarti ada pengaruh pengetahuan keselamatan dan kesehatan kerja terhadap perilaku pekerja.

Di samping itu, Tabel 2 menunjukkan bahwa hasil analisis variabel sistem manajemen, pekerja yang paham tentang SMK3 dengan perilaku baik sebesar 93,5%, sedangkan pekerja yang paham tentang SMK3 dengan perilaku kurang sebesar 8,3%. Hasil uji statistik diperoleh nilai p value $0,545 > 0,05$, sehingga H_a ditolak. Hal tersebut berarti tidak ada pengaruh sistem manajemen keselamatan dan kesehatan kerja terhadap perilaku pekerja.

Selain itu, Tabel 2 menunjukkan hasil analisis variabel kepatuhan penggunaan APD dalam penelitian ini yaitu pekerja yang patuh menggunakan APD dengan perilaku pekerja baik yaitu sebesar 100,0%, sedangkan pekerja yang patuh dalam menggunakan APD dengan perilaku pekerja kurang yaitu sebesar 11,1%. Hasil uji statistik diperoleh nilai p value $0,000 < 0,05$, sehingga H_a diterima. Hal tersebut berarti ada pengaruh APD terhadap perilaku pekerja.

Tabel 2. Hubungan variabel independen dan variabel dependen

Variabel	Perilaku Pekerja				Jumlah		P_Value
	Baik		Kurang		f	%	
	f	%	f	%			
Pengetahuan							
Cukup	30	96,8	1	11,1	31	77,5	0,000
Kurang	1	3,2	8	88,9	9	22,5	
Jumlah	31	100,0	9	100,0	40	100,0	
Sistem Manajemen K3							
Paham	29	93,5	8	8,3	37	92,5	0,545
Tidak Paham	2	6,5	1	11,1	3	7,5	
Jumlah	31	100,0	9	100,0	40	100,0	
Alat Pelindung Diri							
Patuh	31	100,0	1	11,1	32	80,0	0,000
Tidak Patuh	0	0,0	8	88,9	8	20,0	
Jumlah	31	100,0	9	100,0	40	100,0	
Sarana dan Prasarana							
Tersedia	29	93,5	5	55,6	34	85,0	0,016
Tidak Tersedia	2	6,5	4	44,4	6	15,0	
Jumlah	31	100,0	9	100,0	40	100,0	
Risiko Bahaya							
Tidak Berisiko	23	74,2	4	44,4	27	67,5	0,103
Berisiko	8	25,8	5	55,6	13	32,5	
Jumlah	31	100,0	9	100,0	40	100,0	

Berdasarkan variabel sarana dan prasarana menunjukkan bahwa hasil analisis variabel sarana dan prasarana, pekerja yang mengaku bahwa sarana dan prasarana tersedia dengan perilaku pekerja baik yaitu sebesar 93,5%, sedangkan sarana dan prasarana tersedia dengan perilaku pekerja kurang sebesar 55,6%. Hasil uji statistik diperoleh nilai p value $0,016 < 0,05$, sehingga H_a diterima. Hal tersebut berarti ada pengaruh pemakaian sarana dan prasarana terhadap perilaku pekerja

Variabel risiko bahaya menunjukkan bahwa hasil analisis variabel Risiko Bahaya dalam penelitian ini yaitu pekerja yang merasa tidak berisiko dengan perilaku pekerja baik yaitu sebesar 74,2%, sedangkan pekerja yang tidak merasa berisiko saat menjalankan pekerjaannya dengan perilaku pekerja kurang sebesar 44,4%. Hasil uji statistik diperoleh nilai p value $0,103 > 0,05$, sehingga H_a ditolak. Hal tersebut berarti tidak ada pengaruh risiko bahaya terhadap perilaku pekerja. Pengujian hasil statistik Tabel 2 menggunakan *Fisher's Exact Test* untuk mengetahui hubungan antara variabel independen dan variabel dependen. Dari kelima variabel diatas dapat dijelaskan secara rinci sebagai berikut.

1) Pengetahuan

Keselamatan dan Kesehatan Kerja merupakan suatu usaha dan upaya untuk menciptakan perlindungan dan keamanan dari risiko kecelakaan dan bahaya baik fisik, mental maupun emosional terhadap pekerja, perusahaan, masyarakat dan lingkungan (Sucipto, 2014). Pengetahuan tentang K3 menjadi sangat penting untuk diketahui para pekerja terutama pada industri-industri atau perusahaan-perusahaan dengan risiko kerja yang cukup tinggi. PT bosowa Beton Indonesia merupakan salah satu perusahaan yang memiliki risiko kerja yang cukup tinggi sehingga semua pekerja diharapkan memiliki pengetahuan tentang K3 yang cukup. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pengetahuan pekerja dibagian produksi PT Bosowa Beton Indonesia cukup baik yaitu sebesar 77,5%, hal tersebut menunjukkan bahwa sekitar 22,5% pekerja ada yang memiliki pengetahuan K3 kurang baik, hal ini yang harus menjadi kekhawatiran terhadap hal-hal yang tidak diinginkan.

Bedasarkan hasil uji statistik diperoleh nilai ρ value $0,000 < 0,05$, sehingga H_a diterima. Hal tersebut berarti ada pengaruh pengetahuan keselamatan dan kesehatan kerja terhadap perilaku pekerja di bagian produksi beton PT Bosowa Beton Indonesia. Hal ini menunjukkan bahwa pengetahuan kurang akan memengaruhi terhadap perilaku pekerja yang kurang baik, sehingga hal ini dapat memberikan dampak buruk untuk perusahaan terkhusus untuk pekerja itu sendiri. Penelitian ini sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh Suartana et al. (2021) menunjukkan bahwa pengetahuan K3 yang mempunyai korelasi yang baik terhadap perilaku pekerja (Y1) yakni variabel alat pelindung diri (X3) dan resiko K3 (X5). Dengan demikian pengetahuan K3 mempunyai hubungan (korelasi) yang kuat dan pengaruh yang signifikan terhadap perilaku pekerja. Sehingga sangat diharapkan baik pihak perusahaan maupun pihak pekerja untuk meningkatkan pengetahuan dan pemahaman terhadap keselamatan dan kesehatan kerja, sehingga dapat bekerja dengan baik dan produktif.

2) Sistem Manajemen K3 (SMK3)

SMK3 (Sistem Manajemen Keselamatan dan Kesehatan Kerja) merupakan bagian dari sistem manajemen perusahaan secara keseluruhan dalam rangka pengendalian risiko yang berkaitan dengan kegiatan kerja guna terciptanya tempat kerja yang efisien, aman dan produktif. Hal tersebut sesuai dengan Peraturan Pemerintah No.50/2012 (Pangkey, 2012). SMK3 diwajibkan bagi perusahaan yang mempekerjakan lebih dari 100 orang dan mempunyai tingkat potensi bahaya tinggi. Untuk itu perusahaan diwajibkan menyusun rencana K3, dalam menyusun rencana K3 tersebut, pengusaha melibatkan Ahli K3, Panitia Pembina Keselamatan dan Kesehatan Kerja (P2K3), Wakil Pekerja dan Pihak Lain yang terkait. Penerapan Sistem Manajemen Keselamatan dan Kesehatan Kerja (SMK3) berdasarkan Peraturan Pemerintah RI No. 50 Tahun 2012 yaitu Penetapan kebijakan K3, perencanaan K3, pelaksanaan rencana K3, pemantauan dan evaluasi kinerja K3 dan peninjauan dan peningkatan kinerja SMK3 (Susanti et al., 2019). SMK3 merupakan hal penting untuk dipahami, bukan hanya pihak perusahaan itu sendiri namun juga para pekerja, pekerja diharapkan memahami dengan baik tentang SMK3. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa pekerja sudah memahami tentang SMK3.

Bedasarkan hasil uji statistik diperoleh nilai ρ value $0,545 > 0,05$, sehingga H_a ditolak. Hal tersebut berarti tidak pengaruh sistem manajemen keselamatan dan kesehatan kerja terhadap perilaku pekerja di bagian produksi beton PT Bosowa Beton Indonesia. Hal tersebut memberikan asumsi bahwa semua pekerja sudah memiliki pemahaman yang baik dengan perilaku pekerja yang cukup baik. Meskipun demikian baik perusahaan maupun pekerja harus tetap berusaha mempertahankan hal tersebut sehingga dapat tetap meningkatkan produktivitas perusahaan. Sebuah penelitian yang dilakukan (Susanti et al., 2019) menunjukkan bahwa manajemen tidak berpengaruh terhadap kinerja, maka dapat dikatakan manajemen hanya mempengaruhi perilaku dan tidak mempengaruhi kinerja. Maka dari itu sangat penting untuk meningkatkan pemahaman secara keseluruhan kepada semua pekerja sehingga kinerja tetap baik dan terhindar dari kecelakaan kerja yang dapat merugikan pihak perusahaan terkhusus pihak pekerja.

3) Alat Pelindung Diri (APD)

Alat Pelindung Diri (APD) merupakan seperangkat alat yang digunakan oleh tenaga kerja untuk melindungi seluruh atau sebagian tubuhnya terhadap kemungkinan adanya potensi bahaya kecelakaan kerja pada tempat kerja. Penggunaan alat pelindung diri sering dianggap tidak penting ataupun remeh oleh para pekerja, terutama pada pekerja yang bekerja pada sektor informal. Padahal penggunaan alat pelindung diri ini sangat penting dan berpengaruh terhadap keselamatan dan kesehatan pekerja. Kedisiplinan para pekerja dalam menggunakan alat pelindung diri tergolong masih rendah sehingga resiko terjadinya kecelakaan kerja yang dapat membahayakan pekerja cukup besar (Noviandry, 2013).

Alat Pelindung Diri (APD) merupakan salah satu hal penting yang harus selalu disediakan dan digunakan dengan baik dan benar. Kesalahan dalam penggunaan atau bahkan tidak menggunakan sama sekali dapat memberikan dampak besar bagi pekerja. Sehingga kepatuhan

dalam penggunaan APD merupakan hal yang sangat-sangat perlu untuk diperhatikan. Hal ini sangat berkaitan dengan perilaku pekerja saat menjalankan pekerjaannya. Pada hasil penelitian menunjukkan bahwa kepatuhan pekerja dalam penggunaan APD lebih besar dibandingkan pekerja yang tidak patuh dalam menggunakan APD, hal ini menunjukkan bahwa kesadaran penggunaan APD sudah cukup baik. Hasil uji statistik diperoleh nilai ρ value $0,000 < 0,05$, sehingga H_a diterima. Hal tersebut berarti ada pengaruh penggunaan APD terhadap perilaku pekerja di bagian produksi beton PT Bosowa Beton Indonesia. Hal ini memberikan asumsi bahwa pekerja memiliki perilaku yang kurang baik, dan tidak patuh menggunakan APD, sehingga perlu menjadi perhatian dan pengawasan yang lebih ketat lagi.

Sebuah penelitian yang dilakukan di sebuah rumah sakit menunjukkan bahwa terdapat pengaruh yang signifikan pengawasan perawat dan ketersediaan APD terhadap kepatuhan penggunaan APD di IBS RSUD Ulin Banjarmasin. Oleh karena itu pengawasan dan ketersediaan APD di IBS RSUD Ulin perlu dipertahankan dan ditingkatkan lagi sehingga kepatuhan penggunaan APD ini dapat menjadi budaya dalam bekerja (Sudarmo et al., 2017). Selain itu pengetahuan tentang alat pelindung diri juga menjadi hal yang sangat penting, karena hal ini dapat berpengaruh terhadap perilaku pekerja terhadap penggunaan APD, sebuah penelitian memperoleh hasil bahwa secara persial variabel pengetahuan tentang alat pelindung diri berpengaruh positif dan signifikan terhadap kepatuhan penggunaan alat pelindung diri (Jatmiko, 2019). Hasil sebuah penelitian menunjukkan bahwa ada hubungan antara pelatihan dengan penggunaan APD, ada hubungan antara sikap penggunaan APD, ada hubungan antara pengawasan dengan penggunaan APD, ada hubungan antara hukuman dengan penggunaan APD, dan ada hubungan antara penghargaan penggunaan APD (Noviandry, 2013). Sehingga diharapkan pihak terkait memberikan pelatihan terkait APD sehingga pekerja lebih paham dalam menggunakan dan manfaat APD, memberikan apresiasi kepada pekerja yang patuh dalam menggunakan APD, pengawasan dan pemberian hukuman dapat dilakukan demi keselamatan dan kesehatan pekerja.

4) Sarana dan Prasarana

Sarana Prasarana mencakup nilai-nilai yang mempunyai makna yang sama bagi para anggotanya, keyakinan yang sama tentang keberadaan organisasi dan perilaku tertentu yang diharapkan ditampilkan oleh semua anggota organisasi (Siagian, 2013). Terpenuhinya sarana dan prasarana dalam menjalankan pekerjaan menjadi salah satu faktor penunjang dalam keberhasilan atau meningkatnya kinerja dan produktifitas pekerja. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa sebagian besar pekerja berasumsi bahwa sarana dan prasarana dibagian produksi PT Bosowa Beton Indonesia sudah tersedia. Hal ini seharusnya menjadi sebuah hal baik bagi perusahaan dalam meningkatkan kinerja dan produktivitas perusahaan.

Hasil uji statistik diperoleh nilai ρ value $0,016 < 0,05$, sehingga H_a diterima. Hal tersebut berarti ada pengaruh sarana dan prasarana terhadap perilaku pekerja di bagian produksi beton PT Bosowa Beton Indonesia. Hal ini memberikan gambaran bahwa ternyata pekerja yang berasumsi sarana dan prasarana tidak tersedia dengan baik memiliki perilaku kerja yang kurang. Sebuah hasil penelitian menunjukkan bahwa Sarana Prasarana, Kompetensi Kerja dan Iklim Organisasi terbukti memiliki pengaruh positif dan signifikan terhadap perilaku dan Kinerja (Yulihardi & Akmal, 2019). Sangat diharapkan agar pihak manajemen selalu memperhatikan sarana dan prasarana dan lebih fokus untuk memperbaiki dan mengevaluasi indikator-indikatornya sehingga dapat dirasakan untuk semua pekerja.

5) Risiko Bahaya

Risiko K3 adalah perpaduan antara peluang dan frekuensi terjadinya peristiwa K3 dengan akibat yang ditimbulkannya dalam kegiatan konstruksi. Sedangkan bahaya adalah segala kondisi yang dapat merugikan baik cedera atau kerugian lainnya, atau Bahaya adalah sumber, situasi atau tindakan yang berpotensi menciderai manusia atau sakit penyakit atau kombinasi dari semuanya (Nurdin, 2014). Sehingga risiko bahaya adalah peluang dan frekuensi yang dapat terjadi dalam kegiatan konstruksi yang berpotensi menciderai manusia atau menyebabkan

penyakit atau bahkan menderita penyakit dan cedera fisik. Sebuah perusahaan harus selalu menghitung besar risiko kerja dalam perusahaannya bagi semua pekerja yang terlibat. Menurut (Puspitasari, 2010) sebuah perusahaan dapat mengendalikan dan mencegah risiko besar terjadi jika Sistem Manajemen Keselamatan dan Kesehatan Kerja (SMK3) dalam perusahaan telah menerapkan Identifikasi bahaya dan Risiko bahaya sebagai upaya awal pengendalian dan pencegahan kecelakaan kerja .

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa pekerja yang beruasumsi bahwa pekerjaan mereka tidak berisiko lebih besar dibandingkan pekerja yang berasumsi bahwa pekerjaan mereka berisiko. Hasil uji statistik diperoleh nilai ρ value $0,103 > 0,05$, sehingga H_0 ditolak. Hal tersebut berarti tidak ada pengaruh risiko bahaya terhadap perilaku pekerja di bagaian produksi beton PT Bosowa Beton Indonesia. Hal ini memberikan asumsi bahwa risiko pekerjaan baik yang berbahaya maupun tidak berbahaya, tidak memberikan pengaruh apapun terhadap perilaku pekerja. Namun demikian tetap harus memperhatikan keselamatan pekerja dengan mengendalikan risiko kecelakaan kerja saat menjalankan pekerjaan.

Sebuah penelitian yang dilakukan oleh Khamid et al. (2019), cara mengendalikan risiko kerja adalah sebagai dengan memperhatikan faktor-faktor Keselamatan pada Waktu Perencanaan dan Pembangunan Sistem Keamanan (Safety Induction), merancang Perlengkapan dan Pertimbangan Keselamatan Kerja dan Menyediakan Pakaian Pengaman (Penggunaan Alat Pelindung Diri (APD), melakukan Pengawasan yang teratur dan Mengecek serta Mengambil Tindakan untuk Menghilangkan Risiko (Toolbox Meeting), menyelidiki kejadian-kejadian yang mengakibatkan kerusakan dan mengambil Inisiatif untuk melakukan Tindakan Koreksi (Safety Alert), mengembangkan Organisasi Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3) yang Efektif .

Berdasarkan hasil penelitian menunjukkan bahwa pengetahuan K3 dan penggunaan APD merupakan variabel yang paling besar pengaruhnya terhadap perilaku pekerja, sehingga sebaiknya perusahaan lebih fokus pada kedua hal tersebut namun tidak melupakan hal-hal lain seperti sarana dan prasarana dalam memperbaiki perilaku pekerja dibagian produksi PT Bosowa Beton Indonesia.

4. KESIMPULAN

Ada pengaruh pengetahuan keselamatan dan kesehatan kerja terhadap perilaku pekerja di bagian produksi beton *precast* PT Bosowa Beton Indonesia. Hal ini menunjukkan bahwa semakin baik pengetahuan pekerja tentang K3, maka perilaku pekerja akan baik pula.

Tidak ada pengaruh sistem manajemen keselamatan dan kesehatan kerja terhadap perilaku pekerja di bagian produksi beton *precast* PT Bosowa Beton Indonesia. Hal ini menunjukkan bahwa, pemahaman pekerja yang kurang baik, tentang sistem manajemen K3, tetapi menunjukkan perilaku pekerja yang baik.

Ada pengaruh penggunaan pemakaian alat pelindung diri keselamatan dan kesehatan kerja terhadap perilaku pekerja di bagaian produksi beton *precast* pada PT Bosowa Beton Indonesia. Hal ini menunjukkan bahwa pekerja yang patuh dalam menggunakan alat pelindung diri memiliki perilaku yang baik

Ada pengaruh ketersediaan sarana dan prasarana keselamatan dan kesehatan kerja terhadap perilaku pekerja di bagian produksi beton *precast* PT Bosowa Beton Indonesia. Hal ini menunjukkan bahwa ketersediaan sarana dan prasarana menyebabkan perilaku pekerja semakin baik

Tidak ada pengaruh risiko bahaya dari penerapan program keselamatan dan kesehatan kerja terhadap perilaku pekerja dibagian produksi beton *precast* PT Bosowa Beton Indonesia. Hal ini menunjukkan bahwa risiko pekerja yang tidak berisiko menyebabkan perilaku yang baik.

Variabel pengetahuan K3 dan penggunaan APD merupakan variabel yang paling besar pengaruhnya terhadap perilaku pekerja di bagian produksi beton *precast* PT Bosowa Beton Indonesia. Hal ini menunjukkan bahwa pengetahuan K3 dan penggunaan APD menjadi faktor penting yang dapat memengaruhi perilaku pekerja semakin baik saat bekerja.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penyusunan artikel ini juga penulis tidak terlepas dari berbagai hambatan dan kesulitan, namun berkat bantuan, bimbingan, serta kerjasama dari berbagai pihak menjadikan semua rintangan tersebut dapat teratasi. Melalui kesempatan ini penulis menyampaikan terima kasih dan penghargaan yang tak terhingga kepada Prof. Dr. Ir. H. Jalil Genisa, M.S dan Dr. Muhammad Rifai, M.Pd, sebagai pembimbing satu dan pembimbing dua, atas semua arahan, perhatian dan bimbingan dengan penuh ketulusan dan kesabaran yang telah dicurahkan kepada penulis.

DAFTAR PUSTAKA

- Jatmiko (2019). *Pengaruh Pengetahuan Tentang Pengetahuan Alat Pelindung Diri (APD) Terhadap Kepatuhan Penggunaannya Oleh Karyawan Produksi Beta Lactam 2 Di Pt . X Effect of Knowledge About Personal Protective Equipment (Ppe) on Compliance With the Use of Beta Lactam 2*. Akademi Farmasi Yayasan Putera Indonesia Malang.
- Khamid, A., Mulyadi, Y. & Mukhtasor, M. (2019). Analisa Risiko Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3) terhadap Kecelakaan Kerja serta Lingkungan dengan Menggunakan Metode Hazard and Operability Study (HAZOP) pada Proses Scrapping Kapal, *Jurnal Teknik ITS*, 7(2), pp. 3–8. doi: 10.12962/j23373539.v7i2.33216.
- Noviandry, I. (2013). *Faktor-Faktor yang Berhubungan Dengan Perilaku Pekerja Dalam Penggunaan Alat Pelindung Diri (APD) pada Industri Pengelasan Informal di Kelurahan Gondrong, Kecamatan Cipondoh, Kota Tangerang Tahun 2013*, UIN Jakarta. Available at [http://repository.uinjkt.ac.id/dspace/bitstream/123456789/24269/1/Ilham Noviandry-fkik.pdf](http://repository.uinjkt.ac.id/dspace/bitstream/123456789/24269/1/Ilham_Noviandry-fkik.pdf).
- Nurdin, L. (2014). Identifikasi Bahaya, Penilaian Risiko dan Pengendalian Risiko, *The Indonesian Journal of Occupational Safety and Health*, 3(1), pp. 107–116.
- Pangkey, F. (2012). Penerapan Sistem Manajemen Keselamatan dan Kesehatan Kerja (SMK3) Pada Proyek Konstruksi di Indonesia (Studi Kasus: Pembangunan Jembatan Dr. Ir. Soekarno-Manado)', *Jurnal Ilmiah MEDIA ENGINEERING*, 2(2), pp. 100–113.
- Puspitasari, N. (2010). Hazard Identifikasi dan Risk Assesment dalam Upaya Mengurangi Tingkat Risiko di Bagian Produksi PT. Bina Guna Kimia Ungaran, Semarang, *Hiperkes dan Keselamatan Kerja*, p. 67.
- Shiddiq, S., Wahyu, A., & Muis, M. (2014). Hubungan Persepsi K3 Karyawan dengan Perilaku Tidak Aman di Bagian Produksi Unit IV PT. Semen Tonasa. *Media Kesehatan Masyarakat Indonesia*, 10(2), 110-116. Retrieved from <https://journal.unhas.ac.id/index.php/mkmi/article/view/501>
- Siagian, S. (2013). *Manajemen Sumber Daya Manusia*. Jakarta: PT.Bumi Aksara.
- Suartana, P., Mandagi, R. J. M. & Wilar, D. (2021). Pengaruh Pengetahuan Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3) Terhadap Perilaku Pekerja dan Kecelakaan Kerja Pada Proyek di DS LNG Kabupaten Banggai Propinsi Sulawesi Tengah, *REKONSTRUKSI TADULAKO: Civil Engineering Journal on Research and Development*, pp. 15–22. doi: 10.22487/renstra.v2i1.234.
- Sucipto, C. (2014). *Keselamatan dan Kesehatan Kerja*. Tangerang: Gosyen Publishing Tarwaka.
- Sudarmo, S., Helmi, Z. N. & Marlinae, L. (2017). Faktor Yang Mempengaruhi Perilaku Terhadap Kepatuhan Penggunaan Alat Pelindung Diri (APD) Untuk Pencegahan Penyakit Akibat Kerja, *Jurnal Berkala Kesehatan*, 1(2), p. 88. doi: 10.20527/jbk.v1i2.3155.
- Sugiyono, 2017. *Metode Penelitian Kuantitatif Kualitatif dan R&D*. Bandung: ALFABETA
- Susanti, E., Sugianto, W., Sabillah, A., & Wibowo, S. (2019). Analisa Pengaruh Manajemen Resiko dan Perilaku Kerja Aman Terhadap Kinerja Pekerja Shipyard Kota Batam. *Prosiding Seminar Nasional Ilmu Sosial Dan Teknologi (SNISTEK)*, (2), 79-84. Available at: <http://113.212.163.133/index.php/prosiding/article/view/1510>.

Yulihardi, Y. & Akmal, A. (2019). Ketersediaan Sarana Prasarana, Kompetensi Kerja Dan Iklim Organisasi Dalam Mempengaruhi Perilaku Perawat Di Rumah Sakit Jiwa (RSJ) Puti Bungsu Padang, *Eko dan Bisnis: Riau Economic and Business Review*, 10(4), pp. 481–492. doi: 10.36975/jeb.v10i4.249.

PERANCANGAN KEY PERFORMANCE INDICATOR (KPI) SEBAGAI DASAR PENGUKURAN KINERJA KARYAWAN DI GUDANG SPAREPART PADA PT XYZ

Andi Nurwahidah*

Program Studi Teknik Industri Agro, Politeknik ATI Makassar, Kota Makassar, Indonesia

Ahmad Sawal

Program Studi Teknik Industri Agro, Politeknik ATI Makassar, Kota Makassar, Indonesia

Mulyadi

Program Studi Teknik Industri, Universitas Hasanuddin, Kota Makassar, Indonesia

Mohammad Thezar Affudin

Program Studi Teknik Industri, Universitas Pattimura, Kota Ambon, Indonesia

Hasmita Sari

Program Studi Teknik Industri Agro, Politeknik ATI Makassar, Kota Makassar, Indonesia

*E-mail korespondensi: nurwahidah.andi@atim.ac.id

ABSTRAK

Pada penelitian ini didapatkan adanya beberapa permasalahan khususnya di bagian gudang sparepart yakni tidak adanya penilaian kinerja karyawan gudang yang bisa digunakan untuk mengevaluasi kinerja karyawan yang ada di PT. XYZ. Tujuan penelitian ini untuk mengetahui bagaimana kinerja karyawan gudang sparepart dengan menggunakan pendekatan KPI (Key Performance Indicator) dan AHP (Analytical Hierarchy Process). Pengolahan data dengan menggunakan metode Key Performance Indicator (KPI) dan Analytical Hierarchy Process (AHP). Hasil pengukuran kinerja karyawan di gudang sparepart PT. XYZ memiliki 7 KPI meliputi 5 perhitungan kebutuhan sparepart, 1 penyimpanan sparepart, dan 1 order picking. Dari hasil pembobotan kinerja didapatkan perhitungan kebutuhan sparepart yaitu akurasi perhitungan jumlah sparepart yang akan dipesan memiliki hasil bobot paling tinggi yaitu 0,27 dan yang paling rendah adalah hasil pembobotan dari pencatatan sparepart keluar/masuk dengan nilai sebesar 0,04 jadi dengan hasil tersebut perlu meningkatkan kinerja karyawan gudang agar dapat mengembangkan produktivitas dari perusahaan itu sendiri.

Kata Kunci: *Key Performance Indicator, Analytical Hierarchy Process, Gudang, Kinerja*

ABSTRACT

This study found that there were several problems, especially in the spare parts warehouse, namely the frequent delays in spare parts, the absence of a permanent supplier and the absence of a warehouse employee performance assessment that could be used to evaluate the performance of employees at PT. XYZ. The purpose of this study was to determine how the performance of spare parts warehouse employees using the KPI (Key Performance Indicator) and AHP (Analytical Hierarchy Process) approaches. Data processing using Key Performance Indicator (KPI) and Analytical Hierarchy Process (AHP) methods. The results of measuring employee performance in the spare parts warehouse of PT. XYZ has 7 KPIs including 5 calculation of spare part needs, 1 spare part storage, and 1 order picking. From the

performance weighting results, it is obtained that the calculation of spare parts needs, namely the accuracy of calculating the number of spare parts to be ordered has the highest weight result of 0.27 and the lowest is the weighting result of recording outgoing / incoming spare parts with a value of 0.04 so with these results it is necessary to increase warehouse employee performance in order to develop the productivity of the company itself.

Keywords: *Key Performance Indicator, Analytical Hierarchy Process, Warehouse, Performance*

1. PENDAHULUAN

Gudang sebagai bagian penting dari suatu sistem produksi. Barang yang disimpan di gudang dapat berupa bahan baku, bahan setengah jadi, bahan jadi maupun suku cadang (*sparepart*), yang diperlukan untuk proses produksi. Material tersebut akan disimpan hingga siap digunakan sesuai dengan jadwal pemakaian. Kinerja gudang yang tidak efektif dapat mengakibatkan terganggunya proses produksi misalnya adanya kesalahan dalam pemesanan jumlah *sparepart*, kegiatan logistik, penyimpanan barang atau *Sparepart* dan sebaliknya kinerja gudang yang baik memiliki sistem pelayanan yang baik yaitu adanya jaminan keamanan, kemudahan akses informasi keluar, informasi masuk, dan penyimpanan barang, serta kesesuaian kondisi lingkungan fisik bagi barang yang disimpan. Gudang juga dapat diartikan sebagai fasilitas khusus yang bersifat tetap, yang dibuat untuk mencapai target tingkat pelayanan dengan total biaya yang paling rendah (Richards, 2011).

PT. XYZ adalah perusahaan yang bergerak dibidang industri minuman mountea, perusahaan memiliki gudang tempat penyimpanan perlengkapan suku cadang (*sparepart*), di gudang *sparepart* sering terjadi permasalahan yang dapat berpengaruh terhadap proses produksi yaitu pemesanan *sparepart* membutuhkan waktu yang cukup lama 3 hari sampai satu minggu sehingga menghambat proses produksi dan *sparepart* yang dipesan tidak memiliki *supplier* tetap yang bisa konsisten dalam memberikan pelayanan, sehingga perusahaan tidak melakukan produksi dan akan memberikan dampak lain berupa kemungkinan timbulnya *overstock* dan *outstock*, selain itu belum adanya penilaian kinerja/produktivitas karyawan sehingga perusahaan tidak mengetahui permasalahan yang terjadi pada lingkup perusahaan. Berdasarkan permasalahan tersebut maka penulis tertarik untuk melakukan pengukuran kinerja karyawan menggunakan pendekatan KPI (*Key Performance Indicator*), dan AHP (*Analytical Hierarchy Process*), disisi lain karena tidak adanya *supplier* tetap menjadikan karyawan sering kewalahan dalam melakukan pemesanan *spareprt* yang dibutuhkan oleh pihak perusahaan.

Penelitian terdahulu Ulya & Jakfar (2017) dengan judul penelitian “Penentuan dan pembobotan *Key Performnace indicator* (KPI) sebagai alat-alat pengukuran rantai pasok produksi keju mozarella” bertujuan untuk menentukan dan membobotkan KPI sebagai alat pengukuran kinerja rantai pasok produksi keju mozarella dengan hasil penelitian menunjukkan terdapat 36 KPI yang disesuaikan dengan pendekatan pengukuran kinerja dengan metode SCOR, yaitu *plant, source, deliver, make (process)*. Penelitian lainnya Jalal & Safitri (2018) dengan judul penelitian “Analisis kinerja gudang dengan pendekatan *key performance indicator* (KPI) dan *Analytical hierarchy process* (AHP), bertujuan untuk mengevaluasi kinerja dari gudang perusahaan tersebut, serta mengetahui apakah gudang tersebut memberikan menguntungkan atau merugikan perusahaan.

Berdasarkan penelitian terdahulu dengan problem serupa, maka untuk penelitan ini akan merancang variable *Key Performance Indicator* (KPI) untuk menghitung dan mengukur performansi gudang selanjutnya dibutuhkan *Analytical Hierarchy Process* (AHP) yang digunakan untuk menentukan bobot dan tingkat kepentingan dari variabel yang berperan penting dalam peningkatan performansi kinerja didalam gudang *sparepart* dan di harapkan dapat memberikan solusi perusahaan.

2. BAHAN DAN METODE

Key Performance Indicators dikatakan sebagai sekumpulan pengukuran yang diciptakan terfokus kepada aspek kinerja organisasi yang paling kritikal (Parmenter, 2007). Banerjee & Buoti (2012), mengatakan *Key Performance Indicator* merupakan ukuran berskala dan kuantitatif yang digunakan untuk mengevaluasi kinerja organisasi dalam tujuan mencapai target organisasi. KPI juga digunakan untuk menentukan objektif yang terukur, melihat tren, dan mendukung pengambilan keputusan. *Key Performance Indicator* adalah ukuran yang bersifat kuantitatif dan bertahap bagi perusahaan serta memiliki berbagai perspektif dan berbasiskan data konkret, dan menjadi titik awal penentuan tujuan dan penyusunan strategi organisasi (Iveta, 2012). Pada penelitian ini menggunakan *Key performance indicator* (KPI) untuk mengukur kinerja karyawan di gudang sparepart PT. XYZ juga dapat menggambarkan kelebihan dan kekurangan dari target yang ingin dicapai, setelah menentukan KPI dilakukan verifikasi dengan pihak warehouse sparepart officer yang berperan penting dalam bagian yang ditentukan KPInya, setelah itu dilakukan pembobotan KPI dengan menggunakan AHP. Pada penelitian ini digunakan *Analytical Hierarchy Process* (AHP) untuk melakukan pembobotan, dikarenakan AHP membuat permasalahan yang luas menjadi suatu model berbentuk hierarki yang mudah dipahami hasil kinerja karyawan gudang sparepart PT. XYZ dengan melakukan perbandingan berpasangan kemudian menentukan matriks normalisasi untuk mendapatkan bobot dari masing-masing kriteria yang telah didapatkan sebelumnya.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

a. *Key Performance Indicator*

Pada perancangan *key performance indicator* (KPI) untuk peningkatan kinerja karyawan gudang, yang pertama dilakukan adalah mengklasifikasikan kegiatan di gudang sparepart PT. XYZ (lihat Tabel 1). Kegiatan-kegiatan gudang diklasifikasikan menjadi tiga kelas utama, yaitu perhitungan kebutuhan sparepart, penyimpanan sparepart, dan order picking.

Kegiatan perhitungan kebutuhan sparepart dibagi menjadi lima sub-kegiatan, yaitu akurasi perhitungan jumlah sparepart yang dipesan, kecepatan dalam menanggapi permintaan, pemilihan supplier, ketepatan dalam perhitungan barang masuk, dan kecepatan dalam melayani permintaan. Akurasi perhitungan jumlah sparepart yang akan dipesan diukur pada pemesanan oleh pihak *warehouse sparepart officer* memiliki keakuratan sesuai dengan jumlah yang dibutuhkan oleh perusahaan dan menyebabkan terjadinya *over stock* maupun *outstock sparepart*. Kecepatan dalam menanggapi permintaan sparepart artinya kecepatan karyawan melayani apabila ada permintaan sparepart yang akan digunakan untuk melakukan perbaikan mesin produksi. Pemilihan supplier artinya didalam pemilihan *supplier* perlu diperhatikan *supplier* yang dapat memberikan kebutuhan sparepart yang akan digunakan dengan tepat waktu. Ketepatan dalam perhitungan barang masuk artinya karyawan sebelum menyimpan sparepart karyawan melakukan perhitungan agar jumlah *sparepart* yang dipesan sesuai dengan yang dipesan tidak mengalami kekurangan ataupun kelebihan sparepart yang datang. Sedangkan kecepatan dalam melayani permintaan sparepart artinya setiap sparepart yang ada di gudang apabila memiliki *stock* yang kurang karyawan segera melakukan pemesanan sparepart untuk mencegah terjadinya kekurangan *stock sparepart* pada saat *sparepart* akan digunakan.

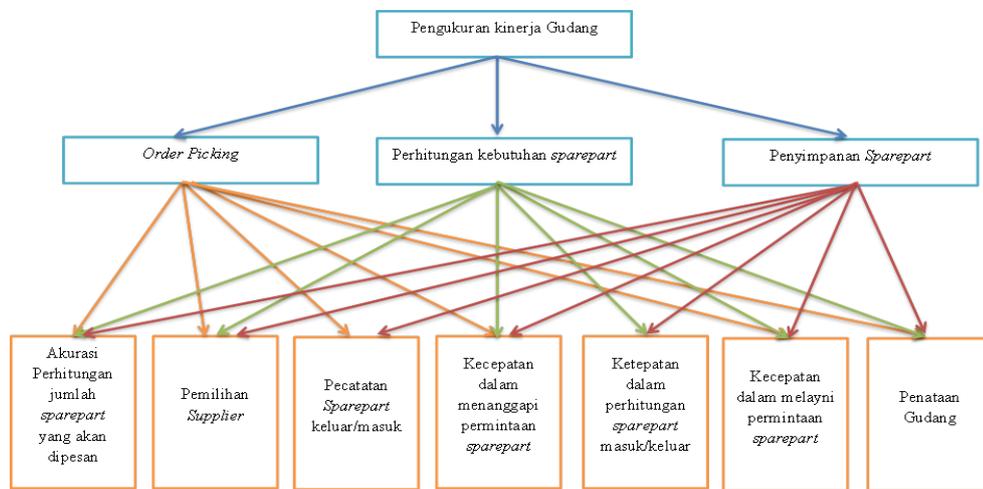
Tabel 1. Klasifikasi Kegiatan di Gudang PT. XYZ

No	Klasifikasi Kegiatan	Kinerja Gudang
1.	Perhitungan Kebutuhan <i>Sparepart</i>	1. Akurasi perhitungan jumlah <i>sparepart</i> yang akan dipesan. 2. Kecepatan dalam menanggapi permintaan <i>sparepart</i> . 3. Pemilihan <i>supplier</i> . 4. Kecepatan dalam perhitungan barang masuk. 5. Kecepatan dalam melayani permintaan <i>sparepart</i> .
2	Penyimpanan <i>sparepart</i>	6. Penataan gudang/kerapian gudang
3.	<i>Order picking</i>	7. Pencatatan <i>sparepart</i> keluar/masuk

Kegiatan utama kedua, yaitu penyimpanan sparepart, difokuskan pada penataan gudang. Artinya, karyawan melakukan penataan gudang, membersihkan dan merapikan sparepart yang ada di gudang. Kegiatan utama ketiga (*order picking*) difokuskan pada pencatatan keluar masuk sparepart, dimana setiap sparepart yang masuk ataupun keluar dicatat dengan baik sehingga jumlah *sparepart* sesuai dengan yang ada di gudang.

b. Pembobotan Menggunakan AHP

Pembobotan AHP dilakukan pengambilan keputusan dengan melakukan perbandingan berpasangan antara kriteria pilihan menggunakan microsoft excel. Gambar 2 mengilustrasikan struktur hierarki pengukuran kinerja gudang hasil perbandingan berpasangan dari kriteria pilihan. Tabel 2 merupakan hasil perbandingan matriks berpasangan yang terdiri dari 7 indikator penilaian yang dibandingkan dengan indikator pilihan didapatkan hasil seperti pada Tabel 2 di atas yang nilainya didapatkan dari hasil tabel skala penilaian perbandingan berpasangan.



Gambar 1. Struktur Hierarki Pengukuran Kinerja Gudang PT XYZ

Tabel 2. Perbandingan Berpasangan antar Kriteria

	Akurasi perhitungan jumlah sparepart yang akan dipesan	Kecepatan dalam menanggapi permintaan sparepart	Pemilihan supplier	Penataan gudang	Ketepatan dalam perhitungan barang masuk/keluar	Pencatatan sparepart keluar/masuk	Kecepatan dalam melayani permintaan sparepart
Akurasi perhitungan jumlah sparepart yang akan dipesan	1	5	3	3	1	3	3
Kecepatan dalam menanggapi permintaan sparepart	0,2	1	3	5	3	3	3
Pemilihan supplier	0,3	1	1	3	5	5	3
Penataan gudang	0,3	0,2	0,3	1	3	5	3
Ketepatan dalam perhitungan barang masuk/keluar	1	0,3	0,2	0,3	1	1	5
Pencatatan sparepart keluar/masuk	0,3	0,3	0,2	0,2	0,3	1	1
Pencatatan sparepart keluar/masuk	0,3	0,3	0,2	0,2	0,3	1	1
Kecepatan dalam melayani permintaan sparepart	0,3	0,3	0,3	0,3	0,2	1	1
Jumlah	3,53	8,2	8,07	12,87	13,53	21	19

Tabel 2 merupakan matriks hasil perbandingan berpasangan dari 7 indikator penilaian yang nilainya didapatkan dari hasil tabel skala penilaian perbandingan berpasangan yang dikemukakan oleh Saaty (1988). Matriks normalisasi dari perbandingan berpasangan tersebut dapat dilihat pada Tabel 3, dimana akurasi perhitungan *sparepart* yang akan dipesan menempati posisi paling tinggi dan diprioritaskan.

Tabel 3. Matriks Normalisasi

Kriteria	Bobot
Akurasi perhitungan <i>sparepart</i> yang akan dipesan	0,27
Kecepatan dalam menanggapi permintaan <i>sparepart</i>	0,21
Pemilihan <i>supplier</i>	0,19
Penataan gudang	0,12
Ketepatan perhitungan <i>sparepart</i> masuk/keluar	0,12
Pencatatan <i>sparepart</i> keluar/masuk	0,04
Kecepatan dalam melayani permintaan <i>sparepart</i>	0,05
Jumlah	1

Pada Tabel 4 merupakan hasil dari penilaian pencapaian KPI didapatkan target yang menjadi bahan penilaian pencapaian KPI. KPI dikatakan sesuai dengan target apabila nilai bobot total yang didapat adalah 1. Sehingga, kinerja yang mendapatkan atau mendekati nilai 1 dikatakan bagus, sedangkan semakin jauh dari nilai 1 diperlukan adanya perbaikan.

Tabel 3. Penilaian Pencapaian KPI di Gudang PT. XYZ

Key Performance Indicator (KPI)	No. KPI	Bobot	Target
Akurasi perhitungan jumlah <i>sparepart</i> yang akan dipesan	1	0,27	Jumlah <i>sparepart</i> yang akan dipesan sesuai dengan jumlah yang dibutuhkan
Kecepatan dalam menanggapi permintan <i>sparepart</i>	2	0,21	Ketersediaan <i>sparepart</i> selalu memadai
Pemilihan <i>supplier</i>	3	0,19	Dapat menyediakan kebutuhan <i>sparepart</i> yang diinginkan dengan tepat waktu
Katepatan dalam perhitungan barang masuk/keluar	4	0,12	adanya pencatatan jumlah <i>sparepart</i> .
Kecepatan dalam melayani permintaan <i>sparepart</i>	5	0,12	<i>sparepart</i> yang dibutuhkan ada digudang dan cepat diproses
Penataan gudang/ kerapian gudang	6	0,04	Susunan <i>sparepart</i> rapih dan bersih
Pencatatan <i>sparepart</i> keluar/masuk	7	0,05	<i>Sparepart</i> yang keluar dan masuk dicatat dengan baik.

Cara mengetahui berapa nilai kinerja adalah dengan mencari nilai realisasi kemudian mencari skor akhir, dimana realisasi yang paling tinggi adalah 100%. Artinya, kinerja yang ada di gudang telah sesuai dengan target yang ditentukan. Sebaliknya, apabila tidak sesuai dengan target maka realisasi yang didapatkan kurang dari 100%.

4. KESIMPULAN

Dari hasil pengklasifikasian kegiatan di gudang PT. XYZ didapatkan 3 jenis klasifikasi kerja yaitu perhitungan jumlah *sparepart*, penyimpanan *sparepart* dan order picking. Dari klasifikasi kerja tersebut didapatkan 5 indikator gudang yang termasuk ke dalam perhitungan kebutuhan *sparepart* yaitu akurasi perhitungan jumlah *sparepart* yang akan dipesan, kecepatan dalam menanggapi permintaan *sparepart*, pemilihan *supplier*, ketepatan dalam perhitungan barang masuk/keluar, serta kecepatan dalam melayani permintaan *sparepart*, sedangkan dalam kegiatan penyimpanan *sparepart* didapatkan 1 indikator yaitu penataan gudang atau kerapian gudang, dan yang terakhir adalah kegiatan order picking didapatkan 1 indikator pula yaitu pencatatan *sparepart* yang keluar maupun *sparepart* masuk.

Pada hasil perbandingan berpasangan didapatkan matriks normalisasi dengan akurasi perhitungan *sparepart* yang akan dipesan mendapatkan bobot yang paling tinggi yaitu 0,27, kecepatan dalam menanggapi permintaan *sparepart* 0,21, pemilihan *supplier* 0,19, penataan gudang/kerapian mendapatkan nilai 0,12, ketepatan perhitungan *sparepart* masuk/keluar, pencatatan *sparepart* keluar/masuk 0,04 dan kecepatan dalam melayani permintaan *sparepart* mendapatkan nilai 0,05.

Dari hasil bobot yang didapatkan seperti pada penjelasan di atas, maka penilain pencapaian kinerja gudang dapat dihitung dengan adanya target yang harus dicapai dalam suatu kinerja. Kemudian dihitung nilai realisasinya dan skor akhirnya. Hasil dari skor akhir apabila dijumlahkan mendapatkan nilai 1 maka dapat disimpulkan bahwa kinerja dari gudang telah mencapai target dan dikatakan bagus, sedangkan semakin jauh jumlah skor akhir yang didapatkan dari 1 maka kinerja gudang perlu dilakukan peningkatan atau perbaikan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih kami ucapkan kepada seluruh Dosen Politeknik ATI Makassar yang turut mendukung penulisan artikel ini hingga tahap penyelesaian.

DAFTAR PUSTAKA

- Banerjee, J. & Buoti, C. (2012). *General specifications of KPIs*. International Telecommunication Union.
- Iveta, G. (2012). *Human Resources Key Performance Indicators*. Journal Of. Competitiveness, Vol. 4, No. 1, pp. 177-128.
- Jalal, Q.A., Safitri, W. (2018). *Analisis Kinerja Gudang Dengan Pendekatan Key Performance Indicator (KPI) Dan Analytical Hierarchy Process (AHP)*. Jurnal Ilmiah Teknik Industri (2018), Vol. 6 No. 2, pp. 71 – 78.
- Parmenter. (2007). *Key Performance Indicators*. PT Elex Media Komputindo, Jakarta
- Richards, G. (2011). *Warehouse Management*. Kogan Page, London
- Saaty, T., 1988. *The Analytical Hierarchy Process For Decision In Complex World*. Pittsburgh: RWS Publication.
- Ulya, A.M. & Jakfar, A.A. (2017). *Penentuan Dan Pembobotan Key Performance Indicator (KPI) Sebagai Alat Pengukuran Kinerja Rantai Pasok Produksi Keju Mozarella Di CV. Brawijaya Dairy Industry*. AGROINTEK, Vol. 11, No. 1, pp. 27-36.

KINERJA POMPA *JET EJECTOR* DENGAN MODIFIKASI *HELMHOLTZ RESONATOR* PADA PIPA NORMAL SHOCK

Mesak F. Noya*

Program Studi Teknik Sistem Perkapalan, Fakultas Teknik, Universitas Pattimura, Ambon, Indonesia

Rusdy Rumeon

Program Studi Teknik Sistem Perkapalan, Fakultas Teknik, Universitas Pattimura, Ambon, Indonesia

P. W. Tetelepta

Program Studi Teknik Sistem Perkapalan, Fakultas Teknik, Universitas Pattimura, Ambon, Indonesia

Abdul Hadi

Program Studi Teknik Sistem Perkapalan, Fakultas Teknik, Universitas Pattimura, Ambon, Indonesia

*E-mail korespondensi: mesakfrits@gmail.com

ABSTRAK

Setiap fluida yang mengalir selalu memiliki bunyi dengan intensitas dan frekwensi tertentu di dalam atau diluar ambang batas audio. Sifat akustik dari aliran fluida ini menjadi ide untuk memodifikasi normal shock diffuser dari suatu sistem fluida dengan menerapkan helmholtz resonator sebagai pengganti normal shock diffuser dengan menggabungkan dua pompa yang di aliri fluida, yaitu pompa sentrifugal tekanan rendah berkapasitas tinggi dan pompa injeksi tekanan tinggi berkapasitas rendah. Penelitian ini bertujuan untuk menentukan berapa besar pengaruh variasi jumlah pipa kapiler helmholtz resonator terhadap kinerja aliran fluida hidrolik booster-jet ejector pump. Penelitian ini bersifat eksperimental, dengan menerapkan sensor magneto flow meter arduino mega untuk mengukur kapasitas aliran fluida. Hasil penelitian ini menunjukkan daya terbesar berada pada helmholtz resonator dengan jumlah 4 pipa kapiler yaitu sebesar 170,914353 Watt. Disimpulkan bahwa kinerja pompa jet-ejector mengalami peningkatan sebesar 36% dari daya sebesar 125Watt sebelum modifikasi.

Kata Kunci : *Booster Jet Ejector, Resonator Helmholtz, Normal Shock*

ABSTRACT

Every fluid that flows always has a sound with a certain intensity and frequency, within or outside the audio threshold. The acoustic properties of this fluid flow became the idea to modify the normal shock diffuser of a fluid system by applying a Helmholtz resonator as a substitute for the normal shock diffuser by combining two pumps that are fed with fluid entering through a high-capacity low-pressure centrifugal pump and the other pump namely high pressure -low capacity injection pump. This study aims to determine how much the variation in the number of Helmholtz resonator capillaries towards performance of the hydraulic fluid flow of the booster-jet ejector pump. This research is experimental, by applying the arduino mega magneto flow meter sensor to measure the fluid flow capacity. The results of this study show that the greatest power is in the helmholtz resonator with a total of 4 capillary pipes, which is 170.914353 Watt. It is concluded that the performance of the jet-ejector pump has increased by 36% from the power of 125 Watt before modification.

Keywords: *Booster Jet Ejector, Helmholtz Resonator, Normal Shock*

1. PENDAHULUAN

Dalam bidang kajian tentang mekanika fluida, sebagaimana dikemukakan oleh Brenner (1994) dan Fox *et al.* (2008), bahwa setiap fluida yang mengalir selalu memiliki bunyi dengan intensitas dan frekuensi tertentu di dalam atau di luar ambang batas audio. Sifat akustik dari aliran fluida ini menjadi ide untuk memodifikasi normal shock diffuser dengan *Helmholtz resonator* pada suatu *vaccum ejector* yang dapat dioperasikan sebagai *booster ejector pump* (pompa booster) untuk meningkatkan kecepatan aliran fluida, tekanan, dan daya alir. Dengan menggabungkan dua pompa yang dialiri fluida yang masuk melalui pompa sentrifugal bertekanan rendah berkapasitas tinggi dengan pompa injeksi bertekanan tinggi berkapasitas rendah. Proses aplikasi *helmholtz resonator* dikemukakan oleh Hersch dan Wolker dengan memvariasikan *helmholtz resonator* pada *inlet manifold* untuk mengontrol kondisi aliran udara. Selanjutnya, Bertoluzzi *et al.* (1998) meneliti tentang penggunaan resonator untuk mengontrol efisiensi volumetrik dari sebuah mesin kemudian Yunita *et al.* (2019), meneliti tentang pengaruh diameter leher *helmholtz resonator* pada alat pemanen energi akustik (*acoustic energy harvester*) terhadap daya listrik yang di hasilkan, menyimpulkan bahwa semakin besar diameter leher menghasilkan daya listrik yang semakin besar.

Dalam penelitian ini, *helmholtz resonator* digunakan untuk meningkatkan kecepatan dan tekanan aliran fluida dan daya alir setelah *diffuser*. Resonator ini berbentuk sirkular yang dilengkapi dengan variasi lima pipa kapiler dengan ukuran diameter dan panjang yang sama. Resonator ini dipasang pada penampang melintang pipa utama (*grazing line*) sebagai pengganti pipa *normal shock diffuser*. Dengan variasi jumlah pipa kapiler sebanyak lima perlakuan diharapkan kinerja pompa *jet ejector* dapat meningkat.

2. BAHAN DAN METODE

Penelitian ini dilakukan dengan pendekatan eksperimen pada Laboratorium Pengujian Mesin Fakultas Teknik Universitas Pattimura. Penelitian dilakukan untuk melihat pengaruh variasi jumlah pipa kapiler *helmholtz resonator* terhadap daya alir hidrolis *booster jet ejector pump* (Xioafeng, 2013).

a. Bahan

Helmholtz Resonator

Helmholtz resonator adalah peristiwa resonansi fluida dalam satu rongga. Resonator tersebut terdiri dari suatu badan yang berbentuk bola dengan satu volume fluida dengan sebuah leher. Nama ini berasal dari perangkat yang diciptakan pada tahun 1850-an oleh Hermann Von Helmholtz (Helmholtz, Hermann Ludwig Ferdinand Von, 1821-1894) yang digunakan untuk menunjukkan tinggi dari berbagai nada.

Prinsip kerja helmholtz resonator adalah pada saat gelombang menabrak ruang, maka sebagian akan diteruskan ke dalam ruangan dan sebagian akan dipantulkan. Panjang dari ruang resonator ini harus dihitung sehingga gelombang pantulan meninggalkan ruang resonator harus tepat pada saat gelombang suara berikutnya datang ke ruang resonator (Louhenapessy, 2017)



Gambar 1. *Helmholtz Resonator* dan Tekanan aliran

Menurut Xiang (2013), helmholtz resonator seperti pada Gambar 1 sisi cabang dipasang pada sisi dinding dari saluran jauh dan gelombang pesawat menjalar sepanjang saluran. Dengan daerah penampang saluran adalah V , maka yang mengalir dari saluran adalah U_0 . Daerah titik menunjukkan diskontinuitas tekanan daerah karena aliran rata-rata pada tekanan hulu adalah P_1 dan tekanan hilir adalah P_2 . Tekanan pada leher helmholtz resonator adalah P_3 dan dianggap sama dengan tekanan hulu P_1 di persimpangan.

Ejector Pump

Kolmogorov (1949) menyatakan ejector adalah alat untuk mengeluarkan gas atau zat cair dari ruangan dengan menggunakan aliran zat cair atau uap lain yang berkecepatan tinggi. Ejector dapat merupakan jenis kompresor, dalam hal ini tekanan tinggi yang dialirkan melalui sebuah nozzle yang mengakibatkan pengembangan dan menyebabkan timbulnya vacuum.

Formulasi Pengukuran Eksperimen Aliran Fluida

Harga cepat rambat bunyi aliran fluida dari system fluida, a dapat dihitung dengan menggunakan persamaan *Joukowski water Hammer* seperti dikemukakan oleh Brennen (1994)

$$a = \left[\rho_f \left(\frac{1}{K_f} + \frac{D}{E_p \delta_p} \right) \right]^{-\frac{1}{2}} \quad (1)$$

$$a_\infty = \left[\frac{k_f}{\rho_f} \right]^{-\frac{1}{2}} \quad (2)$$

$$a_s = \left[\left(\frac{1}{a_\infty^2} + \frac{\rho_f D_s}{E_{ps} \delta_{ps}} \right) \right]^{-\frac{1}{2}} \quad (3)$$

$$a_o = \left[\left(\frac{1}{a_\infty^2} + \frac{\rho_f D_o}{E_{po} \delta_{po}} \right) \right]^{-\frac{1}{2}} \quad (4)$$

dimana a_o = Cepat rambat bunyi (m/s), a_∞ = Cepat rambat bunyi aliran dalam pipa (m/s), ρ_f = Densitas air (kg/m³), D_o = Diameter output (cm), E_{po} = Modulus elastisitas pipa (Pa), δ_{po} = Tebal pipa (cm), dan k_f = Modulus Bulk (Pa).

Dari sifat kontinuitas aliran dapat dipertimbangkan bahwa:

$$A_o \cdot v_o = A_s \cdot v_s \text{ Atau } v_o = \frac{A_s}{A_o} \cdot v_s \quad (5)$$

$$A_o \cdot v_o = A_s \cdot v_s \quad (6)$$

$$v_s = \frac{Q_s}{A_s} \quad (7)$$

$$v_o = \frac{A_s}{A_o} \cdot v_s \quad (8)$$

dimana v_s = Kecepatan profil sensor (m/s), v_o = Kecepatan profil output (m/s), Q_s = Debit Aliran (m³/s), A_s = Luas Penampang sensor (m), dan A_o = Luas penampang output (m). Sedangkan dari sifat kompresibilitas aliran fluida pada kondisi isothermal dipenuhi tekanan diferensial aliran fluida yaitu:

$$p_s = \frac{k_f}{a_s} \cdot v_s \quad (9)$$

dan

$$p_o = \frac{k_f}{a_o} \cdot v_o \quad (10)$$

dimana p_s = Tekanan diferensial sensor (Pa), p_o = Tekanan diferensial output (Pa), k_f = Modulus Bulk (Pa), a_o = Cepat rambat bunyi (m/s), a_s = Cepat rambat sensor (m/s), dan v_o = Kecepatan profil output (m/s). Sehingga diperoleh daya output aliran fluida N, yaitu:

$$N_o = A_o \cdot p_o \cdot v_o \quad (11)$$

dimana N_o = Daya alir output (W), A_o = Luas penampang output (m), p_o = Tekanan diferensial output (Pa), dan v_o = Kecepatan profil output (m/s).

Selanjutnya diasumsikan bahwa noise dari sensor flow meter dengan margin error $\pm 5\%$ adalah relatif kecil atau secara praktis diabaikan. Dengan demikian harga rata-rata debit Q_s atau kecepatan rata-rata profil v_s aliran fluida pengukuran adalah bersifat random dan diperhitungkan secara recursive sample.

Spesifikasi Arduino Mega 2560

Board Arduino Mega 2560 adalah sebuah Board Arduino yang menggunakan ic Mikrokontroler ATmega 2560. Board ini memiliki Pin I/O yang relatif banyak, 54 digital Input / Output, 15 buah di antaranya dapat digunakan sebagai output PWM, 16 buah analog Input, 4

UART. Arduino Mega 2560 dilengkapi kristal 16. Mhz Untuk penggunaan relatif sederhana tinggal menghubungkan power dari USB ke PC/ Laptop atau melalui Jack DC pakai adaptor 7-12 VDC (Arduino.com, 2016).

Untuk lebih jelasnya dapat dilihat dari spesifikasi Arduino Mega 2560 di bawah ini: Mikrokontroler Atmega 2560, Tegangan Operasional 5V, Tegangan Input (rekomendasi) antara 7-12V , Tegangan Input (limit) antara 6-20V, 54 Pin Digital I/O (Of which 15 provide PWM output), 16 Pin Analog Input, Arus DC per Pin I/O 20 mA, Arus DC untuk Pin 3.3 V sebesar 50 mA, Memori Flash 256 KB dimana 8 KB digunakan oleh *bootloader*, SRAM 8 KB, EEPROM 4 KB, Clock Speed 16 MHz, LED_BUILTIN 13, Panjang 101,52 mm, Lebar 53,3 mm, Berat 37 gram.

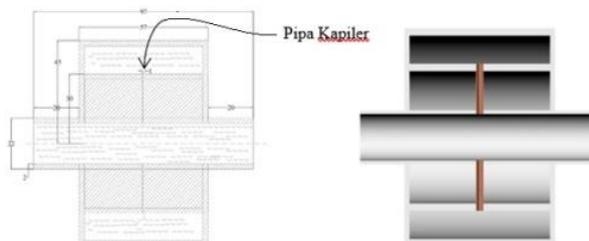
Spesifikasi Sensor-Water Flow Meter

Water Flow Meter 1 – 30L / MIN adalah sensor aliran/ debit udara yang dapat diaplikasikan untuk pengukuran debit aliran air dan sejenisnya. Sangat cocok untuk proyek dengan Arduino.

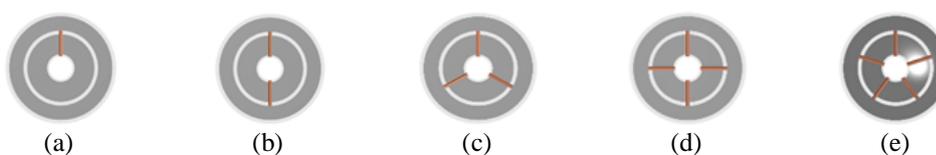
b. Metodologi

Penelitian ini dilakukan pada Laboratorium Pengujian Mesin Fakultas Teknik Universitas Pattimura dengan mengukur kapasitas aliran fluida *diffuser* secara eksperimental untuk kondisi awal sebelum perlakuan dan dengan perlakuan ke-1 sampai dengan ke-5. Untuk setiap variasi perlakuan, ukuran diameter dan panjang pipa kapiler adalah sama. Selanjutnya secara teoritis dilakukan perhitungan daya alir fluida setelah *diffuser*.

Skema Gambar Peralatan Penelitian



Gambar 2. Helmholtz Resonator



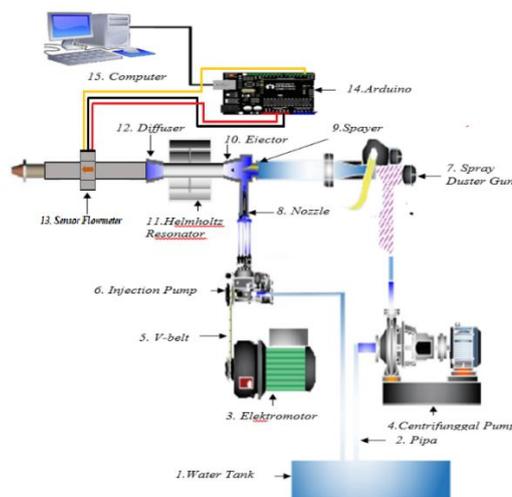
Gambar 3. Posisi variasi jumlah pipa kapiler Helmholtz

(a) Jumlah 1 pipa kapiler, (b) Jumlah 2 pipa kapiler, (c) Jumlah 3 pipa kapiler, (d) Jumlah 4 pipa kapiler, (e) Jumlah 5 pipa kapiler

Prosedur Penelitian

Instalasi peralatan sesuai rancangan penelitian (Gambar 4). Dengan *elektromotor 3 phase*, daya 3 Hp putaran 2480 rpm dan *injection pump*, fluida masuk melalui *centrifugal pump* dan *spray duster* menuju *ejector*, melalui rongga kemudian masuk ke *helmholtz resonator* dan keluar melalui *diffuser*. Alat penelitian diuji untuk mengetahui tidak ada lagi kehilangan di setiap proses, yaitu tidak adanya kebocoran di pipa-pipa dan *nozzle* pengabut dengan baik. Proses pengukuran dilakukan dengan menggunakan *Sensor Flowmeter* dan *Arduino Mega 2560*, dan dipastikan alat uji berada dalam kondisi telah dikalibrasi dengan baik. Pengambilan data dilakukan terhadap 5 perlakuan, dengan 5 kali pengulangan untuk setiap variasi jumlah pipa kapiler *helmholtz resonator*. Selanjutnya pergantian *helmholtz resonator* untuk setiap variasi dengan jumlah pipa kapiler yang berbeda.

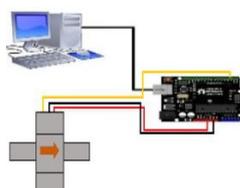
Mekanisme Penelitian



Gambar 4. Rancangan Penelitian

Teknik Akuisisi dan Pengambilan Data

Pengambilan data dilakukan pada setiap perlakuan dengan 5 kali pengulangan, data diperoleh dalam bentuk debit aliran fluida (Q) setelah electromotor dan injection pump dijalankan bersama dengan centrifugal pump yang terhubung langsung dengan ejector masing – masing posisinya berada pada primary fluid dan secondary fluid, setelah aliran fluida tercampur di dalam bagian mixing chamber ejector aliran fluida melewati helmholtz resonator dan selanjutnya aliran fluida keluar pipa output diffuser. Proses pengukuran dengan menggunakan sensor flowmeter, direkam oleh Arduino Mega 2560, kemudian muncul di komputer pada aplikasi arduino uno R3, dan pada proses pengolahan data menggunakan microsoft excel.



Gambar 5. Instrumen pengukuran kecepatan aliran fluida Hidrolik dalam pipa dengan *Sensor Flow Meter*

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

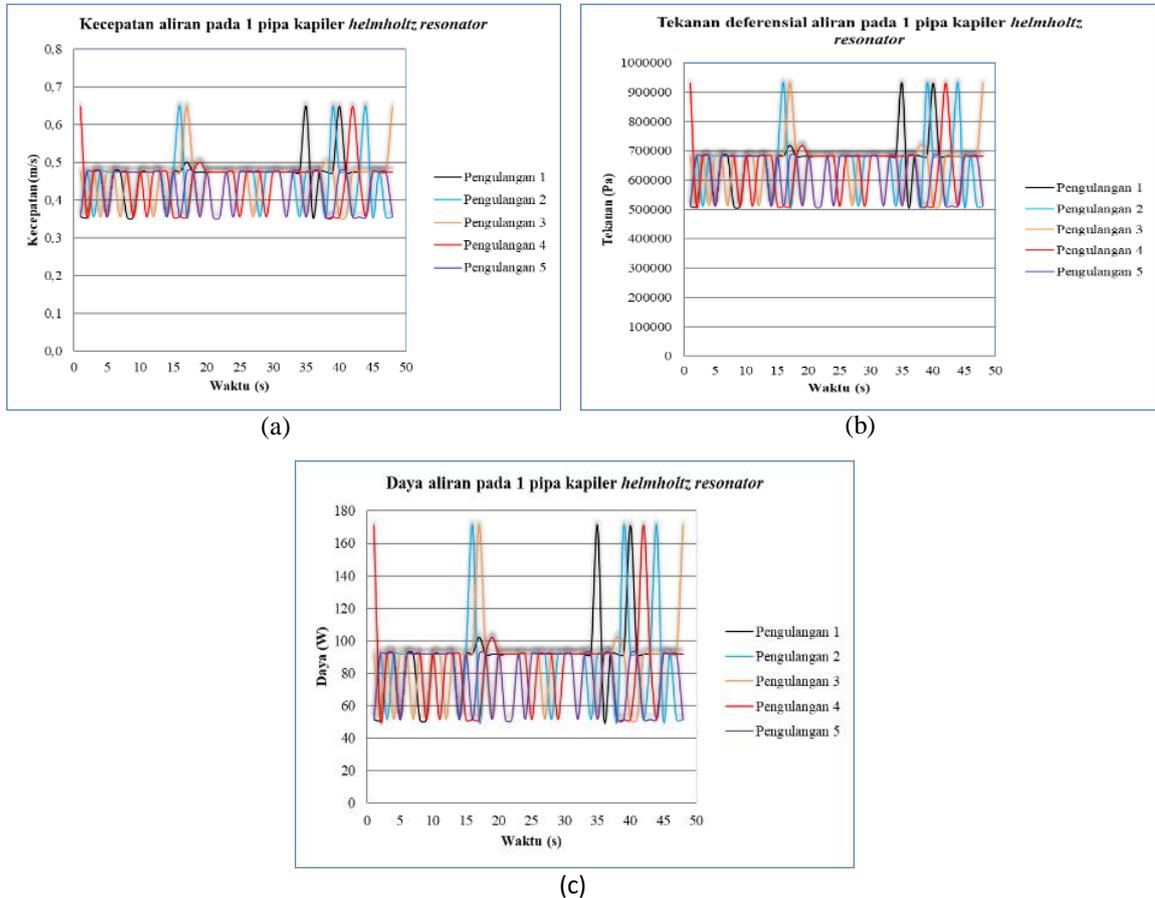
Setelah semua tahapan dilakukan sesuai mekanisme penelitian dan tahapan prosedur penelitian, dengan menggunakan *Sensor Flow Meter*, *Arduino Mega*, dan *Computer*, maka diperoleh data penelitian berupa kecepatan aliran (*Flow Rate*), tekanan diferensial aliran (*Current Liquid Flowing*), dan daya aliran (*Output Liquid Quantity*) dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil Pengolahan data untuk 5 pipa kapiler di tiap pengulangan untuk menentukan kecepatan,tekanan dan Daya rata-rata aliran fluida *Helmholtz resonator*

Jumlah Pipa kapiler	Waktu pengukuran aliran air (sec)	Kecepatan aliran fluida pada pipa output (m/s)					Nilai	Tekanan aliran fluida pada pipa output (Pa)					Nilai	Daya alir fluida pada pipa output (W)					Nilai
		1	2	3	4	5		1	2	3	4	5		1	2	3	4	5	
1	1, 16, 17, 35, 39, 40, 42, 44,48				✓		0,647924				✓				✓				170,914353
2	15, 40, 43, 44	✓				0,647924	✓				930373	✓						170,914353	
3	21, 34, 40, 44,48				✓	0,647924				✓	930373			✓				170,914353	
4	4, 9, 14, 24, 29, 35, 41, 42, 43, 45 47				✓	0,647924				✓	930373			✓				170,914353	
5	26, 48	✓				0,647924	✓				930373	✓						170,914353	

a. Kecepatan aliran, tekanan diferensial aliran, dan daya aliran untuk percobaan 1 pipa kapiler

Untuk percobaan dengan 1 pipa kapiler *helmholtz resonator*, pada waktu 1,16, 17, 35, 39, 40, 42, 44, dan 48 det, kecepatan aliran sebesar 0,647924 m/s (Gambar 6.a), dan tekanan diferensial aliran sebesar 930373,00 Pa, (Gambar 6.b). Sementara, daya aliran sebesar 170,91353 W, tercapai pada pengulangan ke-4 (Gambar 6.c).



Gambar 6. Grafik percobaan 1 pipa kapiler

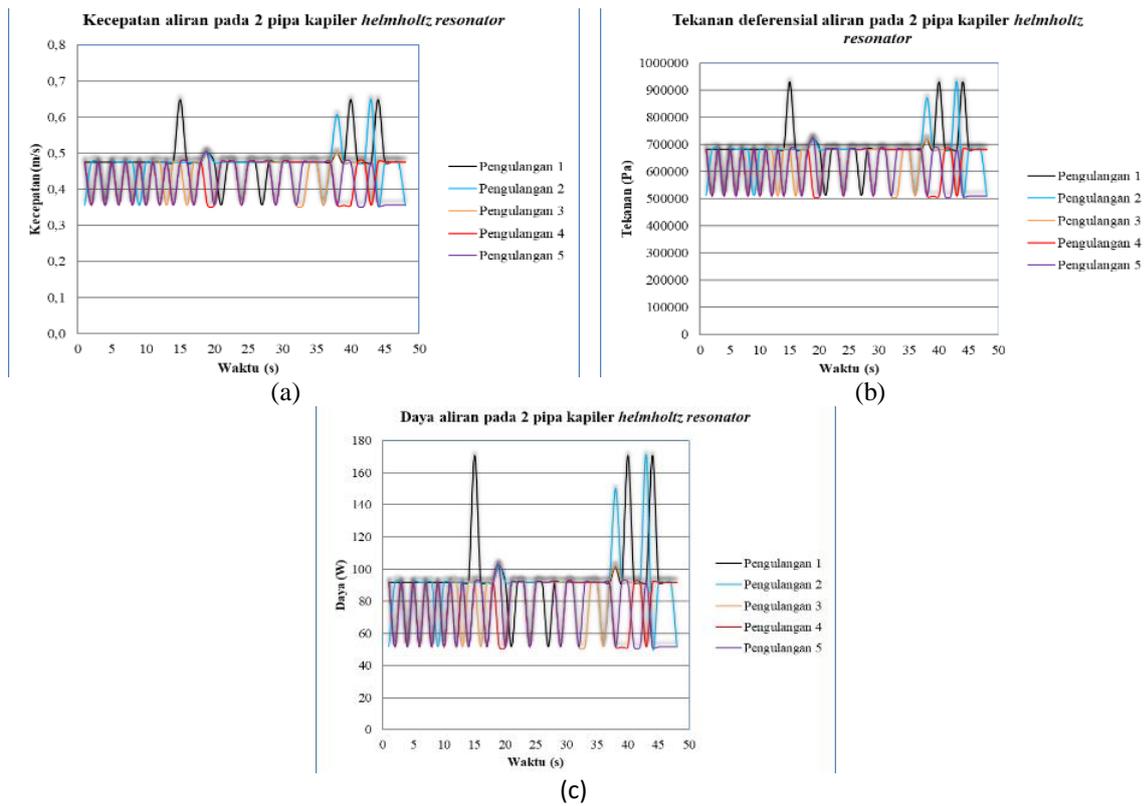
(a) kecepatan aliran, (b) tekanan diferensial aliran, (c) daya aliran

b. Kecepatan aliran, tekanan diferensial aliran, dan daya aliran untuk percobaan 2 pipa kapiler

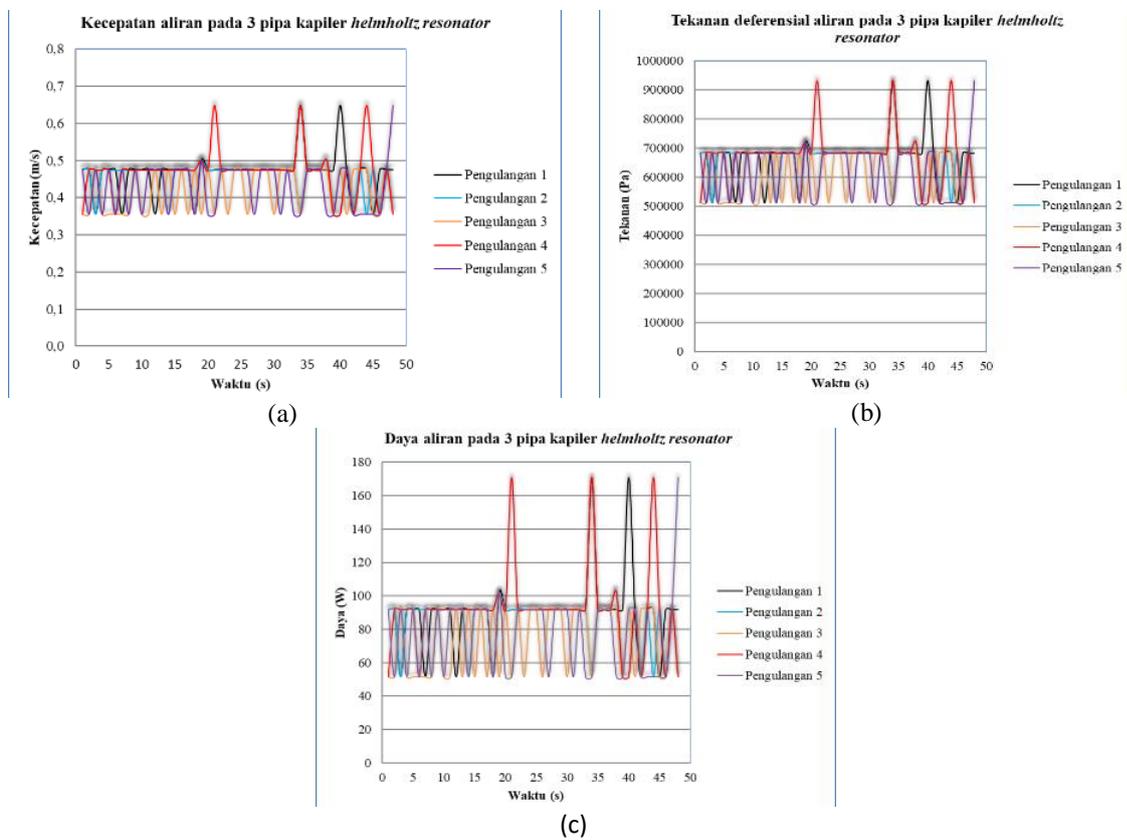
Untuk percobaan dengan 2 pipa kapiler *Helmholtz resonator*, tercatat bahwa pada waktu 15, 40, 43, dan 44 det, kecepatan aliran sebesar 0,647924 m/s, tercapai pada pengulangan ke-1 (Gambar 7.a). Pada waktu yang sama, tekanan diferensial aliran adalah sebesar 930373,00 Pa (Gambar 7.b). Sementara, Daya aliran sebesar 170,914353 W (Gambar 7.c).

c. Kecepatan aliran, tekanan diferensial aliran, dan daya aliran untuk percobaan 3 pipa kapiler

Pada percobaan dengan 3 pipa kapiler *Helmholtz resonator*, kecepatan aliran pada waktu 21, 34, 40, 44 dan 48 det, adalah sebesar 0,647924 m/s, yang tercapai pada pengulangan ke-4 (Gambar 8.a). Pada waktu yang sama, tekanan diferensial aliran adalah sebesar 930373,00 Pa (Gambar 8.b), sementara, daya aliran sebesar 170,914353 W (Gambar 8.c).



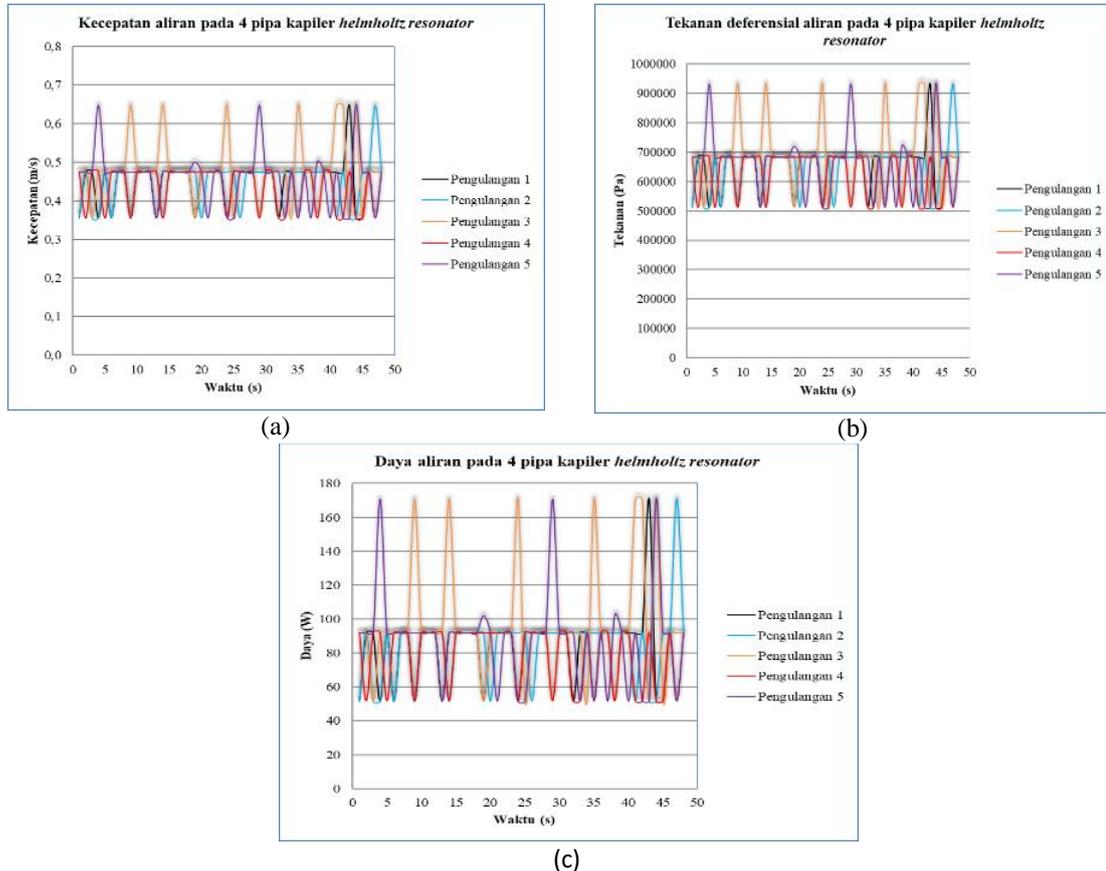
Gambar 7. Grafik percobaan 2 pipa kapiler
(a) kecepatan aliran, (b) tekanan diferensial aliran, (c) daya aliran



Gambar 8. Grafik percobaan 3 pipa kapiler
(a) kecepatan aliran, (b) tekanan diferensial aliran, (c) daya aliran

d. Kecepatan aliran, tekanan diferensial aliran, dan daya aliran untuk percobaan 4 pipa kapiler

Untuk percobaan dengan 4 pipa kapiler *helmholtz resonator*, pada waktu 4, 9, 14, 24, 29, 35, 41, 42, 43, 45, dan 47 det, kecepatan aliran sebesar 0,647924 m/s, tercapai pada pengulangan ke-3 (Gambar 9.a). Tekanan diferensial aliran sebesar 930373,00 Pa (Gambar 9.b), dan daya aliran sebesar 170,914353 W, tercapai pada pengulangan ke-3 (Gambar 9.c).



Gambar 9. Grafik percobaan 4 pipa kapiler
(a) kecepatan aliran, (b) tekanan diferensial aliran, (c) daya aliran

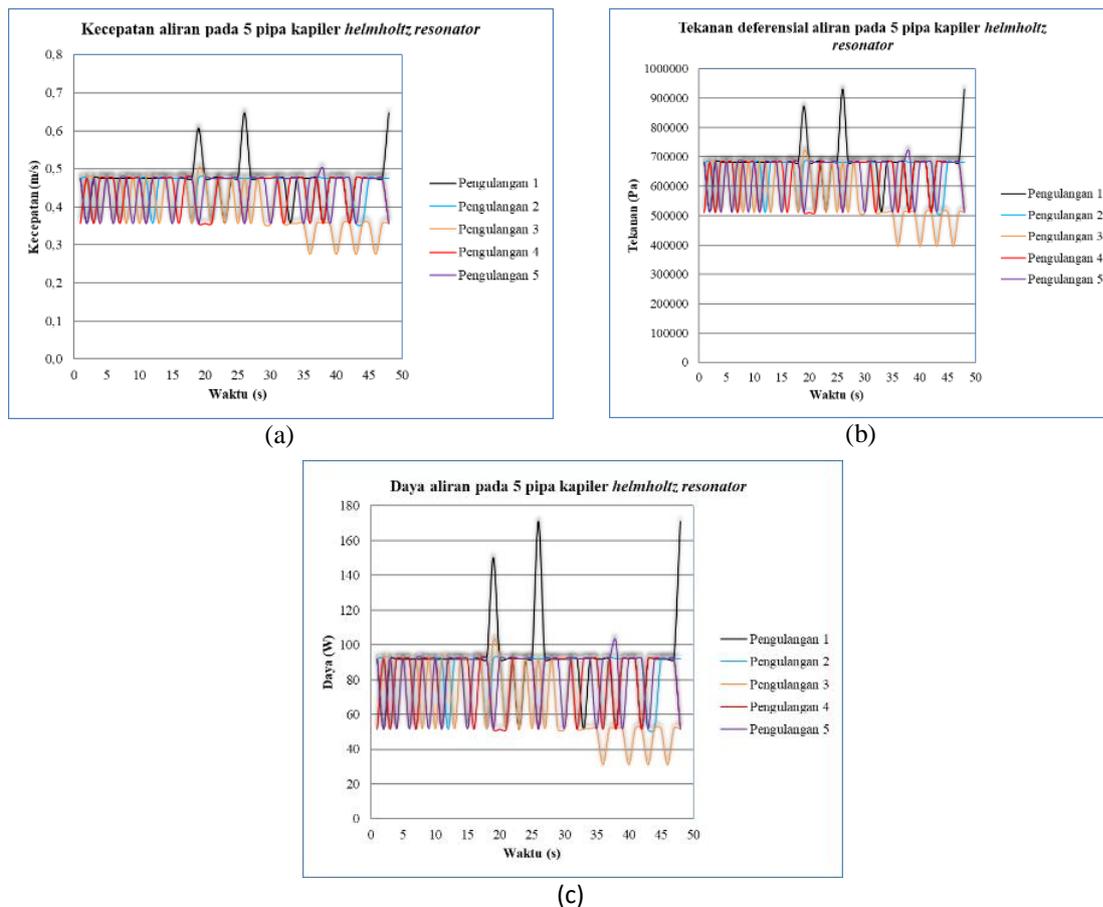
e. Kecepatan aliran, tekanan diferensial aliran, dan daya aliran untuk percobaan 5 pipa kapiler

Untuk percobaan dengan 5 pipa kapiler *helmholtz resonator*, pada waktu 26, dan 48 det, kecepatan aliran adalah sebesar 0,647924 m/s, tercapai pada pengulangan ke-1 (Gambar 10.a), tekanan diferensial aliran sebesar 930373,00 Pa (Gambar 10.b) dan daya aliran sebesar 170,914353 W (Gambar 10.c).

f. Pembahasan

Berdasarkan hasil pengolahan data maka terlihat bahwa debit minimum dari perlakuan ke 1, 2, 3 dan 4 adalah 0,000102 m³/s, nilai kecepatan minimum 1,624310 m/s, tekanan minimum 511525,02 Pa, dan daya minimum sebesar 51,665198 W, sementara untuk perlakuan ke 5 debit minimumnya 0,000079 m³/s, nilai kecepatan minimum 0,275405 m/s, tekanan minimum 395426,25 Pa, dan daya alir minimum 30,879794 W. Pada grafik kecepatan, tekanan dan daya untuk kelima perlakuan terlihat bahwa:

1. Perlakuan pada 1 pipa kapiler *helmholtz resonator* pada pengulangan ke-4 tercapai kecepatan maksimum 0,647924 m/s, tekanan maksimum 930373,00 Pa, dan untuk daya alir maksimum sebesar 170,914353 W.



Gambar 10. Grafik percobaan 5 pipa kapiler
(a) kecepatan aliran, (b) tekanan diferensial aliran, (c) daya aliran

2. Perlakuan pada 2 pipa kapiler *helmholtz resonator* pada pengulangan ke-1 tercapai kecepatan maksimum 0,647924 m/s, tekanan maksimum 930373,00 Pa, dan untuk daya alir maksimum sebesar 170,914353 W.
3. Perlakuan pada 3 pipa kapiler *helmholtz resonator* pada pengulangan ke-4 tercapai kecepatan maksimum 0,647924 m/s, tekanan maksimum 930373,00 Pa, dan untuk daya alir maksimum sebesar 170,914353 W.
4. Perlakuan pada 4 pipa kapiler *helmholtz resonator* pada pengulangan ke-3 tercapai kecepatan maksimum 0,647924 m/s, tekanan maksimum 930373,00 Pa, dan untuk daya alir maksimum sebesar 170,914353 W.
5. Perlakuan pada 5 pipa kapiler *helmholtz resonator* pada pengulangan ke-1 tercapai kecepatan maksimum 0,647924 m/s, tekanan maksimum 930373,00 Pa, dan untuk daya alir maksimum sebesar 170,914353 W.

Sehingga disimpulkan kecepatan, tekanan dan daya aliran fluida terbaik pada variasi empat pipa kapiler dengan waktu 4, 9, 14, 24, 29, 35, 41, 42, 43, 45 dan 47 secon sedangkan pada variasi lima pipa kapiler tidak di rekomendasikan.

4. KESIMPULAN

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa setiap perlakuan mengalami peningkatan daya alir fluida setelah *diffuser*. Daya alir fluida setelah *diffuser* yang terbesar berada pada *helmholtz resonator* dengan jumlah 4 pipa kapiler yaitu sebesar 170,914353 Watt. Dengan demikian dapat disimpulkan bahwa kinerja pompa *jet-ejector* dengan *helmholtz resonator* mengalami peningkatan sebesar 36% dari daya sebesar 125 Watt sebelum modifikasi.

DAFTAR PUSTAKA

- Arduino.com. (2016). Arduino Mega. Diakses pada tanggal 20 Oktober 2021 pukul 15.00 WIT dari <https://www.arduino.cc/en/Main/arduinoBoardMega>.
- Bejan, A. (1984). *Convection Heat Transfer*, Wiley- Interscience, New York.
- Bortoluzzi Daniele, Vittore Cossalter, Alberto Doria. (1998). The Effect of Tunable Resonators on The Volumetric Efficiency of An Engine. SAE technical paper series 98MSE-10 NO. 983045.
- Chirstopher Earls Brennen. (1994). "Hydrodynamics of pumps"
- Claywell, Mark and Donald Horkheimer. (2006). Improvement of Intake Restrictor Performance for a Formula SAE Race Car through 1D & Coupled 1D/3D Analysis Methods. SAE 2006-01-3654.
- Faris, M., Utomo, T.S., and Syaiful. 2014. Pengaruh tekanan boiler dan variasi panjang throat terhadap performa steam ejector, *Jurnal Simetris*, vol. 5, no. 1, pp. 57-66
- Fox, Robert.W., et al (2008) " Introduction Fluid Mechanics"
- Helmholtz, Hermann Ludwig Ferdinand Von (1821-1894) dalam Biografi MCN. Diperoleh pada 23 oktober 2021 dari MCN Biografi: mcnbiografias.com
- Hesketh, R.P., Fraser Russel, T. W., and Etchell, A.W. 1987. "Bubble Size in Horizontal Pipelines," *AIChE Journal*, Vol 33, No. 4.
- Ishii, M. and Mishima, K., (1984). "Two-Fluid Model and Hydrodynamic Constitutive Relations" *Nuclear Engineering and Design* 82, pp 107-126.
- Kolmogorov, A.N., (1949). *Doklady Akad. Nauk., SSSR*, Vol 66, 825,
- Kornhauser, A.A, Bunch, T.K., And ., M. p (1996). "Efficiency of a Flashing Flow Nozzle" *Proceedings of the 31st Intersociety Energy Conversion Engineering Conference*.
- Louhenapessy, K. (2017). *Studi Eksperimental Pengaruh Pipa Kapiler Helmholtz Resonator Terhadap Tekanan Aliran Udara Supercharging-Aftercooler Pada Inlet Manifold. Ambon.*
- Rompis S. Y. R. (2012), "Traffic Flow Model and Shockwave Analysis", Old Dominion University Civil And Environmental Engineering.
- Ruang Trakroon, N., aphornratana, S., Sriveerakul, T., (2011). Experimental studies of a steam jet refrigeration cycle : effect of the primary nozzle geometries to system performance. *Thermal and Fluid Science, ELSEVIER*
- Wan, D. A. (2004). "Two Degrees of Freedom Helmholtz Resonator Analysis".
- White F.M. (1991), "Fluid Mechanics", 2th edition, New York, United States of America, McGraw-Hill.
- Xioafeng Shi, C. M. (2013). Attenuation Performance of A Semi-Active Helmholtz Resonator In a Grazing Flow Duct. *Journal of Acoustics.*, 25-29
- Yuanita.F.A, dkk, (2019). Pengaruh Diameter Leher Resonator Helmholtz Pada Alat Pemanen Energi Akustik (Acoustic Energy Harvester) Terhadap Daya Listrik Yang Dihasilkan. *Prosiding SNFA*, E-ISSN: 2548-8325

PERANCANGAN ULANG TATA LETAK FASILITAS PRODUKSI DENGAN MENGGUNAKAN METODE ALGORITMA BLOCPANGUNA MEMINIMASI ONGKOS MATERIAL HANDLING

Marcy L. Pattiapon

Program Studi Teknik Industri, Universitas Pattimura, Kota Ambon, Indonesia

Nil Edwin Maitimu

Program Studi Teknik Industri, Universitas Pattimura, Kota Ambon, Indonesia

E-mail korespondensi: lolitamarcy1974@gmail.com

ABSTRAK

Suatu produksi yang memiliki jumlah mesin yang banyak dan aliran produksi yang panjang membutuhkan pengaturan tata letak dan pemindahan bahan yang efisien sehingga dapat mengurangi *backtracking* pada proses produksi. PT. X Ambon adalah perusahaan yang bergerak dalam bidang produksi *furniture*. Salah satu produk yang paling banyak diminati oleh konsumen adalah produk *springbed*. Permasalahan yang sering terjadi adalah ketidakteraturan proses pemindahan aliran bahan baku dan jarak antar stasiun dibagian produksi Tujuan dari penelitian ini adalah merancang ulang tata letak fasilitas pada bagian produksi sehingga dapat meminimalkan penanganan perpindahan material dan meminimumkan ongkos *material handling*. Pendekatan yang digunakan dalam proses perancangan ulang tata letak fasilitas di PT. X adalah dengan menggunakan metode ARC (*Activity Relationship Chart*) dan Algoritma BLOCPAN. Metode ini dapat menyelesaikan permasalahan tata letak fasilitas pada PT. X dengan tingkat kedekatan hubungan, kebutuhan luas area, memperhitungkan jarak perpindahan material, ongkos *material handling* dan tata letak akhir. Hasil pengolahan data memperoleh total ongkos material handling per hari adalah sebesar Rp 397.744,6627 dengan total jarak adalah 121,78 m, dan hasil pengolahan data dengan BLOCPAN menunjukkan pengurangan total ongkos *material handling* sebesar Rp 44.373,6969 dengan total jarak adalah 22,81 m. Hal ini menunjukkan bahwa terdapat selisih untuk ongkos material handling sebesar 353.370,9658 dengan total jarak adalah 98,97 m.

Kata Kunci: BLOCPAN, Material Handling, Springbed, Jarak, ARC.

ABSTRACT

A production that has a large number of machines and a long production flow requires efficient layout and material transfer so as to reduce *backtracking* in the production process. PT. X Ambon is a company engaged in the production of furniture. One of the products that are most in demand by consumers is *springbed* products. The problem that often occurs is the irregularity of the process of moving the flow of raw materials and the distance between stations in the production section. The purpose of this research is to redesign the layout of the facilities in the production section so as to minimize the handling of material transfers and minimize material handling costs. The approach used in the process of redesigning the layout of the facilities at PT. X is by using the ARC (*Activity Relationship Chart*) method and the BLOCPAN Algorithm. This method can solve the problem of facility layout at PT. X with the degree of closeness of relationship, the need for area, taking into account the distance of material transfer, material handling costs and final layout. The results of data processing obtained the total cost of material handling per day was Rp. 397,744.6627 with a total distance of 121.78 m, and the results of data processing with BLOCPAN showed a reduction in the

total cost of material handling of Rp. 44,373,6969 with a total distance of 22.81 m. This shows that there is a difference for material handling costs of 353.370.9658 with a total distance of 98.97 m.

Keywords: BLOCPLAN, Material Handling, Springbed, Distance, ARC

1. PENDAHULUAN

Tataletak yang baik adalah tataletak yang di susun berdasarkan pola aliran bahan dan peralatan yang beraturan serta efektif. Hal utama yang perlu diperhatikan dalam merancang suatu tataletak fasilitas adalah mengenai proses pemindahan bahan yang kurang baik akan mengakibatkan produksi menjadi terhambat dan akan memberikerugian pada perusahaan. Tataletak yang baik adalah tataletak yang dapat menangani *material handling* secara menyeluruh.

Tata letak yang efektif dan efisien diindikasikan dengan tidak adanya aliran balik (*backtracking*), total perpindahan bahan yang kecil dan tidak terjadinya antrian berlebih (*bottleneck*) pada suatu proses. Tata letak yang efektif dan efisien dapat memberikan kontribusi untuk mengurangi waktu siklus produksi, waktu menganggur, *bottleneck* atau waktu penanganan material dan dapat meningkatkan output produksi (Vaidya et al., 2013)

PT. X adalah sebuah perusahaan yang bergerak dalam bidang *furniture* dan sedang berkembang pada saat ini. Adapun produk-produk yang di produksi oleh PT. X yaitu sofa, *springbed* dan kursi. *Springbed* atau yang biasa di kenal dengan kasur pegas adalah produk manufaktur yang digunakan untuk alas tidur atau berbaring, yang terdiri dari bahan kain atau plastik, berisi karet busa dan ditutupi oleh kain luar atau kain kasur. Ciri khas daripada *springbed* yaitu di dalamnya terdapat rakitan dari pegas dan juga diisi dengan busa sehingga pengguna lebih nyaman dan bebas untuk bergerak. Daya tahan daripada *springbed* lebih tahan lama dari pada jenis kasur lain misalnya kasur spons. Karena ciri has dari *springbed* inilah yang membuat *springbed* tentunya lebih nyaman dan banyak diminati oleh konsumen.

Menurut Siregar (2013), algoritma BLOCPLAN (*Block Layout Overview with Layout Planning*) merupakan algoritma heuristik yang menggunakan data kuantitatif maupun data kualitatif. Perancangan dilakukan dengan menggunakan algoritma BLOCPLAN membutuhkan peta keterkaitan hubungan aktivitas atau ARC (*Activity Relationship Chart*). Perancangan tata letak yang dilakukan akan menghasilkan beberapa alternatif tata letak departemen yang masing-masing mempunyai *layout score*, selanjutnya dipilih rancangan tata letak fasilitas yang memiliki nilai total *rectilinear* yang paling optimal.

Berdasarkan pengamatan awal yang telah dilakukan, selama proses produksi para pekerja seringkali mengalami beberapa hambatan. Salah satu hambatan yang sering dialami adalah pengaturan tata letak tiap area kerja pada area produksi yang belum teratur mengakibatkan perpindahan material dari satu stasiun kerja ke stasiun kerja berikutnya terlalu jauh. Selain itu juga jarak antar stasiun akan mempengaruhi ongkos *material handling*. Adapun tujuan dari penelitian ini adalah merancang ulang tata letak fasilitas pada bagian produksi sehingga dapat meminimalkan penanganan perpindahan material dan meminimumkan ongkos *material handling*. Sehingga diperlukan usulan tata letak baru untuk mengatur ulang jalur material atau barang yang lebih sesuai dengan fungsi masing-masing stasiun kerja. Oleh karena itu perlu adanya penataan ulang tata letak fasilitas untuk meminimalkan jarak perpindahan material dan meminimumkan ongkos *material handling* dengan menggunakan metode Algoritma BLOCPLAN.

2. BAHAN DAN METODE

a. Definisi Tata Letak Fasilitas

Tata letak adalah suatu landasan utama dalam dunia industri. Tata letak pabrik atau tata letak fasilitas dapat didefinisikan sebagai tata cara pengaturan fasilitas-fasilitas pabrik guna menunjang kelancaran proses produksi. umumnya tataletak pabrik yang terencana dengan baik

akan ikut menentukan efisiensi dan dalam beberapa hal juga menjaga kelangsungan hidup ataupun kesuksesan kerja suatu industri. Karena aktivitas produksi suatu industri secara normalnya harus berlangsung lama dengan tataletak pabrik yang tidak selalu berubah-ubah, maka setiap kekeliruan yang dibuat di dalam perencanaan tataletak ini akan menyebabkan kerugian-kerugian yang tidak kecil.

Menurut Wignjosoebroto (2009), Tata letak pabrik dapat didefinisikan sebagai tata cara pengaturan fasilitas-fasilitas pabrik guna menunjang kelancaran proses produksi. Pengaturan tersebut akan memanfaatkan luas area (*space*) untuk penempatan mesin atau fasilitas penunjang produksi lainnya, kelancaran gerakan-gerakan material, penyimpanan material (*storage*) baik yang bersifat temporer maupun permanen, personil pekerja dan sebagainya". Secara sempit, *Plant Layout* diartikan sebagai pengaturan tata letak/penyusunan fasilitas fisik dari pabrik tersebut.

Pengaturan tersebut akan coba memanfaatkan luas area untuk penempatan mesin atau fasilitas penunjang produksi lainnya, kelancaran gerakan perpindahan material, penyimpanan material baik yang bersifat temporer maupun permanen, personel pekerja, dan sebagainya. Tujuan utama di dalam desain tataletak pabrik pada dasarnya adalah untuk meminimalkan total biaya diantaranya menyangkut elemen-elemen biaya, yaitu : memanfaatkan area yang ada, pendayagunaan pemakaian mesin, tenaga kerja dan fasilitas produksi lebih besar, meminimumkan *material handling*, mengurangi waktu tunggu dan mengurangi kemacetan, memberikan jaminan keamanan, keselamatan dan kenyamanan bagi tenaga kerja, mempersingkat proses manufaktur, mengurangi persediaan setengah jadi dan mempermudah aktivitas supervisi (Purnomo, 2004),

b. Material Handling (Pemindahan Bahan)

Sistem pemindahan bahan baku memegang peranan yang sangat penting dalam perencanaan suatu pabrik. Pada sebagian besar *manufacturing*, orang beranggapan bahwa lebih baik bahan yang bergerak atau berpindah dari pada orang atau mesinnya (Wignjosoebroto, 2009).

Satu dari beberapa kesimpulan umum yang dapat ditarik mengenai pemindahan bahan adalah bahwa cakupan pemindahan bahan sangat luas dan pentingnya pemindahan barang menjadikannya dikenali lebih luas. Hal ini dikarenakan kegiatan pemindahan atau pengangkutan pada suatu perusahaan tertentu dapat mencapai sekitar 50% sampai 70% kegiatan produksi, dan bukan 20% atau 10% seperti yang biasanya dikemukakan (Apple, 1990).

Kegiatan material handling adalah kegiatan yang tidak produktif, karena pada kegiatan ini bahan tidak mendapat perubahan bentuk atau perubahan nilai, sehingga sebenarnya akan mengurangi kegiatan yang tidak efektif dan mencari ongkos *material handling* terkecil. Menghilangkan transportasi, tidaklah mungkin dilakukan, maka caranya adalah dengan melakukan *hand off*, yaitu menekan jumlah ongkos yang digunakan untuk biaya transportasi. Menekan jumlah ongkos transportasi dapat dilakukan dengan cara menghapus langkah transportasi, mekanisasi, atau meminimasi jarak.

c. Ongkos Material Handling

Ongkos material handling adalah suatu ongkos yang timbul akibat adanya aktivitas material dari satu mesin ke mesin lain atau dari satu departemen ke departemen lain yang besarnya ditentukan pada satuan tertentu. Satuannya adalah rupiah/meter gerakan. Faktor-faktor yang mempengaruhi perhitungan ongkos *material handling* (OMH) adalah alat angkut yang digunakan, jarak pengangkutan dan cara pengangkutannya.

Pada dasarnya setelah ditentukan alat angkut serta jarak untuk setiap pengangkutan, maka ongkos *material handling* dapat segera diketahui, dimana:

$$\text{Total OMH} = (\text{Ongkos alat angkut per meter gerakan}) \times (\text{jarak tempuh pengangkutan}) \quad (1)$$

Untuk mencari ongkos per periode waktu tertentu, dapat dihitung dengan menambahkan frekuensi pengangkutan per satuan waktu yang diinginkan. Misalnya untuk menghitung OMH dalam 1 hari kerja adalah:

$$\text{Total OMH} = (\text{Ongkos alat angkut per meter gerakan}) \times (\text{jarak tempuh pengangkutan}) \times (\text{frekuensi pengangkutan dalam 1 hari}) \quad (2)$$

d. Pengaruh Pemindahan Bahan Pada Perencanaan Tata Letak Pabrik

Masalah aliran muncul dari adanya kebutuhan untuk memindahkan bahan, komponen, orang dari permulaan proses sampai pada akhir proses untuk mencapai lintasan yang paling efisien. Hampir setiap orang berpendapat bahwa dalam meningkatkan produktivitas akan berhasil jika ditunjang oleh aliran elemen yang bergerak melalui fasilitas yang efisien.

Aliran material yang lancar secara otomatis akan mengurangi biaya aliran, dengan demikian tingkat produktivitas akan meningkat. Lintasan yang simpang siur menunjukkan kurangnya perencanaan aliran material.

e. Activity Relationship Chart (ARC)

Activity Relationship Chart atau Peta Hubungan Kerja kegiatan adalah aktifitas atau kegiatan antara masing-masing bagian yang mengkan penting tidaknya kedekatan ruangan.

Activity Relationship Chart sangat berguna ununtuk perencanaan dan analisis hubungan aktivitas antar masing-masing departemen. Pada dasarnya diagram ini menjelaskan mengenai hubungan pola aliran bahan dan lokasi dari masing-masing departemen penunjang terhadap departemen produksinya. Pada dasarnya *Activity Relationship Chart* ini hampir mirip dengan *From To Chart*, hanya saja disini analisisnya bersifat kualitatif. Kalau pada *From To Chart* analisis dilaksanakan berdasarkan angka-angka berat/volume dan jarak perpindahan bahan dari satu departemen ke departemen lain, maka *Activity Relationship Chart* akan menggantikan kedua hal tersebut dengan kode huruf yang akan menunjukkan derajat hubungan aktivitas secara kualitatif dan juga kode angka yang akan menjelaskan alasan untuk pemilihan kode huruf tersebut (Wignjosubroto, 2009).

f. From To Chart

From To Chart biasanya berguna apabila barang yang mengalir pada suatu wilayah berjumlah banyak, seperti pada bengkel, kantor atau fasilitas lainnya. Hal ini berguna jika terjadi keterkaitan antara beberapa kegiatan dan jika diinginkan adanya penyusunan kegiatan yang optimum.

From To Chart secara umum mempunyai beberapa keuntungan dan kegunaan dalam hal-hal menganalisa perpindahan bahan, perencanaan pola aliran, mengukur efisiensi pola aliran, menunjukkan ketergantungan suatu aktivitas dengan aktivitas lainnya, merencanakan hubungan antara sejumlah produk, bagian, item, jumlah hubungan antara aktivitas dan pergerakan diantaranya, memperpendek jarak perjalanan dalam suatu proses.

g. Pengukuran Jarak (Distance Measurement)

Pengukuran jarak adalah untuk menentukan sejauh mana atau ukuran panjang juga lebar dari suatu lokasi atau lokasi satu dengan yang lainnya. Ada beberapa ukuran yang digunakan untuk memperkirakan jarak dalam tata letak yaitu (Hadiguna, 2008) :

1). *Euclidean* yaitu dengan mengukur secara garis lurus jarak antara pusat fasilitas-fasilitas.

$$d_{ij} = \sqrt{[(X_i - X_j)^2 + (Y_i - Y_j)^2]} \quad (3)$$

Keterangan :

X_i : Koordinat X pada pusat fasilitas i

Y_i : Koordinat Y pada pusat fasilitas i
 d_{ij} : Jarak antara pusat fasilitas i ke j

- 2). *Squared euclidean* merupakan kuadrat dari *euclidean* yang mencerminkan bobot terbesar jarak dua pasang titik yang saling berdekatan.

$$d_{ij} = (X_i - X_j)^2 + (Y_i - Y_j)^2 \quad (4)$$

Dengan formula momen perpindahan adalah :

$$Z_{A-B} = f_{A-B} X d_{A-B} \quad (5)$$

Keterangan :

f_{A-B} : Frekuensi perpindahan

d_{A-B} : Jarak perpindahan

- 3). *Rectilinear* yang dikenal juga dengan Manhattan, sudut kanan, atau matriksempat persegi.

$$d_{ij} = |X_i - X_j| + |Y_i - Y_j| \quad (6)$$

h. Algoritma BLOCPLAN

BLOCPLAN merupakan sistem perancangan tata letak fasilitas yang dikembangkan oleh Donaghey dan Pire pada departemen teknik industri, universitas Houston. Program ini membuat dan mengevaluasi tipe-tipe tata letak dalam merespon data masukan.

Metode BLOCPLAN merupakan metode hybrid yang menggabungkan metode pembentukan dengan metode perbaikan—di mana tata letak awal dibuat dengan metode pembentukan dan untuk perbaikannya dilakukan dengan menggunakan metode perbaikan. Selain menggunakan *From-To Chart*, BLOCPLAN dapat pula menggunakan data kualitatif yang diperoleh dari *Activity Relationship Chart* dan ukuran bangunan yang akan ditempati oleh fasilitas sebagai masukan.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

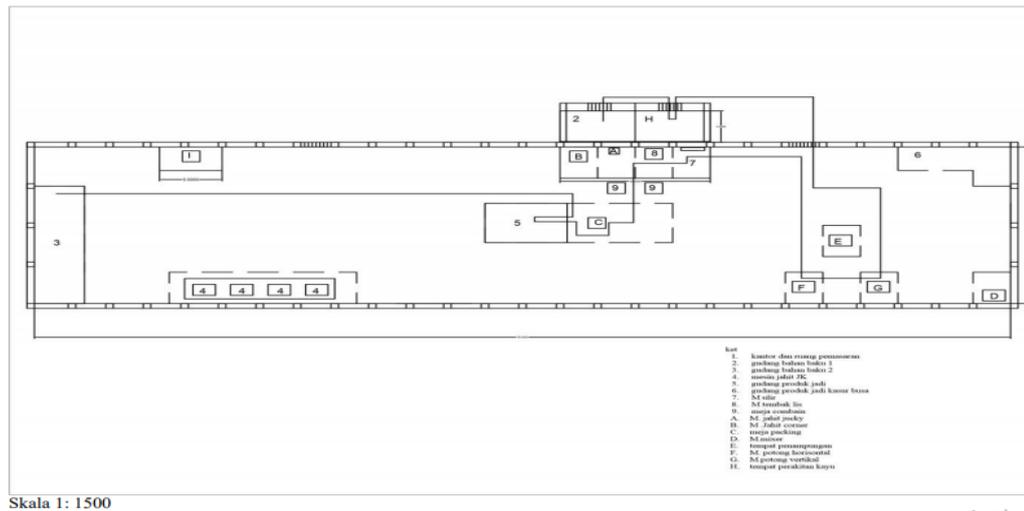
Data yang dikumpulkan berupa tata letak awal, data aliran perpindahan bahan, proses produksi dan ongkos *material handling*. Gambar 1 mengilustrasikan produk *springbed* yang diproduksi oleh PT. X.



Gambar 1. Produk *Springbed*

a. Layout Awal

Layout awal PT. X dapat dilihat pada Gambar 2 berikut ini.



Gambar 2. Layout Awal PT. X

Gambar 2 di atas merupakan *layout* awal PT. X yang di dalamnya terdapat beberapa mesin untuk menunjang proses produksi pembuatan *springbed* dengan bagian departemen dengan fungsinya masing-masing. Terdapat kantor dan ruang pemasaran, dan terdiri dari beberapa departemen yaitu departemen bahan baku, departemen produk jadi dan kasur busa. Untuk proses penjahitan memiliki 3 mesin jahit yaitu mesin jahit JK mesin jahit corner, dan mesin jahit jucky serta mesin ulir untuk pembuatan per ulir. Proses pemotongan terdapat 2 mesin potong yaitu mesin potong vertical dan horizontal. Dan mesin tembak list serta tempat gudang produk jadi.

Pada kondisi awal rantai produksi, pengaturan tata letak pada PT. X cenderung menempatkan mesin dan peralatan sejenis dengan kesamaan fungsi dan prosesnya. Akan tetapi, terdapat beberapa stasiun kerja yang seharusnya berdekatan sesuai urutan prosesnya justru diletakkan berjauhan. Hal ini menyebabkan jarak perpindahan material semakin panjang sehingga menyebabkan tingginya momen perpindahan yang terjadi. Contohnya adalah antara departemen mesin potong horizontal dan mesin potong vertical, dengan departemen mesin ulir yang seharusnya berdekatan, pada kondisi awalnya justru diletakkan berjauhan. Ini akan mengakibatkan momen perpindahan menjadi tinggi.

b. Luas Lantai Produksi

Berdasarkan hasil pengukuran, maka diperoleh luas untuk masing-masing stasiun kerja adalah sebagai berikut :

Tabel 1. Luas Keseluruhan Stasiun Kerja

Stasiun Kerja	Jumlah	Inisial	Dimensi(m)		Luas (m ²)
			P	L	
1 Kantor dan ruang pemasaran	1	KRP	4	5	20
2 Gedung bahan baku 1	1	GBB	4	10	40
3 Gedung bahan baku 2	1	GBB2	4,6	10	46
4 Mesin jahit JK	4	MJK	4	20	320
5 Gedung produk jadi	1	GPJ	8	25	200
6 Gedung produk jadi Kasur busa	1	GPJ	10	15	150
7 Mesin ulir	1	MU	12	4,35	52,20
8 Mesin tembak list	1	MTL	12	25	300
9 Meja combain	1	MC	4	3,5	14
10 Mesin jahit jucky	1	MJJ	3,13	0,98	3,07
11 Mesin jahit corner	1	MJC	5	5,6	28

	Stasiun Kerja	Jumlah	Inisial	Dimensi(m)		Luas (m ²)
				P	L	
12	Meja packaging	1	MP	5	8,2	41
13	Mesin mixer	2	MM	3,66	2,44	8,93
14	Tempat penampungan	1	TP	3,3	2,1	6,93
15	Mesin potong vertical	2	MPV	2,44	1,22	2,98
16	Mesin potong horizontal	1	MPH	5,96	1,74	10,37
17	Tempat perakitan kayu	8	TPK	2,44	1,22	2,98

Sedangkan untuk proses pembuatan produk *springbed*, luas untuk masing-masing stasiun kerja adalah sebagaimana Tabel 2.

Tabel 2. Luas Stasiun Kerja Produk *Springbed*

	Stasiun Kerja	Jumlah	Inisial	Dimensi(m)		Luas (m ²)
				P	L	
1	Gedung bahan baku	1	GBB	4	10	40
2	Gedung produk jadi	1	GPJ	8	25	200
3	Mesin ulir	1	MU	12	4,35	52,20
4	Meja packaging	1	MP	5	8,2	41
5	Mesin potong vertical	2	MPV	2,44	1,22	2,98
6	Mesin potong horizontal	1	MPH	5,96	1,74	10,37
7	Tempat perakitan kayu	8	TPK	2,44	1,22	2,98

c. Penentuan Titik Koordinat *Layout Awal*

Pada pengukuran jarak *rectalinier* yang harus dilakukan menentukan titik koordinat tiap stasiun kerja. Titik koordinat layout awal dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Titik Koordinat Stasiun Kerja

Kode	Stasiun Kerja	X	Y
GB	Gudang Bahan Baku	82,2337	85,3738
TPK	Tempat Perakitan Kayu	87,4744	85,6457
MPV	Mesin Potong Vertical	104,3967	65,3222
MPH	Mesin Potong Horizontal	98,0637	65,3222
MU	Mesin Ulir	89,1513	80,3536
MP	Meja Packaging	82,6736	72,4231.
GPJ	Gudang Produk Jadi	76,7523	72,5439
PM	Penyimpanan	82,2337	85,3738

d. Perhitungan Jarak Awal

Perhitungan jarak *material handling* antar departemen *layout awal* yang berkaitan dapat dilakukan dengan menggunakan rumus (6). Hasil perhitungan selengkapnya dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Perhitungan Jarak *Layout awal*

No.	Stasiun Kerja Dari	Stasiun Kerja Ke	Jarak (m)
1	Gudang Bahan Baku	Tempat Perakitan Kayu	5,5126
2	Tempat Perakitan Kayu	Mesin Potong Vertical	37,2458
3	Mesin Potong Vertical	Mesin Potong Horizontal	6,333
4	Mesin Potong Horizontal	Mesin Ulir	23,9438
5	Mesin Ulir	Meja Packaging	14,4082
6	Meja Packaging	Gudang Produk Jadi	6,0421
7	Gudang Produk Jadi	Penyimpanan	41,7956
Total			135,2811

e. Perhitungan Total Ongkos *Material Handling* Awal

Untuk perhitungan Ongkos materiang handing per meter maka diperlukan data-data sebagai berikut :

Tabel 5. Data Perhitungan OMH

Keterangan	Jumlah
Jamkerja/hari	8 jam
Jumlah hari kerja/minggu	6 hari
Jumlah hari kerja/bulan	24 hari
Gaji pekerja/bulan	2.500.000
Gaji pekerja/hari	104.167
Jumlah pekerja	30 orang
Jumlah produksi harian	12 piece

Berdasarkan tabel 5, maka diketahui upah tenaga kerja per bulan adalah Rp 2.500.000 dengan hari kerja adalah 24 hari. Jarak *material handling* dalam satu kali periode kerja adalah 135,2811 meter. Maka diperoleh ongkos *material handling* per hari sebesar Rp. 770,0016. Berdasarkan jarak antara stasiun kerja fasilitas produksi awal, besarnya aliran produksi (frekuensi) dan ongkos *material handling* per meter, maka total ongkos *material handling* dapat diketahui dengan mengalikan jarak, besarnya frekuensi dan ongkos *material handling* per meter tersaji pada Tabel 6.

Tabel 6. Perhitungan Ongkos *Material Handling* Awal

No.	Dari	Ke	Jarak (m)	Frekuensi	Jenis Transportasi	Jarak Total (m)	OMH/hari (Rp)	Total OMH (Rp)
1	GB	TPK	4,9688	4	Manusia	19,8725	770,0016	15.301,8567
2	TPK	MPV	37,2458	4	Manusia	148,9832	770,0016	114.717,3023
3	MPV	MPH	6,3330	3	Manusia	18,9990	770,0016	14.629,2604
4	MPH	MU	23,9438	4	Manusia	95,7752	770,0016	73.747,0572
5	MU	MP	1,4528	4	Manusia	5,8112	770,0016	4.474,6332
6	MP	GPJ	6,0421	3	Manusia	18,1263	770,0016	13.957,2800
7	GPJ	PM	41,7956	5	Manusia	208,9780	770,0016	160.917,2729
Total			121,7819			516,5454		397.744,6627

f. *From To Chart*

From To Chart ini merupakan peta yang menunjukkan besarnya total ongkos *material handling* perpindahan material yang dialami selama proses produksi dan tersaji pada Tabel 7.

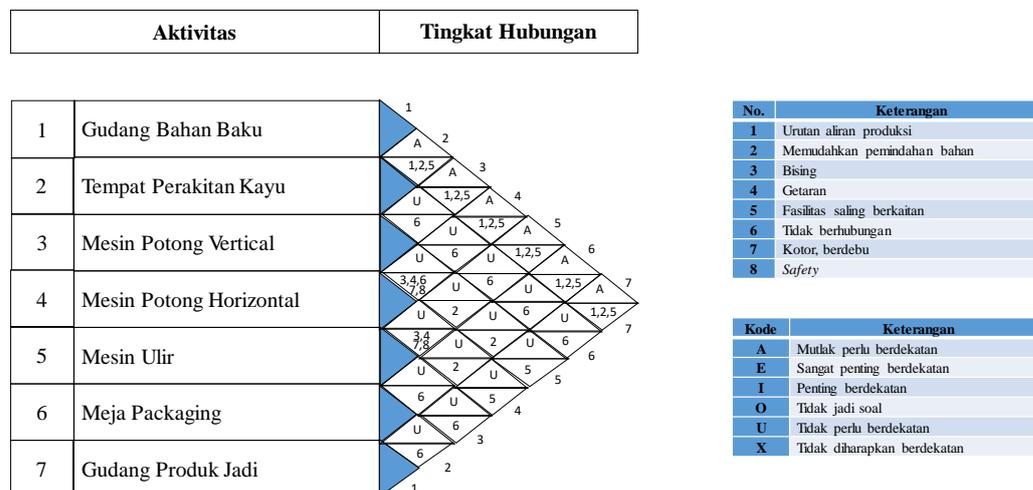
Tabel 7. *From to Chart* Ongkos *Material Handling*

From \ To	<i>From To Chart</i>								Total
	GB	TPK	MPV	MPH	MU	MP	GPJ	PM	
GB		15.301,86							15.301,86
TPK			114.717,30						114.717,30
MPV				14.629,26					14.629,26
MPH					73.747,06				73.747,06
MU						4.474,63			4.474,63
MP							13.957,28		13.957,28
GPJ								160.917,27	160.917,27
PM									
Total		15.301,86	114.717,30	14.629,26	73.747,06	4.474,63	13.957,28	160.917,27	397.744,66

g. Activity Relationship Chart (ARC)

ARC dibuat berdasarkan pertimbangan frekuensi aliran perpindahan bahan antar tiap stasiun, frekuensi perpindahan operator/tenaga kerja, kesamaan alat *material handling* yang digunakan dan juga hal-hal mengenai faktor kenyamanan saat bekerja.

Pada ARC digambarkan hubungan kedekatan antar departemen dengan menggunakan simbol-simbol kedekatan dengan alasan-alasan yang mendekatkan dan menjauhkan departemen tersebut. Untuk tiap derajat kedekatan yang ditampilkan dalam bentuk ARC, data tersebut didapatkan dari hasil wawancara dengan pemilik dan beberapa orang karyawan. Adapun penggambaran ARC antar departemen pada rantai produksi dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. ARC Antar Departemen

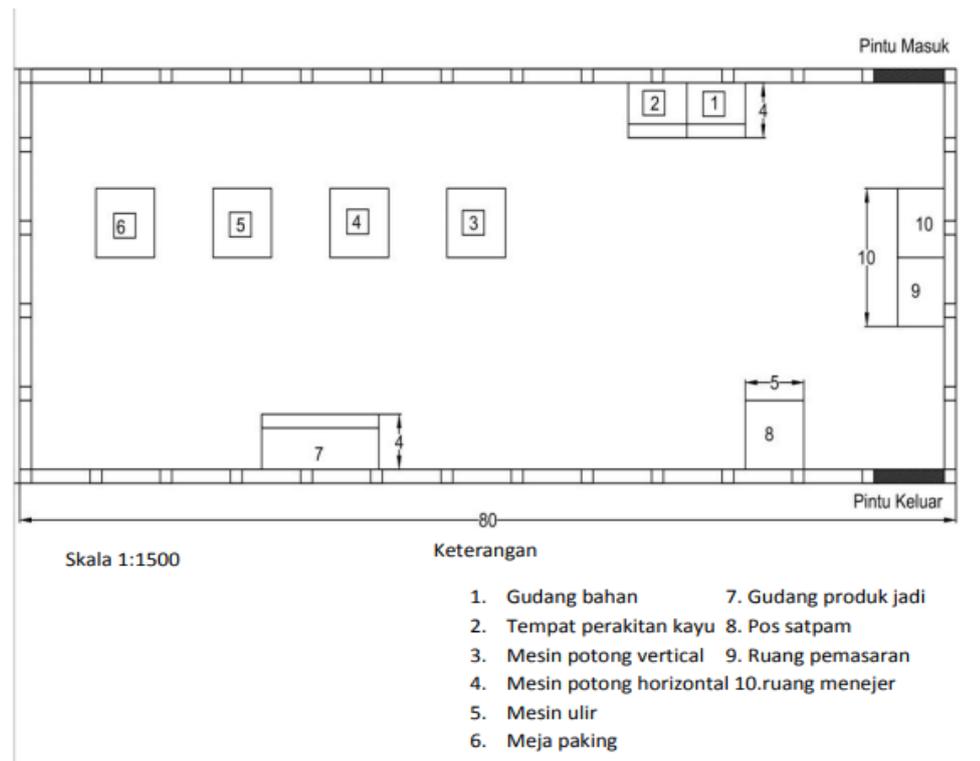
h. Perancangan Layout Dengan Menggunakan Software *Blocplan*

Hasil pengolahan data dengan menggunakan software BLOCPLAN memperoleh 20 layout usulan yang dapat dilihat pada tabel 8.

Tabel 8. Hasil Iterasi Algoritma BLOCPLAN

Layout	Adj. Score	Rel-Dist Score	Produk Moment
1	0,83 - 8	0,65 - 12	721 - 12
2	1,00 - 1	0,84 - 4	502 - 4
3	0,83 - 8	0,58 - 13	703 - 9
4	0,83 - 8	0,69 - 11	696 - 8
5	1,00 - 1	0,83 - 2	709 - 10
6	0,83 - 8	0,77 - 8	739 - 13
7	0,83 - 8	0,82 - 5	529 - 5
8	0,83 - 8	0,75 - 9	618 - 7
9	1,00 - 1	0,78 - 7	538 - 6
10	1,00 - 1	0,74 - 10	472 - 3
11	1,00 - 1	0,81 - 6	461 - 2
12	1,00 - 1	0,83 - 2	709 - 10
13	1,00 - 1	0,86 - 1	459 - 1

Berdasarkan hasil iterasi algoritma BLOCPLAN pada tabel 8 maka layout usulan yang terpilih dengan hasil R-Score tertinggi atau yang mendekati 1 yaitu layout 13 dengan score 0,86. Output berupa layout dari software BLOCPLAN maka dilakukan penyesuaian sesuai dengan kondisi perusahaan PT. X. Berikut layout usulan berdasarkan software BLOCPLAN dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Layout Usulan Berdasarkan Hasil Software BLOCPLAN

i. Titik Koordinat Layout Usulan

Titik koordinat layout usulan yang diperoleh berdasarkan software BLOCPLAN dapat dilihat pada Tabel 9.

Tabel 9. Koordinat Layout Usulan

No.	Stasiun Kerja	X	Y
1	Gudang Bahan Baku	4,19	4,29
2	Tempat Perakitan Kayu	1,40	4,29
3	Mesin Potong Vertical	1,48	9,01
4	Mesin Potong Horizontal	4,44	9,01
5	Mesin Ulir	6,50	9,01
6	Meja Packaging	8,26	9,01
7	Gudang Produk Jadi	7,51	4,29

j. Perhitungan Jarak Layout Usulan

Perhitungan jarak *material handling* antar departemen *layout* usulan yang berkaitan dapat dilakukan dengan menggunakan rumus (6). Hasil perhitungan selengkapnya dapat dilihat pada Tabel 10.

Tabel 10. Jarak Layout Usulan

No.	Stasiun Kerja Dari	Stasiun Kerja Ke	Jarak (m)
1	Gudang Bahan Baku	Tempat Perakitan Kayu	2,97
2	Tempat Perakitan Kayu	Mesin Potong Vertical	4,80
3	Mesin Potong Vertical	Mesin Potong Horizontal	2,96
4	Mesin Potong Horizontal	Mesin Ulir	2,06
5	Mesin Ulir	Meja Packaging	1,76
6	Meja Packaging	Gudang Produk Jadi	5,47
7	Gudang Produk Jadi	Penyimpanan	2,79
Total			22,81

k. Perhitungan Ongkos *Material Handling* Usulan

Tabel 11. Perhitungan Ongkos *Material Handling* Usulan

No.	Dari	Ke	Jarak (m)	Frekuensi	Jenis Transportasi	Jarak Total (m)	OMH/hari (Rp)	Total OMH (Rp)
1	GB	TPK	2.97	4	Manusia	11.88	770.0016	914.7790
2	TPK	MPV	4.80	4	Manusia	19.20	770.0016	1,478.4307
3	MPV	MPH	2.96	3	Manusia	8.88	770.0016	6,837.6142
4	MPH	MU	2.06	4	Manusia	8.24	770.0016	6,344.8131
5	MU	MP	1.76	4	Manusia	7.04	770.0016	5,420.8113
6	MP	GPJ	5.47	3	Manusia	16.41	770.0016	12,635.7263
7	GPJ	PM	2.79	5	Manusia	13.95	770.0016	10,741.5223
Total			22.81			85.60		44,373.6969

Jumlah perhitungan total jarak *material handling* antar stasiun kerja secara keseluruhan untuk tata letak layout usulan dengan menggunakan rumus *rectalinier* 22,81 m. Dari perbandingan yang telah dilakukan dari perhitungan jarak *material handling* layout awal maka dapat meminimalisasi total jarak pemindahan bahan sebesar 98,9719 m. Lebih lengkapnya dapat dilihat pada tabel rekapitulasi layout awal dan layout usulan pada Tabel 12.

Tabel 12. Rekapitulasi *Layout* Awal dan *Layout* Usulan

	Total Jarak (m)	Total OMH (Rp)
<i>Layout</i> Awal	121,78	397.744,6627
<i>Layout</i> Usulan	22,81	44.373,6969
Selisih	98,97	353.370,9658

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengolahan data yang telah dilakukan, maka dapat diperoleh kesimpulan yaitu berdasarkan pengolahan data menggunakan algoritma BLOCPLAN, diperoleh *layout* awal untuk lantai produksi adalah sebesar 121,78 m dengan total OMH awal sebelum dilakukan perbaikan adalah sebesar Rp 397.744,6627 per hari. Sedangkan untuk *layout* usulan adalah sebesar 22.18 m dengan total OMH usulan yaitu sebesar Rp 44.373,6969 per hari. Besarnya penurunan total OMH ini adalah Rp 353.370,9658 per hari.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penelitian ini dapat dilaksanakan dengan baik atas bantuan dari berbagai pihak. Untuk itu peneliti mengucapkan banyak terima kasih yang kepada manajer dan karyawan PT. X yang telah bersedia menyediakan tempat dan memberikan data penelitian yang dibutuhkan dalam penulisan penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Apple, J. M. (1990). *Tata Letak Pabrik dan Pemindahan Bahan* (ke-3). ITB BANDUNG.
- Hadiguna et al, (2008). *Tata Letak Pabrik*. Penerbit ANDI: Yogyakarta.
- Purnomo. (2004). *Perencanaan & Perancangan Fasilitas* (Ke-1). Graha Ilmu, Yogyakarta.
- Siregar, R. M., Sukatendel, D., Tarigan, U., Industri, D. T., Teknik, F., Utara, U. S., & Handling, M. (2013). Perancangan Ulang Tataletak Fasilitas Produksi Dengan Menerapkan Algoritma Blocplan Dan Algoritma Corelap Pada Pt. Xyz. *Jurnal Teknik Industri USU*, 1(1), 35–44. <https://jtai.politala.ac.id/index.php/JTAI/article/view/54>
- Vaidya, R. D., et al., (2013). Analysis Plant Layout for Effective Production. *International Journal of Engineering and Advanced Technology (IJEAT)*. 2(3): 500-504, https://www.academia.edu/11748667/Analysis_Plant_Layout_for_Effective_Production
- Wignjosoebroto, S. (2009). *Tata Letak Pabrik dan Pemindahan Bahan* (Ke-3 Cetak). Guna Widya, Surabaya.

PENERAPAN GOOD MANUFACTURING PRACTICE PADA UD. XYZ DI KOTA TUAL

Nil Edwin Maitimu*

Program Studi Teknik Industri, Universitas Pattimura, Kota Ambon, Indonesia

Marcy L. Pattiapon

Program Studi Teknik Industri, Universitas Pattimura, Kota Ambon, Indonesia

E-mail korespondensi: edwinmaitimu@yahoo.com

ABSTRAK

Usaha kecil menengah berperan penting dalam mendukung ekonomi Nasional, terutama pada bidang pangan olahan hasil laut. Olahan hasil laut dalam bentuk abon ikan merupakan usaha home industry UD. XYZ. Kondisi usaha abon ikan akan terhambat dengan adanya kejadian-kejadian yang tidak diharapkan atau risiko negatif yang dapat menimbulkan kerugian terjadinya kecacatan produk abon ikan. Hal ini berkaitan dengan proses sanitasi yang belum maksimal dalam hal sanitasi pekerja, sanitasi alat dan wadah, dan sanitasi bangunan. Penelitian ini bertujuan untuk mengimplementasikan SSOP pada proses produksi Abon Ikan dan menghasilkan produk Abon Ikan yang bermutu dan aman dikonsumsi. Untuk meningkatkan kualitas dan mutu produk, juga sebagai pedoman tatacara memproduksi bahan pangan dengan baik dan benar pada seluruh mata rantai produksi, dimulai dari pengadaan bahan baku hingga akhir dan menekankan higien pada setiap tahapan menggunakan metode Good Manufacturing Practice (GMP). Hasil penelitian menunjukkan bahwa penerapan SSOP pada Home Industry XYZ telah dilaksanakan secara baik dengan mengusulkan Sanitation Standard Operating Prosedure (SSOP) yang sesuai dengan standar operasi yang berlaku untuk mengurangi atau menghilangkan kontaminasi terhadap produk akhir abon ikan. Penerapan Good Manufacturing Practice, terdapat 12 sub kriteria yang tidak sesuai dengan peraturan. Dari tingkat penyimpangan yang ditemukan dapat disimpulkan bahwa pengolahan abon ikan berada pada level III dengan total skor 172 yaitu cukup memuaskan. Untuk itu perusahaan perlu melengkapi penerapan GMP sesuai peraturan Menteri Perindustrian Republik Indonesia No.75/M-IND/PER/7/2010.

Kata Kunci: *Good Manufacturing Practice, Sanitation Standard Operating Prosedure, Abon Ikan, Mutu Produk.*

ABSTRACT

Small and medium enterprises play an important role in supporting the national economy, especially in the field of seafood processed foods. Processed seafood in the form of shredded fish is home industry UD XYZ businesses. The condition of the shredded fish business will be hampered by unexpected events or negative risks that can cause losses. This is related to the sanitation process that has not been maximized in terms of worker sanitation, sanitation of tools and containers, and building sanitation. This study aims to implement SSOP in the production process and produce quality and safe of fish shredded products. To improve quality and product quality guidelines, as well as proper and correct production procedures throughout the production chain, starting from the procurement of raw materials to the end and hygiene at every stage using the Good Manufacturing Practice (GMP) method. The results showed that the application of SSOP at Home Industry XYZ has been carried out well by proposing a Sanitation Standard Operating Procedure (SSOP) in accordance with applicable operating standards to reduce or eliminate contamination of the final product of shredded fish. Implementation of

Good Manufacturing Practice, there are 12 sub-criteria that are not in accordance with the regulations. From a fairly good level, it can be said that the processing of shredded fish is at level III with a total score of 172 satisfactory. For this reason, companies need to complete the implementation of GMP in accordance with the regulation of the Minister of Industry of the Republic of Indonesia No.75/M-IND/PER/7/2010.

Keywords: *Good Manufacturing Practice, Sanitation Standard Operating Procedure, Shredded Fish, Product Quality.*

1. PENDAHULUAN

Home Industry UD. XYZ merupakan usaha kecil menengah yang bergerak dalam bidang pangan terutama sentra olahan hasil laut yang menghasilkan abon ikan. Proses pemasaran olahan abon ikan ini masih dalam seputaran Kota Tual. Kondisi usaha abon ikan akan terhambat dengan adanya kejadian-kejadian yang tidak diharapkan atau risiko negatif yang dapat menimbulkan kerugian terjadinya kecacatan produk abon ikan. Hal ini berkaitan dengan proses sanitasi yang belum maksimal dalam hal sanitasi pekerja, sanitasi alat dan wadah, dan sanitasi bangunan. Selanjutnya pada sanitasi alat dan wadah seperti pemilihan sarana pengolahan yang mudah dibersihkan dan dipelihara agar tidak mencemari pangan. Kemudian pada sanitasi bangunan yang didalamnya terkait dengan lingkungan sekitar tempat produksi seperti saluran pembuangan limbah, sumber air, dan fasilitas ruangan produksi yang kurang memadai sehingga harus di desain sedemikian rupa agar tidak mencemari sumber air dan hasil olahan pangan.

GMP (*Good Manufacturing Practices*) merupakan pengolahan makanan dasar untuk mendapatkan kualitas yang konsisten dan keamanan pangan. GMP merupakan sistem yang melakukan penanganan dalam pengolahan makanan mulai dari pengadaan bahan mentah hingga makanan yang siap dikonsumsi. Dalam rangka mendapatkan keamanan pangan maka harus melaksanakan penerapan GMP dengan baik (Varzakas dan Ioannis, 2008). Aspek GMP yang perlu diperhatikan dalam penanganan pangan meliputi pekerja, fasilitas dan lingkungan, peralatan, dan proses pengolahan makanan yang baik (Awua et al., 2007). Namun menurut Somwang et al. (2013), menyatakan aspek GMP dalam penanganan makanan terdiri dari pekerja, produksi makanan, pemeliharaan, bangunan dan fasilitas, peralatan, dan sanitasi.

2. BAHAN DAN METODE

a. Pengertian *Good Manufacturing Practices*

GMP merupakan pedoman cara memproduksi makanan yang baik pada seluruh rantai makanan, mulai dari produksi primer sampai konsumen akhir dan menekankan hygiene pada setiap tahap pengolahan. (GMP) berisi penjelasan-penjelasan tentang persyaratan minimum dan pengolahan umum yang harus dipenuhi dalam penanganan bahan pangan di seluruh mata rantai pengolahan dari mulai bahan baku sampai produk akhir (Sutikno, 2017).

Good Manufacturing Practices (GMP) atau Cara Produksi Makanan yang Baik (CPMB) merupakan suatu pedoman cara memproduksi makanan dengan tujuan agar produsen memenuhi persyaratan-persyaratan yang telah ditentukan untuk menghasilkan produk makanan bermutu sesuai dengan tuntutan konsumen (Thaheer, 2008). Penerapan GMP dapat mengacu berbagai referensi, namun sejauh ini tidak ada standar internasional yang bersifat official seperti halnya standar ISO. Oleh karena itu, berbagai negara dapat mengembangkan standar GMP tersendiri, seperti di Indonesia terdapat berbagai standar GMP yang diterbitkan oleh BPOM (Badan Pengawasan Obat dan Makanan) sesuai dengan jenis produk yang dihasilkan. Sebagai contoh beberapa standar GMP tersebut:

1. Standar GMP untuk industri obat-obatan disebut dengan CPOB (Cara Pembuatan Obat yang Baik).
2. Standar GMP untuk industri makanan disebut dengan CPMB (Cara Pembuatan Makanan yang Baik).

3. Standar GMP untuk industri kosmetik disebut dengan CPKB (Cara Pembuatan Kosmetik yang Baik).
4. Standar GMP untuk industri obat tradisional disebut dengan CPOTB (Cara Pembuatan Obat Tradisional yang Baik).

b. Tujuan *Good Manufacturing Practices*

Tujuan penerapan *Good Manufacturing Practices* (GMP) dalam sebuah industri pangan adalah agar produsen dapat memproduksi suatu produk pangan sesuai dengan syarat-syarat yang telah ditentukan dan aman dari segala bentuk kontaminasi yang membahayakan konsumen (Yulia et al., 2020). Selain itu, penerapan GMP juga menjadi salah satu upaya yang dapat dilakukan untuk mengembangkan industri pangan skala kecil agar produk yang dihasilkan memiliki mutu yang baik, aman untuk konsumen, tersedia secara berkesinambungan, dan memiliki daya saing tinggi secara ekonomis serta sesuai dengan tuntutan konsumen (Wardanu dan Anhar, 2016).

c. Sanitasi Pangan

Sanitasi adalah serangkaian proses yang dilakukan untuk menjaga kebersihan. Sanitasi dilakukan sebagai usaha mencegah penyakit atau kecelakaan dari konsumsi pangan yang diproduksi dengan cara menghilangkan atau mengendalikan faktor-faktor di dalam pengolahan pangan yang berperan dalam pemindahan bahaya (hazard) sejak penerimaan bahan baku, pengolahan, pengemasan dan penggudangan produk, sampai produk akhir didistribusikan (Thaheer, 2008).

Sanitasi pangan bertujuan untuk melindungi kesehatan masyarakat melalui pengurangan ataupun penghilangan cemaran dalam bahan makanan. Bagi industri, sanitasi juga dapat mengurangi kerugian ekonomi yang disebabkan oleh kebusukan atau komplain konsumen karena adanya bahan-bahan yang tidak seharusnya ada dalam makanan seperti bagian-bagian serangga dan sebagainya (Hariyadi dan Dewanti, 2011).

d. *Sanitation Standard Operating Procedures* (SSOP)

Suatu prosedur standar yang dapat membantu industri pangan dalam mengembangkan dan menerapkan prosedur pengawasan sanitasi, melakukan monitoring sanitasi, serta memelihara kondisi dan praktik sanitasi diperlukan dalam proses sanitasi. Prosedur standar yang digunakan adalah prosedur operasi standar untuk sanitasi (*Sanitation Standard Operating Procedures – SSOP*). SSOP mencakup seluruh area dalam memproduksi suatu produk pangan mulai dari kebijakan perusahaan mengenai prosedur standar untuk masing-masing aspek SSOP, petugas yang bertanggung jawab terhadap masing-masing aspek SSOP, cara pemantauan sampai cara pendokumentasiannya (Thaheer, 2008).

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisis dilakukan untuk memberikan keterangan dan pembahasan tentang pengolahan data yang telah dilakukan. Metode yang digunakan dalam tahap analisis adalah dengan menggunakan penentuan SSOP sesuai dengan ketentuan standar operasi. Penilaian kesesuaian penerapan GMP dilakukan terhadap 8 unsur, yaitu: lokasi, bangunan, fasilitas sanitasi, mesin dan peralatan, bahan, pengawasan proses, pengemasan, label dan keterangan produk. Dari masing-masing unsur tersebut dilakukan penilaian berkaitan dengan parameter standar yang ditetapkan. Penilaian terhadap parameter tersebut dilakukan dengan metode *skoring*, yaitu:

Nilai 0 – 1 Apabila persyaratan atau proses tidak dilakukan sesuai persyaratan

Nilai 2 – 4 Apabila dilaksanakan hanya sebagian kecil dari persyaratan

Nilai 5 – 8 Apabila dilaksanakan sebagian besar atau mendekati persyaratan

Nilai 9 – 10 Apabila proses atau persyaratan telah dilaksanakan sepenuhnya.

Selanjutnya, untuk mengetahui apakah metode GMP telah diterapkan dengan baik oleh pelaku usaha, maka dilakukan penjumlahan nilai dari masing-masing parameter yang diamati. Total nilai kurang dari 50 diartikan bahwa industri tersebut tidak menerapkan cara pengolahan

yang benar. Total nilai antara 50- 100 diartikan kurang sesuai dengan cara pengolahan yang benar. Total nilai antara 100-200 diartikan mendekati persyaratan cara pengolahan yang benar. Total nilai antara 200-350 diartikan bahwa industri tersebut telah sesuai atau memenuhi prinsip dan prosedur cara pengolahan yang benar.

a. Identifikasi Penerapan Good Manufacturing Practice (GMP)

Penerapan GMP pada produksi abon ikan di *home industry UD. XYZ* dilakukan dengan identifikasi kondisi nyata dengan persyaratan pedoman GMP sesuai dengan peraturan Menteri Perindustrian Republik Indonesia No. 75/M-IND/PER/7/2010. Identifikasi dilakukan dengan pengamatan langsung ke objek penelitian dan wawancara dengan karyawan yang berpengalaman dan dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 1. Perhitungan Kesesuaian Penerapan GMP pada ruang lingkup

No	Ruang lingkup	Kondisi nyata	Keterangan	Skor	Kriteria Penyimpangan
1	Lokasi				
a.	Pabrik/tempat produksi harus jauh dari daerah lingkungan yang tercemar atau daerah tempat kegiatan industri/usaha yang menimbulkan pencemaran terhadap pangan olahan.	Pabrik produksi abon ikan berada di area pemukiman penduduk dan jauh dari area industri besar sehingga terhindar dari pencemaran lingkungan.	Sesuai	8	-
b.	Jalan menuju pabrik/tempat produksi seharusnya tidak menimbulkan debu atau genangan air, dengan disemen, dipasang batu atau <i>paving block</i> dan dibuat saluran air yang mudah dibersihkan.	Lokasi tempat produksi tidak menimbulkan debu atau genangan air.	Sesuai	8	-
c.	Lingkungan pabrik/tempat produksi harus bersih dan tidak ada sampah teronggok	Area pembuatan abon ikan terbebas dari sampah karena memiliki tempat pembuangan sendiri	Sesuai	6	-
d.	Pabrik/tempat produksi seharusnya tidak berada di daerah yang mudah tergenang air atau daerah banjir.	Lokasi tempat produksi berada di daerah bebas banjir dari sampah	Sesuai	8	-
e.	Pabrik/tempat produksi seharusnya bebas dari semak-semak atau daerah sarang hama.	Lokasi tempat produksi dekat dengan lahan kosong dan semak-semak yang lebat.	Tidak sesuai	0	Major
f.	Pabrik/tempat produksi seharusnya jauh dari tempat pembuangan sampah umum, limbah atau permukiman penduduk kumuh, tempat rongsokan dan tempat lain yang dapat menjadi sumber cemaran.	Lokasi tempat produksi berada jauh dari tempat pembuangan sampah umum	Sesuai	8	-
g.	Lingkungan di luar bangunan pabrik/tempat produksi yang terbuka seharusnya tidak digunakan untuk kegiatan produksi.	Kegiatan produksi yang dilakukan diluar bangunan yaitu pada proses penyiangan ikan dengan kondisi terbuka tanpa atap	Tidak sesuai	0	Major
2.	Bangunan				
a.	Desain dan tata letak. Bagian dalam ruangan dan tata letak pabrik tempat produksi seharusnya dirancang sehingga memenuhi persyaratan higiene pangan olahan yang mengutamakan persyaratan mutu dan keamanan pangan olahan.	Perusahaan abon ikan ini termasuk dalam kategori <i>home industry</i> sehingga pembersihan dari kotoran dilakukan seadanya saja dan tidak menggunakan peralatan yang lengkap.	sesuai	6	-
b.	Struktur ruangan. Struktur ruangan harus terbuat dari bahan yang tahan lama, mudah dipelihara dan dibersihkan atau didesinfeksi. Struktur ruangan pabrik tempat produksi pengolahan pangan meliputi: lantai, dinding, atap, pintu, jendela, ventilasi dan permukaan tempat kerja serta penggunaan bahan gelas.				

No	Ruang lingkup	Kondisi nyata	Keterangan	Skor	Kriteria Penyimpangan
	- Lantai	Lantai pada tempat produksi terbuat dari ubin plastik sehingga mudah licin dan tidak kedap air serta sudut antara lantai dan dinding membentuk sudut siku-siku yang dapat menahan air dan kotoran.	Tidak sesuai	0	Serius
	- Dinding	Dinding tempat produksi terbuat dari setengah beton dan setengan papan kayu.	Tidak sesuai	0	Major
	- Atap dan langit-langit	tidak ada langit langit	Tidak sesuai	0	Serius
	- Pintu	Pintu ruangan produksi membuka ke dalam.	Tidak sesuai	0	Major
	- Jendela	Bahan jendela terbuat dari papan kayu dan ukuran bangunan sesuai dengan ukuran	Sesuai	8	-
	- Ventilasi	Ventilasi tersambung langsung dengan jendela sehingga dapat mengontrol suhu agar tidak terlalu panas di dalam ruang produksi.	Sesuai	5	-
	- Permukaan tempat kerja	Proses penyiangan ikan dilakukan langsung diatas lantai yang hanya disemen.	Tidak sesuai	0	Serius
3.	Fasilitas Sanitasi	Fasilitas sanitasi pada bangunan pabrik tempat produksi dibuat berdasarkan perencanaan yang memenuhi persyaratan teknik dan hygiene, antara lain sarana penyediaan air, sarana pembuangan air dan limbah, sarana pembersihan/pencucian, sarana toilet, dan sarana hygiene karyawan.			
a.	Sarana peyediaan air	Air yang digunakan dalam proses produksi abon ikan adalah air bersih dari sumur dengan pemipaan yang sesuai.	Sesuai	7	-
b.	Sarana pembuangan air dan limbah	Pembuangan limbah cair dari penyiangan ikan dibuang langsung pada kolam dengan konstruksi galian yang diisi kembali dengan kerikil dan berjarak 2 meter dari tempat penyiangan ikan.	Sesuai	8	-
c.	Sarana pembersihan/pencucian	Untuk sarana pencucian home industri ini menggunakan air bersih yang berasal dari sumur dan memiliki sistem saluran pembuangan.	Sesuai	7	-
d.	Sarana toilet	Perusahaan memiliki 1 toilet yang digunakan dan tidak dilengkapi dengan westafel	Tidak sesuai	1	Major
e.	Sarana hygiene karyawan	Tidak ada	Tidak sesuai	0	Serius
4.	Mesin Dan Peralatan	Mesin peralatan yang kontak langsung dengan bahan pangan olahan didesain, dikonstruksi dan diletakkan sehingga menjamin mutu dan keamanan produk yang dihasilkan			

No	Ruang lingkup	Kondisi nyata	Keterangan	Skor	Kriteria Penyimpangan
a.	Mesin dan peralatan	Mudah dibersihkan dan pemeliharaan untuk mencegah pencemaran terhadap bahan pangan olahan.	Sesuai	7	-
b.	Tata letak mesin dan peralatan	Tidak sesuai dengan urutan proses produksi.	Tidak Sesuai	0	Major
c.	Pengawasan pemantauan mesin dan peralatan	Pengawasan mesin dan peralatan dilakukan sebelum dan sesudah digunakan.	Sesuai	8	-
d.	Bahan perlengkapan dan alat ukur	Belum adanya bahan perlengkapan mesin dan perlengkapan	Tidak sesuai	0	Major
5. Bahan					
Bahan yang dimaksud dalam pedoman ini adalah bahan baku, bahan tambahan, bahan penolong termasuk air dan bahan tambahan pangan (BTP).					
a.	Persyaratan bahan (bahan baku, bahan tambahan, bahan penolong dan BTP)	Bahan utama ikan ditampung di dalam freezer dan bahan pendukung lainnya diadakan setelah jumlah bahan baku utama ikan siap di produksi sehingga bahan baku tidak rusak, busuk, atau mengandung bahan berbahaya.	Sesuai	8	-
b.	Persyaratan air	Air yang digunakan yaitu air sumur dengan jarak sumur ke MCK lebih dari 10 meter, sehingga air dikatakan baik.	Sesuai	7	-
6. Produk Akhir					
	Produk akhir harus memenuhi persyaratan yang ditetapkan oleh otoritas kompeten dan tidak boleh merugikan atau membahayakan kesehatan konsumen	Produk akhir sudah Memenuhi persyaratan dengan adanya sertifikat hasil uji dari Badan Riset dan Standardisasi industri Ambon	Sesuai	8	-
7. Karyawan					
	Higiene dan kesehatan karyawan yang baik akan memberikan jaminan bahwa pekerja yang kontak langsung maupun tidak langsung dengan pangan yang diolah tidak akan mencemari produk.	Belum adanya kelengkapan pakaian pelindung dalam tempat produksi.	Tidak sesuai	0	Major
8 Pengawasan Proses					
Untuk mengurangi terjadinya produk yang tidak memenuhi syarat mutu dan keamanan, perlu tindakan pencegahan melalui pengawasan yang ketat terhadap kemungkinantimbul bahaya pada setiap tahap proses. Perusahaan diharapkan menerapkansistem <i>Hazard Analysis Critical Control Point</i> (HACCP) yang merupakan tindakan pencegahan yang efektif terhadap kemungkinan timbul bahaya selamatahap-tahap proses produksi.					
a.	Pengawasan proses	Pengawasan dalam proses pembuatan abon ikan sudah dilakukan dengan baik	Sesuai	8	-
b.	Pengawasan bahan	Pengawasan bahan telah dilakukan oleh BARISTAN (Badan Riset Dan Standardisasi Industri Kota Ambon) dan dinyatakan	Sesuai	8	-

No	Ruang lingkup	Kondisi nyata	Keterangan	Skor	Kriteria Penyimpangan
		sudah memenuhi persyaratan industri kecil dan menengah			
c.	Pengawasan terhadap kontaminasi	Area produksi abon ikan bersih dari kontaminasi bahan kimia yang berbahaya dan juga lantai area produksi bersih dari pecahan logam ataupun kaca.	Sesuai	7	-
9	Pengemas				
	Penggunaan pengemas yang sesuai dan memenuhi persyaratan akan mempertahankan mutu dan melindungi produk terhadap pengaruh dari luar	Kemasan untuk abon ikan terbuat dari plastik kedap udara	Sesuai	8	-
10	Label dan Keterangan Produk				
	Kemasan diberi label yang jelas dan informatif untuk memudahkan konsumen dalam memilih, menangani, menyimpan, mengolah dan mengkonsumsi produk	Label dan keterangan produk abon ikan sudah beri label yang jelas dan informatif	Sesuai	8	-
11	Penyimpanan				
a.	Bahan yang digunakan dalam proses pengolahan dan produk akhir harus disimpan terpisah di dalam ruangan yang bersih, aliran udara terjamin, suhu sesuai, cukup penerangan dan bebas hama.	Produk yang sudah siap di simpan di dalam lemari yang terbuat dari bahan kaca.	Sesuai	7	-
b.	Penyimpanan bahan baku seharusnya tidak menyentuh lantai, menempel dinding dan jauh dari langit-langit.	Penyimpanan bahan baku ikan disimpan didalam freezer dan bahan baku lainnya disimpan tidak menyentuh lantai dan jauh,dinding dan jauh dari langit-langit.	Sesuai	8	-
Total Skor				172	

Dari hasil penilaian pada masing-masing dasar yang diamati, dapat dilakukan evaluasi berdasarkan ruang lingkup GMP yang diterapkan pada pengolahan abon ikan. Berdasarkan tabel 1 tentang perhitungan kesesuaian penerapan GMP dalam pengolahan abon ikan diperoleh beberapa penyimpangan (ketidaksesuaian). Dari tingkat penyimpangan yang ditemukan dapat disimpulkan bahwa pengolahan abon ikan berada pada level III dengan total skor 172 yaitu cukup memuaskan yang diartikan mendekati persyaratan pengolahan yang benar. Hal ini menjelaskan bahwa penerapan GMP pada pengolahan abon ikan masih perlu diperhatikan lagi karena masih terdapat beberapa penyimpangan atau ketidaksesuaian dalam GMP pada parameter yang digunakan. Beberapa poin penting dalam ruang lingkup memiliki penyimpangan pada kategori Major dan Serious yaitu pada ruang lingkup lokasi, bangunan, fasilitas sanitasi, mesin dan peralatan dan karyawan.

Sedangkan Operasional sanitasi yang dilakukan meliputi semua aspek yang berhubungan dengan kegiatan yang dapat meminimalkan kontaminasi atau sesuai dengan *Sanitation Standard Operating Prosedure*. Pada Tabel 2 terlihat bahwa air yang sesuai dengan standar sanitasi adalah air yang berasal dari air tanah yang memenuhi persyaratan minum. Kondisi dan kebersihan yang kontak dengan bahan pangan, pada prosedur perusahaan peralatan sebelum dan sesudah digunakan harus dibersihkan terlebih dahulu seperti mesin parut kelapa, mesin penggiling ikan, loyang, wajan, spatula dan baki, yang sesuai dengan standar sanitasi.

Tabel 2. *Sanitation Standard Operating Prosedure (SSOP) di Home Industry UD. XYZ*

No	Standar Sanitasi	No	Prosedur
1	Air		
a.	Air yang digunakan dari sumur milik perusahaan. berasal dari air tanah yang memenuhi persyaratan air minum	a.	Air yang digunakan untuk pengolahan berasal dari sumur milik perusahaan
2	Kondisi dan kebersihan yang kontak dengan bahan pangan		
a.	Ruang lingkup perusahaan dirancang sedemikian rupasehingga dapat mencegah terjadinya kontaminasi pada produk.	a.	Peralatan sebelum dan sesudah digunakan harus di bersihkan terlebih dahulu seperti mesin perut kelapa, mesin penggiling ikan, loyang, wajan, spatula, dan baki.
b.	Perlengkapan dan peralatan yang kontak langsung yang kontak langsung dengan produk harus di jaga dalam keadaan bersih.	b.	Lantai dan ruangan proses sebelum dan sesudah proses berlangsung harus dibersihkan dari sampah seperti, kepala, ekor, isi perut, dan sirip ikan yang tercecer pada saat penyiangan ikan.
3	Perlengkapan karyawan		
a.	Sarung tangan dan spron harus dalam keadaan bersih	a.	Penggunaan pakaian pekaian karyawan dengan pakaian bersih dan rapi
b.	Pemakaian topi, masker dengan baik dan benar.		
c.	Pakaian proses harus bersih.		
4	Kontaminasi silang		
a.	Tidak ada kontaminasi silang antara air bersih dengan limbah pengolahan	a.	Kontaminasi silang harus dicegah secepatnya, jika terjadi maka produk yang terkena harus ditarik kembali
b.	Tangan dan perlengkapan peralatan karyawan yang bersentuhan dengan limbah harus dicuci.	b.	Aliran air proses dan limbah cair harus terpisah
		c.	Peralatan untuk penanganan bahan baku dan limbah harus terpisah.
		d.	Membersihkan peralatan proses saat istirahat
		e.	Sebelum dan sesudah menangani bahan baku karyawan harus mencuci tangan
5	Ruang kamar mandi dan fasilitas sanitasi		
a.	Toilet dan ruang ganti harus dalam keadaan bersih	a.	Kamar mandi dan ruang ganti harus terpisah dari ruang proses
b.	Tempat penyimpanan peralatan sanitasi harus terpisah dengan timbunan bahan baku	b.	Pembersihan toilet secara rutin setiap hari
6	Bahan kimia dan bahan sanitasi		
a.	Bahan kimia dan bahan pembersih lainnya disimpan dalam keadaan yang baik	a.	Bahan pembersih yang digunakan perusahaan berupa sabun cair dan pembersih lantai
		b.	Tempat penyimpanan bahan pembersih terpisah dari ruang proses
7	Pengawasan terhadap binatang pengganggu		
a.	Pengawasan terhadap binatang pengganggu	a.	Pengawasan terhadap binatang pengganggu seperti serangga
		b.	Menutup fentilasi menggunakan jaring kawat
8	Limbah cair dan limbah padat		
a.	Proses pengolahan limbah dirancang sedemikian rupa untuk menghindari kontaminasi pada produk dan lingkungan	a.	Limbah padat berupa kepala, ekor dan isi perut dibuang pada tempat sampah

Selain itu, lantai dan ruangan proses sebelum dan sesudah proses berlangsung harus dibersihkan dari sampah seperti, kepala, ekor isi perut dan sirip ikan yang tercecer pada saat

penyiangan ikan. Lantai tidak licin, kedap air, dan mudah dibersihkan serta memiliki kemiringan 2 derajat. Perlengkapan karyawan pada perusahaan dinilai sesuai dengan standar sanitasi yaitu penggunaan pakaian karyawan dengan pakaian bersih dan rapi. Kontaminasi silang harus di cegah secepatnya, jika terjadi maka produk yang terkena harus ditarik kembali. Maka dari itu, aliran air proses dan limbah cair harus terpisah, peralatan untuk penanganan bahan baku dan limbah harus terpisah, membersihkan peralatan proses saat istirahat, sebelum dan sesudah menangani bahan baku karyawan harus mencuci tangan. Ruang kamar mandi dan fasilitas sanitasi, harus terpisah dari ruang proses, pembersihan toilet secara rutin setiap hari. Bahan kimia dan bahan sanitasi, bahan pembersih yang digunakan perusahaan berupa sabun cair dan pembersih lantai, tempat penyimpanan bahan pembersih terpisah dari ruang proses. Dalam hal ini, sesuai dengan standar sanitasi yaitu bahan kimia dan bahan pembersih lainnya disimpan dalam keadaan yang baik. Pengawasan terhadap binatang pengganggu, pada prosedur perusahaan dilakukan pengawasan dengan menutup ventilasi menggunakan jaring kawat. Limbah cair dan limbah padat, Proses pengolahan limbah dirancang sedemikian rupa untuk menghindari kontaminasi pada produk dan lingkungan.

4. KESIMPULAN

Penerapan SSOP pada *Home Industry* UD XYZ telah dilaksanakan secara baik dengan mengusulkan *Sanitation Standard Operating Procedure* (SSOP) yang sesuai dengan standar operasi yang berlaku untuk mengurangi atau menghilangkan kontaminasi terhadap produk akhir abon ikan. Operasional sanitasi yang dilakukan meliputi semua aspek yang berhubungan dengan kegiatan sanitasi yang dapat meminimalkan kontaminasi terhadap pengolahan pangan. Sanitasi yang dilakukan pada *Home Industry* UD. XYZ yaitu: air, kondisi dan kebersihan yang kontak dengan bahan pangan, perlengkapan karyawan, kontaminasi silang, ruang kamar mandi dan fasilitas sanitasi, bahan kimia dan bahan sanitasi, pengawasan terhadap binatang pengganggu, dan limbah cair dan limbah padat.

Penerapan *Good Manufacturing Practice* pada *Home Industry* UD. XYZ terdapat 12 sub kriteria yang tidak sesuai dengan peraturan antara lain, lokasi tempat produksi dekat dengan lahan kosong dan semak-semak yang lebat, kegiatan produksi yang dilakukan di luar bangunan yaitu pada proses penyiangan ikan dengan kondisi terbuka tanpa atap, lantai pada tempat produksi terbuat dari ubin plastik sehingga mudah licin dan tidak kedap air serta sudut antara lantai dan dinding, membentuk sudut siku-siku yang dapat menahan air dan kotoran, dinding tempat produksi terbuat dari setengahbeton dan setengah papan kayu, tidak ada langit-langit, pintu ruangan produksi membuka ke dalam, proses penyiangan ikan dilakukan langsung diatas lantai yang hanya di semen, perusahaan memiliki 1 toilet yang digunakan dan tidak dilengkapi dengan wastafel, sarana higienen karyawan tidak ada, tidak sesuai dengan urutan proses produksi, belum adanya bahan perlengkapan mesin dan perlengkapan, serta belum adanya kelengkapan pakaian pelindung dalam tempat produksi. Dari tingkat penyimpangan yang ditemukan dapat disimpulkan bahwa pengolahan abon ikan berada pada level III dengan total skor 172 yaitu cukup memuaskan. Untuk itu perusahaan perlu melengkapi penerapan GMP sesuai peraturan Menteri Perindustrian Republik Indonesia No. 75/M-IND/PER/7/2010.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penelitian ini dapat dilaksanakan dengan baik atas bantuan dari berbagai pihak. Untuk itu peneliti mengucapkan banyak terima kasih yang kepada manajer dan karyawan PT. XYZ yang telah bersedia menyediakan tempat dan memberikan data penelitian yang dibutuhkan dalam penulisan penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

Awua, A., Kofi, W., Ngunjiri, P., Anlobe, J., Kpodo, K., Halm, M., Ewurafua, A.H., dan Jakobsen, M. (2007). The Effect of Applying GMP and HACCP to Traditional Food Processing at a Semi-Commercial Kenkey Production Plant in Ghana. *Food Control*, 18(11): 1449–1457

- Hariyadi, Purwiyatno dan Ratih Dewanti (2011). *Memproduksi Pangan yang Aman*. Jakarta: Dian Rakyat.
- Somwang, C., Charoenchaichana, P., dan Polmade, M. (2013). The Implementation of Good Manufacturing Practices (GMP) System in the Poultry Industry: A case study of the hatchery in Saha Farms Co., Ltd, Thailand. *International Journal of Humanities and Management Sciences (IJHMS)*, 1(1): 2320–4044. Diakses dari <http://www.isaet.org/>
- Sutikno, N. (2017). Penerapan Good Manufacturing Practices (GMP) Dalam Produksi Ikan Kaleng Di PT. Maya Food Industries Pekalongan, 1-67. Laporan Kerja Praktek. Universitas Soegijapranata. <http://repositori.unika.ac.id/15575/1/15.11.0106%20Novani%20Sutikno.pdf>.
- Thaheer, Hermawan. (2008). *Sistem Manajemen HACCP*. Jakarta: Bumi Aksara.
- Varzaka, T.H., dan Ioannis, S.A. (2008). Application of ISO22000 and Comparison to HACCP for Processing of Ready to Eat Vegetables. *Int J Food Sci and Technol*, 43(10): 1729–1741
- Wardanu, A. P., & Anhar, M. (2016). Penerapan Good Manufacturing Practice (Gmp) Pada Kelompok Usaha Bersama (Kub) Wida Mantolo Kecamatan Benua Kayong. *Jurnal Teknologi Pangan*, 7(1), 8–16. <https://doi.org/10.35891/tp.v7i1.500>
- Yulia, A., Yernisa, Lisani, Fera, O., & Rudi, P. (2020). Pelatihan Good Manufakturing Practice (GMP) bagi UMKM Di Kecamatan Telanaipura. *Jurnal Karya Abadi*, 4(1), 14–17. <https://doi.org/https://doi.org/10.22437/jkam.v4i1.9810>

KAJIAN TEKNIS PENERAPAN MATERIAL SANDWICH PADA STRUKTUR LAMBUNG KAPAL TANKER

Abdi Ismail

Program Studi Permesinan Kapal, Fakultas Vokasi, Universitas Pertahanan Republik Indonesia,
Kabupaten Belu, Indonesia

*E-mail korespondensi: abdiismail1993@gmail.com

ABSTRAK

Kajian teknis berupa analisis kekuatan dan berat struktur antara struktur lambung konvensional dan lambung dengan material sandwich dilakukan pada kapal tanker 17500 DWT menggunakan metode elemen hingga. Fiberglass reinforced polyurethane elastomer (FRPU) digunakan sebagai core dari material sandwich kapal tanker dan baja digunakan sebagai material dari faceplate. Pada model struktur lambung konvensional tegangan maksimum yang terjadi adalah 83.5 MPa, sedangkan model struktur lambung sandwich menghasilkan tegangan maksimum sebesar 84.5 MPa. Struktur lambung konvensional maupun struktur lambung material sandwich memenuhi kriteria, karena kedua model memiliki tegangan jauh dibawah batas tegangan yang diizinkan yaitu 235 MPa. Selain itu, penerapan material sandwich menghasilkan kenaikan tegangan yang sangat kecil, yaitu sebesar 1 MPa atau setara dengan 1.2%, tetapi menghasilkan pengurangan berat sebesar 3 ton atau 6.2% dibandingkan dengan struktur konvensional. Penerapan material sandwich dapat mengurangi berat konstruksi kapal, sehingga tanker dapat mengangkut muatan lebih banyak dan operasional kapal dalam sekali perjalanan akan lebih ekonomis. Dengan demikian, pengembangan material ringan kapal diharapkan mampu menunjang kualitas operasional kapal dan diharapkan mampu meningkatkan daya saing kapal tanker nasional.

Kata Kunci: struktur ringan kapal, material sandwich, analisis kekuatan, struktur lambung, kapal tanker.

ABSTRACT

Technical studies in structural strength and weight analysis between the conventional hull structure and the hull with sandwich material were carried out on a 17500 DWT tanker using the finite element method. Fiberglass reinforced polyurethane elastomer (FRPU) is used as the core of the tanker sandwich material, and steel is used as the material for the faceplate. In the conventional model, the maximum stress occurring is 83.5 MPa, while the sandwich model produces maximum stress of 84.5 MPa. The conventional hull structure and the sandwich material hull structure meet the criteria because both models have stresses far below the allowable stress limit of 235 MPa. The application of sandwich material results in a minimal stress increase of 1 MPa or equivalent to 1.2%. Still, it results in a weight reduction of 3 tons or 6.2% compared to conventional structures. The application of the sandwich plate can reduce the weight of the ship's construction so that the tanker can carry more cargo, and the operation of the ship in one trip will be more economical. Thus, the development of lightweight ship materials is expected to support the operational quality of ships and is expected to increase the competitiveness of national tankers.

Keywords: ship light structure, sandwich material, strength analysis, hull structure, tanker.

1. PENDAHULUAN

Pengembangan teknologi material kapal mengarah pada pengembangan material ringan, dimana struktur yang diharapkan adalah ringan dan cukup kuat. Material sandwich dikembangkan oleh para peneliti untuk menjawab tantangan tersebut. Material sandwich terdiri dari dua bagian yaitu *faceplate* dan *core*. *Faceplate* dibuat dari material yang memiliki kekakuan yang tinggi. Sedangkan *core* dibuat dari material yang memiliki kekakuan dan densitas lebih rendah, sehingga diperoleh material sandwich yang memiliki kekakuan relatif tinggi dengan berat yang rendah (Mohamed et al., 2015; Yang et al., 2016).

Material sandwich telah diaplikasikan pada industri perkapalan internasional. Material sandwich memberikan konstruksi yang lebih baik, proses fabrikasinya lebih mudah (Ramakrishnan & Kumar, 2016), dan dapat mengurangi kebutuhan penegar pada konstruksi kapal (Sujatanti et al., 2018) sehingga penerapan material sandwich dapat meningkatkan pemanfaatan ruang pada kapal.

Material sandwich pada kapal telah dilakukan berbagai penelitian sebelumnya. Ardhyanta et al (2019) telah melakukan karakterisasi bioresin untuk bagian *core* dari konstruksi kapal material sandwich. Deteksi kerusakan pada material sandwich dengan indikator kerusakan berupa frekuensi natural (Ariesta et al., 2021a; Ariesta et al., 2021b, Ismail et al., 2018; Ismail et al., 2020) dan analisis modal dinamis (Tuswan et al., 2021a; Tuswan et al., 2022) juga telah dilakukan. Aplikasi material sandwich pada stuktur kapal telah dilakukan oleh Brooking & Kennedy (2004). Berdasarkan studi numerik tersebut didapatkan bahwa tegangan pada konstruksi pelat datar kapal yang menggunakan material sandwich memiliki nilai lebih kecil dari tegangan izin (Brooking & Kennedy, 2004).

Komposisi material *core* untuk struktur kapal berupa bioresin (Ardhyanta et al., 2019; Tuswan et al., 2021b) dan unsaturated polyester resin (Tuswan et al., 2021a) telah dikembangkan. Tetapi *faceplate* baja dan *core* yang terbuat dari polyurethane elastomer (PU) adalah konfigurasi yang lebih banyak digunakan pada material sandwich kapal (Ramakrishnan & Kumar, 2016). Lebih khusus, material sandwich yang telah komersial digunakan untuk kapal adalah *Sandwich Plate System* (SPS). SPS menggunakan material *faceplate* yang terbuat dari baja dan material *core* yang terbuat dari *room temperature cured* polyurethane elastomer (RTC PU). RTC PU memiliki harga yang relatif mahal dan tidak mudah tersedia di beberapa negara, termasuk Indonesia (Ismail et al., 2021a; Ismail et al., 2021b; Ismail et al., 2021c).

Sedangkan casting polyurethane elastomer memiliki harga lebih murah dan lebih familiar digunakan atau lebih banyak tersedia di banyak negara termasuk negara berkembang seperti Indonesia. Material yang murah dan mudah didapatkan menjadi kriteria dalam pemilihan material *core* dari material sandwich kapal. Material *core* yang lebih ekonomis bisa diperoleh dengan mengkombinasikan casting polyurethane elastomer dengan *fiberglass*, sehingga didapatkan *fiberglass reinforced polyurethane elastomer* (FRPU).

Pada penelitian simulasi numerik ini, FRPU digunakan sebagai *core* dari material sandwich kapal tanker. Kajian teknis berupa analisis kekuatan serta berat struktur dari konstruksi sisi lambung kapal konvensional akan dibandingkan dengan konstruksi sisi lambung kapal yang telah menggunakan material sandwich. Hal ini dilakukan untuk mengetahui sejauhmana manfaat dari penerapan material sandwich pada konstruksi sisi lambung kapal tanker menggunakan metode elemen hingga.

2. BAHAN DAN METODE

Kajian perbandingan penerapan material baja konvensional dan material sandwich di struktur sisi lambung kapal dilakukan pada kapal tanker 17500 DWT untuk mengetahui perbedaan kekuatan dan pengurangan berat struktur akibat penerapan material sandwich menggunakan metode elemen hingga. Kekuatan struktur dikaji melalui variabel tegangan, semakin kuat sebuah struktur menahan suatu beban, maka tegangannya akan semakin kecil. Sebuah struktur tidak layak ketika struktur tersebut diberikan beban dan menghasilkan tegangan melebihi tegangan izin sebuah standard tertentu. Tegangan izin biasa dikembangkan berdasarkan variabel tegangan luluh (*yield stress* atau *yield strength*) suatu material.

Ukuran utama kapal tanker dapat dilihat pada Tabel 1, sedangkan sifat material dari baja pada bagian *faceplate* dan FRPU pada bagian *core* dapat dilihat pada Tabel 2. FRPU tersebut memiliki massa jenis sebesar 1098 kg/m^3 , ultimate tensile strength sebesar 21 MPa, *elongation at break* sebesar 47%, dan *hardness* sebesar 66 shore-D, sehingga PU tersebut memenuhi standard Lloyd's Register untuk diterapkan sebagai *core* dari material sandwich kapal (Lloyd's Register, 2020).

Tabel 1. Ukuran utama kapal tanker

Variabel	Dimensi	Satuan
<i>Displacement</i>	17.500	DWT
<i>Length Overall (LOA)</i>	157,5	m
<i>Length Perpendicular (LPP)</i>	149,5	m
<i>Breath Moulded (B)</i>	27,7	m
<i>Depth Moulded</i>	12	m
<i>Draft (T)</i>	7	m
<i>Service Speed (Vs)</i>	13	knots
<i>Complement</i>	28	Orang

Tabel 2. Sifat material baja dan FRPU

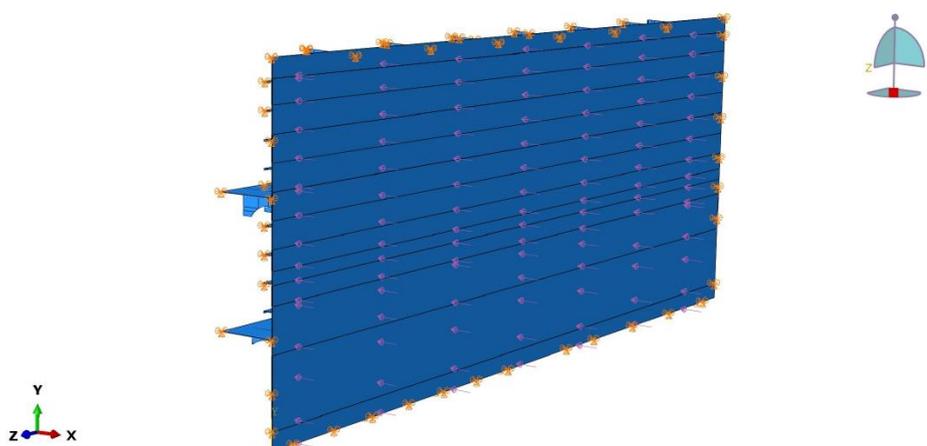
Material	Massa Jenis (kg/m^3)	Modulus Elastisitas (MPa)	<i>Poisson Ratio</i>
Baja	7850	206.000	0,3
FRPU	1098	901,95	0,36

Perhitungan modulus perlu dilakukan karena nilai modulus kapal diperlukan dalam perhitungan ketebalan *faceplate* dan *core* dari material sandwich. Perhitungan ketebalan *faceplate* dan *core* dilakukan menggunakan standard Lloyd's Register (Lloyd's Register, 2020). Tebal *faceplate* dan *core* berpatokan pada nilai *strength index* (R), dimana nilai R harus kurang dari 1 (Lloyd's Register, 2020). Perhitungan pembebanan pada struktur sisi lambung kapal tanker menggunakan standard Bureau Veritas (2020). Nilai pembebanan dihitung menggunakan rumus *still water pressure* yang dapat dihitung menggunakan Persamaan (1).

$$P = \rho g z \quad (1)$$

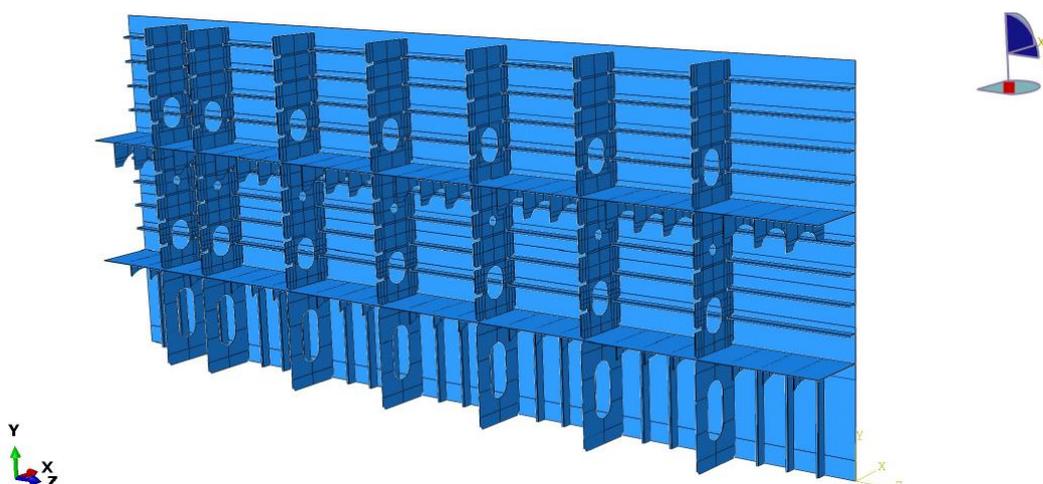
Dimana ρ adalah massa jenis air laut (kg/m^3), g adalah percepatan gravitasi (kg/m^2), dan z adalah titik kedalaman (m).

Rumus pembebanan air tenang atau *still water pressure* diperoleh dari penurunan Hukum Archimedes dimana gaya tekan air sama dengan massa jenis air dikali gravitasi dan dikali kedalaman benda. Semakin dalam titik berat pelat maka semakin tinggi beban yang dikenakan. Pengambilan nilai titik z dilakukan setiap jarak 1 meter sehingga nilai pembebanan lebih presisi. Nilai pembebanan tersebut di-input ke *software* elemen hingga dan aplikasi dari pembebanan tersebut divisualisasikan dalam bentuk arah panah seperti pada Gambar 1.



Gambar 1. Pembebanan model struktur lambung

Kondisi batas berupa jepit telah digunakan pada bagian sisi dari struktur. Model numerik konstruksi lambung kapal memiliki relatif kompleks karena tiga *side longitudinal* memiliki ukuran yang berbeda dan *web frame* dipisahkan oleh *stringer*, sehingga pemodelan harus dilakukan secara terpisah. Gambar 2 menunjukkan komponen-komponen pada struktur lambung yang telah digabung.



Gambar 2. Penggabungan komponen struktur lambung

Meshing merupakan proses partisi suatu model menjadi beberapa elemen yang lebih kecil. Semakin kecil ukuran mesh maka semakin banyak jumlah elemen yang tercipta. Terdapat beberapa metode dalam pembuatan elemen mesh, diantaranya adalah hexahedral, tetrahedral, ataupun campuran antara keduanya. Teknik dalam pembentukan mesh dengan bentuk hexahedral pun terdapat beberapa jenis seperti *structured*, *sweep*, dan *bottom-up*. Pada penelitian ini, *hexahedral structured mesh* telah digunakan sebagai teknik dalam pembentukan elemen mesh. Metode meshing ini memiliki hasil yang cocok dalam analisis numerik, karena hasil mesh akan lebih rapi dan lebih terstruktur sehingga output akan lebih konvergen dan lebih presisi.

Penentuan ukuran mesh dilakukan menggunakan studi konvergensi untuk mendapatkan ukuran dan jumlah elemen yang optimal. Selisih antara output percobaan kedua harus kurang dari 2% jika dibandingkan dengan percobaan yang pertama (Ismail, 2021a). Kriteria studi konvergensi yang telah dilakukan pada riset ini lebih baik daripada kriteria 5% yang digunakan oleh (Wang et al., 2014).

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

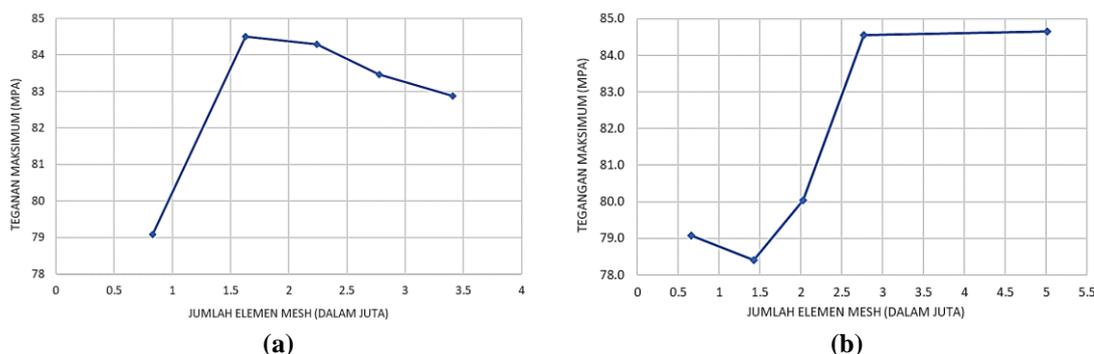
Analisis perbandingan struktur lambung konvensional dan struktur lambung menggunakan material sandwich dilakukan untuk mengkaji nilai tegangan and berat struktur yang disimulasikan dengan metode elemen hingga. Modulus penampang kapal tanker adalah sebesar 18.808.332,18 cm³. Nilai modulus tersebut digunakan sebagai input untuk menentukan tebal *faceplate* dan *core* dari material sandwich, dimana tebal *faceplate* terkecil adalah 3 mm berdasarkan Lloyd's Register (2020). Beberapa tebal *faceplate* dianalisis sesuai panduan Lloyd's Register (2020) mulai dari 3 mm – 6 mm. Berdasarkan Tabel 3, tebal *faceplate* sebesar 4 mm dan tebal *core* sebesar 20 mm dipilih karena konfigurasi tersebut memiliki *strength index* (R) lebih kecil dari 1 dan memiliki berat yang paling rendah.

Tabel 3. *Strength index* (R) dengan variasi ketebalan *faceplate*

Tebal Core (mm)	Tebal Faceplate Atas (mm)	Tebal Faceplate Bawah (mm)	<i>Strength Index</i>	Keputusan
20	3	3	1,09	Ditolak
20	4	4	0,8	Diterima
20	5	5	0,63	Diterima
20	6	6	0,51	Diterima

Semakin kecil ukuran elemen mesh maka jumlah elemen mesh akan semakin banyak. Jumlah elemen yang banyak akan membuat analisis numerik semakin presisi. Akan tetapi, tingginya jumlah elemen mesh akan menambah beban kerja dari hardware dan meningkatkan durasi proses running dari sebuah analisis. Oleh karena itu, perlu dilakukan studi konvergensi (sering juga disebut sebagai analisis *grid independence*) untuk mencari jumlah elemen mesh yang optimal dimana hasil yang diperoleh mendekati hasil sebenarnya dengan jumlah mesh yang sesedikit mungkin. Selisih antara output percobaan kedua harus kurang dari 2% jika dibandingkan dengan percobaan yang pertama (Ismail, 2021a).

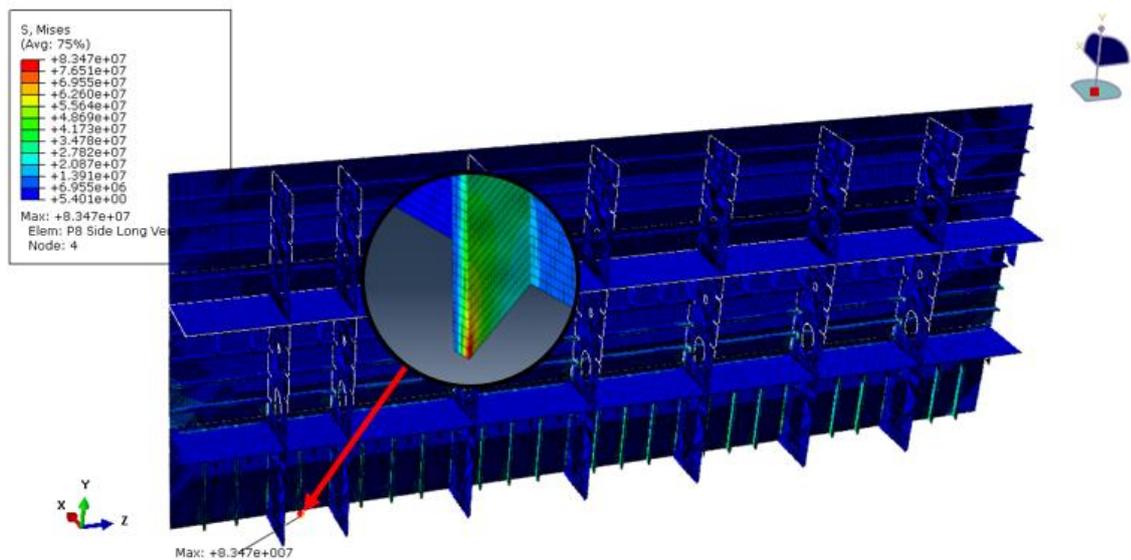
Pada model sisi konvensional, konvergensi model telah terjadi pada jumlah elemen dua juta tujuh ratus ribu. Sedangkan pada model sisi sandwich, model telah konvergen pada jumlah elemen sekitar empat juta tiga ratus ribu seperti pada Gambar 3. Jumlah elemen mesh yang telah diperoleh tersebut akan dijadikan patokan dalam melakukan analisis numerik pada model konvensional dan sandwich. Struktur yang kompleks dan tebanya konfigurasi pelat sandwich membuat model ini memiliki kesulitan dalam mendapatkan nilai konvergensinya.



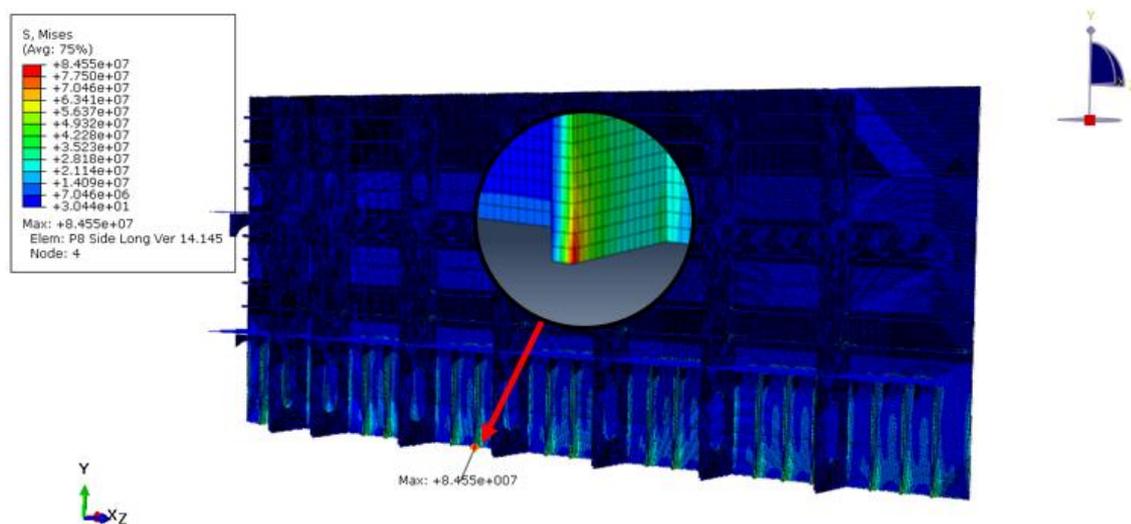
Gambar 3. Studi konvergensi (a) model lambung konvensional, (b) model lambung sandwich

Tegangan merupakan gaya yang bekerja pada suatu permukaan dengan suatu satuan luas. Pada model lambung konvensional tegangan maksimum yang terjadi adalah 83,5 MPa dan lokasi konsentrasi tegangan terjadi di pembujur sisi bagian bawah, seperti terlihat pada Gambar 4. Sedangkan konsentrasi tegangan pada model sandwich dapat dilihat pada Gambar 5 dengan tegangan maksimum sebesar 84,5 MPa. Peningkatan tegangan yang terjadi akibat penerapan

sandwich pada bagian lambung kapal sangat rendah yaitu sebesar 1,2%. Namun demikian, baik struktur lambung konvensional maupun struktur lambung material sandwich masih memenuhi kriteria untuk dapat diterapkan pada struktur lambung kapal tanker, karena kedua model memiliki tegangan jauh dibawah batas tegangan yang diizinkan yaitu 235 MPa (Lloyd's Register, 2014). Hasil penelitian yang sama juga diperoleh pada penelitian lain (Brooking & Kennedy, 2004), bahwa struktur kapal dengan material sandwich memiliki tegangan yang lebih rendah dari kriteria tegangan kapal.



Gambar 4. Distribusi tegangan dan lokasi konsentrasi tegangan pada model lambung konvensional



Gambar 5. Distribusi tegangan dan lokasi konsentrasi tegangan pada model lambung sandwich

Tabel 4. Selisih tegangan dan berat struktur

Model	Tegangan maksimal (MPa)	Selisih Tegangan (%)	Berat Struktur (ton)	Selisih Berat Struktur (%)
Struktur lambung konvensional	83,5	1,2	60,7	6,2
Struktur lambung sandwich	84,5		56,4	

Sisi positif lain yang cukup signifikan dari penerapan material sandwich pada struktur lambung adalah adanya pengurangan berat. Berat dari struktur lambung konvensional adalah 60,7 ton, sementara berat dari struktur lambung material sandwich adalah 56,4 ton. Jadi terdapat pengurangan berat sebesar 3,7 ton atau 6,2%, sebagaimana dapat dilihat pada Tabel 4. Penerapan material sandwich dapat mengurangi berat konstruksi kapal secara keseluruhan sehingga kapal dapat mengangkut muatan (*payload*) lebih banyak dan membuat operasional kapal lebih ekonomis. Peningkatan daya angkut kapal tanker sebesar 3,7 ton sebagai manfaat dari aplikasi material sandwich adalah sesuatu yang cukup menarik bagi dunia industri kapal tanker kedepannya. Kajian ekonomis penerapan material sandwich pada struktur kapal perlu diteliti lebih lanjut kedepannya. Material sandwich dapat digunakan pada sistem *replating* (Djumiati et al., 2021) atau pembuatan struktur baru pada bagian kapal lainnya seperti, geladak, bangunan atas, atau bagian lainnya.

4. KESIMPULAN

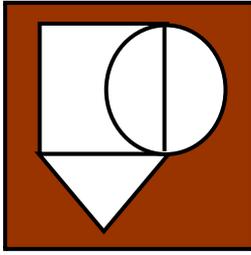
Kajian teknis berupa analisis kekuatan dan berat struktur antara lambung konvensional dan lambung dengan material sandwich telah dilakukan pada kapal tanker 17.500 DWT. Berdasarkan penelitian ini, penerapan material sandwich pada struktur lambung menghasilkan karakteristik struktur yang unik yaitu dihasilkan kenaikan tegangan yang sangat kecil tetapi diperoleh pengurangan berat struktur yang cukup besar dibandingkan dengan struktur lambung kapal konvensional.

Penerapan material sandwich dapat mengurangi berat konstruksi kapal, sehingga tanker dapat mengangkut muatan lebih banyak dan operasional kapal dalam sekali perjalanan akan lebih ekonomis. Dengan demikian, pengembangan material ringan kapal diharapkan mampu menunjang kualitas operasional kapal dan diharapkan mampu meningkatkan daya saing kapal tanker nasional. Meskipun lebih ringan, struktur dengan material sandwich tetap memenuhi kriteria tegangan dengan nilai yang meyakinkan. Tegangan maksimum struktur lambung dengan material sandwich adalah sebesar 84,5 MPa, sehingga struktur yang dikembangkan layak untuk digunakan pada bagian lambung kapal. Material sandwich dapat digunakan pada sistem *replating* pada geladak, bangunan atas atau bagian struktur lain dari kapal. Riset ini memiliki keterbatasan, yaitu hanya mengkaji penerapan material sandwich pada bagian lambung, bagian kapal lain yang cukup menarik untuk diaplikasikan material sandwich ialah geladak dan bangunan atas. Riset berkelanjutan perlu juga dilakukan untuk mengkaji manfaat ekonomis dan manfaat lain dari penerapan material sandwich, termasuk analisis penerapannya pada struktur lepas pantai lainnya.

DAFTAR PUSTAKA

- Ardhyananta, H., Sari, E. N., Wicaksono, S. T., Ismail, H., Tuswan & Ismail, A. (2019). Characterization of vinyl ester bio-resin for core material sandwich panel construction of ship structure application: Effect of palm oil and sesame oil. *AIP Conference Proceedings*, 2202, 020051. <https://doi.org/10.1063/1.5141664>
- Ariesta, R. C., Zubaydi, A., Ismail, A. & Al-Syachri, M. Z. (2021a). Identification of damage in a ship hull sandwich plate by natural frequency. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 1034(1), 012012. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/1034/1/012012>
- Ariesta, R. C., Zubaydi, A., Ismail, A. & Tuswan, T. (2021b). Damage evaluation of sandwich material on side plate hull using experimental modal analysis. *Materials Today: Proceedings*, 47, 2310–2314.
- Brooking, M., & Kennedy, S. (2004). The Performance, Safety and Production Benefits of SPS Structures for Double Hull Tankers. *Proceedings of the RINA Conference on Double Hull Tankers*, 1-2.
- Bureau Veritas. (2020). *Rules for The Classification of Steel Ships, Paris, Perancis*. Bureau Veritas.
- Djumiati, A., Zubaydi, A., Putra, W. H. A. & Ismail, A. (2021). The effect of ship replating welding process on floating conditions against strength value. *IOP Conference Series:*

- Materials Science and Engineering*, 1034(1), 012098. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/1034/1/012098>
- Ismail, A., Zubaydi, A., Budipriyanto, A., & Yudiono. (2018). Damage identification of the sandwich plate having core from rice husk-epoxy for ship deck structure. *Proceedings of the 3rd International Conference on Marine Technology - SENTA*, 112-118. <https://doi.org/10.5220/0008543301120118>
- Ismail, A., Zubaydi, A., Pisceca, B., Ariesta, R.C. & Tuswan. (2020). Vibration-based damage identification for ship sandwich plate using finite element method. *Open Engineering*, 10(1), 744-752. <https://doi.org/10.1515/eng-2020-0086>
- Ismail, A., Zubaydi, A., Pisceca, B., Ariesta, R.C. & Tuswan. (2021a). Study of sandwich panel application on side hull of crude oil tanker. *Journal of Applied Engineering Science*, 1-9. <https://doi.org/10.5937/jaes0-30373>
- Ismail, A., Zubaydi, A., Pisceca, B., Panangian, E., Ariesta, R. C. & Tuswan, T. (2021b). A strength analysis of conventional and sandwich plate deck using finite element method. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 1034(1), 012026. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/1034/1/012026>
- Ismail, A., Zubaydi, A., Pisceca, B., Panangian, E., Ariesta, R. C. & Tuswan, T. (2021c). A comparative study of conventional and sandwich plate side-shell using finite element method. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 1034(1), 012027. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/1034/1/012027>
- Lloyd's Register. (2014). *Rules for the Manufacture, Testing and Certification of Materials, London, United Kingdom*. Lloyd's Register Group Limited.
- Lloyd's Register. (2020). *Rules for the Application of Sandwich Panel Construction to Ship Structure, London, United Kingdom*. Lloyd's Register Group Limited.
- Mohamed, M., Anandan, S., Huo, Z., Birman, V., Volz, J., & Chandrashekhara, K. (2015). Manufacturing and Characterization of Polyurethane Based Sandwich Composite Structures. *Composite Structures*, 123, 169–179.
- Ramakrishnan, K. V. & Kumar, P. G. S. (2016). Applications of Sandwich Plate System for Ship Structures. *IOSR Journal of Mechanical and Civil Engineering*, 83-90.
- Sujatanti, S. H., Zubaydi, A., Budipriyanto, A. (2018). Finite Element Analysis of Ship Deck Sandwich Panel. *Applied Mechanics and Materials*, 874, 134-139.
- Tuswan, T., Zubaydi, A., Pisceca, B., Ismail, A., Ariesta, R.C., Ilham, M. F. & Mualim, F. I. (2021a). Influence of application of sandwich panel on static and dynamic behaviour of ferry ro-ro ramp door. *Journal of Applied Engineering Science*, 19(1), 208-216. <https://doi.org/10.5937/jaes0-27708>
- Tuswan, T., Zubaydi, A., Pisceca, B., Sari, E. N. & Ismail, A. (2021b). Core sandwich material development based on vinyl ester bioresin for ship structure application. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 1034(1), 012152. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/1034/1/012152>
- Tuswan, T., Zubaydi, A., Pisceca, B., Ismail, A., Ariesta, R. C. & Prabowo, A. R. (2022). A numerical evaluation on nonlinear dynamic response of sandwich plates with partially rectangular skin/core debonding. *Curved and Layered Structures*, 9(1), 25-39. <https://doi.org/10.1515/cls-2022-0003>
- Wang, I. T. (2014). Numerical and experimental verification of finite element mesh convergence under explosion loading. *Journal of Vibroengineering*, 16(4), 1786–1798.
- Yang, J. S., Ma, L., Schmidt, R., Qi, G., Schröder, K. U., Xiong, J., & Wu, L. Z. (2016). Hybrid Lightweight Composite Pyramidal Truss Sandwich Panels with High Damping and Stiffness Efficiency. *Composite Structures*, 148, 85–96.



ARIKA

Media Ilmuan dan Praktisi Teknik Industri

Petunjuk Penulisan

Artikel dikirim secara elektronik, dengan:

- Menggunakan MS Word, spasi tunggal, Times New Roman 11 pt;
- Menggunakan bahasa Indonesia atau Inggris A.S.;
- menggunakan sistem metrik;
- Hindari penggunaan catatan kaki; semua harus dimasukkan ke dalam teks.

Naskah harus diatur dalam urutan berikut:

JUDUL/ TITLE

NAMA PENULIS/ AUTHOR(s)

ABSTRAK/ ABSTRACT

KATA KUNCI/ KEYWORD(s)

1. PENDAHULUAN/ INTRODUCTION

2. BAHAN DAN METODE/ MATERIAL AND METHOD

3. HASIL DAN PEMBAHASAN/ RESULT AND DISCUSSION

4. KESIMPULAN/ CONCLUSION

UCAPAN TERIMA KASIH/ ACKNOWLEDGMENT

DAFTAR PUSTAKA/ REFERENCE

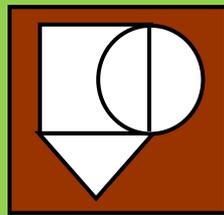
Gunakan model American Psychological Association (APA) edisi 6 atau 7. Gunakan [Mendeley](#) atau [Zotero](#) untuk memudahkan.

Petunjuk untuk Online Submission

Penulis harus melakukan registrasi pada <https://ojs3.unpatti.ac.id/index.php/arika/about/submissions>. Penulis harus melengkapi semua isian yang dibutuhkan. Setelahnya Penulis mengklik tombol "Register". Selanjutnya, Penulis akan diarahkan pada *online submission interface* dimana Penulis harus mengklik "New Submission". Berikut lima langkah *submission process* yang harus dilakukan:

- Tahap 1 - Starting the Submission:** Penulis harus mencentang semua persyaratan *submission checklists*. Penulis harus mengetik atau copy-paste *Cover Letter* pada bagian "*Comments for the Editor*".
- Tahap 2 – Uploading the Submission:** Untuk mengunggah artikel, penulis dapat mengklik pada *Upload submission file* dan pilih file artikel (.doc/.docx), kemudian klik "Upload".
- Tahap 3 – Entering Submission's Metadata:** Pada tahap ini, semua detail Penulis harus dimasukkan, termasuk menandai *corresponding author*. Setelahnya, Judul Artikel, Abstrak serta keyword harus dimasukkan dengan cara *copy-paste* pada kotak yang tersedia.
- Tahap 4 – Uploading Supplementary Files:** *Supplementary files* dapat diunggah, termasuk *Submission Letter*.
- Tahap 5 – Confirming the Submission:** Penulis melakukan pengecekan terakhir terhadap semua kelengkapan artikel yang diunggah. Jika sudah lengkap, klik "*Finish Submission*". *Corresponding author* atau kontak prinsipal akan menerima email penerimaan artikel. Proses selanjutnya dapat dilihat pada laman jurnal.

Jika Penulis mendapat masalah dalam proses *submission*, silahkan menghubungi kantor editor melalui email berikut: arika@fatek.unpatti.ac.id atau arika.unpatti@gmail.com.



ARIKA

Program Studi Teknik Industri
Fakultas Teknik Universitas Pattimura
Jl. Ir. M. Putuhena, Kampus Poka – Ambon
e-mail: arika@fatek.unpatti.ac.id
Website: <https://ojs3.unpatti.ac.id/index.php/arika>

