



ISSN : 2963 - 2501(Online)

**JURNAL ILMIAH TEKNIK MESIN,
TEKNIK SISTEM PERKAPALAN
DAN PLANOLOGI**

ISOMETRI

VOLUME 5, NO 1,
MEI 2026



**JURUSAN TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS PATTIMURA**



ISOMETRI

JURNAL ILMIAH TEKNIK MESIN, TEKNIK SISTEM PERKAPALAN DAN PLANOLOGI

- Penanggung Jawab : Dr. Pieter Th Berhиту, ST.,MT
(Dekan Fakultas Teknik Universitas
Pattimura)
- Ketua Dewan Penyunting : Arthur. Y. Leiwakabessy, ST.,MT
Sinta ID :6762512, Fakultas Teknik
Universitas Pattimura, Ambon,
Indonesia
- Anggota Dewan Penyunting : **Benjamin G Tentua, ST.,MT**
Fakultas Teknik Universitas Pattimura,
Ambon, Indonesia
Ir. A. Simanjuntak, MT
Fakultas Teknik Universitas Pattimura,
Ambon, Indonesia
Louhenapessy, ST., MT
Sinta ID :6674050, Fakultas Teknik
Universitas Pattimura, Ambon, Indonesia
W D Nanlohy, ST, M.Si
Fakultas Teknik Universitas Pattimura,
Ambon, Indonesia
Stevie. Titaley, ST., MT
Sinta ID :6195278, Fakultas Teknik
Universitas Pattimura, Ambon, Indonesia
Botanri, ST., M.Eng
Sinta ID :6758257, Fakultas Teknik
Universitas Pattimura, Ambon, Indonesia
Ciptoadi, ST, MT
Sinta ID :6198453, Fakultas Teknik
Universitas Pattimura, Ambon, Indonesia
D S Pelupessy, ST, M.Si., Ph.D
Sinta ID :6198233, Fakultas Teknik
Universitas Pattimura, Ambon, Indonesia).
Abdul Hady, ST.,MT
Sinta ID :6199007,Fakultas Teknik
Universitas Pattimura, Ambon, Indonesia
- Staf IT dan Administrasi : **Sefnath JE Sarwuna, ST., MT.**
Sinta ID:6712069, Fakultas Teknik



ISOMETRI

JURNAL ILMIAH TEKNIK MESIN,
TEKNIK SISTEM PERKAPALAN DAN PLANOLOGI

Universitas Pattimura, Ambon, Indonesia

Cendy SE Tupamahu, ST., MT.

Sinta ID :6712084, Fakultas Teknik

Universitas Pattimura, Ambon, Indonesia

Clodio Andre Thenu, ST

Fakultas Teknik Universitas Pattimura,
Ambon, Indonesia

Ain Nurhayati idi, ST

Fakultas Teknik Universitas Pattimura,
Ambon, Indonesia

Elton Pellata

Fakultas Teknik Universitas Pattimura,
Ambon, Indonesia

Alamat Redaksi

: Ruang Jurusan Teknik Mesin **Fakultas
Teknik - Universitas Pattimura**. Jl. Ir. M.
Putuhena, Poka-Ambon City, 97233,
Maluku, Indonesia

Contact : +62 821-4167-6561(text-only)

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

Diterbitkan oleh

: Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik
Universitas Pattimura



ISOMETRI

JURNAL ILMIAH TEKNIK MESIN,
TEKNIK SISTEM PERKAPALAN DAN PLANOLOGI

VOL. 5, No 1

Mei 2026

- | | |
|--|-------|
| ANALISIS GETARAN LATERAL PADA POROS PROPELLER BERBAHAN DASAR STAINLESS STEEL 316L | 1-7 |
| <i>Saul Brian Lituely</i> | |
| <i>Novitha Thenu</i> | |
| <i>Gertruida Norimarna</i> | |
| STUDI PENGARUH PUTARAN TERHADAP KINERJA OPTIMUM POMPA ALIRAN SENTRIFUGAL | 8-13 |
| <i>Zulfikar Anihu</i> | |
| <i>W.M. Rumaherang</i> | |
| <i>J. Louhenapessy</i> | |
| PENINGKATAN KINERJA TERMAL PENUKAR KALOR PIPA-GANDA TWISTED TURBULATOR ALIRAN BERLWAWAN | 14-20 |
| <i>Eric Maspaitella</i> | |
| <i>Nicolas Titahelu</i> | |
| <i>Cendy Sophia Edwina Tupamahu</i> | |
| EVALUASI KEHILANGAN HEAD SALURAN HISAP POMPA PENGISI OIL BARGE MEL 05 | 21-31 |
| <i>Lasro Pandapotan Simanullang</i> | |
| <i>Prayitno Ciptoadi</i> | |
| <i>Fany Laamena</i> | |
| ANALISIS EFEKTIVITAS PENUKAR KALOR SHELL AND SERPENTINE TUBE ALIRAN BERLAWANAN SEBAGAI PEMULIHAN LIMBAH PANAS GAS BUANG | 32-40 |
| <i>Graine C M Hutubessy</i> | |
| <i>Nicolas Titahelu</i> | |
| <i>Antoni Simanjuntak</i> | |
| APLIKASI RUTE EVAKUASI TSUNAMI DESA POKA | 41-44 |
| <i>Marthin Alfreinsco Salakory</i> | |
| <i>Jonny Latuny</i> | |
| <i>Cendy Sophia Edwina Tupamahu</i> | |
| ARAHAN PENGEMBANGAN SARANA NELAYAN DESA HUTUMURI | 45-53 |
| <i>Paula Patricia Sohilait</i> | |



ISOMETRI

JURNAL ILMIAH TEKNIK MESIN,
TEKNIK SISTEM PERKAPALAN DAN PLANOLOGI

VOL. 4, No 2

November 2025

Pieter Th. Berhitu

Adnan A. A. Botanri

PENGARUH VARIASI RASIO KOMPRESI PISTON TERHADAP KINERJA MESIN DAN EMISI GAS BUANG PADA MOTOR SUZUKI SATRIA F 150 INJEKSI 54-60

Irdzal

Willem Marthinus Eric Wattimena

Sefnath J Etwan Sarwuna

PERENCANAAN KEBUTUHAN INFRASTRUKTUR PELABUHAN PENYEBERANGAN WAILEY DI KABUPATEN SERAM BAGIAN BARAT 61-65

Yonas Tuny

Pieter Th. Berhitu

Hanok Mandaku

INVENTARISASI VEGETASI PADA RUANG TERBUKA HIJAU DI JALAN NEGERI TAWIRI 66-72

Ferdinando Yehuda Akian Tinglioy

Willem D. Nanlohy

Pieter Th. Berhitu

STUDI PERBANDINGAN VARIASI CDI STANDART DENGAN CDI BRT TERHADAP UNJUK KERJA MESIN SEPEDA MOTOR VEGA ZR 110cc 73-79

Geraldo Yanto Pentury

Willem M. E. Wattimena

Benjamin Golfin Tentua

PENGARUH KOMPOSIT CANGKANG BIJI METE SEBAGAI BAHAN ALTERNATIF KAMPAS REM TERHADAP NILAI LAJU KEAUSAN 80-85

Edo Z. Hedrianto

A. Y. Leiwakabessy

J. Louhenapessy

ARAHAN PENGEMBANGAN DESTINASI WISATA NEGERI AMAHUSU DALAM MENDUKUNG AMAHUSU SEBAGAI NEGERI WISATA 86-94



ISOMETRI

JURNAL ILMIAH TEKNIK MESIN,
TEKNIK SISTEM PERKAPALAN DAN PLANOLOGI

VOL. 5, No 1

Mei 2026

Alsen Beverly Frans

Stevianus Titaley

Renoldy Papilaya

**PENGARUH ARANG CANGKANG BIJI PALA SEBAGAI 95-100
PENGUAT KOMPOSIT TERHADAP PROPERTIS
MATERIAL KAMPS REM**

Aprianti Arsyadin

Arthur Y. Leiwakabessy

Antoni Simanjuntak

**ANALISIS TINGKAT KERAWANAN TSUNAMI DI 101-107
KECAMATAN TELUK ELPAPUTIH KABUPATEN
MALUKU TENGAH**

Evert R Sopacua

Ferad Puturuhu

Hertine M. Kesaulya

**PENGARUH PELABUHAN SEBAGAI SIMPUL 108-114
PERTUMBUHAN TERHADAP PENGEMBANGAN
WILAYAH DI KOTA MASOHI (STUDI KASUS:
PELABUHAN INA MARINA)**

Wahyuni si'a Pattiiha

Andiah Nurhaeny

Stevianus Titaley

**ANALISIS DAYA TARIK WISATA TERHADAP MINAT 115-121
BERKUNJUNG PADA KAWASAN WISATA PANTAI
WAINITU**

Nurleti Galela

Willem D Nanlohy

Renoldy L Papilaya

**IDENTIFIKASI LAHAN POTENSIAL DI KECAMATAN 122-127
TELUK AMBON BERDASARKAN DAYA DUKUNG
PERUMAHAN**

Ariel Frando Kiriwenno

Pieter Thomas Berhitu

Wa Ode J. Sitti Aswad

ANALISIS GETARAN AKIBAT KERUSAKAN PADA 128-134



ISOMETRI

JURNAL ILMIAH TEKNIK MESIN,
TEKNIK SISTEM PERKAPALAN DAN PLANOLOGI

VOL. 4, No 2

November 2025

**DOUBLE ROW BEARING MENGGUNAKAN METODE
DIGITAL SIGNAL PROSESSING (DSP) BERBASIS
LEVEL OF ENERGY**

Qilap Tambipessy

Jonny Latuny

Sefnath J. E. Sarwuna

**ANALISIS KEBUTUHAN AIR BERSIH WARGA DESA 135-142
PULAU RHUN KECAMATAN BANDA KABUPATEN
MALUKU TENGAH**

Dewi Apriliah M. Djamal

Stevianus Titaley

Rafael M. Osok



ISOMETRI

**JURNAL ILMIAH TEKNIK MESIN,
TEKNIK SISTEM PERKAPALAN DAN PLANOLOGI**

VOL. 5, No 1

Mei 2026

REVIEWER

Benjamin G Tentua, ST., MT(Universitas Pattimura, Ambon, Indonesia)

Cendy SE Tupamahu, ST., MT. (Universitas Pattimura, Ambon, Indonesia)

Ir. A. Simanjuntak, MT (Universitas Pattimura, Ambon, Indonesia)

J.Latuny, ST., MT., Ph.D (Universitas Pattimura, Ambon, Indonesia)

Ir. J.D.C. Sihasale, MT. (Universitas Pattimura, Ambon, Indonesia)

Ir. L. Wattimury, MT. (Universitas Pattimura, Ambon, Indonesia)

Stevianus Titaley, ST.,MT (Universitas Pattimura, Ambon, Indonesia)

ANALISIS GETARAN LATERAL PADA POROS *PROPELLER* BERBAHAN DASAR *STAINLESS STEEL 316L*

Saul Brian Litualy¹⁾, Novitha Thenu²⁾, Gertruida Norimarna³⁾

¹⁾Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik Universitas Pattimura

Email : brianlitaly@gmail.com

²⁾Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Pattimura

Email : novithathenu@gmail.com

³⁾Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Pattimura

Email : gertruidanorimarna@gmail.com

Abstrak KN. Ular Laut 405 adalah salah satu jenis kapal patroli yang dimiliki oleh Badan Keamanan Laut Republik Indonesia (Bakamla RI), yang beroperasi di wilayah zona timur Indonesia. Kecepatan maksimal dirancang 22 knot untuk kapal ini dengan putaran mesin 2300 rpm. Kapal ini dalam pengoperasiannya, mengalami getaran berlebih ketika putaran mesin induk mencapai 1800 rpm. Diduga sumber getaran terbesar berasal dari poros *propeller*. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui nilai frekuensi natural dan putaran kritis pada poros *propeller*, pengaruh variasi rasio gearbox terhadap nilai putaran kritis pada poros *propeller* serta mengetahui tingkat getaran lateral yang terjadi pada poros *propeller* dengan menggunakan bantuan perangkat lunak Ansys® Workbench 18.0. Penelitian ini, melakukan simulasi getaran lateral pada poros baling-baling dengan tahapan-tahapan pengumpulan data lapangan seperti data kapal, data manual book mesin induk, data propulsi kapal, tahap pembuatan model berdasarkan bentuk dan ukuran sebenarnya, tahap selanjutnya melakukan simulasi metode elemen hingga (FEM) untuk mengetahui nilai frekuensi natural poros *propeller* kapal. Hasil penelitian ini memberikan gambaran bahwa: frekuensi natural yang dimiliki oleh poros *propeller* pada 5 mode pertama antara lain : 104,18 Hertz; 104,21 Hertz; 207,05 Hertz; 207,17 Hertz; dan 283,12 Hertz., putaran kritis yang dimiliki berdasarkan 5 mode pertama frekuensi natural poros *propeller* dengan rasio gearbox sebenarnya (1:2,5) adalah 2500,32 RPM; 2501,04 RPM; 4969,2 RPM; 4972,08 RPM; dan 6794,88 RPM. Berdasarkan hasil analisa maka 1800 RPM bukan merupakan putaran kritis pada poros *propeller*. Namun, jika 1800 RPM menjadi putaran kritis pada poros *propeller*, maka rasio gearbox adalah 1:3,472.

Kata kunci : Getaran lateral, Frekuensi natural, Putaran kritis

1. PENDAHULUAN

KN. Ular Laut 405 adalah salah satu jenis kapal patroli yang dimiliki oleh Badan Keamanan Laut Republik Indonesia (Bakamla RI), yang beroperasi di wilayah zona timur Indonesia. Kecepatan maksimal 22 knot dirancang untuk kapal ini dengan putaran mesin 2300 rpm. Kapal ini dalam pengoperasiannya, mengalami getaran berlebih ketika putaran mesin induk mencapai 1800 rpm.

Sistem penggerak utama kapal terdiri atas mesin induk, *gearbox*, poros *propeller*, dan *propeller*. Dugaan penulis adalah poros *propeller* beresonansi pada putaran 1800 rpm meskipun pada awalnya tidak memiliki putaran kritis yang jelas, resonansi dapat terjadi akibat perubahan rasio gearbox karena keausan. Resonansi terjadi ketika frekuensi eksitasi mendekati atau sama dengan frekuensi natural sistem, sedangkan putaran kritis terjadi dimana poros *propeller* berputar pada frekuensi naturalnya. Dalam kondisi normal, poros *propeller* mungkin tidak mengalami putaran kritis yang terdefinisi dengan jelas, tetapi dengan adanya

perubahan rasio gearbox, frekuensi putaran propeller dapat berubah, mendekati atau bahkan sama dengan frekuensi natural sistem propulsi.

Frekuensi natural dapat diketahui dengan menggunakan beberapa metode, salah satunya adalah menggunakan metode elemen hingga (FEM). Metode elemen hingga adalah teknik komputasi untuk menganalisis struktur dengan membaginya menjadi bagian-bagian kecil yang disebut elemen. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui nilai frekuensi natural dari poros propeller KN.Ular Laut 405, menggunakan FEM dengan bantuan perangkat lunak Ansys® Workbench 18.0., dan untuk mengetahui putaran kritis berdasarkan frekuensi natural tersebut.

2. METODE

A. Tempat Penelitian

Penelitian ini dilakukan Fakultas Teknik Universitas Pattimura.

B. Objek Penelitian

Adapun objek pada penelitian ini adalah poros propeller pada KN. Ular Laut 405.

C. Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode simulasi computer berbasis FEM (*Finite Element Method*).

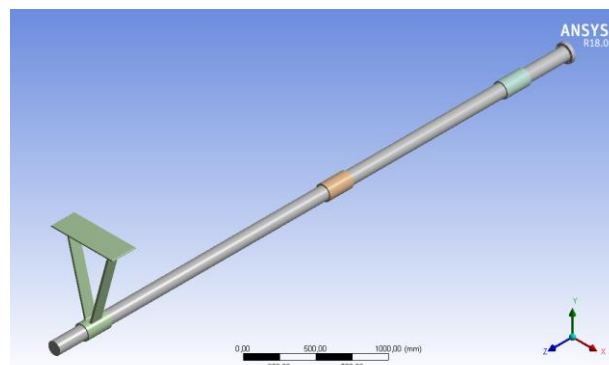
D. Variabel Penelitian

- Variabel bebas : Rasio *gearbox*.
- Variabel terikat : Putaran kritis poros propeller.

E. Pengolahan Data

a. *Geometry Design*

Desain geometri untuk penelitian ini menggunakan software AutoCAD, Model dibuat menggunakan skala 1:1 Diameter poros propeller bernilai 114,3 mm sedangkan diameter dalam bantalan belakang adalah 114,4 mm, sehingga clearance antara poros dan bantalan belakang adalah 0,1 mm. Sedangkan untuk diameter dalam bantalan depan bernilai 114,31 mm maka clearance antara poros propeller dan bantalan depan adalah 0,01 mm. Part-part yang telah dibuat, kemudian digabungkan menjadi satu kemudian di import ke ansys®*spaceclaim*.



Gambar 1. desain poros propeller KN. Ular laut 405.

Tabel 1. Volume dan massa poros propeller dan bantalan poros propeller

No	Nama bagian	Volume (mm ³)	Massa (Kg)
1	Poros Propeller	51.614.000	412,91

3	Bantalan belakang	53.00.000	41,605
4	Bantalan Tengah	1156800	9,0812
5	Bantalan depan	1156800	9,0812
Total		80.935.000	643,08

b. Penetapan material

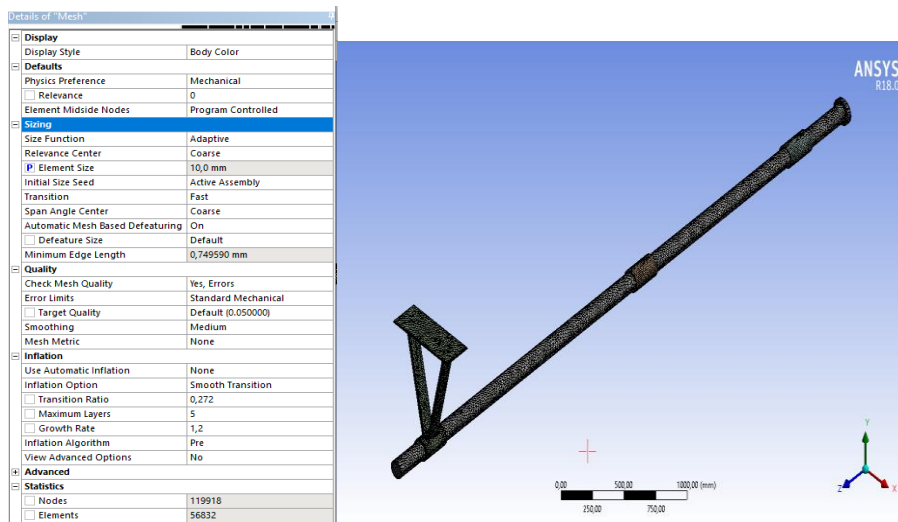
Material yang digunakan pada poros propeller adalah Stainless stell 316L. Ansys® Workbench tidak menyediakan Material SS 316L, untuk itu ditambahkan material SS 316L pada *Engineering data*.

1	Property	Value	Unit	D	E
2	Material Field Variables	Table			
3	Density	8	g cm ⁻³		
4	Isotropic Elasticity				
5	Derive from	Young's Mod...			
6	Young's Modulus	1,93E+11	Pa		
7	Poisson's Ratio	0,3			
8	Bulk Modulus	1,6083E+11	Pa		
9	Shear Modulus	7,4231E+10	Pa		

Gambar 2. Penetapan material Stainless steel 316L

c. Diskritisasi

Proses meshing menggunakan Tetrahedron Method, untuk ukuran elemen sebesar 10 mm, dengan hasil sebagai berikut:



Gambar 3. Hasil diskritisasi pada model poros propeller

Jumlah keseluruhan elemen meshing adalah 56.832 dengan 119.918 nodes. Berikut ini adalah detail data meshing:

Tabel 2. Jumlah node dan elemen hasil diskritisasi

No	Nama bagian	Jumlah node	Jumlah elemen
1	Poros Propeller	54.184	30.040
3	Bantalan belakang	43.902	22.744

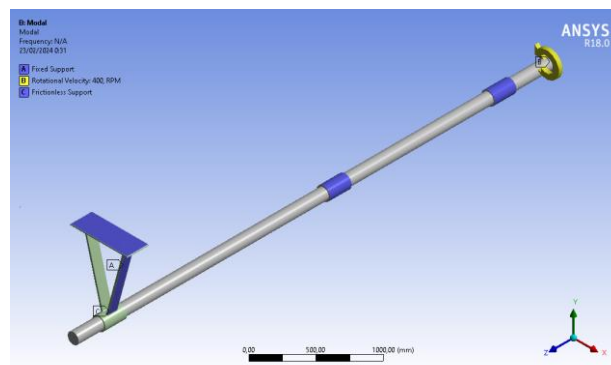
4	Bantalan Tengah	10.916	2.024
5	Bantalan depan	10.916	2.024
Total		119.918	56.832

d. *Boundary Condition*

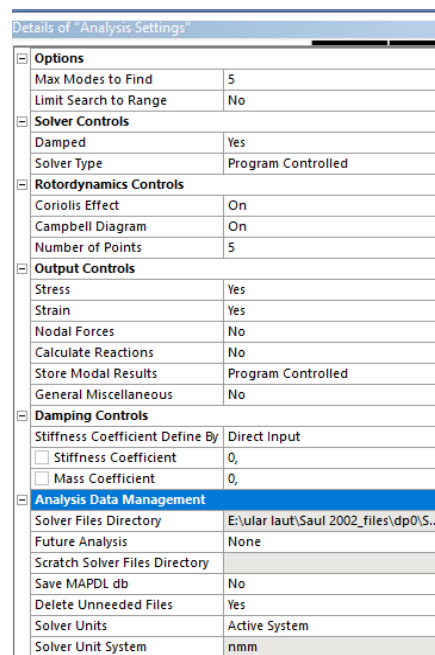
Boundary condition yang ditetapkan antara lain; fixed support, dan rotational velocity, dan frictionless support. Berikut merupakan detail penetapan boundary condition:

Tabel 3. Penetapan boundary condition pada model

No	Boundary Condition	Posisi	Magnitude
1	<i>fixed support</i>	Bantalan, dan V bracket	-
2	<i>rotational velocity</i>	Poros propeller	1. 400 RPM 2. 600 RPM 3. 1200 RPM 4. 2000 RPM 5. 2300 RPM
3	<i>frictionless support</i>	Clearance antara poros dan bantalan	-



Gambar 4. Posisi penempatan boundary condition pada model



Gambar 5. detail analysis settings pada workbench

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Frekuensi natural poros propeller KN. Ular Laut 405

Tabel 4. Frekuensi natural poros propeller

No (mode)	Frekuensi Natural	Gambar
1	104,18 Hz	
2	104,21 Hz	
3	207,05 Hz	
4	207,17 Hz	
5	283,12 Hz	

B. Frekuensi natural poros propeller KN. Ular Laut 405

Setelah diperoleh frekuensi natural, selanjutnya dilakukan perhitungan untuk memperoleh putaran kritis dengan beberapa rasio gearbox berbeda. Putaran kritis dapat diperoleh menggunakan rumus sebagai berikut:

$$N_{kritis} = \omega \times 60$$

Dengan memperhatikan bahwa putaran dari mesin induk ke poros propeller dipengaruhi oleh rasio gearbox (n), maka:

$$N_{kritis} = \frac{\omega \times 60}{n}$$

Tabel 5. Perbandingan frekuensi natural dengan putaran kritis

No	Frekuensi natural (Hz)	Putaran kritis (RPM) dengan rasio gearbox (1 : n)					
		1 : 2,5	1 : 2,6	1 : 2,75	1 : 2,9	1 : 3	1 : 3472
1	104,18	2500,3	2404,1	2273	2155,4	2083,6	1800,3
2	104,21	2501,0	2404,8	2273,6	2156	2084,2	1800,8
3	207,05	4969,2	4778,1	4517,4	4283,7	4141	3578
4	207,17	4972,1	4780,8	4520	4286,2	4143,4	3580,1
5	283,12	6794,9	6529,7	6177	5857,6	5662,4	4892,6

4. SIMPULAN

Frekuensi natural yang dimiliki oleh poros propeller KN.Ular Laut 405 berdasarkan hasil analisa menggunakan Ansys® Workbench pada 5 mode pertama antara lain : 104,18 Hertz; 104,21 Hertz; 207,05 Hertz; 207,17 Hertz; dan 283,12 Hertz.

Putaran kritis yang dimiliki oleh KN.Ular Laut 405 untuk 5 mode pertama frekuensi natural poros propeller dengan rasio gearbox sebenarnya (1:2,5) adalah 2500,32 RPM; 2501,04 RPM; 4969,2 RPM; 4972,08 RPM; dan 6794,88 RPM.

Putaran kritis yang dimiliki oleh KN.Ular Laut 405 untuk 2 mode pertama frekuensi natural poros propeller dengan beberapa variasi rasio gearbox yaitu variasi pertama (1:2,6) adalah 2404,15 RPM dan 2404,84 RPM; variasi kedua (1:2,75) adalah 2273,01 RPM dan 2273,67 RPM; variasi ketiga (1:2,9) adalah 2273,01 RPM dan 2273,67 RPM; variasi keempat (1:3) adalah 2083,6 RPM dan 2084,2 RPM; dan variasi kelima (1:3,472) adalah 1800,34 RPM dan 1800,86 RPM

Berdasarkan hasil analisa menggunakan Ansys®Workbench 18.0; maka 1800 RPM bukan merupakan putaran kritis pada poros propeller KN. Ular Laut 405. Namun, rasio gearbox untuk putaran kritis poros propeller mencapai 1800 RPM pada mesin induk adalah 1:3,472.

DAFTAR PUSTAKA

- Adams M. L. (2010). "Rotating Machinery Vibration: from Analysis to Troubleshooting". ISBN: 978-1-4398-0717-0. Taylor and Francis Group. USA.
- ANSYS Inc.(2009). "ANSYS® Workbench User's Guide", USA
- Bathe K. J. (1996). "Finite Element Procedures". ISBN:0-13-301458-4. Prentice Hall, Upper Saddle River, New jersey.
- Blake R. E.(2009). "Basic Vibration Theory". ISBN:9780071508193. McGraw-Hill, New York.
- Karyasa T. B. (2011). "Dasar-Dasar Getaran Mekanis", ISBN: 978-979-29-1683-6, CV.Andi Offset, Jogjakarta.
- Madokuboye A, Ogbonnaya A. E. (2019). "Vibration Analysis of A 3-Bladed Marine Propeller Shaft for 35000DWT Bulk Carrier". EJERS, European Journal of Engineering Research and Science Vol. 4, No. 10.
- Nirbito W, Januar T. R (2016). "analisa respon harmonik struktur poros propeller kapal menggunakan

- Ansys Workbench 14.5". Skripsi, Fakultas Teknik, Universitas Indonesia, Depok.
- Priatmoko D, Nugroho T. F. (2013). "Analisa getaran dan sistem perporosan pada *reduction gear* KM.Kumala". Skripsi, Jurusan Teknik Sistem Perkapalan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya.
- Putranto T, Imron A, Yulianto T(2018). "Kajian Penentuan Getaran Sistem Propulsi Kapal Patroli Dengan Metode Elemen Hingga". Artikel, Jurnal Kelautan Nasional.
- Rao S. S. (2000) "Mechanical Vibration-second edition". ISBN: 978-0-13-212819-3. Addison-Wesley in Reading, Massachusetts, USA.

STUDI PENGARUH PUTARAN TERHADAP KINERJA OPTIMUM POMPA ALIRAN *SENTRIFUGAL*

Zulfikar Anihu¹⁾, W.M. Rumaherang²⁾, J. Louhenapessy³⁾

¹⁾ S1 Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Pattimura, Ambon, 97233

*Email: zulfikaranihu469@gmail.com

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

*Email: maxrumaherang72@gmail.com

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

*Email: jandrileonora@yahoo.co.id

Abstrak Pompa sentrifugal merupakan pompa dengan efisiensi tinggi, konstruksi sederhana dan banyak digunakan di dunia. Pemilihan dan pengoperasian pompa untuk aplikasi didasarkan pada kurva karakteristik yaitu hubungan antara head (H), Daya (P) dan efisiensi terhadap Debit (Q) dan kesesuaiannya dengan system pemompaan. Berapakah nilai optimal kinerja pompa dan sistemnya merupakan masalah utama riset ini yang harus diselesaikan dengan tujuan menentukan kondisi optimal kerja pompa dan system pemompaan. Penelitian dilakukan dengan menggunakan metode simulasi hidrodinamika berbasis Computational Fluid Dynamics (CFD) dengan variasi putaran pompa yang diuji adalah 500, 1000, 1500, dan 2000 rpm. Hasil penelitian menunjukkan bahwa putaran pompa mempunyai pengaruh yang signifikan terhadap kinerja optimum. Pada putaran 2000 rpm, efisiensi pompa mencapai nilai tertinggi, sedangkan pada putaran yang lebih tinggi, efisiensi cenderung menurun. Head dan daya pompa meningkat seiring dengan peningkatan putaran, namun efisiensi menunjukkan pola yang berbeda. Penelitian ini menyimpulkan bahwa untuk mencapai kinerja optimal, pompa sentrifugal sebaiknya dioperasikan pada putaran 2000 rpm.

Kata Kunci : Pompa *Sentrifugal*, Putaran, Kinerja, Efisiensi, Simulasi Hidrodinamika

1. PENDAHULUAN

Pompa adalah alat yang digunakan untuk memindahkan fluida cair dari suatu tempat ke tempat yang lain, melalui system perpipaan dengan cara menambahkan energi pada cairan yang dipindahkan dan berlangsung secara kontinyu (K.L.Yana, 2017). Kinerja pompa ditentukan oleh head, kapasitas dan efisiensi. Head adalah kemampuan dari pompa untuk mengangkut fluida, kapasitas adalah jumlah volume fluida yang berpindah atau dialirkan dalam satuan waktu, efisiensi adalah perbandingan daya pompa dibandingkan dengan energi yang dibutuhkan oleh motor penggerak untuk menjalankan pompa (S.Pendidikan et al, 2015).

Pompa sentrifugal beroperasi dengan prinsip membuat perbedaan tekanan antara bagian hisap (suction) dengan bagian tekan (discharge). Perbedaan tekanan tersebut disebabkan oleh putaran impeller, sehingga keadaan sisi hisap nyaris vakum. Kondisi inilah yang mengakibatkan cairan dapat berpindah dari suatu reservoir ke tempat lain.

Pompa sentrifugal mengkonsumsi energi dalam jumlah yang sangat besar dalam berbagai aplikasi industri, sehingga desain dan optimalisasinya sangat relevan untuk menghemat energi dan meningkatkan efisiensi sistem. Jika pompa telah tersedia, maka analisis kinerja sistem sangat diperlukan. Selama pompa beroperasi tekanan di lubang masuk turun dibawah tekanan atmosfer dan menyebabkan cairan terdorong melalui pipa masuk oleh tekanan atmosfer.

Cairan ditarik ke sumbu pompa dan terlempar ke periphery oleh gaya sentrifugal. Kinerja

hisap yang lebih tinggi tidak selalu menyebabkan aliran resirkulasi awal yang lebih tinggi. Aliran 3 kontinu minimum harus ditentukan dengan mempertimbangkan semua faktor yang mempengaruhi operasi pompa, termasuk energi yang diterima oleh aliran balik inlet (W.M.Rumaherang, 2023)

Apabila putaran pompa tidak konstan maka kinerja pompa tidak dapat bekerja dengan performance optimal. Begitu juga sebaliknya apabila putaran pompa konstan maka pompa dapat bekerja dengan performance optimal sehingga dapat melakukan pekerjaan sesuai keinginan. Oleh karena itu penelitian ini bertujuan untuk menentukan putaran optimal yang menghasilkan kinerja terbaik pada pompa *sentrifugal*.

Apabila putaran pompa tidak konstan maka kinerja pompa tidak dapat bekerja dengan performance optimal. Begitu juga sebaliknya apabila putaran pompa konstan maka pompa dapat bekerja dengan performance optimal sehingga dapat melakukan pekerjaan sesuai keinginan.

Berdasarkan uraian diatas dan fakta-fakta, bahwa putaran pompa harus sesuai dengan *type* pompa itu. Dalam berbagai riset diatas belum dijelaskan secara pasti dan umum pada putaran berapakah sebuah pompa *axial* yang menghasilkan *performance* optimal. Supaya pompa dapat bekerja dengan *performance* optimal, maka dalam penelitian ini masalah yang dikaji adalah berapakah nilai putaran yang menghasilkan *performance* optimal pada pompa aliran *sentrifugal*.

Oleh karena itu penelitian ini akan menyelesaikan permasalahan di atas dengan tujuan untuk mengetahui berapa nilai putaran pada *performance* optimal pompa aliran *sentrifugal* dengan metode simulasi hidrodinamika mesin-mesin fluida dan dengan bantuan *software* komersial.

2. METODE PENELITIAN

Eksperimen dirancang untuk memperoleh data kinerja pompa aliran *sentrifugal* dengan memvariasikan putaran poros. Sistem pengujian menggunakan rangkaian sirkulasi tertutup (*closed-loop test rig*) yang terdiri atas tangki air, pompa *sentrifugal*, pipa masuk dan keluar, serta katup pengatur aliran. Rangkaian ini memungkinkan pengendalian debit dan putaran secara teratur sehingga setiap kondisi uji dapat dilakukan dengan konsisten.

Peralatan utama yang digunakan mencakup motor listrik berkecepatan variabel yang dilengkapi dengan inverter, *flow meter* elektromagnetik untuk mengukur debit, *pressure transducer* yang dipasang pada sisi masuk dan keluar untuk mengetahui besarnya head, serta *torque meter* pada poros untuk mencatat nilai torsi. Daya listrik input motor juga direkam dengan *power meter* sebagai parameter tambahan. Semua data diakuisisi melalui sistem pencatat otomatis berbasis komputer sehingga mempermudah pengolahan dan analisis hasil.

Variasi putaran yang diterapkan pada poros adalah 500, 1000, 1500, dan 2000 rpm. Debit dijaga dalam rentang 0,001 hingga 0,051 m³/s melalui pengaturan katup. Selama pengujian, data yang dicatat meliputi tekanan *inlet* dan *outlet*, debit aliran, torsi poros, serta daya *input* motor. Dari data ini dapat dihitung parameter kinerja utama, yakni *head* total, daya hidraulis, daya poros, dan efisiensi pompa.

Tahapan pengujian dimulai dengan kalibrasi seluruh instrumen agar hasil pengukuran akurat. Setelah itu sistem uji dipersiapkan dengan mengisi tangki air dan memastikan tidak terjadi kebocoran. Debit diatur sesuai nilai yang ditentukan, kemudian pompa dijalankan pada putaran pertama. Setelah kondisi aliran stabil, pencatatan data dilakukan secara berulang untuk memperoleh rata-rata yang representatif. Proses yang sama diterapkan untuk semua variasi putaran dan debit hingga seluruh data terkumpul.

Selanjutnya, hasil pengukuran diolah untuk menghasilkan kurva karakteristik pompa berupa hubungan antara debit, *head*, efisiensi, dan daya poros pada setiap variasi putaran.

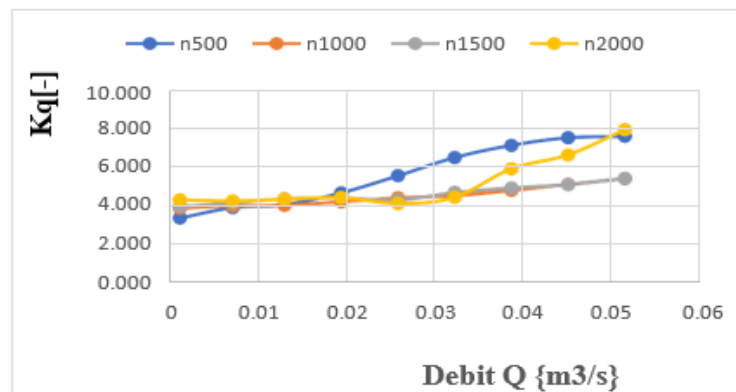
Analisis ketidakpastian juga dilakukan dengan mempertimbangkan akurasi alat ukur, sepe

-rti *flow meter*, *pressure transducer*, dan *torque meter*, sehingga dapat diketahui tingkat keandalan hasil yang diperoleh. Dengan rancangan eksperimen ini, kinerja optimum pompa *axial* dapat ditentukan secara menyeluruh berdasarkan data laboratorium.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

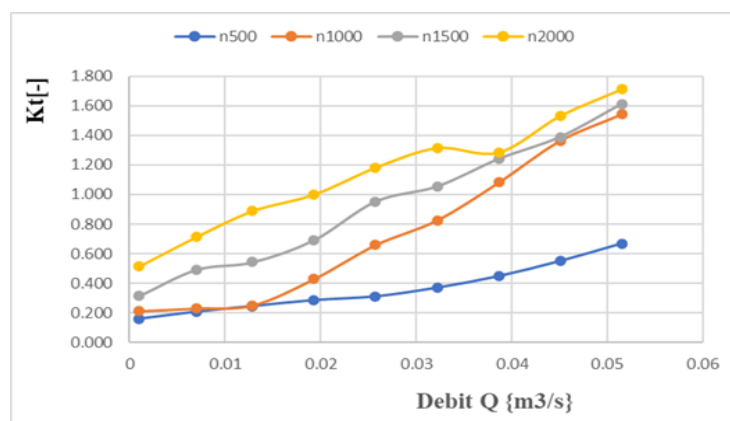
A. Performance Pompa *Sentrifugal* Pada Berbagai Putaran

Grafik pada gambar 1 menunjukkan pengaruh laju aliran terhadap koefisien torsi dengan variasi putaran. Semakin tinggi putaran, semakin tinggi koefisien torsi pada laju aliran rendah. Koefisien torsi menurun dengan peningkatan laju aliran untuk semua variasi putaran. Dapat dilihat bahwa semakin tinggi putaran, maka semakin tinggi koefisien torsi yang dihasilkan pada debit tertentu. Hal ini menentukan kinerja pompa sentrifugal pada berbagai kondisi operasi.



Gambar 1 Pengaruh Debit Terhadap Koefisien Torsi Dengan Variasi Putaran

Grafik pada gambar 2 menunjukkan hubungan antara laju aliran dan koefisien thrust, hal ini bersifat linear yaitu semakin tinggi debit maka semakin tinggi koefisien thrustnya dan perbedaan nilai koefisien thrust antara setiap jumlah putaran relative kecil. Pengaruh kecepatan putaran memperlihatkan bahwa kecepatan putaran berpengaruh terhadap koefisien thrust. Pada kecepatan putaran yang lebih tinggi (2000 rpm), koefisien thrust cenderung lebih tinggi dibandingkan kecepatan putaran yang relative rendah (500 rpm). Hal ini menunjukkan bahwa peningkatan kecepatan putaran berdampak positif terhadap koefisien thrust.



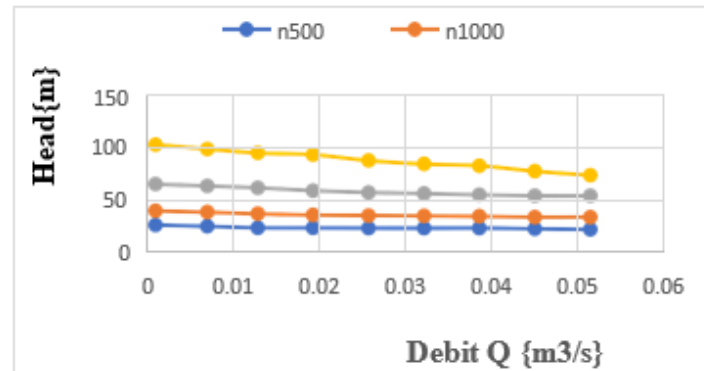
Gambar 2 Pengaruh Debit Terhadap Koefisien Thrust Dengan Variasi Putaran

Gambar 3 menunjukkan grafik hubungan antara head dan laju aliran pada suatu system pompa, untuk semua variasi. Pada semua putaran, head menurun seiring dengan peningkatan laju aliran. Ini merupakan sifat umum dari system pompa, karena semakin besar laju aliran

yang di pompa, semakin besar tenaga yang dibutuhkan untuk menggerakkan fluida, sehingga head yang dihasilkan akan menurun.

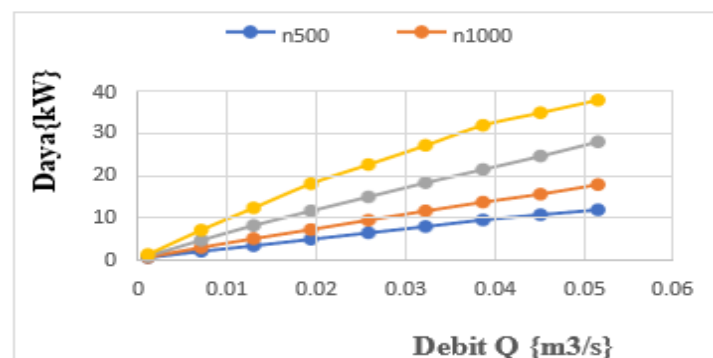
Semakin tinggi putaran, semakin tinggi head yang dihasilkan untuk debit yang sama.

Hal ini terlihat dari posisi garis pada grafik, dimana garis $n = 2000$ (putaran tertinggi) berada di atas garis $n = 500$ (putaran terendah) pada setiap debit.



Gambar 3 Pengaruh Debit Terhadap Head Dengan Variasi Putaran

Gambar 4 menunjukkan grafik hubungan antara laju aliran dan daya untuk berbagai variasi putaran. Pada grafik tersebut semakin tinggi debit, semakin tinggi daya yang dihasilkan. Dapat dilihat bahwa kurva daya semakin tinggi seiring dengan meningkatnya variasi putaran. Grafik ini juga menunjukkan bahwa debit dan daya memiliki hubungan linear positif.

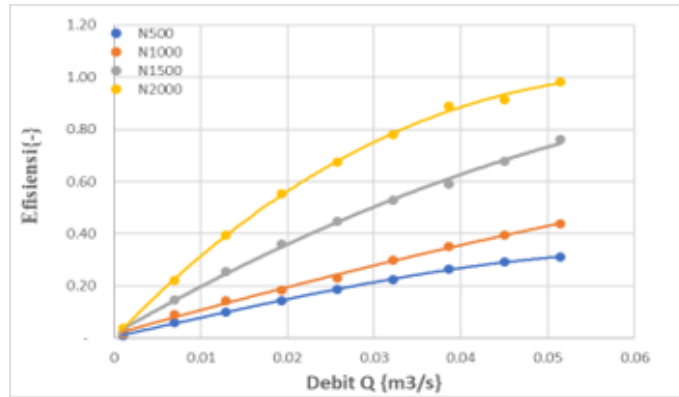


Gambar 4 Pengaruh Debit Terhadap Daya Dengan Variasi Putaran

Berdasarkan grafik pada gambar 5 menunjukkan hubungan antara laju aliran dan efisiensi pada putaran yang berbeda. Efisiensi meningkat seiring dengan peningkatan laju aliran pada semua variasi putaran. pada kecepatan putaran yang rendah (500 rpm), efisiensi mencapai puncaknya pada nilai laju aliran yang lebih tinggi.

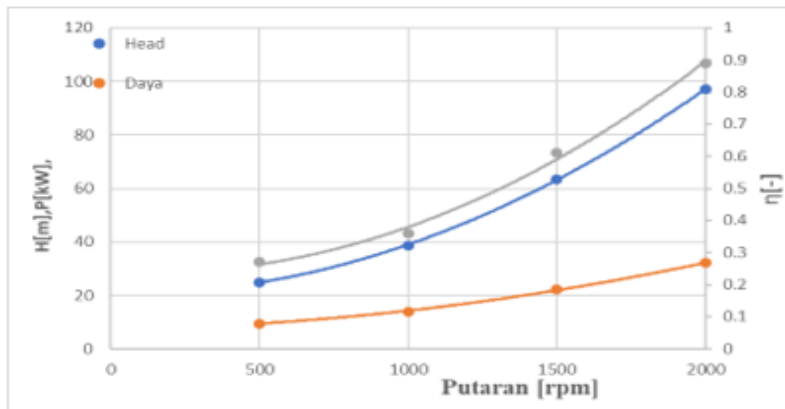
Karakteristik pompa sentrifugal terhadap putaran sangat penting untuk memahami kinerja dan efisiensi pompa tersebut. Pompa sentrifugal biasanya beroperasi pada kecepatan putaran yang lebih tinggi dibandingkan dengan pompa axial. Kecepatan putaran mempengaruhi aliran dan tekanan yang dihasilkan pompa. Dengan meningkatnya kecepatan putaran, maka aliran fluida yang dihasilkan oleh pompa sentrifugal akan meningkat. Untuk head yang dihasilkan oleh pompa sentrifugal cenderung lebih tinggi dibandingkan dengan pompa axial.

Pada kecepatan putaran yang optimal, pompa dapat beroperasi dengan efisiensi yang tinggi. Jika pompa sentrifugal beroperasi pada putaran yang lebih tinggi maka efisiensi cenderung meningkat secara signifikan.



Gambar 5 Pengaruh Debit Terhadap Efisiensi Dengan variasi Putaran

Pada gambar 6, grafik ini menunjukkan pengaruh putaran terhadap head, daya, dan efisiensi. Semakin besar putaran maka head akan semakin tinggi dapat dilihat pada putaran 500 rpm dengan head = 24.87 m dan pada putaran 2000 rpm head akan mengalami peningkatan 97.12 m. dan semakin besar putaran juga daya akan semakin tinggi dapat dilihat pada putaran 500 rpm dengan daya = 9.56 kW , pada putaran 2000 rpm daya meningkat 32.09 Kw. Pada grafik tersebut juga jika putaran mengalami peningkatan maka efisiensi juga cenderung meningkat dapat dilihat pada putaran 500 rpm dengan nilai efisiensi = 0.27 (27%) dan pada putaran 2000 rpm efisiensi mengalami peningkatan 0.89 (89%). Meskipun efisiensi meningkat, hal ini tidak secepat peningkatan head dan daya, yang dapat menunjukkan bahwa ada batas efisiensi optimal pada kecepatan 2000 rpm. Terlihat bahwa hubungan antara putaran dengan head, daya dan efisiensi bersifat linier.



Gambar 6 Pengaruh Putaran Terhadap Debit, Head, Daya, dan Efisiensi

4. SIMPULAN

Berdasarkan hasil simulasi dan pembahasan tentang pengaruh putaran terhadap kinerja optimum pompa aliran sentrifugal, dengan putaran yang di variasikan dari $n = 500 - 2000$ rpm terhadap performance pompa sentrifugal dengan diameter $D = 326$ mm dan jumlah blade impeller $z_b = 6$ maka dapat disimpulkan bahwa:

Penelitian ini menunjukkan bahwa putaran pompa sentrifugal memiliki pengaruh signifikan terhadap kinerja optimum pompa. dimana pompa sentrifugal dapat dikatakan bekerja dengan optimal apabila pompa beroperasi pada efisiensi maksimum. Pada penelitian ini pompa bekerja secara optimal dapat dilihat pada putaran 2000 rpm dengan nilai Head (H) = 97.12 m, Daya (P) = 32.09 Kw, Efisiensi = 0.89 (89%). karena pada putaran tersebut efisiensi pompa cenderung lebih tinggi dibandingkan dengan putaran lainnya.

DAFTAR PUSTAKA

- Chakraborty S, Choudhuri K, Dutta P, and Debbarma B, 2013. Performance Prediction of Centrifugal Pumps with Variations of Blabe number. *Journal of Scientific and Industrial Research*. Vol. 72, pp. 373-378.
- (Delly, 2009; Fahlefi, 2015; Ii & Pustaka, n.d.; James A.F Stoner, 1988; Lubis et al., 2020; Paralel, 2018; Pendidikan et al., 2015; Rachman, 2018; Rangatama & Pranoto, 2020; Rumaherang et al., 2023; Suarda, 2017; Sularso, 2010; Utomo, 2018; Yana et al., 2017)Delly, J. (2009). *DINAMIKA Jurnal Ilmiah Teknik Mesin PENGARUH TEMPERATUR TERHADAP TERJADINYA KAVITASI PADA SUDU POMPA SENTRIFUGAL*. 1(1), 21–28.
- Fahlefi, R. Z. (2015). Pengaruh Variasi Diameter Pipa Hisap (Suction) Terhadap Karakteristik Pompa Sentrifugal Yang Dioperasikan Secara Tunggal. *Universitas Muhammadiyah Malang*, 1, 5–33.
- Fouaad M, Adel M, and Ashmawy A, 2014. CFD Parametric Simulation of Low Specific Speed Centrifugal Pump. *Journal of American Science*. Vol. 12,pp.315-323.
- Houlin L, Yong W, Shouqi Y, Minggao T, and Kai W, 2010. Effects of Blade Number on Characteristics of Centrifugal Pumps. *Chinese Journal of Mechanical Engineering*. Vol. 23.pp.1-6.
- Ii, B. A. B., & Pustaka, T. (n.d.). *No Title*. 6–18.
- James A.F Stoner, 2018 : 41). (1988). Landasan Teori ادبج. *Dasar-Dasar Ilmu Politik*, 13, 17–39.
- Lubis, S., Siregar, I., & Siregar, A. M. (2020). Karakteristik Unjuk Kerja 2 Pompa Sentrifugal Dengan Susunan Seri Sebagai Turbin Pat. *Jurnal Rekayasa Material, Manufaktur Dan Energi*, 3(2), 85–92. <https://doi.org/10.30596/rmme.v3i2.5270>
- Paralel, S. D. A. N. (2018). *Pohan.A.H. 2018. Pengujian Eksperimental*. 20(2), 29– 35.
- Pendidikan, S., Mesin, T., Teknik, F., Surabaya, U. N., Mesin, J. T., Teknik, F., & Surabaya, U. N. (2015). *EFISIENSI POMPA SENTRIFUGAL Achmad Aliyin Musyafa Indra Herlamba Siregar Abstrak*. 03, 136–144.
- Rachman, T. (2018). Sistem Monitoring AIR PDAM Dengan WEMOS D1 berbasis WEB. *Angewandte Chemie International Edition*, 6(11), 951–952., 53(9), 10– 27.
- Rangatama, G., & Pranoto, H. (2020). Analisis Perancangan Pompa Sentrifugal pada Perancangan Shower Tester Booth di PT X. Progrm Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Mercu Buana. *Analisis Perancangan Pompa Sentrifugal Pada Perancangan Shower Tester Booth*, 09(2).
- Rumaherang, W. M. (2008). Perhitungan aliran dan peramalan karakteristik pompa sentrifugal bertingkat dengan penggunaan CAD blade’s system. *Jurnal Ilmiah Teknik Mesin CAKRAM*, 2(2), 69–76.
- Rumaherang, W. M., Refwalu, C., Tupamahu, C. S. E., Sarwuna, S. J. E., & Rumaherang, E. J. (2023). *EVALUASI KINERJA POMPA SENTRIFUGAL BERKAPASITAS 600 KL / Hr PADA SISTEM PEMOMPAAN MINYAK*. 3(1), 17–27.
- Suarda, M. (2017). *Mesin Bagian : Pompa*. 1–43.
- Sularso, M. (2010). *Pengujian Kinerja Pompa Sentrifugal Menggunakan Kontrol Inventer*. 13(1), 21–30.
- Utomo, W. G. (2018). *Perencanaan Ulang Impeller Pompa Sentrifugal Dengan Fluida Kerja Air Bersih Pada Unit Ipa Plosowahyu Pdam Lamongan*. 1–93. [https://repository.its.ac.id/58882/1/10211500000025-Wahyu Giant S.U.pdf](https://repository.its.ac.id/58882/1/10211500000025-Wahyu%20Giant%20S.U.pdf)
- Wicaksono, Alif Arif, 2015, Studi Pengaruh Trimming Impeller Backward Single Curvature 6 Sudu Terhadap Karakteristik Kerja Pompa Sentrifugal FM 50. Institut Teknologi Sepuluh November, Surabaya.
- Yana, K. L., Dantes, K. R., & Wigrha, N. A. (2017). Rancang Bangun Mesin Pompa Air Dengan Sistem Recharging. *Jurnal Pendidikan Teknik Mesin Undiksha*, 5(2). <https://doi.org/10.23887/jjtm.v5i2.10872>
- Zhang Q, Zhou H, Gao Q, and Cui Z,2014. Analysis of effects of impeller inlet width on the performance of centrifugal pump. *Journal of Chemical and Pharmaceutical Research*. Vol. 5, pp. 2078-2081.

PENINGKATAN KINERJA TERMAL PENUKAR KALOR PIPA-GANDA TWISTED TURBULATOR ALIRAN BERLWAWAN

Eric Maspaitella¹⁾, Nicolas Titahelu²⁾, Cendy Sophia Edwina Tupamahu³⁾

¹⁾S1 Teknik Mesin Fakultas Teknik, Universitas Pattimura
Email:ericmas82@gmail.com,

²⁾Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Pattimura
Email:titahelunick@gmail.com,

³⁾Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Pattimura
Email:tupamahucendy@gmail.com,

Abstrak Pada sistem pembakaran dalam, efisiensi thermal yang bisa dimanfaatkan hanya sekitar 25-30%. Pada mesin pembakaran dalam dengan bahan bakar fosil hanya mampu mengkonversi 35% energi dari total energi masukan, dimanasinya akan terbuang sebagai limbah panas. Dalam rangka memanfaatkan limbah panas yang terbuang dari suatu mesin pembakaran dalam yakni Genset 5 KVA, maka pada penelitian ini akan dirancang penukar kalor dengan tambahan twisted turbulator. Variasi rasio pitch 0,8 - 3,9 bertujuan untuk mendapatkan laju perpindahan panas yang efektif untuk mengoptimalkan kinerja penukar kalor. Penelitian ini menggunakan metode eksperimen untuk mengetahui kinerja penukar kalor dengan twisted turbulator tersebut. Dimana model akan didesain menggunakan material tembaga pada bagian tube bank dan material pipa baja pada bagian casing. Temperatur fluida dingin masuk konstan pada 302 K. Hasil menunjukkan bahwa temperatur udara keluar yang maksimal terjadi pada variasi p/d yang rendah ditunjukkan pada p/d 0,8 dengan temperatur udara keluar sebesar 425,85 K dan temperatur udara keluar terendah terjadi pada variasi p/d 3,9 ditunjukkan dengan temperatur udara keluar sebesar 403,22 K. Berdasarkan hasil analisis menunjukkan efektivitas penukar kalor tertinggi terjadi pada variasi p/d 0,8 dengan nilai efektivitas mencapai 39,95 %.

Kata kunci: Penukar kalor, twisted turbulator, rasio pitch.

1. PENDAHULUAN

Penukar kalor merupakan perangkat yang digunakan untuk mentransfer energi panas antara dua atau lebih fluida yang dipisahkan oleh material padat. Departemen Energy Amerika Serikat (US DOE) menyatakan bahwa sebanyak 20-50% energi masukan di sektor industri pada akhirnya dibuang sebagai limbah panas dalam beberapa bentuk energi panas. Tingkat konversi energi efektif mesin pembakara konvensional hanya mencapai 35% sedangkan sisanya menjadi limbah panas. Pada sistem pembakaran dalam, efisiensi thermal yang bisa dimanfaatkan hanya sekitar 25-30%, sedangkan sisanya terbuang dalam berbagai bentuk seperti :30-35% terbuang sebagai limbah panas, 30-35% terbuang melalui sistem pendingin, dan 5-10% terbuang kibat gesekan.

Pemanfaatan limbah panas dapat mengurangi penggunaan bahan bakar fosil sehingga akan berdampak baik pada lingkungan. Beberapa model penukar kalor dikembangkan untuk memanfaatkan limbah panas hasil gas buang : tipe pipa sirip H, pipa spiral, pipa pemanas, *shell and tube*, *tube bank*, dan *inner turbulator*. Parameter yang digunakan untuk mengukur kinerja penukar kalor model *inner tube turbulator* antara lain penambahan sirip, variasi geometri, dan model *turbulator*. Pada penelitian ini dirancang penukar kalor

Pipa ganda dengan tambahan *twisted turbulator*, dimana akan divariasikan perbandingan panjang putaran sirip terhadap diameter *tube* (p/d). Hal ini dilakukan untuk mengukur seberapa besar pengaruh p/d *twisted* turbulator terhadap kinerja termal dari penukar panas pipa ganda dan mencari temperatur udara udara dingin keluar yang maksimal.

2. METODE

Waktu penelitian dilaksanakan Juni 2024 sampai selesai pada laboratorium termodinamika dan perpindahan panas fakultas teknik Universitas Pattimura. Penelitian ini menggunakan metode eksperimen untuk mengetahui kinerja penukar kalor dengan *twisted turbulator* tersebut.

A. Variabel Penelitian

- a. Variabel bebas pada penelitian ini adalah variasi perbandingan panjang putaran sirip terhadap diameter tube (p/d).
- b. Variabel terikat pada penelitian ini adalah karakteristik perpindahan panas konveksi yakni; laju perpindahan panas total (Q).

B. Jenis Penelitian

Penelitian ini merupakan penelitian kuantitatif dengan metode eksperimen, yaitu penelitian yang dilakukan melalui pengujian langsung pada sistem penukar panas dengan memvariasikan nilai perbandingan panjang putaran sirip terhadap diameter tube (p/d) disebut juga *pitch ratio*.

a. Persiapan Penelitian

Persiapan penelitian dilakukan dengan melakukan studi literatur terkait penukar panas dan prinsip perpindahan panas, diikuti dengan penyiapan serta pemeriksaan alat uji penukar panas dan instrumen pengukuran untuk memastikan kondisi alat siap digunakan sebelum pengujian dilakukan.

b. Alat dan Bahan yang digunakan

Untuk menunjang pelaksanaan pengujian dan memperoleh data yang akurat, penelitian ini menggunakan beberapa alat dan bahan yang dijelaskan sebagai berikut:

1) Alat:

- a) Penukar panas
- b) Pompa fluida untuk mengalirkan fluida kerja
- c) Sumber pemanas
- d) Sensor suhu (termokopel/termometer)
- e) Flowmeter
- f) Pipa dan katup pengatur aliran

2) bahan:

- a) Fluida kerja berupa air
- b) Alat bantu lainnya

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Hasil

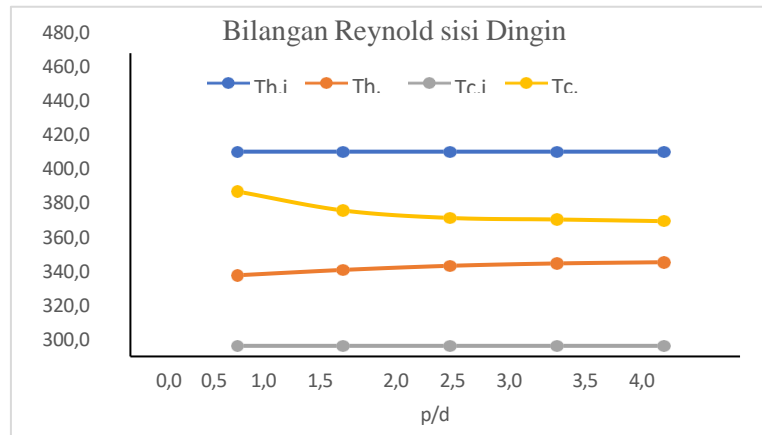
a. Temperatur Fluida Masuk dan Keluar

Data temperatur fluida masuk dan keluar yang diperoleh dari hasil pengujian pada variasi *pitch to diameter* (p/d) disajikan pada Tabel 1. Data tersebut merupakan hasil pengukuran langsung selama proses pengujian penukar panas dengan variasi konfigurasi turbulator.

Table 1. Data Terukur

p/d	$T_{h,i}$ (K)	$T_{c,i}$ (K)	$V_{c,i}$ (m/s)	$V_{h,i}$ (m/s)	$T_{h,o}$ (K)	$T_{c,o}$ (K)
-------	---------------	---------------	-----------------	-----------------	---------------	---------------

0,8	523,2	308,2	1,0	5,0	361,99	425,84
1,6	523,2	308,2	1,0	5,0	366,06	411,38
2,4	523,2	308,2	1,0	5,0	369,21	405,68
3,2	523,2	308,2	1,0	5,0	371,00	404,50
3,9	523,2	308,2	1,0	5,0	371,94	403,22



Gambar 1. Grafik pengaruh p/d terhadap data output temperature

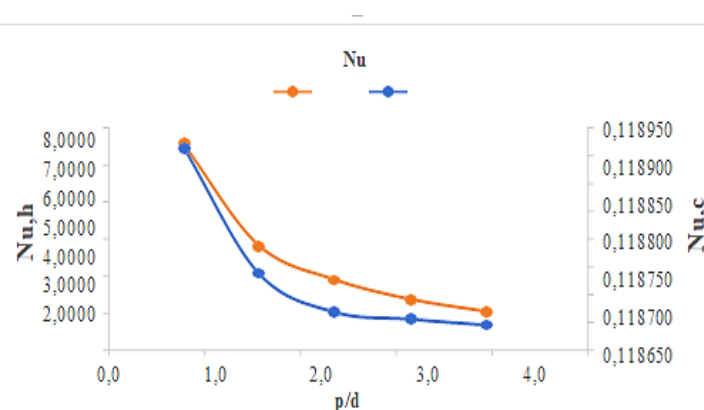
Hubungan antara rasio p/d terhadap temperatur keluaran fluida ditunjukkan pada Gambar 1. Grafik tersebut memperlihatkan perubahan temperatur keluaran fluida pada setiap variasi p/d, yang menunjukkan adanya pengaruh parameter geometrik terhadap karakteristik temperatur fluida di dalam penukar panas.

b. Karakteristik Perpindahan Panas (Bilangan Nusselt)

Nilai bilangan Nusselt yang diperoleh dari hasil perhitungan pada setiap variasi rasio pitch to diameter (p/d) disajikan pada Tabel 2. Nilai tersebut merupakan hasil pengolahan data temperatur dan parameter aliran fluida pada sisi panas penukar panas.

Table 2. hasil perhitungan bilangan *Nusselt* pada sisi panas (Nu_h)

p/d	Re_h	Pr_h	f_h	Nu_h
0,8	11718,5	0,0007405	0,00533459	7,569
1,6	9202,8	0,0007395	0,00379019	4,825
2,4	8711,1	0,0007388	0,00298491	3,895
3,2	8441,9	0,0007384	0,00251106	3,361
3,9	8383,3	0,0007382	0,00217885	3,027



Gambar 2. Grafik pengaruh p/d terhadap bilangan Nusselt

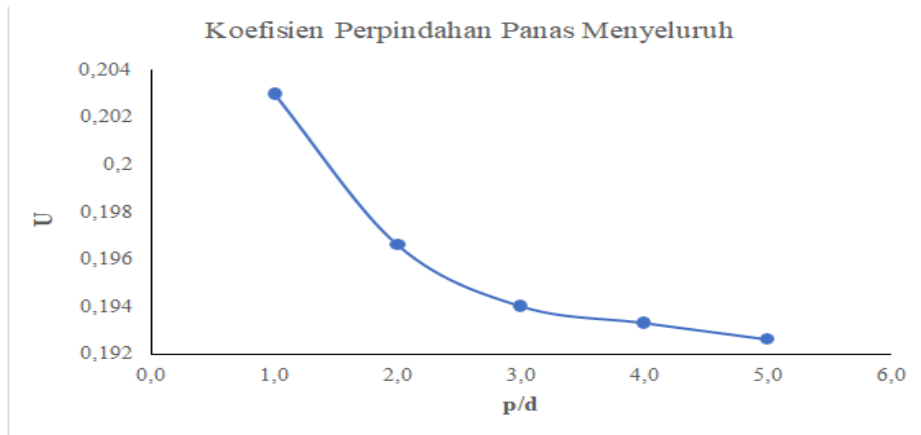
Hubungan antara rasio p/d dan bilangan Nusselt ditunjukkan pada Gambar 2. Grafik tersebut memperlihatkan perubahan nilai bilangan Nusselt pada setiap variasi p/d, yang menggambarkan karakteristik perpindahan panas konveksi akibat variasi parameter geometrik yang diterapkan

c. Koefisien Perpindahan Panas Menyeluruh

Nilai koefisien perpindahan panas menyeluruh yang diperoleh dari hasil perhitungan pada setiap variasi rasio pitch to diameter (p/d) disajikan pada Tabel 3. Nilai tersebut dihitung berdasarkan parameter perpindahan panas pada sisi panas dan sisi dingin penukar panas.

Tabel 3. Hasil perhitungan koefisien perpindahan panas menyeluruh (U)

p/d	$\frac{L}{m}$	$\frac{\lambda_w}{m \cdot K}$	$\frac{h_h}{W/m^2 \cdot K}$	$\frac{h_c}{W/m^2 \cdot K}$	$\frac{U}{m \cdot K}$
0,8	2,0	387	8,429	0,032	0,2029
1,6	2,0	387	5,295	0,032	0,1966
2,4	2,0	387	4,227	0,031	0,1940
3,2	2,0	387	3,624	0,031	0,1933
3,9	2,0	387	3,254	0,031	0,1926



Gambar 3. Grafik pengaruh p/d terhadap koefisien perpindahan panas menyeluruh

Hubungan antara rasio p/d dan koefisien perpindahan panas menyeluruh ditunjukkan pada Gambar 3. Grafik tersebut memperlihatkan perubahan nilai koefisien perpindahan panas menyeluruh akibat variasi konfigurasi turbulator yang diterapkan pada penukar panas.

d. Perpindahan Panas Aktual dan Maksimum

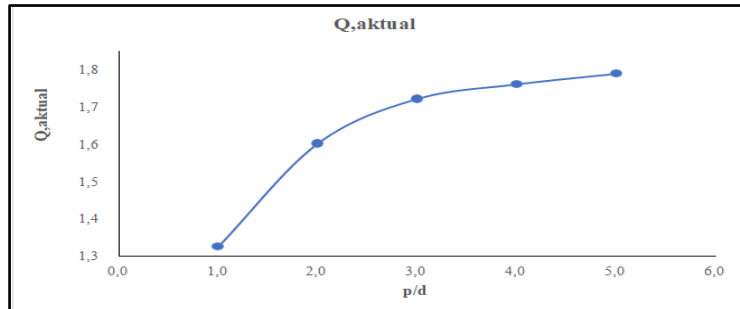
Nilai perpindahan panas aktual dan perpindahan panas maksimum yang diperoleh dari hasil perhitungan pada setiap variasi rasio pitch to diameter (p/d) disajikan pada Tabel 4. dan Tabel 5. Nilai tersebut dihitung berdasarkan data temperatur fluida serta parameter perpindahan panas yang diperoleh selama proses pengujian.

Tabel 4. Hasil perhitungan untuk perpindahan panas aktual (Q_{aktual})

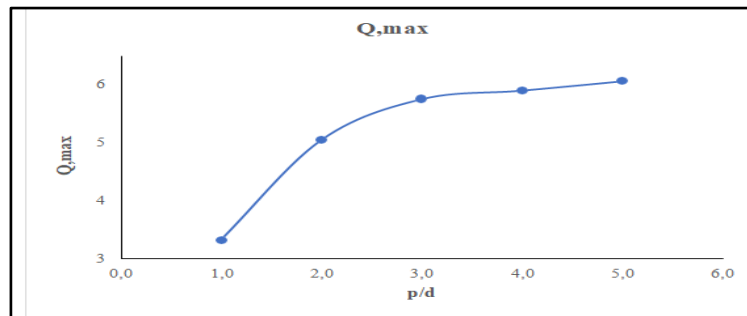
p/d	U ($W/m^2 \cdot K$)	A (m^2)	ΔT_{lm} (K)	Q_{aktual} (W)
0,8	0,2029	0,1595	40,964	1,326
1,6	0,1966	0,1595	51,063	1,601
2,4	0,1940	0,1595	55,600	1,720
3,2	0,1933	0,1595	57,070	1,760
3,9	0,1926	0,1595	58,194	1,788

Tabel 5 Hasil perhitungan untuk perpindahan panas maksimum (Q_{maks})

p/d	\dot{m} (kg/s)	C_p ($J/K \cdot g$)	ΔT (K)	Q_{maks} (W)
0,8	0,115	0,949	30,360	3,3193
1,6	0,119	0,945	44,820	5,0452
2,4	0,121	0,944	50,520	5,7507
3,2	0,121	0,943	51,700	5,8986
3,9	0,121	0,943	52,980	6,0596



Gambar 4. Grafik pengaruh p/d terhadap perpindahan panas aktual



Gambar 5. Grafik pengaruh p/d terhadap perpindahan panas maksimum

Hubungan antara rasio p/d terhadap perpindahan panas aktual dan perpindahan panas maksimum ditunjukkan pada Gambar 4. dan Gambar 5. Grafik tersebut memperlihatkan perubahan nilai perpindahan panas pada setiap variasi p/d , yang menggambarkan pengaruh variasi konfigurasi turbulator terhadap kinerja perpindahan panas penukar panas.

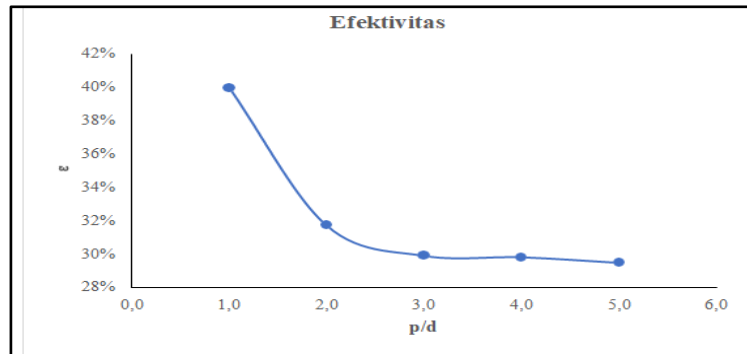
B. Pembahasan

a. Efektivitas Penukar Panas

Nilai efektivitas penukar panas pada setiap variasi rasio pitch to diameter (p/d) disajikan pada Tabel 6. dan hubungannya dengan rasio p/d ditunjukkan pada Gambar 6. Efektivitas dihitung berdasarkan perbandingan antara perpindahan panas aktual dan perpindahan panas maksimum yang diperoleh dari hasil perhitungan sebelumnya.

Tabel 6. hasil perhitungan efektivitas

p/d	Q_{aktual} (W)	Q_{maks} (W)	$\times 100$	ϵ
0,8	1,326	3,3193	100	39,95%
1,6	1,601	5,0452	100	31,74%
2,4	1,720	5,7507	100	29,92%
3,2	1,760	5,8986	100	29,83%
3,9	1,788	6,0596	100	29,50%

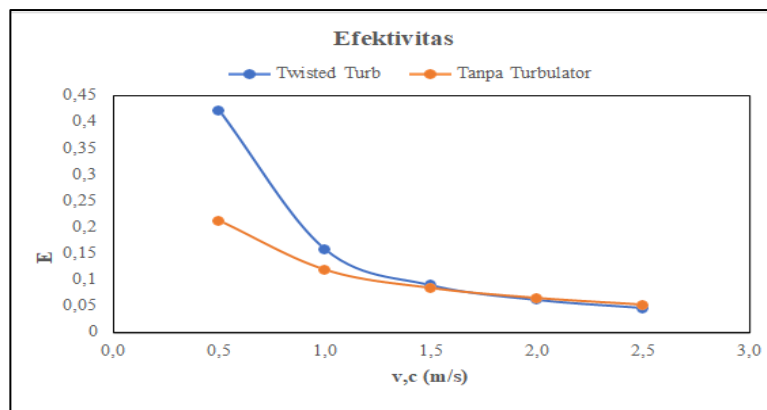


Gambar 6. Grafik pengaruh p/d terhadap efektivitas

Berdasarkan hasil yang ditampilkan, variasi rasio p/d memberikan pengaruh terhadap nilai efektivitas penukar panas. Perubahan nilai efektivitas tersebut berkaitan dengan peningkatan intensitas perpindahan panas konveksi yang dipengaruhi oleh konfigurasi turbulator, sehingga kemampuan penukar panas dalam memindahkan energi panas menjadi lebih optimal pada kondisi tertentu.

b. Perbandingan Twisted Turbulator dan Tanpa Turbulator

Perbandingan kinerja penukar panas antara penggunaan twisted turbulator dan tanpa turbulator ditunjukkan pada Gambar 7. Perbandingan tersebut didasarkan pada nilai efektivitas yang diperoleh pada kondisi pengujian yang sama, sehingga pengaruh penggunaan turbulator terhadap kinerja perpindahan panas dapat diamati secara langsung.



Gambar 7. Perbandingan efektivitas *twisted turbulator* dan tanpa *turbulator*

Berdasarkan hasil perbandingan tersebut, penggunaan twisted turbulator menghasilkan nilai efektivitas yang lebih tinggi dibandingkan dengan penukar panas tanpa turbulator. Peningkatan efektivitas ini menunjukkan bahwa keberadaan twisted turbulator mampu meningkatkan turbulensi aliran fluida, yang berdampak pada peningkatan intensitas perpindahan panas konveksi di dalam penukar panas.

4. SIMPULAN

Dari hasil penelitian dengan memvariasikan nilai rasio p/d pada plat turbulator dengan temperatur udara masuk konstan, maka dapat diambil kesimpulan bahwa Rasio p/d 0,8 yang paling efektif dengan nilai efektivitas sebesar 39,95 %. Rasio p/d 0,8 menghasilkan temperatur udara keluar paling maksimal yakni sebesar 425,84 °K.

DAFTAR PUSTAKA

E Tavousi, N. Perera, D. Flynn, R. Hasan, and M. Rahman, "Effect of novel turbulators on the hydrothermal performance of counterflow double tube heat exchanger using nanofluid

- s," *Int. J. Heat Fluid Flow*, vol. 107, no. May, p. 109427, 2024, doi:10.1016/j.ijheatfluidflow.2024.109427.
- B. Inc, "Waste Heat Recovery: Technology Opportunities in the UJS Industry," *Waste Heat Recover. Technol. Oppor. US Ind.*, pp. 1-112, 2008, doi:10.1017/CBO9781107415324.004.
- O. Douadi, R. Ravi, M. Faqir, and E. Essadiqi, "A conceptual framework for waste heat recovery from compression ignition engines: Technologies, working fluids & heat exchangers," *Energy Conversion. Manag.* X, vol. 16, no. September, p. 100309, 2022, doi:10.1016/j.ecmx.2022.100309.
- A. Digdoyo, T. Surawan, D. Djamruddin, E. Yuniati, D. Ardiyan, and A. Saputra, "Review: Pemanfaatan Limbah Panas Dari Internal Combustion Engine Sebagai Energi Terbarukan Melalui Proses Pemulihan Gas Buang," *Technol. Renew. Energy Dev.*, pp. 130-144, 2021.
- M. H. Masud, A. A. Ananno, N. Ahmed, P. Dabnichki, and K. N. Salehin, "Experimental investigation of a novel waste heat based food drying system," *J. Food Eng.*, vol. 281, no. October 2019, p. 110002, 2020, doi:10.1016/j.jfoodeng.2020.110002.
- S. Tang, X. Xie, Z. Zhao, and L. Ding, "Investigation of thermal-hydraulic characteristics in a novel finned tube heat exchanger for flue gas waste heat recovery," *Case Stud. Therm. Eng.*, vol. 39, no. September, p. 102392, 2022, doi:10.1016/j.csite.2022.102392.
- Z. Mokhtar, J. Vanden Berghe, and J. Blondeau, "Experimental characterization of a spiral heat exchanger for waste water heat recovery from partially filled sewage pipes," *Case Stud. Therm. Eng.*, vol. 52, no. August, p. 103770, 2023, doi:10.1016/j.csite.2023.103770.
- H. Jouhara, N. Khordeghah, S. Almahmoud, B. Delpech, A. Chauhan, and S. A. Tassou, "Waste heat recovery technologies and applications," *Therm. Sci. Eng. Prog.*, vol. 6, no. January, pp. 268-289, 2018, doi:10.1016/j.tsep.2018.04.017.
- I. A. Fetuga, O. T. Olakoyejo, S. M. Abolarin, J. K. Gbegudu, A. Onwuegbusi, and A. O. Adelaja, "Numerical analysis of thermal performance of waste heat recovery shell and tube heat exchangers on counter-flow with different tube configurations," *Alexandria Eng. J.*, vol. 64, pp. 859-875, 2023, doi:10.1016/j.aej.2022.09.017.
- S. Bari and T. S. Randhawa, "Optimizing the design of heat exchangers to reduce the cost and maximize the production of freshwater using waste heat from a diesel-gen-set," *Int. J. Thermofluids*, vol. 14, no. February, p. 100142, 2022, doi:10.1016/j.ijft.2022.100142.
- P. Zhang, T. Ma, W. D. Li, G. Y. Ma, and Q. W. Wang, "Design and optimization of a novel high temperature heat exchanger for waste heat cascade recovery from exhaust flue gases," *Energy*, vol. 160, pp. 3-18, 2018, doi: 10.1016/j.energy.2018.06.216.
- A. El Maakoul, K. Feddi, S. Saadeddine, A. Ben Abdellah, and M. El Metoui, "Performance enhancement of finned annulus using surface interruptions in double-pipe heat exchangers," *Energy Conversion. Manag.*, vol. 210, 2020, doi:10.1016/j.enconman.2020.112710.
- C. Luo and K. W. Song, "Thermal performance enhancement of a double-tube heat exchanger with novel twisted annulus formed by counter-twisted oval tubes," *Int. J. Therm. Sci.*, vol. 164, no. September 2020, p. 106892, 2021, doi:10.1016/j.ijthermalsci.2021.106892.
- E. Tavousi, N. Perera, D. Flynn, R. Hasan, and M. Rahman, "Effect of novel turbulators on the hydrothermal performance of counterflow double tube heat exchanger using nanofluids," *Int. J. Heat Fluid Flow*, vol. 107, 2024, doi:10.1016/j.ijheatfluidflow.2024.109427.
- T. Salameh, M. Alkasrawi, A. G. Olabi, A. Al Makky, and M. A. Abdelkareem, "Experimental and numerical analysis of heat transfer enhancement inside concentric counter flow tube heat exchanger using different nanofluids," *Int. J. Thermofluids*, vol. 20, no. September, p. 100432, 2023, doi: 10.1016/j.ijft.2023.100432.

EVALUASI KEHILANGAN HEAD SALURAN HISAP POMPA PENGISI OIL BARGE MEL 05

Lasro Pandapotan Simanullang¹⁾, Prayitno Ciptoadi²⁾, Fany Laamena³⁾

¹⁾S1 Teknik Sistem Perkapalan Fakultas Teknik, Universitas Pattimura
Email: lasromanullang674@gmail.com,

²⁾Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Pattimura
Email: pciptoadi69@gmail.com,

³⁾Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Pattimura
Email: laamenafany@gmail.com,

Abstrak Kapal tongkang minyak (*Oil Barge*) MEL 05 merupakan kapal pengangkut fluida cair, berupa minyak solar dan minyak mentah kelapa sawit. Panjang pipa hisap yang digunakan untuk menyuplai minyak adalah 34,68 m, berpotensi menyebabkan kehilangan head yang besar saat proses pengisian. Penelitian ini bertujuan mengevaluasi kehilangan head yang terjadi pada pipa hisap. Metode penelitian pengumpulan data melalui observasi lapangan, wawancara, dan studi literatur. Hasil perhitungan kehilangan head pada pipa hisap pengisi untuk minyak solar ke tangki kapal adalah 3,1436 m, sedangkan untuk minyak mentah kelapa sawit mencapai 3,1915 m. Pada saat pembongkaran yaitu pengeluaran fluida minyak dari tangki kapal, kehilangan head untuk minyak solar adalah 4,3290 m dan untuk minyak mentah kelapa sawit 4,4066 m. Dari hasil tersebut dapat dinyatakan bahwa kerugian kehilangan head akibat panjang pipa hisap jika dibandingkan dengan nilai NPSH yang tersedia masih layak untuk digunakan, tetapi disarankan agar merekonstruksi kembali sistem pompa sehingga kerugian head pada saluran hisap tidak terlalu besar.

Kata kunci: kehilangan head, saluran hisap, pompa, *oil barge*.

1. PENDAHULUAN

Kapal tongkang minyak (*oil barge*) MEL 05 memiliki panjang 79,25 meter, lebar 18,89 meter dan tinggi geladak 5,48 meter. Kapal tersebut dirancang khusus untuk mengangkut muatan fluida cair, termasuk minyak mentah dan produk olahan lainnya. Kapal ini dilengkapi dengan sistem instalasi pipa dan pompa bertekanan tinggi guna memastikan proses pengisian dan pembongkaran dilaksanakan dengan waktu yang efisien. Pompa merupakan komponen yang berperan penting dalam proses pengisian maupun pembongkaran fluida cair ke tangki kargo kapal tongkang minyak (*oil barge*) MEL 05. Pada saat pengisian ini berlangsung, terdapat masalah yang signifikan terkait dengan jarak antara pipa hisap dan pompa. Jarak antara pipa hisap dan pompa sekitar 34,68 meter, dimana hal tersebut berpotensi menyebabkan kehilangan head selama proses pengisian. Batasan head hisap yang aman pada umumnya berkisar antara 4 hingga 6 meter untuk fluida minyak dalam bentuk vertikal pada suhu ruang (Mott, R. L., 2018). Jika panjang pipa hisap yang berlebihan menghasilkan NPSH yang tersedia (NPSHa) bernilai negatif, hal ini dapat menyebabkan kavitasi, menurunkan kinerja pompa, dan merusak komponen. Sebaliknya jika NPSHa positif, sistem dapat beroperasi dengan efisien, tetapi dengan panjang pipa yang ekstrem, risiko kehilangan head tetap ada. Untuk memastikan operasi yang aman, NPSHa harus selalu lebih besar dari NPSH yang dibutuhkan (NPSHr) oleh pompa (Rosmiati, R., 2019).

Kapal tongkang minyak MEL 05 dilengkapi dengan beberapa sistem, yaitu sistem kargo, sistem elektrik, sistem ballast, sistem navigasi dan keselamatan. Sistem kargo digerakkan 2

prime mover yang memiliki daya 125 kW dan memiliki putaran 2500-2600 rpm. Sistem kargo juga dilengkapi dengan 2 gear pump dengan daya tekanan 10 bar. Kapal ini dilengkapi dengan 12 tangki kargo yang memiliki kapasitas 1.500-5.000 ton sesuai daerah pelayarannya. Setiap tangki kargo dihubungkan dengan sistem pipa yang mampu menahan tekanan fluida sebesar 173,5 bar dengan diameter pipa 200 mm. Sistem kargo juga dilengkapi dengan gate valve yang mampu menahan tekanan fluida 10 Kg/cm². Dalam proses pengisian maupun pembongkaran tangki kapal tersebut, fluida cair akan diarahkan melalui jalur pipa hisap, pompa dan dilanjut menuju ke setiap tangkinya.

Penelitian ini bertujuan untuk menentukan head loss akibat gesekan antara fluida dan dinding pipa serta faktor-faktor yang mempengaruhinya, seperti kecepatan aliran, diameter pipa, dan kekasaran permukaan. Menggunakan analisis, diharapkan dapat memberikan wawasan mengenai efisiensi sistem perpipaan dan rekomendasi untuk mengurangi kehilangan energi (Rumaherang, dkk., 2023). Studi ini juga mengeksplorasi pengaruh variasi diameter pipa dan pengaturan bukaan katup terhadap kehilangan head dan tekanan dalam sistem instalasi pipa. Diharapkan hasil penelitian ini dapat memberikan kontribusi signifikan terhadap desain dan pengoperasian sistem perpipaan yang lebih efisien, serta merekomendasikan praktik terbaik untuk meningkatkan kinerja sistem (Armansyah, R., 2024).

Kehilangan head pada saluran hisap dipengaruhi oleh panjangnya saluran hisap, banyaknya belokan dan katup serta jenis minyak, maka penulis melakukan penelitian untuk mengevaluasi kehilangan head saluran hisap pompa pengisi oil barge MEL 05. Hasil dari penelitian tersebut akan dijadikan skripsi berjudul "EVALUASI KEHILANGAN HEAD SALURAN HISAP POMPA PENGISI OIL BARGE MEL 05".

2. METODE

A. Waktu dan Tempat Penelitian

Waktu penelitian berlangsung pada tanggal 1 November 2024 sampai 23 November 2024 di Batam. Tempat penelitian berlangsung di PT. Karya Teknik Utama, Shipyard, Batam.

B. Variabel Penelitian

- a. Variabel Bebas (x): Panjang pipa hisap, jumlah elbow pada saluran pipa hisap, jumlah katup pipa hisap, jenis fluida minyak
- b. Variabel Terikat (y): Kehilangan head hisap pompa

C. Objek Penelitian

Adapun objek penelitian ini adalah instalasi pipa hisap kapal tongkang minyak (oil barge) MEL 05.

D. Metode Pengumpulan Data

- a. Metode Observasi Lapangan
- b. Metode Kepustakaan
- c. Metode Wawancara

E. Teknik Analisis Data

- a. Tahap Identifikasi
Dimana data yang diperoleh kemudian diteliti untuk menentukan metode yang digunakan dalam analisa masalah ini.
- b. Tahap Analisis
 - 1) Defenisi head hisap
Head hisap adalah tinggi kolom cair yang dapat dihisap oleh pompa dari sumber (seperti

tangki atau sumur) ke outlet pompa. Sehingga tinggi kerja pompa atau head total pompa adalah jumlah tinggi energi keseluruhan di tambah dengan tinggi rugi-rugi sepanjang saluran.

$$H = h_a + \sum h_p + h_1 + \frac{v^2}{2g} \dots\dots\dots (2-4)$$

2) *Net Positive Suction Head (NPSH)*

NPSH adalah ukuran yang digunakan untuk menunjukkan tekanan yang tersedia di inlet pompa yang diperlukan untuk mencegah kavitasi. NPSH terdiri dari dua komponen utama yaitu NPSH Tersedia (NPSHa) dan NPSH diperlukan (NPSHr).

$$NPSH_a = \frac{P_{abs} - P_v}{\gamma} - h_s - h_{f_s} \dots\dots\dots (2-5)$$

3) *kerugian mayor*

Kerugian Mayor yaitu kerugian head akibat gesekan yang terjadi antara fluida yang mengalir dengan dinding bagian dalam pipa. Kecepatan aliran fluida, di hitung dengan persamaan.

$$Q = A \times Vv = \frac{Q}{A}, \text{dimana } A = \frac{\pi}{4} \times D^2 \dots\dots\dots (2-12)$$

Bilangan Reynolds:

$$Re = \frac{v \times d}{\nu} \dots\dots\dots (2-13)$$

Head statis total (Suction Head) dapat dihitung menggunakan persamaan sebagai berikut

$$h_a = h_d + h_s \dots\dots\dots (2-14)$$

Untuk hubungan antara fisien gesek pipa dengan aliran turbulen untuk permukaan pipa dapat dinyatakan dengan empiris sebagai berikut:

$$f = \frac{0,25}{\left(\log_{10} \left(\frac{e/d}{3,7} + \frac{5,74}{Re^{0,9}} \right) \right)^2} \dots\dots\dots (2-16)$$

Untuk menganalisis besar kerugian gesek di digunakan persamaan Darcy-Weisbach sebagai berikut:

$$h_{fv} = f \times \left(\frac{L}{d} \right) \times \left(\frac{v^2}{2g} \right) \dots\dots\dots (2-17)$$

a) *Kerugian Minor*

Untuk menganalisis besarnya gesekan pada saluran pipa digunakan persamaan Darcy-Weisbach sebagai berikut: Kehilangan head pada pipa masuk akibat gesekan antar fluida dan pipa dapat di ketahui dengan menggunakan persamaan berikut:

$$h_{fv} = f_m \times \frac{v^2}{2g} \dots\dots\dots (2-18)$$

Kehilangan head pada belokan dapat dihitung dengan cara menentukan nilai

koefisien geseknya. Untuk menghitung nilai f_e dihitung menggunakan persamaan Fuller berikut:

Untuk belokan lengkung

$$f_s = \left[0,131 + 1,847 \times \left(\frac{D}{2R} \right)^{3,5} \right] \times \left(\frac{\theta}{90} \right)^{0,5} \dots\dots\dots (2-20)$$

Kehilangan head pada valve akibat terjadi gesekan antar fluida dan valve dapat dihitung menggunakan persamaan berikut:

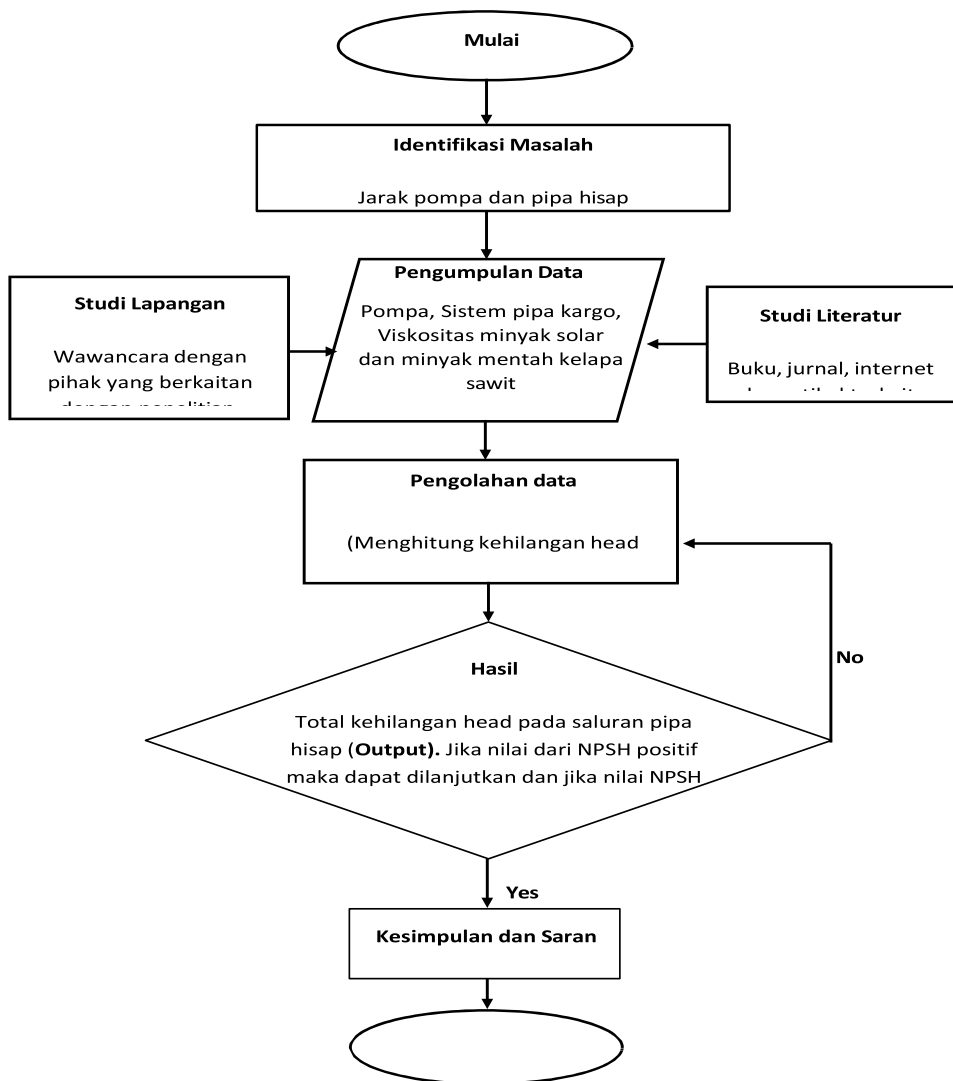
$$h_{fv} = f_v \times \frac{v^2}{2g} \dots\dots\dots (2-22)$$

c. Perhitungan Head Keseluruhan

Head total pompa,

$$H_{total} = h_a + \Delta h_p + h_f + \frac{v^2}{2g} \dots\dots\dots (2-25)$$

F. Diagram Alir (Flowchart)



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Hasil

Data komponen-komponen sistem pipa pada kapal tongkang minyak (*Oil Barge*) MEL 05

Tabel 1 Data Komponen Sistem Pipa Pengisi dan Sistem Bongkar

Nama unit	Data komponen	
	Sistem pengisi	Sistem bongkar
Kapasitas pompa (q)	0,054 m ³ /s	0,054 m ³ /s
Tekanan pompa (p)	10 bar	10 bar
Diameter luar pipa	0,216 m	0,216 m
Diameter dalam pipa	0,200 m	0,200 m
Diameter valve	0,200 m (3 unit)	0,200 m (3 unit)
Diameter elbow	0,200 m (4 unit)	0,200 m (5 unit)
Tinggi pipa	34,68 m	56,194 m
Panjang pipa hisap	2,78 m	1,6 m
Percepatan gravitasi	9,8 m/s ²	9,8 m/s ²
Massa jenis solar	820kg/m ³	820kg/m ³
Massa jenis minyak kelapa sawit	910 kg/m ³	910 kg/m ³
Viskositas kinematik solar	0.000006 m ² /s	0.000006 m ² /s
Viskositas kinematik minyak kelapa sawit	0.0000243 m ² /s	0.0000243 m ² /s

B. Kerugian Mayor Untuk Sistem Pengisian Fluida Minyak Solar

Kecepatan aliran fluida dapat dihitung berdasarkan persamaan (2-12) sebagai berikut:

$$v = \frac{0,054m^2}{(3,14/4) \times 0,2^2}, \text{ maka } v = 1,7182 \text{ m/s}$$

Re dapat dihitung berdasarkan persamaan (2-13) sebagai berikut:

$$Re = \frac{1,7182 \text{ m/s} \times 0,2\text{m}}{0.000006 \text{ m}^2/\text{s}}, \text{ maka } Re = 57272,7273$$

Karena nilai $Re = 57272,7273$, lebih dari 4000 ($Re > 4000$) maka aliran minyak solar adalah Aliran Turbulen, koefisien geseknya menggunakan persamaan (2-16)

$$f = \frac{0,25}{\left(\log_{10} \left(\frac{0,01}{3,7} + \frac{5,74}{57272,7273^{0,9}} \right) \right)^2}, \text{ maka } f = 0,0723$$

Sehingga kerugian akibat gesekan dihitung dengan menggunakan persamaan (2-17)

$$h_{fv} = 0,0723 \times \left(\frac{34,68 \text{ m}}{0,2 \text{ m}} \right) \times \left(\frac{(1,7182 \text{ m/s})^2}{2 \times 9,8 \text{ m/s}^2} \right), \text{ maka } h_{fv} = 1,8879 \text{ m}$$

Perhitungan Head statis total (Suction Head) dapat dihitung menggunakan persamaan (2-14) sebagai berikut:

$$h_2 = (-2,78 \text{ m}) + 0, \text{ maka } = -2,78 \text{ m (karena inlet pipa hisap berada diatas pompa)}$$

C. Kerugian Minor Untuk Sistem Pengisian Fluida Minyak Solar

Kerugian pada pipa masuk dihitung dengan menggunakan persamaan (2-18), dimana permukaan pipa masuk berbentuk penampang lurus maka koefisien geseknya 0,4 sehingga:

$$h_{fv} = 0,4 \times \frac{(1,7182 \text{ m/s})^2}{2 \times 9,8 \text{ m/s}^2}, \text{ maka } h_{fv} = 0,0602 \text{ m}$$

Kerugian akibat gesekan pada belokan dihitung menggunakan persamaan (2-21), untuk menghitung koefisien gesek dihitung menggunakan persamaan (2-20) dimana $R/D = 1$, $D/R = 1$, sehingga:

$$f_e = \left[0,131 + 1,847 \times \left(\frac{1}{2} \right)^{3,5} \right] \times \left(\frac{\theta}{90} \right)^{0,5}, \text{ maka } f_e = 0,2943 \text{ (untuk 1 elbow atau belokan),}$$

Jumlah belokan disepanjang saluran sebanyak 4 belokan, Maka kehilangan head pada belokan:

$$h_{fv} = (0,2943 \times 4) \times \frac{(1,7182 \text{ m/s})^2}{2 \times 9,8 \text{ m/s}^2}, \text{ maka } h_{fv} = 0,1773 \text{ m}$$

Kerugian pada katub-katub (*valve*) sepanjang saluran pipa dihitung dengan persamaan (2-22) sebagai berikut:

Tabel 2 Koefisien Kerugian pada Katup Minyak Solar

<i>Fitting</i>	Jumlah	f (koefisien gesek)	f_{total}
<i>Gate valve</i>	3	0,17	0,51
<i>Stiner</i>	1	2,75	2,75
<i>Check valve</i>	1	3,5	3,5
Total			6,76

Maka: $h_{fv} = 6,76 \times \frac{(1,7182 \text{ m/s})^2}{2 \times 9,8 \text{ m/s}^2}$, maka $h_{fv} = 1,0182 \text{ m}$

Kerugian akibat kecepatan dapat dihitung dengan persamaan (2-23)

$$h_{fv} = \frac{(1,7182 \text{ m/s})^2}{2 \times 9,8 \text{ m/s}^2}, \text{ maka } h_{fv} = 0,1506 \text{ m}$$

D. Perhitungan Head Keseluruhan Untuk Sistem Pengisian Fluida minyak solar

Head total akibat gesekan pada pipa masuk, belokan (*elbow*), katup (*valve*) dan gesekan pada bagian dalam pipa dihitung menggunakan persamaan (2-24):

$$H_f = 1,8879 \text{ m} + 0,1773 \text{ m} + 1,0182 \text{ m} + 0,0602 \text{ m} \text{ maka } H_f = 3,1436 \text{ m}$$

Maka, head total pompa dihitung dengan persamaan (2-25). Head statis pada saluran tekan dibuat nol karena perhitungan dilakukan pada saluran hisap.

$$H_{total} = (-2,78 \text{ m}) + 0 + 3,1436 \text{ m} + 0,1506 \text{ m}, \text{ maka } H_{total} = 0,5143 \text{ m}$$

NPSH dihitung dengan persamaan (2-6):

dimana: $P_a = 1 \text{ atm} = 10332,274 \text{ kg/m}^2$ dan $P_v = 0,7 \text{ kPa} = 71,379 \text{ kg/m}^2$

$$NPSH_a = \frac{10332,274 \text{ kg/m}^2}{820 \text{ kg/m}^3} - 2,5 \text{ m} - 3,1436 \text{ m} - \frac{71,379 \text{ kg/m}^2}{820 \text{ kg/m}^3}$$

$$NPSH_a = 6,5896 \text{ m}$$

E. Kerugian Mayor Untuk Sistem Pengisian Fluida Minyak Mentah Kelapa Sawit

Bilangan Reynolds dapat dihitung berdasarkan persamaan (2-13) sebagai berikut: maka $Re = 14141,4141$

$$Re = \frac{1,7182 \text{ m/s} \times 0,2 \text{ m}}{0,0000243 \text{ m}^2/\text{s}}$$

Karena nilai $Re = 14141,4141$, lebih dari 4000 ($Re > 4000$) maka aliran minyak mentah kelapa sawit adalah Aliran Turbulen, maka untuk menghitung koefisien geseknya menggunakan persamaan (2-16) sebagai berikut:

$$f = \frac{0,25}{\left(\log_{10} \left(\frac{0,01/0,2}{3,7} + \frac{5,74}{14141,4141^{0,9}} \right) \right)^2}$$

$$f = 0,0741$$

Sehingga kerugian akibat gesekan dihitung dengan menggunakan persamaan (2-17) sebagai berikut:

$$h_{fv} = 0,0741 \times \left(\frac{34,68 \text{ m}}{0,2 \text{ m}} \right) \times \left(\frac{(1,7182 \text{ m/s})^2}{2 \times 9,8 \text{ m/s}^2} \right) \text{ maka } h_{fv} = 1,9358 \text{ m}$$

Perhitungan Head statis total (Suction Head) dapat dihitung menggunakan persamaan (2-14):

$$h_a = (-2,78 \text{ m}) + 0 \text{ maka } h_a = -2,78 \text{ m (karena inlet pipa hisap berada diatas pompa)}$$

F. Kerugian Minor Untuk Sistem Pengisian Muatan Fluida Minyak Mentah Kelapa Sawit

Kerugian pada pipa masuk dihitung dengan persamaan (2-18), dimana permukaan pipa masuk berbentuk penampang lurus maka koefisien geseknya 0,4 sehingga:

$$h_{fv} = 0,4 \times \frac{(1,7182 \text{ m/s})^2}{2 \times 9,8 \text{ m/s}^2} \text{ , maka } h_{fv} = 0,0602 \text{ m}$$

Kerugian akibat gesekan pada belokan dihitung dengan persamaan (2-21), untuk menghitung koefisien gesek dengan menggunakan persamaan (2-20) dimana $R/D = 1$, $D/R = 1$, sehingga:

$$f_e = \left[0,131 + 1,847 \times \left(\frac{1}{2} \right)^{3,5} \right] \times \left(\frac{\theta}{90} \right)^{0,5} \text{ } f_e = 4,8384 \text{ (untuk 1 elbow atau belokan)}$$

Jumlah belokan disepanjang saluran sebanyak 4 belokan, Maka kehilangan head pada belokan:

$$h_{fv} = (0,2943 \times 4) \times \frac{(1,7182 \text{ m/s})^2}{2 \times 9,8 \text{ m/s}^2} \text{ , maka } h_{fv} = 0,1773 \text{ m}$$

Kerugian pada katub-katub (*valve*) sepanjang saluran pipa seperti pada table 2 dapat dihitung dengan menggunakan persamaan (2-22)

$$h_{fv} = 6,76 \times \frac{(1,7182 \text{ m/s})^2}{2 \times 9,8 \text{ m/s}^2} \text{ maka } h_{fv} = 1,0182 \text{ m}$$

Kerugian akibat kecepatan dihitung dengan persamaan (2-23) sebagai berikut:

$$h_{fv} = \frac{(1,7182 \text{ m/s})^2}{2 \times 9,8 \text{ m/s}^2} \text{ maka } h_{fv} = 0,1506 \text{ m}$$

G. Perhitungan Head Keseluruhan Untuk Sistem Pengisian Muatan Fluida Minyak Mentah Kelapa Sawit

Head total akibat gesekan pada pipa masuk, *elbow*, katup dan gesekan pada bagian dalam pipa dihitung dengan persamaan (2-24)

$$H_f = 1,9358 \text{ m} + 0,1773 \text{ m} + 1,0182 \text{ m} + 0,0602 \text{ m}, H_f = 3,1915 \text{ m}$$

Head total pompa dihitung dengan persamaan (2-25). Head statis pada saluran tekan dibuat nol karena perhitungan dilakukan pada saluran hisap.

$$H_t = -2,78 \text{ m} + 0 + 3,1915 \text{ m} + 0,1506 \text{ m}, \text{ maka } H_t = 0,5621 \text{ m}$$

NPSH dapat dihitung dengan menggunakan persamaan (2-6) sebagai berikut:, dimana: $P_a = 1 \text{ atm} = 10332,274 \text{ kg/m}^2$ dan $P_v = 0,01 \text{ kPa} = 1,0197 \text{ kg/m}^2$

$$\text{NPSH}_a = \frac{10332,274 \text{ kg/m}^2}{910 \text{ kg/m}^3} - 2,5 \text{ m} - 3,1915 \text{ m} - \frac{1,0197 \text{ kg/m}^2}{910 \text{ kg/m}^3} \text{ maka } \text{NPSH}_a = 5,3815 \text{ m}$$

H. Kerugian Mayor Untuk Sistem Bongkar Fluida Minyak Solar

Bilangan Reynolds dapat dihitung berdasarkan persamaan (2-13)

$$Re = \frac{1,7182 \text{ m/s} \times 0,2 \text{ m}}{0,000006 \text{ m}^2/\text{s}}, \text{ maka } Re = 57272,7273$$

Karena nilai $Re = 57272,7273$, lebih dari 4000 ($Re > 4000$) maka jenis aliran fluida minyak solar adalah Aliran Turbulen, maka untuk menghitung koefisien geseknya menggunakan persamaan (2-16)

$$f = \frac{0,25}{\left(\log_{10} \left(\frac{0,01/0,2}{3,7} + \frac{5,74}{57272,7273^{0,9}} \right) \right)^2}, \text{ maka } f = 0,0723$$

Sehingga kerugian akibat gesekan dihitung dengan menggunakan persamaan (2-17).

$$h_{fv} = 0,0723 \times \left(\frac{56,594 \text{ m}}{0,2 \text{ m}} \right) \times \left(\frac{(1,7182 \text{ m/s})^2}{2 \times 9,8 \text{ m/s}^2} \right), \text{ maka } h_{fv} = 3,0591 \text{ m}$$

Perhitungan Head statis total (*Suction Head*) dapat dihitung menggunakan persamaan (2-14)

$$h_a = 1,6 \text{ m} + 0, \text{ maka } h_a = 1,6 \text{ m}$$

I. Kerugian Minor Untuk Sistem Bongkar Fluida Minyak Solar

Kerugian pada pipa masuk dihitung dengan menggunakan persamaan (2-18), dimana permukaan pipa masuk berbentuk penampang beradius maka koefisien geseknya 0,2 sehingga:

$$h_{fv} = 0,2 \times \frac{(1,7182 \text{ m/s})^2}{2 \times 9,8 \text{ m/s}^2}, \text{ maka } h_{fv} = 0,0301 \text{ m}$$

Kerugian akibat gesekan pada belokan dihitung menggunakan persamaan (2-21), untuk menghitung koefisien gesek dapat menggunakan persamaan (2-20) dimana $R/D = 1$, $D/R = 1$,

sehingga:

$$f_e = \left[0,131 + 1,847 \times \left(\frac{1}{2} \right)^{3,5} \right] \times \left(\frac{\theta}{90} \right)^{0,5}, \text{ maka } f_e = 0,2943 \text{ (untuk 1 elbow atau belokan),}$$

jumlah belokan disepanjang saluran sebanyak 5 belokan, Maka kehilangan head pada belokan:

$$h_{fv} = (0,2943 \times 5) \times \frac{(1,7182 \text{ m/s})^2}{2 \times 9,8 \text{ m/s}^2}, \text{ maka } h_{fv} = 0,2216 \text{ m}$$

Kerugian pada katub-katub (*valve*) sepanjang saluran pipa dapat dihitung dengan menggunakan persamaan (2-22)

Table 3 Koefisien kerugian pada katup bongkar muat minyak solar

<i>Fitting</i>	Jumlah	<i>f</i> (koefisien gesek)	<i>f</i> total
<i>Gate valve</i>	3	0,17	0,51
<i>Stiner</i>	1	2,75	2,75
<i>Check valve</i>	1	3,5	3,5
Total			6,76

Maka: , $h_{fv} = 6,76 \times \frac{(1,7182 \text{ m/s})^2}{2 \times 9,8 \text{ m/s}^2}$ sehingga $h_{fv} = 1,0182 \text{ m}$

Kerugian akibat kecepatan dapat dihitung dengan menggunakan persamaan (2-23)

$$\frac{(1,7182 \text{ m/s})^2}{2 \times 9,8 \text{ m/s}^2} \text{ maka } h_{fv} = 0,1506 \text{ m}$$

J. Perhitungan Head Keseluruhan Untuk Sistem Pengisian Fluida minyak solar

Head total dapat dihitung menggunakan persamaa (2-24)

$$H_f = 3,0591 \text{ m} + 0,2216 \text{ m} + 1,0182 \text{ m} + 0,0301 \text{ m}, \text{ maka } = 4,3290 \text{ m},$$

Head total pompa dapat dihitung dengan menggunakan persamaan (2-25). Head statis pada saluran tekan dibuat nol karena perhitungan dilakukan pada saluran hisap.

$$H_t = 1,6 \text{ m} + 0 + 4,3290 \text{ m} + 0,1506 \text{ m} \text{ maka } H_t = 6,0796 \text{ m}$$

NPSH dapat dihitung dengan menggunakan persamaan (2-6) dimana: $P_a = 1 \text{ atm} = 10332,274 \text{ kg/m}^2$ dan $P_v = 0,7 \text{ kPa} = 71,379 \text{ kg/m}^2$

$$\text{NPSH}_a = \frac{10332,274 \text{ kg/m}^2}{820 \text{ kg/m}^3} + 1,6 \text{ m} - 4,3290 \text{ m} - \frac{71,379 \text{ kg/m}^2}{820 \text{ kg/m}^3} \text{ NPSH}_a = 8,5467 \text{ ,m}$$

K. Kerugian Mayor Untuk Sistem Bongkar Fluida Minyak Mentah Kelapa

Bilangan Reynolds dapat dihitung berdasarkan persamaan (2-13)

$$Re = \frac{1,7182 \text{ m/s} \times 0,2 \text{ m}}{0,0000243 \text{ m}^2/\text{s}}, \text{ maka } Re = 14141,4141$$

Karena nilai $Re = 14141,4141$, lebih dari 4000 ($Re > 4000$) maka minyak mentah kelapa sawit adalah Aliran Turbulen, maka untuk menghitung koefisen geseknya menggunakan persamaan (2-16)

$$f = \frac{0,25}{\left(\log_{10} \left(\frac{0,01/0,2}{3,7} + \frac{5,74}{14141,4141^{0,9}} \right) \right)^2}, \text{ maka } f = 0,0741$$

sehingga kerugian akibat gesekan dihitung dengan menggunakan persamaan (2-17)

$$h_{fv} = 0,0741 \times \left(\frac{54,594 \text{ m}}{0,2 \text{ m}} \right) \times \left(\frac{(1,7182 \text{ m/s})^2}{2 \times 9,8 \text{ m/s}^2} \right), \text{ maka } h_{fv} = 3,1367 \text{ m}$$

Perhitungan Head statis total (Suction Head) dapat dihitung menggunakan persamaan (2-14)

$$h_a = 1,6 \text{ m} + 0, \text{ maka } h_a = 1,6 \text{ m}$$

L. Kerugian Minor Untuk Sistem Bongkar Fluida Minyak Mentah Kelapa Sawit

Kerugian pada pipa masuk dihitung menggunakan persamaan (2-18), dimana permukaan pipa masuk berbentuk penampang radius maka koefisien geseknya 0,2 sehingga:

$$h_{fv} = 0,2 \times \frac{(1,7182 \text{ m/s})^2}{2 \times 9,8 \text{ m/s}^2} \quad h_{fv} = 0,0301 \text{ m}$$

Kerugian akibat gesekan pada belokan dihitung dengan menggunakan persamaan (2-21), untuk menghitung koefisien gesek dapat menggunakan persamaan (2-20) dimana $R/D = 1$, $D/R = 1$, sehingga:

$$f_e = \left[0,131 + 1,847 \times \left(\frac{1}{2} \right)^{3,5} \right] \times \left(\frac{e}{90} \right)^{0,5}, \text{ maka } f_e = 0,2943 \text{ (untuk 1 elbow atau belokan)}$$

jumlah belokan disepanjang saluran sebanyak 5 belokan

$$h_{fv} = (0,2943 \times 5) \times \frac{(1,7182 \text{ m/s})^2}{2 \times 9,8 \text{ m/s}^2}, \text{ maka } h_{fv} = 0,2216 \text{ m}$$

Kerugian pada katub-katub (*valve*) sepanjang saluran pipa dihitung menggunakan persamaan (2-22). Untuk koefisien gesek sepanjang saluran pipa seperti pada tabel 5

$$h_{fv} = 6,76 \times \frac{(1,7182 \text{ m/s})^2}{2 \times 9,8 \text{ m/s}^2}, \text{ maka } H_f = 1,0182 \text{ m}$$

Kerugian akibat kecepatan dapat dihitung dengan menggunakan persamaan (2-23).

$$h_{fv} = \frac{(1,7182 \text{ m/s})^2}{2 \times 9,8 \text{ m/s}^2}, \text{ maka } h_{fv} = 0,1506 \text{ m}$$

M. Perhitungan Head Keseluruhan Untuk Sistem Pengisian Fluida minyak Mentah Kelapa Sawit

Head total dapat dihitung menggunakan persamaan (2-24)

$$H_f = 3,1367 \text{ m} + 0,2216 \text{ m} + 1,0182 \text{ m} + 0,0301 \text{ m}, \text{ maka } H_f = 4,4066 \text{ m}$$

Maka, head total pompa dapat dihitung dengan menggunakan persamaan (2-25). Head statis pada saluran tekan dibuat nol karena perhitungan dilakukan pada saluran hisap.

$$H_t = 1,6 \text{ m} + 0 + 4,4066 \text{ m} + 0,1506 \text{ m}, \text{ maka } H_t = 6,1572 \text{ m}$$

N. Net Positive Suction Head (NPSH) yang tersedia untuk bongkar minyak mentah kelapa sawit.

NPSH dapat dihitung dengan menggunakan persamaan (2-6),

dimana: $P_a = 1 \text{ atm} = 10332,274 \text{ kg/m}^2$ dan $P_v = 0,01 \text{ kPa} = 1,0197 \text{ kg/m}^2$

$$\text{NPSH}_a = \frac{10332,274 \text{ kg/m}^2}{910 \text{ kg/m}^3} + 1,6 \text{ m} - 4,4066 \text{ m} - \frac{1,0197 \text{ kg/m}^2}{910 \text{ kg/m}^3}, \text{ maka } \text{NPSH}_a = 8,5464 \text{ m}$$

Tabel 4 Hasil perhitungan kehilangan head untuk sistem bongkar fluida solar dan minyak mentah kelapa sawit

Keterangan	Hasil perhitungan sistem pengisi		Hasil perhitungan sistem bongkar	
	minyak solar	minyak mentah kelapa sawit	minyak solar	minyak mentah kelapa sawit
Luas penampang	0,0314 m ²	0,0314 m ²	0,0314 m ²	0,0314 m ²
Kecepatan fluida	1,7182 m/s	1,7182 m/s	1,7182 m/s	1,7182 m/s
Bilangan reynold	57272,7273	14141,4141	57272,7273	14141,4141
Head statis	-2,78 m	-2,78 m	1,6 m	1,6 m
Kerugian Gesek Dalam pipa	1,8879 m	1,9358 m	3,0591 m	3,1367 m
Kerugian pada pipa masuk	0,0602 m	0,0602 m	0,0301 m	0,0301 m
Kerugian Pada Belokan (<i>elbow</i>)	0,1773 m	0,1773 m	0,2216 m	0,2216 m
Kerugian Pada Katup (<i>valve</i>)	1,0182 m	1,0182 m	1,0182 m	1,0182 m
Kerugian akibat kecepatan	0,1506 m	0,1506 m	0,1506 m	0,1506 m
Total head akibat gesekan	3,1436 m	3,1915 m	4,3290 m	4,4066 m
Total head pompa	0,5143 m	0,5621 m	6,0796 m	6,1572 m
NPSH _a	6,5896 m	5,3815 m	8,5467 m	8,5464 m

4. SIMPULAN

Berdasarkan hasil perhitungan kerugian head pada sistem pipa hisap pengisi dan sistem pipa hisap untuk bongkar fluida, dapat dilihat bahwa kehilangan head pada sistem pengisi untuk minyak solar sebesar 3,1436 m dan untuk minyak mentah kelapa sawit sebesar 3,1915 m. Sedangkan kehilangan head pada sistem pipa bongkar fluida untuk minyak solar sebesar 4,3290 m dan untuk minyak mentah kelapa sawit sebesar 4,4066 m. Dari hasil kehilangan head tersebut dapat dinyatakan bahwa kerugian akibat panjang pipa hisap jika dibandingkan dengan nilai NPSH yang tersedia masih layak untuk digunakan.

DAFTAR PUSTAKA

- Andi Sahrul, A. S., Sukran, M., & Sukran, M. (2020). Pembuatan Alat Peraga Hydraulic Gear Pump (Doctoral dissertation, Politeknik Negeri Ujung Pandang): 1-51.
- Armansyah, R. (2024). Head Losses Dan Tekanan Instalasi Pipa Dengan Variasi Diameter Pipa Dan Bukaannya Katup (Doctoral dissertation, Fakultas Teknik, Universitas Islam Sumatera Utara).
- Ayre, L. S. (2012). Design and Evaluation of a Marine *Scrubber* System. Graduate Theses, Dissertations, and Problem Reports , 1-90
- Efendi, A. (2022). *Pompa & Kompresor*. Penerbit Andi. Yogyakarta, 1-22.
- Hidayat, N.Y.H (2022). Optimalisasi Penggunaan Alat Bantu Scrubber Dalam Mengatasi Pencemaran Udara Dengan metode Egcs (Exhaust gas cleaning system) Di Mv. HI Port Hedland.
- Mott, R. L. (2006). Applied fluid mechanics (Vol. 1). Pearson Educación. Nasehudin, T. S., & Gozali, N. (2015). Metode penelitian kuantitatif.
- Rennels, D. C. (2022). Pipe flow: A practical and comprehensive guide. John Wiley & Sons. Rosmiati, R., Ibrahim, T., & Masykur, M. (2019). ANALISA NPSH KERUSAKAN IMPELLER POMPA CETRIFUGAL CAIRAN CH3OH. Jurnal Mekanova: Mekanikal, Inovasi dan Teknologi, 5(2).
- Rumaherang, E. J., Wattimena, W. M. E., Rawulun, S. M., & Noya, E. (2023). Studi Regim Aliran Fluida Dan Penentuan Head Loss Akibat Gesekan Pada Instalasi Perpipaan. *ALE Proceeding*, 6, 154-161.
- Saidah, A. (2017). Analisa kinerja pompa minyak (pompa bongkar kargo) pada mt. accord. *Jurnal Kajian Teknik Mesin*, 2(1), 26-41.

ANALISIS EFEKTIVITAS PENUKAR KALOR *SHELL AND SERPENTINE TUBE* ALIRAN BERLAWANAN SEBAGAI PEMULIHAN LIMBAH PANAS GAS BUANG

Graine C M Hutubessy¹⁾, Nicolas Titahelu²⁾, Antoni Simanjuntak³⁾

¹⁾S1 Teknik Mesin Fakultas Teknik, Universitas Pattimura
Email: Christabelmaryo@gmail.com,

²⁾Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Pattimura
Email: titahelunick@gmail.com,

³⁾Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Pattimura
Email: antonisimanjuntak@gmail.com,

Abstrak Penerapan penukar kalor shell and serpentine tube aliran berlawanan sebagai sistem pemulihan limbah panas gas buang generator listrik 5 kVA dengan suhu berkisar ± 510 K terbuang sia-sia ke lingkungan dan belum dimanfaatkan. Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan kecepatan fluida dingin (udara) sisi *shell* yang efektif, dimana efektivitas penukar kalor maksimal. Metode penelitian eksperimental dengan memvariasikan kecepatan masuk fluida dingin 1- 5 m/s pada suhu masuk fluida panas, suhu masuk fluida dingin dan laju aliran massa fluida panas kontan. Pencatatan data terukur berupa suhu, kecepatan, dan laju aliran massa setelah tercapai kondisi tunak. Hasil penelitian menunjukkan efektivitas menurun dengan meningkatnya kecepatan masuk fluida dingin, dimana efektivitas maksimum pada kecepatan masuk fluida dingin minimum sebesar 1,0% sedangkan efektivitas minimum pada kecepatan masuk fluida dingin maksimum sebesar 49%. Disimpulkan bahwa kecepatan masuk fluida dingin maksimum or minimum dari penukar kalor *shell and serpentine tube* dapat selanjutnya dalam aplikasi.

Kata kunci: Efektivitas, penukar kalor, *shell and serpentine tube*, pemulihan limbah panas.

1. PENDAHULUAN

Penukar kalor merupakan perangkat yang dirancang untuk perpindahan panas antara fluida panas dan fluida dingin yang dipisahkan oleh dinding, sehingga tidak bercampur (Titahelu, et al., 2023). Berbagai tipe penukar kalor diantaranya penukar kalor pelat (Al-Turki et al., 2021; Eldeeb et al., 2020), penukar kalor *tube bank* (Elmekawy et al., 2021; Kwon et al., 2020), penukar kalor *helical* (Baqir et al., 2019; Hatumessen et al., 2021; Titahelu et al., 2021), penukar kalor *shell and tube* (Said et al., 2021; Titahelu, 2010). Aplikasi penukar kalor pada industry sebagai sistem *destilasi, fraksionasi, pasteurisasi, sterilisasi, kristalisasi, konsentrat* (Tavousi et al., 2023) dan sebagai pemulihan limbah panas (Masud et al., 2020). Parameter-parameter yang mempengaruhi kinerja termal penukar kalor *shell and serpentine tube*, diantaranya parameter geometri: diameter *tube* dalam (d_i), diameter *tube* luar (d_o), diameter dalam *shell* (D_i), diameter luar *shell* (D_o), (Gayakwad Shiwaji et al., 2018), parameter aliran seperti bilangan Reynold, kecepatan aliran fluida (González et al., 2019), konfigurasi aliran paralel dan berlawanan (Omidi et al., 2017; Pandelidis et al., 2019), dan parameter fluida seperti bilangan Prandtl (Mangrulkar et al., 2020).

Seiring dengan pertumbuhan penduduk dan industri, menyebabkan peningkatan pula penggunaan energi, mengakibatkan krisis energi di seluruh dunia (Mahmoudi et al., 2018), dimana energi yang dikonsumsi didominasi energi fosil sebesar 66,4% dengan rincian minyak bumi 40,8%, gas alam 15,5% dan batu bara 10,1% (Bimanatya & Widodo, 2018).

Penggunaan energi fosil menyebabkan masalah lingkungan seperti pemanasan global, perubahan iklim, hujan asam dan kerusakan ozon di stratosfer (Kazemi et al., 2020; Stramarkou et al., 2017). Limbah panas merupakan energi panas yang dihasilkan dalam proses pembakaran bahan bakar atau reaksi kimia yang tidak dimanfaatkan secara efektif, dimana 50% energi tersebut terbuang sia-sia ke lingkungan (Lion et al., 2017; M. Masud et al., 2017). Selain itu, limbah panas memiliki faktor pemanfaatan yang tinggi tanpa membutuhkan energi listrik (Papapetrou et al., 2018). Kajian awal telah dilakukan untuk mengukur suhu limbah panas gas buang generator listrik 5 kVA berkisar ± 510 K terbuang ke lingkungan dan belum dimanfaatkan.

2. METODE PENELITIAN

A. Metode Pengumpulan Data

Teknik observasi lapangan pengumpulan data dilakukan dengan melakukan peninjauan terhadap pemanfaatan limbah panas gas buang genset berdasarkan data literatur. Sehingga dapat memperoleh data guna mendesain penukar kalor sebagai sistem pemulihan limbah panas gas buang genset.

Studi eksperimen akan diperoleh data secara fisik pola aliran dan perpindahan panas berupa kecepatan udara dan distribusi suhu pada pemanas udara awal tipe *shell and multi tube parallel* dengan memvariasikan kecepatan udara masuk ($V_{c,i}$) guna mengetahui efektivitas (ϵ_{he}) penukar kalor.

B. Variabel Penelitian

a. Independent Variable (Variabel Bebas)

Independent Variable atau Variabel Bebas adalah Variabel yang menjadi penyebab atau memiliki kemungkinan teoritis berdampak pada Variabel lain. Variabel Bebas umumnya dilambangkan dengan huruf X. keberadaan Variabel Bebas pada umumnya terkait atau ada hubungannya dengan keberadaan Variabel Terikat.

b. Dependent Variable (Variabel Terikat)

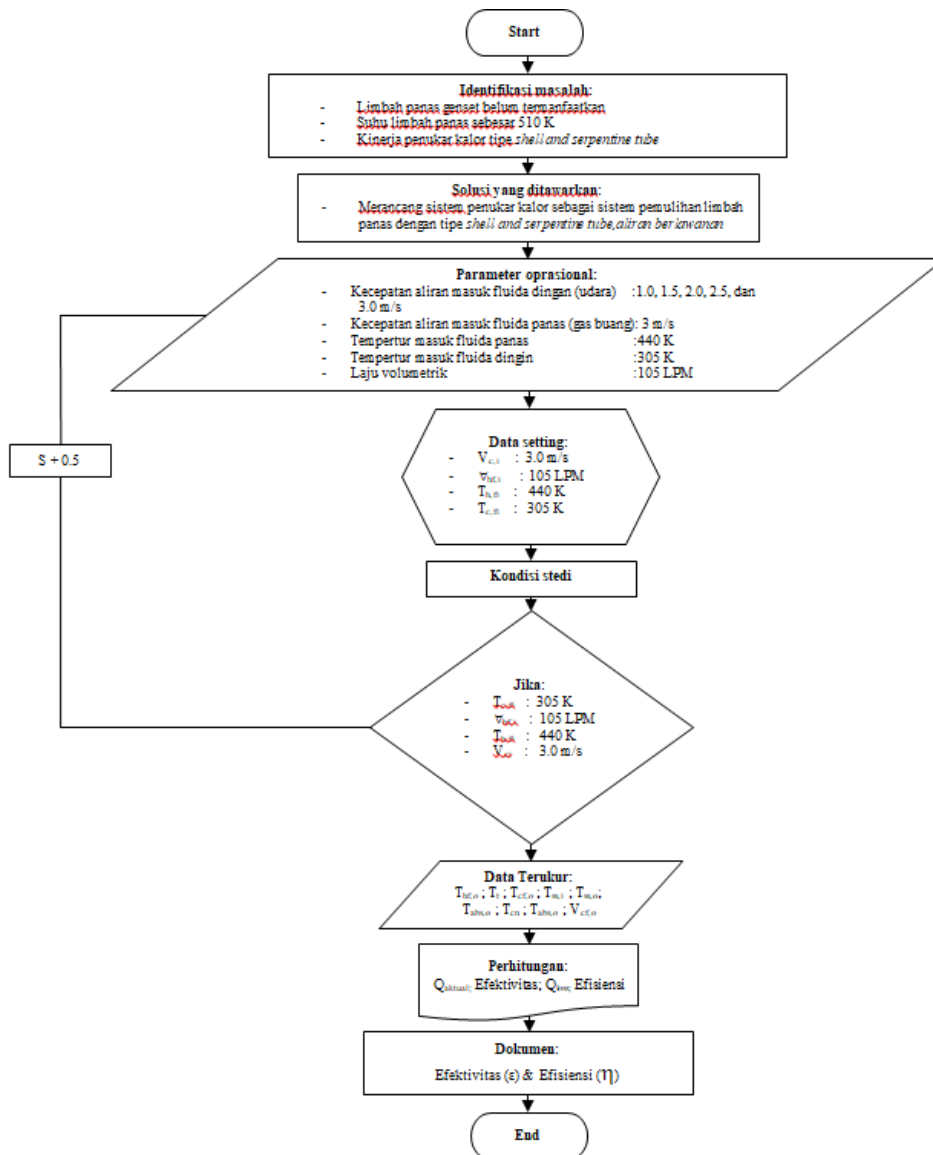
Dependent Variable atau Variabel Terikat adalah variabel yang dipengaruhi atau yang menjadi akibat karena adanya variabel bebas.

c. Control Variable (Variabel Kontrol)

Variabel kontrol adalah faktor dalam penelitian yang sengaja dijaga tetap konstan atau tidak berubah sepanjang eksperimen untuk memastikan hasil yang diperoleh murni disebabkan oleh variabel bebas yang sedang diuji.

- Variabel Bebas (x):
kecepatan masuk fluida dingin (udara) $V_{c,i}$ yakni 1.0, 1.5, 2.0, 2.5, dan 3.0 m/s.
- Variabel terikat (y):
Efektivitas
- Variabel control :
Temperature fluida panas masuk ($T_{hf,i}$), temperature masuk fluida dingin ($T_{cf,i}$) dan laju volumetric (LPM).

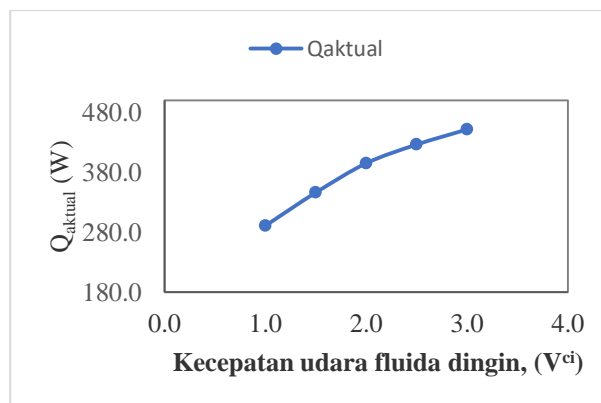
d. Alur Penelitian



Gambar 1. Flowchart Alur Penelitian

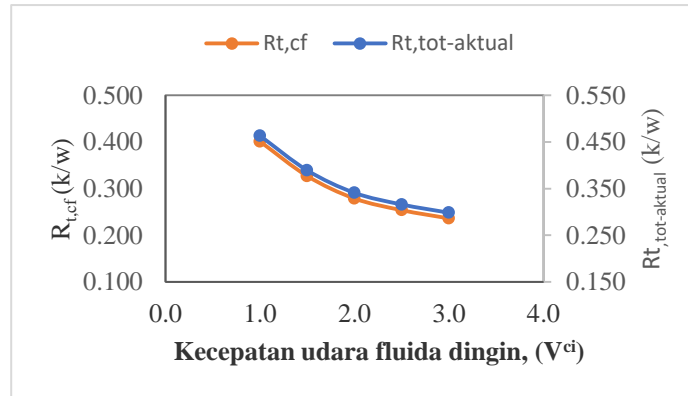
3. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Panas Aktual (Q_{aktual})



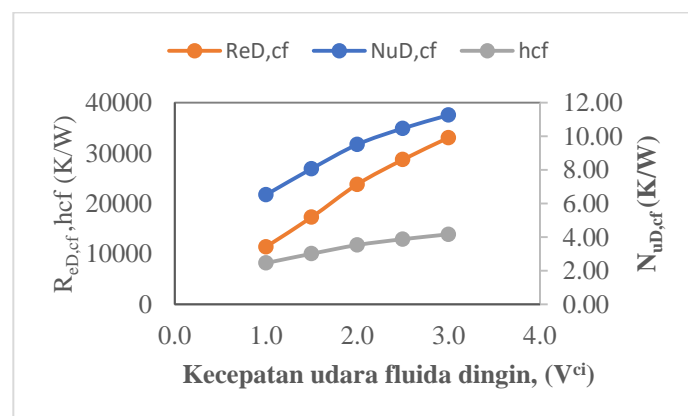
Gambar 2. Panas Aktual (Q_{aktual})

Analisis kuantitatif terhadap grafik menunjukkan bahwa peningkatan Q_{aktual} tidak linier sempurna tetapi tetap menunjukkan pola pertumbuhan yang melambat pada kecepatan tinggi. Misalnya, dari 1,0 m/s ke 1,5 m/s, nilai Q_{aktual} meningkat sekitar 55.331 W, sedangkan dari 2,5 m/s ke 3,0 m/s kenaikannya lebih kecil yakni sekitar 25.204 W. Pola ini menunjukkan adanya diminishing return, di mana tambahan pertambahan laju aliran udara menghasilkan peningkatan laju perpindahan panas yang semakin kecil pada kecepatan udara yang lebih tinggi.



Gambar 3. kecepatan masuk fluida dingin ($V_{cf,i}$)

Peningkatan kecepatan masuk fluida dingin ($V_{cf,i}$) menyebabkan bertambahnya bilangan Reynolds ($Re_{D,cf}$), yang diikuti oleh kenaikan bilangan Nusselt ($Nu_{D,cf}$) serta koefisien perpindahan panas konveksi fluida dingin (h_{cf}), sebagaimana ditunjukkan pada (Gambar 4.3). Kenaikan koefisien konveksi (h_{cf}) secara langsung memengaruhi salah satu komponen utama dari total tahanan termal aktual ($R_{t,tot-aktual}$), yaitu tahanan termal pada sisi fluida dingin ($R_{t,cf}$), sehingga nilai tahanan tersebut menurun. Penurunan komponen tahanan yang bersifat dominan ini menyebabkan total tahanan termal aktual ikut menurun, seperti diperlihatkan pada (Gambar 4.2). Temuan ini menunjukkan bahwa pengaruh kecepatan fluida terhadap bilangan Reynolds, Nusselt, dan koefisien konveksi tidak hanya merupakan mekanisme klasik dalam konveksi, tetapi menjadi semakin signifikan ketika dikombinasikan dengan efek arus Hall dan pemanasan Joule pada fluida non-Newtonian.

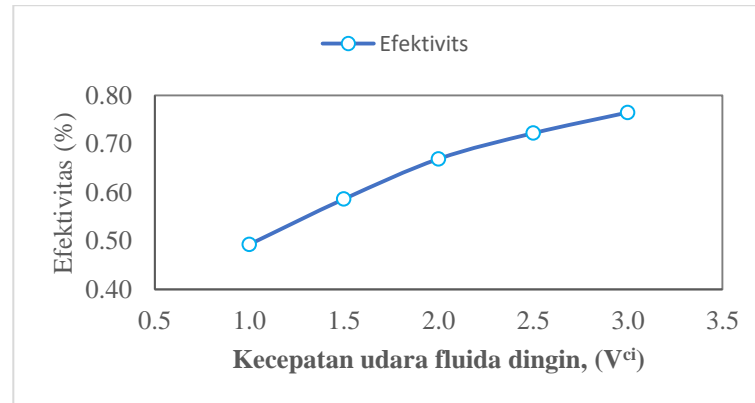


Gambar 4. kecepatan udara fluida dingin (V_{ci})

Grafik menunjukkan hubungan antara kecepatan udara fluida dingin (V_{ci}) pada sumbu X dengan tiga parameter pada sumbu Y: $Re_{D,cf}$ (bilangan Reynolds untuk fluida dingin, menunjukkan karakter aliran), $Nu_{D,cf}$ (bilangan Nusselt, tak berdimensi untuk konveksi), h_{cf} (koefisien perpindahan panas konveksi). $Re_{D,cf}$ meningkat kuat ketika V_c naik dari 11 405 pada V_{ci} 1,0 (m/s) ke 33 069 pada V_{ci} 3,0 (m/s), $Nu_{D,cf}$ juga meningkat, namun pada skala

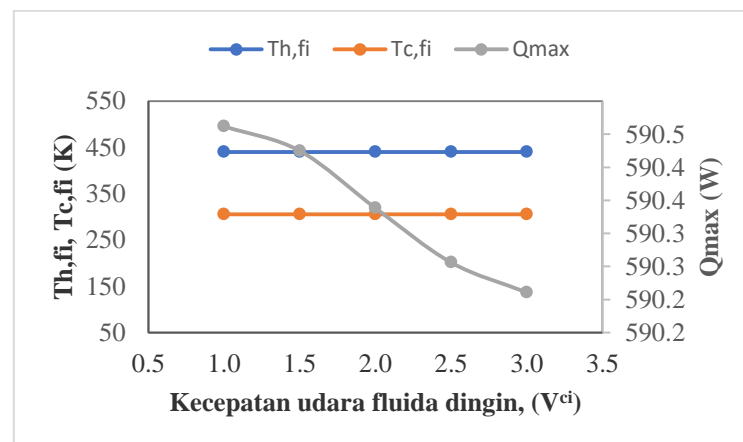
lebih kecil dibandingkan $R_{eD,cf}$, Nilai $N_{uD,cf}$ naik dari 6,52 di V_{ci} 1.0 (m/s) ke 11,28 di V_{ci} 3.0 (m/s), hcf meningkat, namun tidak sebesar $R_{eD,cf}$ dan $N_{uD,cf}$ dari 2,45 (K/W) di V_{ci} 1.0 (m/s) ke 4,16 (K/W) di V_{ci} 3.0 (m/s). Ketiga parameter menunjukkan trend peningkatan terhadap kecepatan aliran udara

B. Efektifitas (ϵ)



Gambar 5.

Analisis kuantitatif menunjukkan bahwa persentase kenaikan efektifitas menurun pada kecepatan yang lebih tinggi. Pada rentang awal (1,0–1,5 m/s), peningkatan efektifitas cukup signifikan, sedangkan pada rentang kecepatan lebih tinggi (2,5–3,0 m/s) peningkatannya lebih kecil. Pola ini mengindikasikan adanya diminishing return, yaitu bahwa tambahan peningkatan efektifitas berkurang seiring kecepatan udara meningkat.



Gambar 6

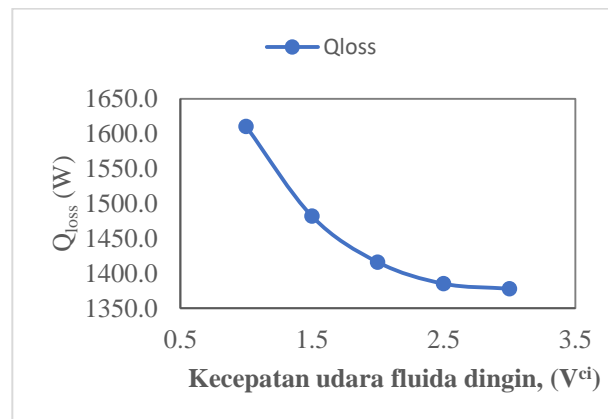
$T_{h,fi}$ dan $T_{c,fi}$ konstan plot menunjukkan bahwa suhu outlet fluida panas dan dingin tetap relatif stabil meskipun kecepatan udara dingin berubah. Ketidakberubahan ini mengindikasikan bahwa kecepatan udara dalam rentang diuji tidak memengaruhi suhu outlet secara signifikan. Q_{max} menurun dengan meningkatnya V_{ci} . Berbeda dengan suhu, Q_{max} menurun saat kecepatan udara dingin bertambah. Artinya, meskipun kecepatan udara lebih tinggi, kemampuan sistem untuk memaksimalkan perpindahan panas berkurang (Hammoodi et al., 2025).

Saat kecepatan udara dingin meningkat, waktu kontak antara udara dingin dan permukaan panas berkurang. Akibatnya, meskipun turbulensi mungkin meningkat, energi total yang ditransfer dari fluida panas ke dingin dalam satuan waktu justru bisa berkurang. Hal ini sesuai temuan bahwa peningkatan laju aliran udara tidak selalu meningkatkan laju perpindahan

panas secara linier karena keterbatasan waktu kontak termal dan karakteristik aliran dalam pertukaran panas. Literatur menunjukkan bahwa peningkatan kecepatan aliran udara dapat menaikkan koefisien konveksi lokal karena turbulensi yang lebih kuat. Namun pada sistem pertukaran panas dengan geometri tertentu, peningkatan kecepatan dapat menyebabkan penurunan efektivitas operasional total jika gradien suhu tidak optimal (Achmad et al., 2023).

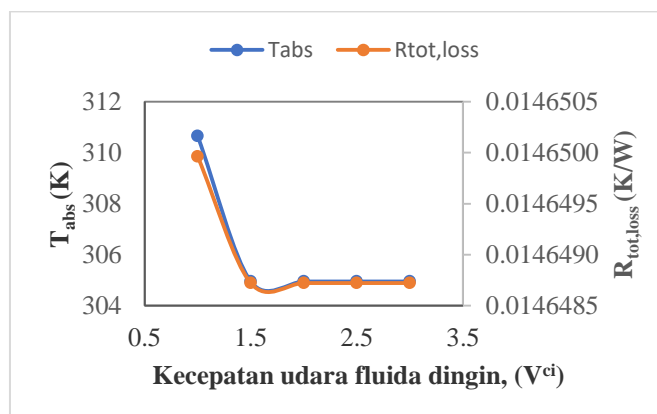
- Suhu outlet fluida panas stabil di sekitar 440,20 K mengindikasikan sistem berada dalam kondisi operasi konstan dengan suplai panas dan batasan desain tertentu yang meminimalkan dampak variasi V_{ci} pada suhu outlet.
- Suhu outlet udara dingin 305,50 K menunjukkan bahwa peningkatan kecepatan udara tidak cukup memengaruhi akumulasi panas di sisi fluida dingin dalam angka outlet yang diukur, kemungkinan karena perubahan terjadi terutama di lapisan boundary internal tanpa memengaruhi titik yang diukur.
- Nilai Q_{max} yang turun dari sekitar 462 W pada V_{ci} 1,0 m/s menjadi 211 W pada V_{ci} 3,0 m/s menunjukkan efisiensi perpindahan panas maksimum yang berkurang saat kecepatan dingin meningkat.

C. Kehilangan panas (Q_{loss})



Gambar 7

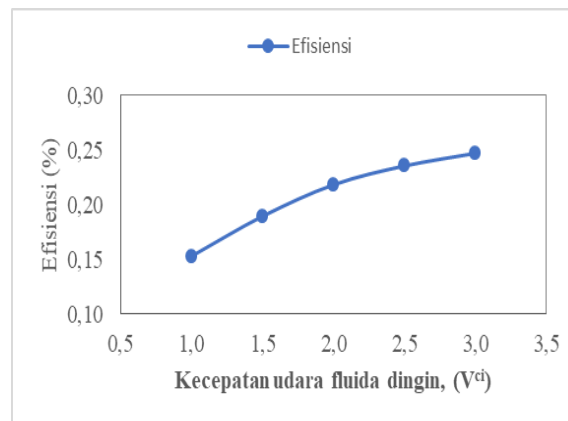
Analisis kuantitatif terhadap data grafik menunjukkan bahwa penurunan Q_{loss} bersifat lebih tajam pada rentang kecepatan rendah, dan kemudian bergerak menuju penurunan yang melandai pada kecepatan yang lebih tinggi. Misalnya, penurunan terbesar terlihat antara 1,0–1,5 m/s, sedangkan di rentang 2,5–3,0 m/s, nilai Q_{loss} hampir konstan dengan penurunan yang lebih kecil. Pola ini mengindikasikan bahwa kecepatan udara fluida dingin yang lebih tinggi efektif mengurangi kehilangan panas, namun setelah mencapai titik tertentu efeknya mulai berkurang.



Gambar 8

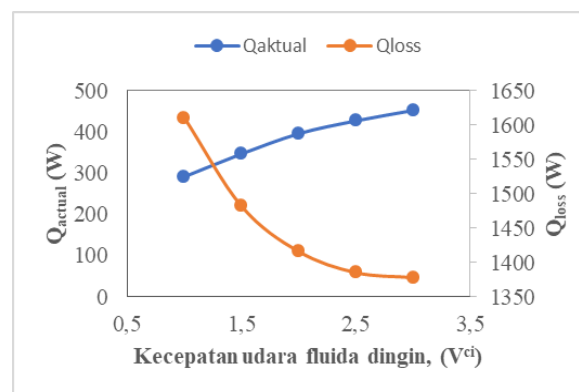
T_{abs} menurun tajam ketika V_{ci} meningkat pada rentang awal mulai dari 310,65 K pada V_{ci} 1,0 (m/s) turun cepat ke 305 K di V_{ci} 1,5 (m/s), Setelah V_{ci} lebih besar dari 1,5, T_{abs} cenderung stabil sekitar 304,95 K, menunjukkan batas perubahan suhu. $R_{tot,loss}$ menunjukkan perubahan yang sangat kecil sepanjang rentang V_{ci} Berada di sekitar 0,0146487 hingga 0,0146500 (K/W).

D. Efisiensi penukar kalor (η)



Gambar 9

Analisis numerik terhadap data menunjukkan bahwa pertumbuhan efisiensi cenderung menurun pada kecepatan yang lebih tinggi. Misalnya, antara 1,0 m/s dan 1,5 m/s, efisiensi meningkat sekitar 3,64 %, sedangkan antara 2,5 m/s dan 3,0 m/s, peningkatannya lebih kecil sekitar 1,14 %. Pola ini menunjukkan bahwa peningkatan efisiensi relatif lebih signifikan pada kecepatan awal, sedangkan pada kecepatan tinggi efisiensi masih meningkat tetapi dengan laju kenaikan yang melandai.

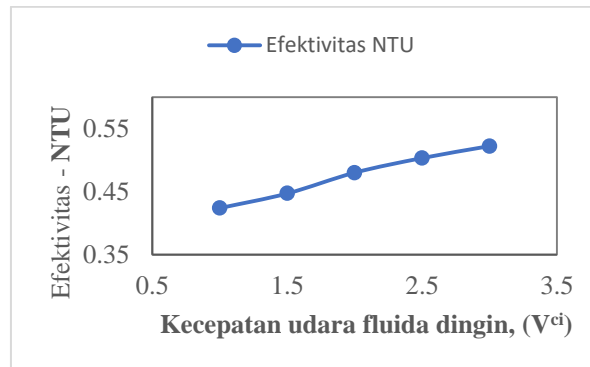


Gambar 10

Peningkatan Q_{actual} saat V_{ci} meningkat dijelaskan oleh efek konveksi paksa. Kecepatan udara yang lebih tinggi meningkatkan *Reynolds number* dan *Nusselt number*, sehingga konveksi menjadi lebih efektif dan mempercepat perpindahan panas dari permukaan ke aliran fluida. Ini sesuai prinsip bahwa peningkatan kecepatan fluida meningkatkan selisih energi yang dibawa fluida keluar dari permukaan. Penurunan Q_{loss} terjadi karena lebih banyak panas yang “ditangkap” oleh aliran udara (meningkatnya Q_{actual}), sehingga bagian panas yang hilang ke lingkungan melalui mekanisme lain (mis. radiasi) menjadi lebih kecil secara proporsional (Zhao et al., 2022). Q_{actual} menunjukkan tren naik terhadap V_{ci} , yang berarti kemampuan perpindahan panas sistem meningkat dengan kecepatan aliran udara. Q_{actual} meningkat secara konsisten seiring kenaikan V_{ci} dari 290,87 W pada V_{ci} 1.0 (m/s) ke 451,53 W pada V_{ci} 3.0

(m/s). Q_{loss} menunjukkan tren turun, mengindikasikan bahwa aliran udara yang lebih cepat mengurangi kehilangan panas dari sistem (kemungkinan karena lebih banyak panas berhasil ditransfer ke fluida daripada hilang ke lingkungan) Q_{loss} mengalami penurunan seiring meningkatnya V_{ci} dari 1610,48 W di V_{ci} 1.0 (m/s) turun ke 1377,80 W di V_{ci} 3.0 (m/s) (Madloul et al., 2023b).

E. Hubungan ε -NTU



Gambar 11

Analisis kuantitatif terhadap data grafik menunjukkan bahwa peningkatan efisiensi NTU terjadi di seluruh rentang kecepatan, namun laju kenaikan relatif melandai pada kecepatan yang lebih tinggi. Misalnya, peningkatan dari 1,0 (m/s) ke 1,5 (m/s) menghasilkan kenaikan efisiensi NTU sekitar 0,3 (3%), sedangkan pada rentang 2,5 (m/s) ke 3,0 (m/s) kenaikannya lebih kecil, sekitar 0,2 (2%). Pola ini menunjukkan adanya tren pertumbuhan yang melandai, yang konsisten dengan fenomena diminishing return dalam proses perpindahan panas, di mana efek peningkatan kecepatan terhadap peningkatan efisiensi menjadi berkurang pada laju aliran yang lebih tinggi (Hammoodi et al., 2025).

4. KESIMPULAN

Pengaruh terhadap efisiensi termal aktual. peningkatan kecepatan fluida dingin dari 1 m/s hingga 3 m/s juga meningkatkan efisiensi termal aktual penukar kalor sebesar X-Y% yang ditunjukkan oleh meningkatnya rasio panas yang diterima fluida dingin terhadap panas yang dilepas fluida panas. kenaikan efisiensi ini menunjukkan bahwa pada kecepatan fluida dingin yang lebih tinggi, pemanfaatan panas menjadi lebih efektif dan proporsi kehilangan panas ke lingkungan relatif menurun, sehingga kinerja termal penukar kalor meningkat secara keseluruhan.

- 1) Besar pengaruh variasi kecepatan fluida dingin terhadap efektivitas (ε) penukar kalor *shell and serpentine tube* 3.0 m/s.
- 2) Besar variasi kecepatan fluida dingin memengaruhi efisiensi termal aktual penukar kalor *shell and serpentine tube* 18 %

DAFTAR PUSTAKA

- Abraham, J. D., Dhoble, A. S., & Mangrulkar, C. K. (2020). Numerical analysis for thermo-hydraulic performance of staggered cross flow tube bank with longitudinal tapered fins. *International Communications in Heat and Mass Transfer*, 118. <https://doi.org/10.1016/j.icheatmasstransfer.2020.104905>
- Almehaal, M. A., & Choubani, K. (2023). *Using the Log Mean Temperature Difference (LMTD) and ε -NTU Methods to Analyze Heat and Mass Transfer in Direct Contact Membrane Distillation.*
- Al-Turki, Y. A., Moria, H., Shawabkeh, A., Pourhedayat, S., Hashemian, M., & Dizaji, H. S. (2021). Thermal, frictional and exergetic analysis of non-parallel configurations for plate heat

- exchangers. *Chemical Engineering and Processing - Process Intensification*, 161. <https://doi.org/10.1016/j.cep.2021.108319>
- Amanowicz, Ł., & Wojtkowiak, J. (2020). Approximated flow characteristics of multi-pipe earth-to-air heat exchangers for thermal analysis under variable airflow conditions. *Renewable Energy*, 158, 585–597. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2020.05.125>
- Arefin, A. E., Masud, M. H., Joardder, M. U. H., & Mourshed, M. (2017). Waste heat recovery systems for internal combustion engines : A review. *International Conference on Mechanical Engineering and Applied Science*, (February), 3–5.
- Bacellar, D., Aute, V., Huang, Z., & Radermacher, R. (2016). Airside friction and heat transfer characteristics for staggered tube bundle in crossflow configuration with diameters from 0.5 mm to 2.0 mm. *International Journal of Heat and Mass Transfer*, 98, 448–454. <https://doi.org/10.1016/j.ijheatmasstransfer.2016.02.072>
- Baqir, A. S., Mahood, H. B., & Kareem, A. R. (2019). Optimisation and evaluation of NTU and effectiveness of a helical coil tube heat exchanger with air injection. *Thermal Science and Engineering Progress*, 14. <https://doi.org/10.1016/j.tsep.2019.100420>
- Baroutaji, A., Arjunan, A., Ramadan, M., Robinson, J., Alaswad, A., Ali, M., & Olabi, A. (2021). Advancements and prospects of thermal management and waste heat recovery of PEMFC. *International Journal of Thermofluids*, 9, 100064. <https://doi.org/10.1016/j.ijft.2021.100064>
- Bhran, A. A., Maghrabie, H. M., Gadallah, A., & Fawaz, H. E. (2025). Experimental investigation and ANN-based prediction of average Nusselt number for a flat surface subjected to double inclined air jets. *Scientific Reports*, 15(1). <https://doi.org/10.1038/s41598-025-18142-3>
- Bimanatya, T. E., & Widodo, T. (2018). Fossil fuels consumption, carbon emissions, and economic growth in Indonesia. *International Journal of Energy Economics and Policy*, 8(4), 90–97.
- Cheng, Z., Tan, Z., Guo, Z., Yang, J., & Wang, Q. (2020). Technologies and fundamentals of waste heat recovery from high-temperature solid granular materials. In *Applied Thermal Engineering* (Vol. 179). Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/j.applthermaleng.2020.115703>
- Cui, X., Guo, J., Huai, X., Zhang, H., Cheng, K., & Zhou, J. (2019). Numerical investigations on serpentine channel for supercritical CO₂ recuperator. *Energy*, 172, 517–530. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2019.01.148>
- Dizaji, H. S., Pourhedayat, S., Moria, H., Alqahtani, S., Alshehery, S., & Anqi, A. E. (2024). Performance boost of a commercial air-to-air plate heat recovery unit by mesh-net insert; thermal-frictional, economic, and effectiveness-NTU analysis. *Energy*, 290(November 2023), 130037. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2023.130037>
- Eldeeb, R., Aute, V., & Radermacher, R. (2020). Pillow plate heat exchanger weld shape optimization using approximation and parallel parameterized CFD and non-uniform rational B-splines. *International Journal of Refrigeration*, 110, 121–131. <https://doi.org/10.1016/j.ijrefrig.2019.10.024>
- Elmekawy, A. M. N., Ibrahim, A. A., Shahin, A. M., Al-Ali, S., & Hassan, G. E. (2021). Performance enhancement for tube bank staggered configuration heat exchanger – CFD Study. *Chemical Engineering and Processing - Process Intensification*, 164. <https://doi.org/10.1016/j.cep.2021.108392>

APLIKASI RUTE EVAKUASI TSUNAMI DESA POKA

Marthin Alfreinsco Salakory¹⁾, Jonny Latuny²⁾, Cendy S. Edwina Tupamahu³⁾

¹⁾S1 Teknik Mesin Fakultas Teknik, Universitas Pattimura
Email: alfreinsco@gmail.com,

²⁾Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Pattimura
Email: jonny.latuny@staff.unpatti.ac.id,

³⁾Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Pattimura
Email: cendy.tupamahu@staff.unpatti.ac.id,

Abstrak Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan aplikasi evakuasi bencana tsunami berbasis Android yang difokuskan pada wilayah Desa Poka, Kota Ambon. Aplikasi ini memberikan informasi lokasi shelter dan menentukan rute evakuasi terdekat dengan menerapkan algoritma Breadth First Search (BFS). Data gempa diperoleh secara real-time melalui integrasi dengan API BMKG, sedangkan visualisasi jalur dan posisi pengguna disajikan menggunakan pustaka Leaflet. Penelitian dilakukan dengan pendekatan rekayasa perangkat lunak yang mencakup tahapan survei lapangan, pengumpulan data, perancangan sistem, implementasi, dan pengujian dengan metode black-box. Hasil pengujian menunjukkan bahwa algoritma BFS mampu menghitung rute terpendek secara efisien dan akurat menuju lima titik shelter yang telah ditentukan. Implementasi dilakukan pada wilayah sekitar Jembatan Merah Putih, dan aplikasi mampu menampilkan jalur evakuasi secara tepat dalam waktu singkat. Aplikasi ini diharapkan dapat menjadi alat bantu mitigasi bencana yang adaptif, responsif, dan mudah digunakan oleh masyarakat umum, khususnya di wilayah rawan gempa dan tsunami seperti Kota Ambon.

Kata kunci : algoritma BFS, evakuasi tsunami, shelter gempa, BMKG, rute terpendek

1. PENDAHULUAN

Indonesia merupakan negara kepulauan yang berada pada pertemuan tiga lempeng aktif dunia, yaitu Lempeng Indo-Australia, Lempeng Eurasia, dan Lempeng Pasifik. Kondisi ini menyebabkan Indonesia sangat rawan terhadap bencana alam, terutama gempa bumi dan tsunami. Provinsi Maluku, khususnya Kota Ambon, memiliki tingkat kerentanan tinggi terhadap gempa bumi, sebagaimana dibuktikan pada peristiwa gempa Ambon 26 September 2019 yang menewaskan puluhan orang dan merusak infrastruktur secara signifikan. Kurangnya kesiapsiagaan serta informasi jalur evakuasi yang dapat diakses dengan cepat menjadi penyebab utama meningkatnya korban jiwa dan kerugian material.

Seiring perkembangan teknologi informasi, solusi digital dalam mitigasi bencana mulai dikembangkan. Aplikasi berbasis peta dan sistem informasi geografis (SIG) menjadi salah satu pendekatan yang efektif dalam memberikan informasi rute evakuasi secara real-time. Beberapa penelitian terdahulu telah mengembangkan aplikasi mitigasi bencana seperti penggunaan sistem peringatan gempa berbasis data terbuka BMKG, serta algoritma Breadth First Search (BFS) untuk pencarian rute terpendek pada kasus bencana. Penelitian Rysa Sahrial (2023) mengembangkan aplikasi gempa menggunakan data BMKG, namun belum mengintegrasikan jalur evakuasi. Sementara itu, penelitian Suprihatin (2022) dan Sularno (2021) menggunakan metode BFS untuk transportasi umum dan evakuasi, namun tanpa fokus pada wilayah dan implementasi lokal spesifik.

Penelitian ini mengusulkan sebuah aplikasi “Titik Koordinat Shelter” berbasis Android yang secara spesifik ditujukan untuk wilayah Desa Poka, Kota Ambon. Aplikasi ini

mengintegrasikan data gempa dari BMKG dan algoritma BFS untuk menentukan rute evakuasi tercepat dari lokasi pengguna ke titik shelter terdekat. Peta interaktif disusun menggunakan pustaka Leaflet untuk menampilkan visualisasi lokasi pengguna dan titik evakuasi secara real-time. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengembangkan sistem evakuasi gempa yang lebih tanggap, informatif, dan mudah digunakan oleh masyarakat umum, serta berkontribusi dalam pengurangan risiko bencana di daerah rawan gempa seperti Kota Ambon.

Urgensi dari penelitian ini terletak pada kebutuhan nyata akan sistem evakuasi gempa yang bersifat lokal, real-time, dan terotomatisasi. Selain itu, pendekatan inovatif dalam pemanfaatan algoritma BFS untuk kasus mitigasi bencana di level komunitas lokal memberikan kontribusi ilmiah yang penting. Hasil akhir dari penelitian ini berupa prototipe aplikasi evakuasi gempa berbasis lokasi, yang dapat menjadi model replikasi bagi wilayah lain dengan risiko bencana serupa.

Metode yang digunakan dalam penelitian ini meliputi studi literatur, survei lapangan, perancangan sistem, implementasi aplikasi berbasis Android dengan pemanfaatan API BMKG dan algoritma BFS, serta pengujian fungsionalitas menggunakan pendekatan pengujian black-box. Metode ini bertujuan untuk memastikan aplikasi dapat bekerja secara efisien dalam memberikan informasi lokasi shelter dan rute evakuasi dengan akurasi tinggi.

2. METODE

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif dan rekayasa perangkat lunak untuk merancang, mengembangkan, dan menguji sistem informasi evakuasi gempa secara digital yang terintegrasi dengan data BMKG dan sistem navigasi peta.

A. Prosedur Penelitian dan Persamaan

Proses penelitian ini dimulai dengan identifikasi masalah terkait lambatnya akses informasi evakuasi saat gempa bumi terjadi. Berdasarkan hal tersebut, dirancanglah aplikasi Android yang mampu memberikan jalur evakuasi tercepat dengan menggunakan algoritma Breadth First Search (BFS). Algoritma ini dipilih karena kemampuannya dalam pencarian jalur terpendek pada struktur data berbasis graf, yang dalam hal ini merepresentasikan hubungan antar titik shelter dan lokasi pengguna.

Tahapan prosedur penelitian dilakukan sebagai berikut:

- a. **Desain Sistem:** Melakukan analisis kebutuhan perangkat lunak dan perancangan antarmuka pengguna.
- b. **Pengumpulan Data:** Mengambil data titik gempa dan lokasi shelter dari API BMKG dan BPBD Kota Ambon.
- c. **Perancangan Algoritma:** BFS diimplementasikan untuk menghitung jarak antara lokasi pengguna dan titik shelter.
- d. **Pengujian Sistem:** Pengujian black-box dilakukan untuk memastikan seluruh fitur berjalan sesuai fungsinya.
- e. **Analisis Hasil:** Menghitung efektivitas rute terpendek menggunakan metode geospasial dan menghitung jarak menggunakan fungsi `distanceTo()` dari Leaflet.

Seluruh proses dilakukan dalam lingkungan pengembangan Android menggunakan Visual Studio Code, Android Studio, serta pemanfaatan pustaka Leaflet JS untuk visualisasi peta. Jarak antar titik dihitung secara otomatis berdasarkan koordinat GPS. Data yang digunakan disajikan dalam satuan Sistem Internasional (SI).

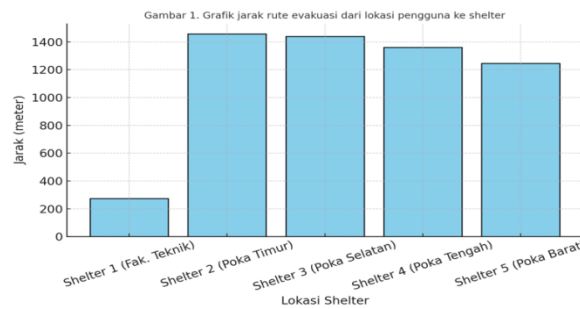
3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini menghasilkan sebuah aplikasi Android yang dapat menampilkan informasi gempa terkini dan memberikan rute evakuasi terdekat dari lokasi pengguna ke shelter terdekat

di wilayah Desa Poka, Kota Ambon. Aplikasi ini memanfaatkan algoritma Breadth First Search (BFS) untuk menentukan rute tercepat dan memanfaatkan data real-time dari API BMKG. Pengujian dilakukan dengan menggunakan data koordinat pengguna di sekitar Jembatan Merah Putih, dan hasil menunjukkan bahwa rute terpendek berhasil ditentukan oleh sistem.

A. Gambar dan Tabel

Aplikasi diuji dengan lima titik shelter berbeda yang telah ditentukan sebelumnya, dan hasil perhitungan jarak dari posisi pengguna ke masing-masing shelter ditampilkan pada Tabel 1. Untuk mempermudah pemahaman visual, hasil tersebut juga digambarkan dalam bentuk grafik seperti pada Gambar 1.



Gambar 1. Grafik jarak rute evakuasi dari lokasi pengguna ke shelter

Tabel 1. Tabel jarak rute evakuasi dari lokasi pengguna ke shelter

No	Lokasi Shelter	Jarak (meter)
1	Shelter 1 (Fakultas Teknik)	274
2	Shelter 2 (Poka Timur)	1458
3	Shelter 3 (Poka Selatan)	1441
4	Shelter 4 (Poka Tengah)	1362
5	Shelter 5 (Poka Barat)	1246

B. Pembahasan

Berdasarkan hasil perhitungan dan visualisasi, dapat disimpulkan bahwa Shelter 1 adalah lokasi evakuasi terdekat dengan jarak sekitar 274 meter dari pengguna yang berada di perempatan Jembatan Merah Putih. Hal ini membuktikan bahwa algoritma BFS dapat bekerja secara efisien dalam menentukan rute terdekat berdasarkan jarak antar titik koordinat.

Temuan ini sejalan dengan penelitian Sularno (2021), yang menyatakan bahwa algoritma BFS cocok digunakan untuk skenario pencarian rute pada jaringan graf bencana. Penelitian Suprihatin (2022) juga mendukung penggunaan BFS dalam konteks evakuasi transportasi, walaupun tidak secara spesifik diaplikasikan untuk bencana gempa dan tsunami.

Keunggulan utama aplikasi ini terletak pada integrasi data gempa real-time dari BMKG dan visualisasi peta menggunakan Leaflet. Ini memberikan kemudahan bagi pengguna untuk segera menentukan langkah evakuasi saat bencana terjadi. Aplikasi ini dapat diakses dengan cepat, antarmuka pengguna sederhana, dan dapat digunakan oleh masyarakat umum tanpa pelatihan khusus.

Selain itu, aplikasi ini memiliki keunggulan dari sisi lokalitas, karena titik shelter yang dimasukkan merupakan titik nyata dan telah diverifikasi oleh BPBD Kota Ambon. Konteks lokal ini membedakan penelitian ini dari aplikasi-aplikasi mitigasi bencana lain yang bersifat

umum dan nasional.

Secara teori, hasil penelitian ini menegaskan bahwa pemanfaatan algoritma graf dalam konteks geospasial bencana dapat membantu mempercepat proses evakuasi. Secara praktis, aplikasi ini dapat menjadi salah satu solusi mitigasi bencana yang aplikatif dan dapat dikembangkan lebih lanjut di wilayah rawan bencana lainnya di Indonesia.

4. SIMPULAN

Penelitian ini menghasilkan aplikasi Titik Koordinat Shelter berbasis Android yang mampu memberikan informasi lokasi shelter dan jalur evakuasi terdekat secara real-time di wilayah Desa Poka, Kota Ambon. Dengan menerapkan algoritma Breadth First Search (BFS), sistem dapat menghitung rute terpendek antara pengguna dan titik evakuasi secara cepat dan akurat. Aplikasi ini juga mengintegrasikan data gempa dari API BMKG dan menyajikannya dalam antarmuka interaktif menggunakan Leaflet.

Kontribusi utama dari penelitian ini adalah penerapan algoritma graf dalam konteks mitigasi bencana lokal secara praktis, yang belum banyak dijumpai pada aplikasi serupa. Penggunaan teknologi pemetaan, pemrosesan koordinat, serta visualisasi peta secara real-time menjadikan aplikasi ini sebagai solusi informatif dan responsif dalam menghadapi ancaman bencana alam. Hasil penelitian ini diharapkan dapat digunakan sebagai acuan pengembangan sistem evakuasi digital pada wilayah rawan bencana lainnya.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis menyampaikan terima kasih kepada para pembimbing, Ibu Cendy Sophia Edwina Tupamahu, ST., MT dan Bapak Jonny Latuny, ST., M.Eng., Ph.D atas bimbingan selama proses penelitian ini. Ucapan terima kasih juga ditujukan kepada Fakultas Teknik Universitas Pattimura, Badan Penanggulangan Bencana Daerah (BPBD) Kota Ambon, serta semua pihak yang telah memberikan dukungan moral, data, dan teknis selama penyusunan penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdurahman, M. (2018). Sistem Informasi Data Pegawai Berbasis Web pada Kementerian Kelautandan Perikanan Kota Ternate. *Jurnal Ilmiah ILKIMONFO*, 70–78.
- Andre Kurniawan Pamuji, R. M. (2020). The effectiveness of mobile application of earthquake and tsunami early warning system in community based disaster risk reduction. *International Journal of Engineering Research and Technology*, 1–6.
- Dimas Sianipar, Y. H. (2019). Studi sumber gempa Ambon 26 September 2019 Mw 6,5. *OSFPreprints*, 1–20.
- Ginting, M. D. (2019). Penggunaan telepon genggam pada masyarakat di wilayah perbatasan. *Jurnal PIKOM*, 1–12
- Halim Agung, N. Y. (2016). Implementasi metode Breadth First Search dan VIKOR pada aplikasi diagnosa kerusakan hardware komputer. *Jurnal SISFOKOM*, 1–8.
- Intan Trivena Maria Daeng, N. M. (2017). Penggunaan smartphone dalam menunjang aktivitas perkuliahan oleh mahasiswa FISIPOL Unsrat Manado. *Acta Diurna*, 1–15.
- Iqbal Luthfi Nur Rais, L. S. (2021a). Analisis bencana gempa bumi dan mitigasi bencana. *Jurnal Kajian Ilmu dan Pendidikan Geografi*, 1–6.
- Iqbal Luthfi Nur Rais, L. S. (2021b). Analisis bencana gempa bumi dan mitigasi bencana di daerah Kertasari. *Jurnal Kajian Ilmu dan Pendidikan Geografi*, 14–19.
- Pusat Vulkanologi dan Mitigasi Bencana Geologi. (2021, September 20). Tipe gunung api di Indonesia (A, B, dan C). Diambil kembali dari MAGMA Indonesia: <https://magma.esdm.go.id/v1/edukasi/tipe-gunung-api-di-indonesia-a-b-dan-c>
- Rysa Sahrial, B. M. (2023). Aplikasi informasi gempa menggunakan data terbuka BMKG. *Media Jurnal Informatika*, 1–7.
- Sularno, D. P. (2021). Determination of the shortest route based on BFS algorithm for purpose to disaster evacuation shelter. *Scientific Journal of Informatics*, 1–10.

ARAHAN PENGEMBANGAN SARANA NELAYAN DESA HUTUMURI

Paula Patricia Sohilait¹⁾, Pieter Th. Berhиту²⁾, Adnan A. A. Botanri³⁾

¹⁾S1 Teknik Mesin Fakultas Teknik, Universitas Pattimura
Email: olasohilait15@gmail.com,

²⁾Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Pattimura
Email: patrickberhиту@gmail.com,

³⁾Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Pattimura
Email: abotanri@gmail.com,

Abstrak Desa Hutumuri yang terletak di Kecamatan Leitimur Selatan merupakan salah satu Desa yang berada di pesisir laut. Desa Hutumuri mempunyai potensi sumber laut yang memberikan kehidupan bagi masyarakatnya, terkhususnya bagi rumah tangga yang bermata pencaharian sebagai nelayan. Sebagai Desa yang mempunyai potensi laut ini, harusnya dapat memberikan kesejahteraan bagi masyarakatnya sendiri terkhususnya bagi mereka yang bermata pencaharian sebagai nelayan. Namun sayangnya, ada beberapa nelayan yang tidak lagi fokus kepada mata pencahariannya. keterbatasan sarana nelayan di Desa Hutumuri adalah permasalahan bagi mereka sehingga nelayan di Desa Hutumuri kesulitan dalam memanfaatkan potensi laut yang ada. Dalam penelitian ini menggunakan metode kualitatif dengan menggunakan analisis skoring dan deskriptif kualitatif. Berdasarkan hasil analisis, nantinya diperoleh kawasan menghasilkan suatu output berupa perbaikan sarana dan prasarana pada nelayan Desa Hutumuri. Dan penataan kembali kawasan nelayan Desa Hutumuri berdasarkan kebutuhan sarana dan prasarannya.

Kata kunci : Sarana, Prasarana, Nelayan, Potensi Laut, Kesejahteraan

1. PENDAHULUAN

Nelayan merupakan lingkungan tempat tinggal dengan sarana dan prasarana dasar yang sebagian besar penduduknya merupakan masyarakat yang memiliki pekerjaan sebagai nelayan dan memiliki akses dan keterikatan erat antara penduduk nelayan dengan kawasan perairan sebagai tempat tinggal mereka mencari nafkah. kesulitan untuk meningkatkan kesejahteraan nelayan tradisional dipengaruhi oleh sejumlah faktor internal seperti keterbatasan kemampuan modal usaha, dan kurangnya sarana prasarana. Serta faktor eksternal seperti kebijakan pembangunan perikanan yang lebih berorientasi kepada produktivitas untuk memegang pertumbuhan ekonomi dan system hasil pemasaran (Kusnadi, 2002)

Desa Hutumuri yang terletak di Kecamatan Leitimur Selatan merupakan salah satu Desa yang berada di pesisir laut. Desa Hutumuri mempunyai potensi sumber laut yang memberikan kehidupan bagi masyarakatnya, terkhususnya bagi rumah tangga yang bermatapencaharian sebagai nelayan. Sebagai Desa yang mempunyai potensi laut ini, harusnya dapat memberikan kesejahteraan bagi masyarakatnya sendiri terkhususnya bagi mereka yang bermata pencaharian sebagai nelayan. Namun sayangnya, ada beberapa nelayan yang tidak lagi fokus kepada mata pencahariannya. Berdasarkan hasil survey awal melalui observasi dan wawancara beberapa nelayan, masalah yang membuat sebagian dari nelayan tidak lagi fokus kepada mata pencaharian mereka yang sesungguhnya, sehingga mereka hanya akan mencari ikan ketika mereka ingin saja. Bukan menjadi suatu keharusan dan suatu tanggung jawab bagi menghidupi keluarganya. Padahal potensi laut yang ada di perairan Desa Hutumuri

mempunyai banyak ikan mulai dari ikan berukuran kecil seperti anak - anak tatihi dan lain-lain sampai kepada ikan berukuran besar seperti tuna dan lainnya.

Hasil dari survey awal yang di lakukan oleh penulis, ada beberapa nelayan yang kecewa dengan bantuan pemerintah. Pasalnya bantuan yang di salurkan dari pemerintah kepada nelayan tidaklah sampai ke tangan nelayan. Hal ini membuat beberapa nelayan di Desa Hutumuri kesulitan dalam memanfaatkan potensi laut yang ada, karena kurangnya sarana prasarana. Sedangkan dari sisi lain, ada nelayan yang saling meminjamkan perahu untuk mencari ikan. Pinjaman perahu ini di lakukan karena dari mereka tidak mempunyai perahu milik pribadi. Mahalnya perahu yang digunakan untuk mencari ikan membuat beberapa dari nelayan ini belum mampu untuk membeli perahu, sehingga membuat mereka saling meminjamkan antara nelayan satu dengan nelayan lainnya. Bahkan ada beberapa nelayan yang tergabung dalam satu perahu yakni 3 orang. Hal ini membuat nelayan tidak fokus pada mata pencaharian mereka, sehingga mereka mencari pekerjaan sampingan sebagai upaya untuk menghidupi keluarga mereka. Biasanya kalau tidak melaut, nelayan akan bekerja membantu tetangga yang membutuhkan tenaga mereka untuk membangun rumah. Hal ini kemudian membuat hasil laut yang begitu banyak itu, tidak dimanfaatkan dengan sebaiknya.

Kebutuhan nelayan guna menunjang aktivitas mata pencaharian mereka sangatlah penting. Itu sebabnya sarana penunjang kebutuhan nelayan haruslah memadai. Desa Hutumuri hanyamempunyai satu jembatan untuk tempat berlabuhnya perahu nelayan. Dari hasil wawancara peneliti, kerusakan perahu nelayan menjadi salah satu keluhan akibat gelombang yang terjadi setiap musim timur. Kurangnya jembatan berlabuhnya perahu milik nelayan ini, membuat sebagian dari mereka melabuhkan perahu-perahunya di belakang rumah atau di samping rumahwarga Desa Hutumuri, demi menghindari rusaknya perahu-perahu dari gelombang laut pada musimnya. Selain kurangnya prasarana penunjang kebutuhan nelayan (jembatan), Desa Hutumuri tidak mempunyai tempat penyimpanan ikan. Sehingga nelayan memasarkan ikannya dari rumah kerumah.

2. METODE

Mengacu pada jenis penelitian yang dilakukan bahwa penelitian bermaksud untuk mengetahui bagaimana proses pengarahannya pengembangan sarana nelayan di Desa Hutumuri. Penelitian ini merupakan penelitian kualitatif. Metode penelitian ini memakai pengumpulan data dan analisis data kualitatif menggunakan analisis ketersediaan sarana dan prasarana, yang di lakukan untuk mengumpulkan data terkait ketersediaan sarana prasarana Nelayan di Desa Hutumuri dan analisis kebutuhan sarana prasarana, di lakukan untuk mengumpulkan data terkait kurangnya sarana prasarana Nelayan di Desa Hutumuri yang secara bersama-sama pada satu tahap, penggabungan data dilakukan pada penyajian data, interpretasi dan pembahasan.

Pada proses pengumpulan dan analisis data menggunakan pendekatan kualitatif dengan wawancara informan yaitu Nelayan di Desa Hutumuri. Dari hasil wawancara dan observasi kemudian dirangkum untuk mendapatkan hasil arahan pengembangan Sarana Nelayan di Desa Hutumuri.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Latar belakang melakukan arahan pengembangan sarana nelayan di Desa Hutumuri adalah untuk mengukur tingkat ketersediaan dan tingkat kebutuhan sarana dan prasarana bagi para Nelayan yang bertempat tinggal di Desa Hutumuri .

A. Analisis Ketersediaan Sarana Nelayan di Desa Hutumuri Pasar

Sarana perdagangan dan jasa sangat menunjang keberadaan kawasan pemukiman. Pasar merupakan fasilitas yang sangat berperan dalam menunjang keberlangsungan aktifitas

ekonomi didalam kawasan pemukiman nelayan. Di lokasi penelitian sudah terdapat fasilitas pasar yang seharusnya dapat menunjang keberadaan kawasan. Pasar Rakyat Hutumuri yang berlokasi di kuburan Hutumuri dan di bangun dengan dana alokasi khusus melalui Kementerian Perdagangan tahun anggaran 2017. Namun pada kenyataanya fungsi pasar ini tidak dapat dijalankan dengan baik. Karena gedung pasar rusak dan belum dilakukan perbaikan dan juga letak pasar tersebut tidak strategis.



Gambar 1. Pasar Rakyat Hutumuri

1) Sarana Pendidikan

Pada kawasan Desa Hutumuri terdapat satu buah Sekolah Menengah Pertama (SMP) yang dapat menampung 242 orang murid. Bangunan sekolah tersebut dalam kondisi baik. Selain bangunan sekolah menengah pertama juga terdapat satu buah Sekolah Menengah Atas (SMA). Selain itu, terdapat satu buah bangunan Sekolah Dasar (SD) dan Pendidikan Anak Usia Dini (PAUD). Sekolah ini berfungsi dengan baik, memiliki bangunan yang permanen dan terletak di tengah – tengah permukiman penduduk sehingga dapat melayani keseluruhan blok yang ada.



Gambar 2. SMP Negeri 8 Ambon

2) Sarana Kesehatan

Sarana kesehatan diperuntukkan untuk menjamin kesehatan dan keselamatan masyarakat. Kebutuhan dan ketersediaan sarana kesehatan yang baik, sesuai standar dan mampu melayani masyarakat merupakan ukuran yang menjadikan suatu wilayah dapat dikatakan baik.

Di kawasan nelayan terdapat satu buah puskesmas pembantu yang terletak di tengah-tengah permukiman. Bangunan ini dalam kondisi yang baik dan berfungsi. Jika dibandingkan dengan jumlah penduduk yang ada maka sarana kesehatan yang terdapat di Negeri Hutumuri sudah memenuhi kebutuhan masyarakatny



Gambar 3. Puskesmas Rawat Inap Hutumuri

3) Sarana Peribadatan

Penyediaan sarana peribadatan bertujuan untuk melayani kebutuhan masyarakat dalam hal beribadah sesuai dengan agama dan kepercayaan masyarakat. Ketersediaan sarana peribadatan yang sesuai standar dan dapat melayani masyarakat sesuai dengan agamanya masing-masing, menjadi salah satu faktor suatu wilayah dikatakan baik.

Adapun fasilitas peribadatan yang ada di nelayan berupa satu buah gedung gereja Baitlehem Hutumuri dalam kondisi yang baik dan dapat menampung seluruh penduduk di kawasan permukiman Desa Hutumuri.



Gambar 4. Gereja Baitlehem Hutumuri

4) Sarana Olahraga

Penyediaan sarana olahraga sangatlah penting dan di peruntukkan untuk melayani masyarakat dalam kaitannya dengan sehat jasmani. Ketersediaan sarana olahraga berupa lapangan voli yang memenuhi standar di nelayan Negeri Hutumuri dalam kondisi baik. Lahan yang di jadikan ruang terbuka non-hijau merupakan lahan yang di berikan oleh pemerintah kepada masyarakat ini sering di gunakan untuk pertandingan-pertandingan voli bahkan di gunakan oleh masyarakat Negeri Hutumuri setiap sore untuk bersantai setelah melakukan aktivitas bermain voli. Luas lapangan voli di Desa Hutumuri adalah 9 meter x 18 meter.



Gambar 5. Lapangan Voli

5) Sarana Perdagangan (Warung dan Kios)

Untuk sarana perdagangan seperti toko kios, warung sudah tersedia di Desa Hutumuri. Toko kios, dan warung yang menyediakan kebutuhan sehari – hari, dimana sarana perdagangan tersebut bergabung dengan rumah warga dan sudah melayani kebutuhan pangan Nelayan Desa Hutumuri dan sekitarnya.

Fasilitas perdagangan yang terdapat di kawasan permukiman berupa kios 9 buah dan warung 2 yang merata penyebarannya di tiap blok permukiman. Setiap toko dalam kondisi yang baik.



Gambar 6. Kios

B. Analisis Ketersediaan Prasarana Nelayan Desa Hutumuri

1) Jalan

Jaringan jalan sangat berperan penting bagi kehidupan masyarakat yang ada di Desa Hutumuri. Jalan di dalam kawasan pemukiman Desa Hutumuri merupakan jalan yang berkontruksi aspal dengan kondisi yang baik. Berdasarkan Undang – Undang No. 38 Tahun 2004 tentang Jalan. Maka jalan di Desa Hutumuri di klasifikasikan kedalam Jalan Kolektor dan merupakan Jalan Provinsi. Kondisi jalan di Desa Hutumuri dalam kondisi baik. Dengan lebar badan jalannya 7 meter.



Gambar 7. Kondisi Jalan

2) Jaringan Drainase

Sistem drainase yang digunakan di Desa Hutumuri adalah sistem drainase terbuka. Saluran Terbuka yaitu saluran yang lebih cocok untuk drainase air hujan yang terletak di daerah yang mempunyai luasan yang cukup, ataupun untuk drainase air non-hujan yang tidak membahayakan kesehatan atau mengganggu lingkungan. Jumlah drainase yang terdapat sepanjang jalan utama Desa Hutumuri adalah sebanyak 8 drainase dengan jenis tersier dan panjang 12 m, tinggi 17 cm dan lebar 55 cm. Karena merupakan satu drainase yang sama hanya dipisahkan oleh rumah – rumah warga.



Gambar 8. Kondisi Drainase

3) Jaringan Persampahan

Hasil penelitian di lapangan, diperoleh bahwa setiap keluarga telah memiliki tempat sampah masing – masing dirumahnya dan sampah yang telah ditampung akan dibuang pada tempat pembuangan sampah sementara yang telah disediakan oleh Pemerintah Desa kemudian nantinya akan diangkut oleh petugas kebersihan dan dibawa ke tempat pembuangan akhir (TPA).



Gambar 9. Tempat Sampah

4) Dermaga

Dermaga merupakan prasarana dasar dari suatu pembangunan, yang mana Ppmempunyai fungsi sebagai tempat penyimpanan perahu nelayan untuk bongkar muat hasil tangkapan. Pada awalnya keberadaan dermaga di Desa Hutumuri sudah ada. Namun pada kenyataanya dermaga ini sudah tidak dapat difungsikan sebagaimana mestinya diakibatkan oleh gelombang yang besar pada musim timur yang membuat dermaga ini akhirnya rusak. Untuk meminimalkan rusaknya dermaga, pemerintah Desa Hutumuri membangun prasarana yang berfungsi untuk memecahkan ombak atau gelombang agar saat musim gelombang, dapat menyerap sebagian energi gelombang. Energi gelombang yang berhasil dipecahkan, kemudian sampai ke pantai tidak menjadi besar. Panjang Dermaga adalah 33 m, lebar 3,50 m.



Gambar 10. Dermaga

C. Ketersediaan Sarana Nelayan Desa Hutumuri Berdasarkan Hasil Wawancara

Proses wawancara ini dilakukan langsung di Desa Hutumuri pada tanggal 11 Mei 2023. Berikut adalah hasil wawancara masyarakat berprofesi nelayan di Desa Hutumuri. Berikut adalah hasil wawancara dengan nelayan terkait status kepemilikan perahu yang digunakan setiap harinya untuk melaut. Sebanyak 43 orang nelayan menjawab perahu yang digunakan mereka adalah perahu yang diberikan oleh pemerintah. 17 orang nelayan menjawab perahu milik mereka disewa dari orang, dan 5 nelayan lainnya menjawab perahu mereka yang dipakai sehari – hari adalah milik mereka sendiri.

Selanjutnya semua responden mengatakan dalam setahun kurang dari 3 kali perahu mereka mengalami kerusakan. Dan untuk biaya perbaikan bisa melebihi Rp. 5.000.000. Semua responden juga memberikan keterangan mengenai jenis bantuan pemerintah bagi nelayan – nelayan di Desa Hutumuri yaitu dalam bentuk pemberian perahu dan juga bantuan dana. Karena belum tersedianya tempat penyimpanan ikan sebagai tempat penampungan ikan sementara sehingga ikan hasil tangkapan nelayan harus segera di distribusikan kepada masyarakat Desa Hutumuri maupun desa – desa yang terdekat dengan Desa Hutumuri.

D. Analisis Kebutuhan Sarana Nelayan Desa Hutumuri

Analisis kebutuhan sarana nelayan di Desa Hutumuri merupakan analisis yang digunakan untuk mengetahui jumlah sarana dan yang dibutuhkan oleh masyarakat Desa Hutumuri, yang didasarkan hasil analisis tingkat ketersediaan sarana dan prasarana di pembahasan sebelumnya dan mengacu pada peraturan Peraturan Menteri Kelautan Dan Perikanan Republik Indonesia Nomor 34 Tahun 2022 Tentang Kampung Nelayan Maju. Adapun analisis kebutuhan sarana nelayan di Desa Hutumuri adalah sebagai berikut :

1) Tempat Penampungan Ikan (Klostor)

Berdasarkan hasil analisis tingkat ketersediaan sarana dan prasarana nelayan di Desa Hutumuri, Tempat Penampungan Ikan belum ada, sehingga di perlukan 1 unit Tempat Penampungan Ikan untuk memudahkan para nelayan agar dapat menempatkan ikan hasil tangkapan mereka. Keadaan ini tentunya berpengaruh terhadap kegiatan ekonomi atau jual beli yang tidak dapat berjalan optimal dalam mendukung keberadaan lokasi penelitian sebagai kawasan pemukiman nelayan. Untuk itu di rencanakan pembangunan Tempat Penampungan Ikan bagi nelayan dikawasan ini agar mereka dengan mudah mengelolah dan memasarkan ikan hasil tangkapannya. Tempat Penampungan Ikan di rencanakan untuk di bangun di gedung pasar rakyat Hutumuri yang ada. Hal ini bertujuan agar ikan hasil tangkapan nelayan tetap dalam keadaan segar untuk di distribusikan. Dalam rencana pembangunan tempat penampungan ikan ini akan dilengkapi dengan fasilitas-fasilitas pendukung terdiri dari bangunan, gudang es (cold storage). Ikan setelah ditangkap oleh nelayan akan ditampung di tempat penampungan ikan sebelum akhirnya di distribusikan ke pasar mardika. Jenis – jenis ikan hasil tangkapan nelayan yaitu ikan lema atau tatara, ikan cakalang, ikan kawalnya (ikan selar), ikan tatihu (ikan tuna sirip kuning), ikan komu, ikan bobara (ikan kuwe), cumi dan sotong.

2) Cold Storage

Cold storage merupakan ruangan pendingin yang memiliki fungsi menjaga kualitas dari produk hasil tangkapan laut. Hasil tangkapan laut yang berlimpah harus disimpan sebaik mungkin agar tidak menyebabkan kerugian yang terjadi karena penurunan kualitas tangkapan seperti pembusukan dan kerusakan. *Cold storage* terbukti bisa memberikan solusi terbaik karena menyediakan tempat penyimpanan ikan yang menjaga kualitas ikan dan memiliki kemampuan menjaga ikan di suhu penyimpanan ikan rendah sehingga memperpanjang umur penyimpanan dan konsumsi ikan. Suhu rendah yang dimiliki cold storage terbukti dapat memperlambat bahkan mencegah pertumbuhan bakteri penyebab pembusukan. Hal ini tentunya akan menambah daya jual ikan karena tetap awet. Jenis *cold storage* yang akan di

pakai pada tempat penampungan ikan Desa Hutumuri adalah *Frozen Seafood Cold Storage Room*, *Cold storage* jenis ini memiliki fungsi utama sebagai pengawetan makanan laut beku pada waktu yang lama. Ikan dan hasil tangkapan laut yang biasanya telah dibekukan akan dimasukkan ke dalam *cold storage frozen seafood*. Kemampuan menyimpannya mencapai 1 sampai 180 hari, ini berarti hasil tangkapan laut nelayan bisa disimpan kurang lebih 3 bulan dengan kisaran suhu -20 sampai -25 derajat celsius.

3) Rumpon

Rumpon dan lampu pemikat ikan (baik petromaks ataupun lampu listrik) selama ini lebih banyak dikenal nelayan Indonesia sebagai alat bantu untuk mengumpulkan ikan (*fish aggregating device* atau FAD), sehingga operasi penangkapan ikan menjadi lebih efektif dan efisien. Penggunaan rumpon dapat meningkatkan efisiensi operasi penangkapan ikan karena terjadi penghematan waktu dan biaya operasi penangkapan ikan. Semakin lama operasi penangkapan ikan akan semakin banyak rumpon diperlukan karena satu rumpon yang baru saja dipanen tidak akan segera didatangi kawanan ikan, tetapi memerlukan waktu. Pada operasi penangkapan ikan yang berlangsung lama (lebih dari beberapa hari), nelayan akan mendatangi dan memanen rumpon – rumpon mereka satu per satu, dan jika diperlukan akan menunggu rumpon – rumpon yang baru dipanennya beberapa waktu sebelum mengulang kegiatan pemanenan ikan. Dengan penambahan jumlah rumpon diharapkan nantinya hasil tangkapan nelayan akan semakin banyak. Rumpon nantinya akan dibuat dan dilengkapi dengan penggunaan lampu pemikat ikan. Kemudian dengan adanya rumpon bahan bakar untuk perahu nelayan karena lama pelayaran untuk mencari posisi ikan (*fish searching*) menjadi berkurang karena kapal ikan biasanya diarahkan nelayan langsung pada lokasi dimana rumpon dipasang.

4) Perahu

Kurangnya perahu bagi para nelayan di Desa Hutumuri menyebabkan ketika nelayan ingin melaut harus saling meminjamkan perahu untuk mencari ikan. Sehingga pada penelitian ini direncanakan akan dilakukan penambahan perahu bagi para nelayan di Desa Hutumuri.

Direncanakan perahu yang akan diberikan bagi para nelayan merupakan perahu jenis fiber dengan panjang 12 meter, lebar 3 meter, dan dalam 1 meter. Sebanyak 60 buah perahu yang akan dibagi kepada 60 nelayan dimana dua orang nelayan akan mendapatkan satu perahu bagi masing – masing nelayan.

4. SIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis dan pembahasan diatas maka dapat disimpulkan bahwa Kebutuhan sarana bagi para nelayan Desa Hutumuri yakni: pembangunan tempat penampungan ikan (klostor), *cold storage*, rumpon dan perahu. Sehingga dengan pemenuhan sarana bagi para nelayan di Desa Hutumuri ini masyarakat yang berprofesi sebagai nelayan dapat meningkatkan kualitas hasil tangkapan mereka yang juga dapat berdampak bagi angka pendapatan mereka.

DAFTAR PUSTAKA

- Andreas, A., Nurjannah, I., dan Saleh, A. 2014. Karakteristik Lingkungan dan Perilaku Masyarakat Kawasan Nelayan di sekitar Teluk Kendari. *Jurnal Arsitektur NALARS*,13 (2) ,89–98
- BasriI, 2019. Perencanaan Lingkungan Nelayan Kampung Lere Kota Palu. Universitas Tadulako.
- Darmiwati, Ratna. 2011. Perencanaan Permukiman Nelayan di Pantai Timur Surabaya. *Jurnal Arsitektur*. Universitas Merdeka Surabaya
- Dimitra, S., dan Yuliasuti, N. 2012. Potensi kampung nelayan sebagai modal permukiman berkelanjutan di Tambaklorok, kelurahan Tanjung Mas. *Jurnal Teknik PWK*, 1(1), 11–19.
- Hamka. 2017. Tipomorfologi kawasan nelayan pesisir pantai pelabuhan bajoe kab. Bone. *Spectra*, 15(29), 41–52.
- Khadija ST. 2013. Studi Ketersediaan Dan Kebutuhan Sarana Dan Prasarana Dasar Nelayan Di

- Kelurahan Untia Kecamatan Biringkanaya Kota Makassar.
- Meilany, L., Yudiaty, I., Hartinisari, Wahyu, dan Sundaru, B. 2015. Perumahan Nelayan, Sarana dan Prasarana Lingkungannya. Kabupaten Bandung: Pusat Penelitian Dan Pengembangan Perumahan Dan Permukiman Kementrian Pekerjaan Umum Dan Perumahan Rakyat.
- Pratiwi A. A. R. 2021. Ketersediaan Sarana Dan Prasarana Dasar Permukiman Nelayan Suku Bajo Kelurahan Bajoe Kabupaten Bone. Universitas Islam Negeri Alauddin Makassar.
- Setiawan H, 2016. Studi Ketersediaan dan Kebutuhan Sarana dan Prasarana Dasar Nelayan di Kelurahan Untia Kecamatan Bringkanaya Kota Makassar. UIN Alauddin Makassar.

PENGARUH VARIASI RASIO KOMPRESI PISTON TERHADAP KINERJA MESIN DAN EMISI GAS BUANG PADA MOTOR SUZUKI SATRIA F 150 INJEKSI

Irdzal¹⁾, Willem Marthinus Eric Wattimena²⁾, Sefnath J Etwan Sarwuna³⁾

¹⁾S1 Teknik Mesin Fakultas Teknik, Universitas Pattimura
Email: afridzal59@gmail.com,

²⁾Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Pattimura
Email: wmewattimena273@gmail.com,

³⁾Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Pattimura
Email: etwansarwuna19@gmail.com,

Abstrak Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh variasi rasio kompresi piston terhadap kinerja mesin dan emisi gas buang pada sepeda motor Suzuki Satria F150 Injeksi. Variasi rasio kompresi yang digunakan adalah 10:1, 11,5:1 (standar), dan 12:1. Metode penelitian menggunakan pendekatan eksperimental dengan alat dynamometer (dyno test) untuk mengukur daya dan torsi, serta gas analyzer untuk mengukur emisi gas buang berupa karbon monoksida (CO) dan hidrokarbon (HC). Hasil penelitian menunjukkan bahwa peningkatan rasio kompresi meningkatkan daya maksimum mesin, dimana rasio 12:1 menghasilkan daya tertinggi sekitar 16 HP pada putaran tinggi. Sementara itu, rasio 11,5:1 memberikan karakteristik torsi yang stabil, dan rasio 10:1 unggul pada akselerasi awal. Dari sisi emisi, peningkatan rasio kompresi mampu menurunkan kadar CO dan HC akibat pembakaran yang lebih sempurna. Dengan demikian, rasio kompresi 12:1 direkomendasikan untuk performa tinggi, sedangkan rasio 10:1 lebih cocok untuk kebutuhan akselerasi awal.

Kata kunci : Rasio kompresi, Piston, Daya, Torsi, Emisi gas buang

1. PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi otomotif mendorong peningkatan performa kendaraan, khususnya sepeda motor yang menjadi alat transportasi utama di Indonesia. Salah satu faktor penting yang mempengaruhi kinerja mesin adalah rasio kompresi. Rasio kompresi merupakan perbandingan antara volume total silinder saat piston berada di titik mati bawah dengan volume ruang bakar saat piston berada di titik mati atas. Peningkatan rasio kompresi diketahui dapat meningkatkan efisiensi termal dan daya mesin, namun juga berpotensi mempengaruhi emisi gas buang. Emisi seperti karbon monoksida (CO) dan hidrokarbon (HC) merupakan hasil pembakaran tidak sempurna yang berdampak negatif terhadap lingkungan dan kesehatan.

Sepeda motor Suzuki Satria F150 Injeksi dipilih sebagai objek penelitian karena memiliki performa tinggi serta banyak digunakan dalam modifikasi mesin, khususnya pada perubahan rasio kompresi piston. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh variasi rasio kompresi terhadap kinerja mesin dan emisi gas buang.

2. METODE

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif dengan metode eksperimen. yang bertujuan untuk menganalisis pengaruh variasi rasio kompresi piston terhadap kinerja mesin dan emisi gas buang. Metode eksperimen dilakukan dengan memvariasikan rasio kompresi piston sebagai variabel bebas, yaitu 10:1, 11,5:1 (standar), dan 12:1, kemudian mengamati , IAIN sebanyak 82 kendaraan, Wara Air Kuning sebanyak 40 kendaraan, STIA Alaska sebanyak 17 kendaraan dan Kahena sebanyak 12 kendaraan (Dishub Kota Ambon, 2024).

pengaruhnya terhadap variabel terikat berupa daya, torsi, serta emisi gas buang (CO dan HC). Penelitian dilaksanakan di laboratorium dengan kondisi terkontrol.

A. Variabel Penelitian

- a. Variabel bebas pada penelitian : Variasi rasio kompresi piston 10:1, 11,5:1, 12:1
- b. Variabel Terikat padapenelitian ini Torsi, Daya, Emisi gas buang

B. Jenis Penelitian

Penelitian ini merupakan penelitian eksperimen dengan pendekatan kuantitatif yang bertujuan untuk mengetahui pengaruh variasi rasio kompresi piston terhadap kinerja mesin dan emisi gas buang.

a. Prosedur Penelitian

Sebelum dilakukannya pengujian, peralatan dan komponen yang diuji harus di periksa agar dapat beroperasi dengan optimal. Hal-hal yang harus diperhatikan yaitu:

- 1) Siapkan Suzuki Satria F150 dalam kondisi standar pabrik, Piston dengan variasi Kompresi, Bahan Bakar dan alat Dyno Test
- 2) Kondisi mesin dalam keadaan prima (servis rutin, penggantian oli, dan pengecekan komponen).

b. Teknik Analisis Data

Data dianalisis menggunakan:

- 1) Analisis deskriptif, untuk menggambarkan hasil pengujian daya, torsi, dan emisi
- 2) Analisis komparatif, untuk membandingkan hasil antar variasi rasio kompresi

Hasil analisis disajikan dalam bentuk tabel dan grafik guna melihat hubungan antara rasio kompresi dengan kinerja mesin serta emisi gas buang.

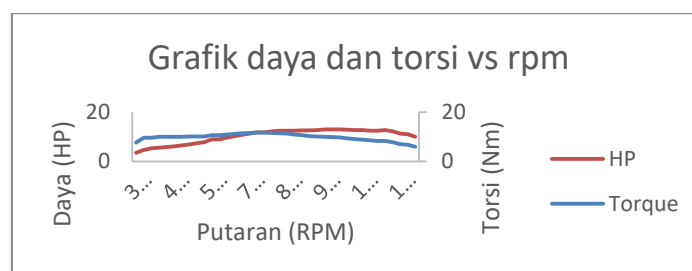
3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Bagian ini menyajikan temuan utama hasil pengujian eksperimental pengaruh variasi rasio kompresi piston (10:1, 11,5:1, dan 12:1) terhadap kinerja mesin dan emisi gas buang sepeda motor Suzuki Satria F150 Injeksi. Pengujian dilakukan di Laboratorium Otomotif Teknik Mesin Universitas Pattimura menggunakan dynamometer (dyno test) untuk mengukur daya dan torsi, serta gas analyzer untuk mengukur kadar emisi CO dan HC. Data disajikan dalam bentuk tabel dan analisis grafik secara deskriptif komparatif.

Tabel 1. Ringkasan Daya dan Torsi Maksimum pada Setiap Variasi Rasio Kompresi Piston

Rasio Kompresi	Torsi Maks. (Nm)	RPM Torsi Maks.	Daya Maks. (HP)	RPM Daya Maks.
10:1	10,13	8.250	13,31	9.966
11,5:1 (Standar)	11,66	7.221 – 7.250	12,98	9.388
12:1	11,54	9.164	15,90	11.175

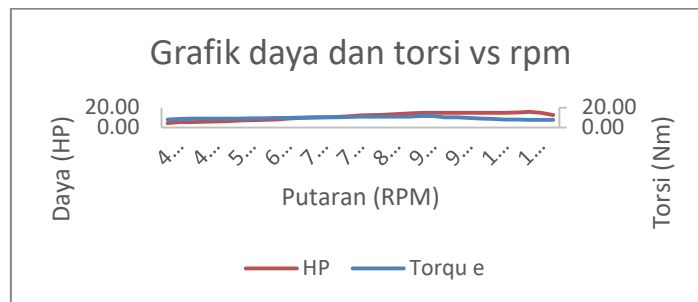
A. Daya dan Torsi pada Rasio Kompresi 11,5:1



Gambar 1 : Grafik daya dan Torsi pada RC Piston 11,5:1

Piston standar dengan rasio kompresi 11,5:1 menghasilkan torsi maksimum sebesar 11,66 Nm pada kisaran 7.221–7.250 rpm, sementara daya puncak mencapai 12,98 HP pada 9.388 rpm. Grafik karakteristik (Gambar 4.20 dalam skripsi) menunjukkan bahwa torsi meningkat dengan cepat mulai 3.250 rpm, mencapai nilai tertinggi pada putaran menengah (7.000–7.500 rpm), kemudian turun secara bertahap. Daya meningkat lebih stabil, mencapai puncak di rentang 9.000–9.500 rpm sebelum mengalami penurunan di atas 11.500 rpm. Pola ini mencerminkan karakteristik umum mesin bensin 4 langkah, yaitu torsi dominan di putaran menengah sedangkan daya puncak dicapai di putaran tinggi. Rasio kompresi standar ini memberikan keseimbangan yang baik antara torsi pada putaran menengah dan daya pada putaran tinggi, sehingga cocok untuk penggunaan harian.

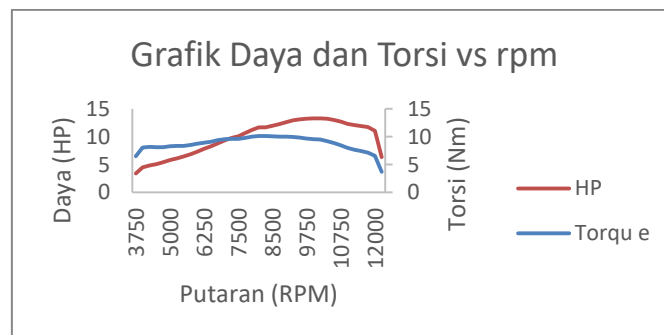
B. Daya dan Torsi pada Rasio Kompresi 12:1



Gambar 2 : Grafik hasil Perhitungan daya dan Torsi pada RC Piston 12:1

Piston dengan rasio kompresi 12:1 menghasilkan daya tertinggi di antara ketiga variasi, yakni mencapai 15,90 HP pada 11.175 rpm. Torsi maksimum sebesar 11,54 Nm dicapai pada 9.164 rpm — lebih tinggi dibandingkan RPM puncak torsi pada rasio 11,5:1. Pada putaran rendah (4.000–6.500 rpm), torsi berada di kisaran 8–10 Nm dan cenderung stabil dengan peningkatan bertahap. Grafik daya pada rasio kompresi 12:1 menunjukkan tren peningkatan yang lebih dominan dan berkelanjutan. Pada rentang 9.000–11.175 rpm, kurva daya cenderung konstan di sekitar nilai puncaknya, yang merupakan fenomena normal pada mesin pembakaran dalam ketika batas efisiensi operasional telah tercapai. Kondisi ini menunjukkan bahwa mesin dengan rasio kompresi 12:1 lebih optimal pada putaran mesin tinggi dan cocok untuk penggunaan yang mengutamakan kecepatan dan tenaga maksimum.

C. Daya dan Torsi pada Rasio Kompresi 10:1



Gambar 3: Grafik hasil Perhitungan daya dan Torsi pada RC Piston 10:1

Piston dengan rasio kompresi 10:1 menghasilkan torsi maksimum 10,13 Nm pada 8.249–8.250 rpm dan daya puncak 13,31 HP pada 9.966 rpm. Karakteristik yang menonjol adalah torsi yang sudah mencapai nilai cukup tinggi (7–8 Nm) sejak putaran rendah (3.750–6.000 rpm).

rpm) dan cenderung stabil. Hal ini menunjukkan bahwa rasio kompresi 10:1 menghasilkan akselerasi awal yang lebih responsif dibandingkan rasio 12:1. Daya mesin pada rasio 10:1 meningkat secara konsisten hingga mencapai puncak di kisaran 9.500–10.000 rpm, kemudian menurun perlahan hingga 12.000 rpm akibat keterbatasan efisiensi pembakaran dan suplai bahan bakar. Secara keseluruhan, konfigurasi rasio kompresi 10:1 menghasilkan karakteristik mesin dengan torsi kuat di putaran rendah–menengah dan daya yang stabil di putaran menengah–tinggi.

Perbandingan Karakteristik Daya dan Torsi Ketiga Variasi RC

Tabel 2. Perbandingan Karakteristik Daya dan Torsi Berdasarkan Hasil Pengujian Dyno Test

Aspek	RC 10:1	RC 11,5:1 (Standar)	RC 12:1
Karakter Torsi	Kuat di putaran rendah–menengah	Seimbang di putaran menengah	Meningkat bertahap, puncak di putaran tinggi
Karakter Daya	Stabil di 9.500–10.000 rpm	Puncak di 9.000–9.500 rpm	Puncak di 11.000–11.175 rpm
Daya Maks. (HP)	13,31 HP	12,98 HP	15,90 HP
Torsi Maks. (Nm)	10,13 Nm	11,66 Nm	11,54 Nm
Keunggulan	Akselerasi awal responsif	Performa seimbang & stabil	Daya puncak tertinggi

Berdasarkan data hasil pengujian, peningkatan rasio kompresi dari 10:1 ke 12:1 secara umum meningkatkan daya puncak mesin. Rasio kompresi 12:1 menghasilkan daya tertinggi (15,90 HP), diikuti oleh 10:1 (13,31 HP), dan 11,5:1 (12,98 HP). Hal ini sesuai dengan teori bahwa rasio kompresi lebih tinggi meningkatkan tekanan dan suhu di ruang bakar, sehingga menghasilkan pembakaran yang lebih efisien dan tenaga yang lebih besar (Pulkrabek, 1997). Di sisi lain, torsi maksimum justru tertinggi pada rasio 11,5:1 (11,66 Nm) dibandingkan 12:1 (11,54 Nm) maupun 10:1 (10,13 Nm), menunjukkan bahwa rasio standar memberikan keseimbangan torsi terbaik.

D. Emisi Gas Buang (CO dan HC)

Pengujian emisi gas buang dilakukan menggunakan gas analyzer pada tiga kondisi putaran mesin, yaitu 1.500 rpm, 3.000 rpm, dan 5.000 rpm. Parameter yang diukur adalah kadar karbon monoksida (CO) dalam satuan persen (%) dan hidrokarbon (HC) dalam satuan ppm (parts per million). Tabel 3 dan Tabel 4 menyajikan hasil pengukuran emisi CO dan HC pada masing-masing variasi rasio kompresi.

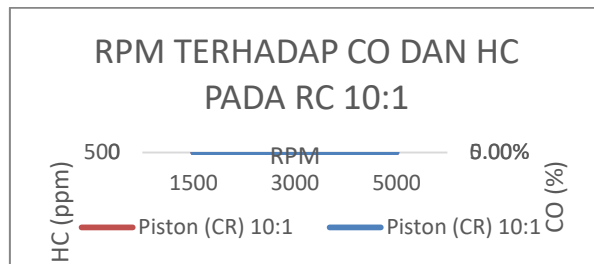
Tabel 3. Hasil Pengujian Emisi Gas CO pada Setiap Variasi Rasio Kompresi

Putaran (rpm)	CR 10:1 CO (%)	CR 11,5:1 CO (%)	CR 12:1 CO (%)
1.500	4,62	4,02	4,09
3.000	4,55	2,84	2,74
5.000	1,76	1,02	1,02

Tabel 4. Hasil Pengujian Emisi Gas HC pada Setiap Variasi Rasio Kompresi

Putaran (rpm)	CR 10:1 HC (ppm)	CR 11,5:1 HC (ppm)	CR 12:1 HC (ppm)
1.500	217	69	51
3.000	134	15	14
5.000	130	16	17

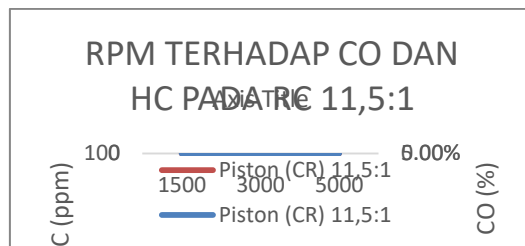
E. Emisi Gas Buang pada Rasio Kompresi 10:1



Gambar 4 : RC Piston 10:1 terhadap CO dan HC

Pada rasio kompresi 10:1, kadar HC awalnya mencapai 217 ppm pada 1.500 rpm, kemudian menurun menjadi sekitar 134 ppm pada 3.000 rpm, dan relatif stabil pada 130 ppm di 5.000 rpm. Sementara itu, kadar CO menunjukkan penurunan signifikan dari 4,62% pada 1.500 rpm menjadi 4,55% pada 3.000 rpm, dan turun drastis menjadi 1,76% pada 5.000 rpm. Penurunan emisi seiring bertambahnya putaran mesin mengindikasikan bahwa pembakaran menjadi lebih sempurna pada putaran tinggi. Namun demikian, nilai HC sebesar 217 ppm pada putaran rendah merupakan yang tertinggi di antara ketiga variasi, menunjukkan bahwa rasio kompresi 10:1 menghasilkan pembakaran kurang sempurna — terutama pada putaran rendah — akibat tekanan dan suhu kompresi yang relatif lebih rendah.

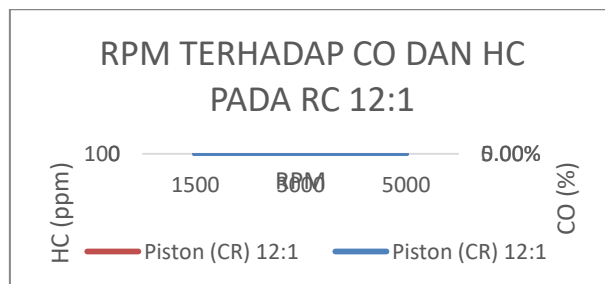
F. Emisi Gas Buang pada Rasio Kompresi 11,5:1



Gambar 5 : RC Piston 11,5:1 terhadap HC dan CO

Rasio kompresi standar 11,5:1 menghasilkan kadar HC sebesar 69 ppm pada 1.500 rpm, turun signifikan menjadi 15 ppm pada 3.000 rpm, dan relatif stabil pada 16 ppm di 5.000 rpm. Kadar CO menurun dari 4,02% pada 1.500 rpm menjadi 2,84% pada 3.000 rpm, dan terus turun ke 1,02% pada 5.000 rpm. Dibandingkan dengan rasio 10:1, piston standar 11,5:1 menghasilkan emisi HC yang jauh lebih rendah (69 ppm vs. 217 ppm pada 1.500 rpm). Hal ini menunjukkan bahwa peningkatan rasio kompresi dari 10:1 ke 11,5:1 secara signifikan meningkatkan efisiensi pembakaran sehingga residu hidrokarbon yang tidak terbakar berkurang drastis.

G. Emisi Gas Buang pada Rasio Kompresi 12:1



Gambar 6 : RC Piston 12:1 terhadap HC dan CO

Rasio kompresi 12:1 menghasilkan emisi HC terendah pada 1.500 rpm (51 ppm), kemudian turun menjadi 14 ppm pada 3.000 rpm, dan sedikit meningkat menjadi 17 ppm pada 5.000 rpm. Kadar CO menurun dari 4,09% pada 1.500 rpm menjadi 2,74% pada 3.000 rpm, dan turun ke 1,02% pada 5.000 rpm — setara dengan rasio 11,5:1. Menariknya, kadar CO pada 1.500 rpm untuk rasio 12:1 (4,09%) sedikit lebih tinggi dibandingkan rasio 11,5:1 (4,02%), namun pada 3.000 dan 5.000 rpm nilainya lebih rendah atau setara. Kondisi ini dapat dikaitkan dengan karakteristik mesin pada putaran sangat rendah di mana campuran udara-bahan bakar belum terbakar secara optimal meski rasio kompresinya tinggi. Secara keseluruhan, rasio 12:1 menghasilkan emisi HC paling rendah dan emisi CO yang kompetitif.

Tabel 5. Ringkasan Emisi Maksimum pada Setiap Variasi Rasio Kompresi (pada 1.500 rpm)

Rasio Kompresi	CO maks. (%)	HC maks. (ppm)	Keterangan
10:1	4,62	217	Emisi tertinggi
11,5:1 (Standar)	4,02	69	Emisi menengah
12:1	4,09	51	Emisi HC terendah

Tabel 5 memperlihatkan bahwa emisi CO tertinggi terjadi pada rasio kompresi 10:1 (4,62%), sementara emisi HC tertinggi juga pada 10:1 (217 ppm). Sebaliknya, emisi HC terendah dihasilkan oleh rasio 12:1 (51 ppm pada 1.500 rpm), sedangkan emisi CO terendah pada 1.500 rpm terdapat pada rasio 11,5:1 (4,02%). Temuan ini konsisten dengan teori bahwa rasio kompresi tinggi meningkatkan suhu dan tekanan pembakaran sehingga mendukung pembakaran yang lebih sempurna dan mengurangi residu HC dan CO (Pengaruh Rasio Kompresi terhadap Emisi Gas Buang, Bab II).

H. Pembahasan: Pengaruh Variasi Rasio Kompresi terhadap Kinerja dan Emisi

Hasil penelitian ini menunjukkan adanya korelasi positif antara peningkatan rasio kompresi dengan peningkatan daya mesin. Rasio kompresi 12:1 menghasilkan daya puncak tertinggi (15,90 HP) dibandingkan 11,5:1 (12,98 HP) dan 10:1 (13,31 HP). Peningkatan rasio kompresi memperbesar tekanan efektif rata-rata (mean effective pressure) di dalam silinder, yang secara langsung meningkatkan kerja yang dihasilkan per siklus dan menaikkan daya keluaran mesin. Namun demikian, hubungan antara rasio kompresi dan torsi tidak selalu linier. Rasio kompresi standar 11,5:1 justru menghasilkan torsi maksimum tertinggi (11,66 Nm) di antara ketiga variasi. Hal ini dapat dijelaskan oleh fakta bahwa torsi mesin sangat dipengaruhi oleh distribusi tekanan terhadap putaran, dan rasio 11,5:1 memberikan karakteristik kurva torsi yang lebih merata di seluruh rentang putaran dibandingkan rasio 12:1 yang lebih optimal di putaran tinggi saja.

Dari sisi emisi gas buang, peningkatan rasio kompresi secara konsisten menurunkan kadar HC. Kadar HC pada 1.500 rpm turun dari 217 ppm (10:1) menjadi 69 ppm (11,5:1) dan 51 ppm (12:1), mengindikasikan perbaikan kualitas pembakaran yang signifikan. Pembakaran yang lebih sempurna pada rasio kompresi tinggi disebabkan oleh tekanan dan suhu kompresi yang lebih tinggi, memastikan lebih banyak molekul bahan bakar teroksidasi sempurna menjadi CO₂ dan H₂O daripada tersisa sebagai HC tidak terbakar. Untuk emisi CO, pola penurunan dengan meningkatnya putaran mesin terlihat pada semua variasi. Pada 5.000 rpm, rasio 11,5:1 dan 12:1 menghasilkan CO yang sama rendahnya (1,02%), dibandingkan rasio 10:1 (1,76%). Perbedaan yang lebih nyata muncul pada putaran rendah–menengah, di mana rasio kompresi lebih tinggi memberikan keunggulan emisi yang lebih jelas.

Secara keseluruhan, hasil penelitian ini sejalan dengan temuan Simanungkalit (2013) yang menyatakan bahwa modifikasi rasio kompresi berpengaruh positif terhadap performa mesin, serta Muku (2009) yang menunjukkan bahwa rasio kompresi tinggi meningkatkan

unjuk kerja mesin. Pemilihan rasio kompresi 12:1 disarankan untuk penggunaan yang mengutamakan daya dan efisiensi pembakaran (ramah lingkungan), sementara rasio standar 11,5:1 tetap menjadi pilihan terbaik untuk penggunaan harian karena keseimbangan torsi dan daya yang lebih merata.

4. SIMPULAN

Variasi rasio kompresi piston berpengaruh signifikan terhadap kinerja mesin dan emisi gas buang. Rasio kompresi 12:1 menghasilkan daya tertinggi dan emisi CO serta HC terendah, menunjukkan pembakaran yang lebih efisien. Rasio 11,5:1 memberikan torsi yang lebih stabil pada putaran menengah, sedangkan rasio 10:1 lebih baik pada akselerasi awal. Dengan demikian, rasio kompresi 12:1 merupakan konfigurasi paling optimal untuk performa tinggi dan emisi lebih rendah, dengan catatan menggunakan bahan bakar beroktan tinggi.

DAFTAR PUSTAKA

- Eko Winarto, H. b. (2013). PENGARUH BAHAN BAKAR PREMIUM, PERTAMAX PERTAMAX PLUS DAN VARIASI RASIO KOMPRESI TERHADAP KADAR EMISI GAS BUANG CO DAN HC PADA SUZUKI SHOGUN FL 125 SP TAHUN 2007. *JIPTEK*.
- Gusnadi, W. T. (2024). "PENGUNAAN KARBON TERAKTIVASI DARI TANAH GAMBUT SEBAGAI ADSORBEN TERHADAP EMISI GAS BUANG DAN PERFORMA MESIN. *JTAM ROTARY 7.1*.
- Lumbanbatu, F. (2020). Analisis Penggunaan Knalpot Berbahan Komposit Untuk Mengurangi Tingkat Kebisingan Pada Motor Suzuki Satria. " *JOURNAL OF MECHANICAL ENGINEERING MANUFACTURES MATERIALS AND ENERGY 4.2* .
- Muku, I. D. (2009). "Pengaruh rasio kompresi terhadap unjuk kerja mesin empat langkah menggunakan arak bali sebagai bahan bakar. *Jurnal Ilmiah Teknik Mesin Cakra M*, .
- Pratomo, D. Y. (2023). "Kinerja Motor Scooter Matic Injeksi 113, 7 cc Menggunakan Bahan Bakar Campuran Peralite dan Minyak Pirolisis Limbah Plastik HDPE. " *G-Tech: Jurnal Teknologi Terapan 7.3* .
- Pratomo, D. Y. (2023). "Kinerja Motor Scooter Matic Injeksi 113, 7 cc Menggunakan Bahan Bakar Campuran Peralite dan Minyak Pirolisis Limbah Plastik HDPE. *G-Tech: Jurnal Teknologi Terapan 7.3* .
- Rahmat, B. M. (2023). peforma mesin slinder tunggal dengan variasi kompresi dan bahan bakar. *jurnal teknologi dan manajemen*.
- Ramadhani, S. (2019). Analisa perhitungan pembakaran pada motor diesel empat langkah. *Jurnal Laminar 1.1* .
- Robertus Simanungkalit, T. B. (2013). PERFORMANSI MESIN SEPEDA MOTOR SATU SLINDER BERBAHAN BAKAR PREMIUM DAN PERTAMAX PLUS DENGAN MODIFIKASI RASIO KOMPRESI. *E- Dinamis*.
- Sarsetiyanto, J. e. (2019). Studi Eksperimen Pengaruh Pola Injeksi Bahan Bakar Terhadap Kinerja dan Emisi Gas Buang Motor 4 Langkah 1 Silinder Menggunakan Bahan Bakar Etanol E100. *Prosiding SENIATI 5.2* .
- Simanungkalit, R. a. (2013). "Performansi Mesin Sepeda Motor Satu Silinder Berbahan Bakar Premium dan Pertamina Plus dengan Modifikasi Rasio Kompresi." . *Jurnal E-Dinamis 6.1* .
- Tiardi, Y. S. (2021). "Pengaruh Hydrocarbon Crack System Dengan Variasi Jenis Busi Terhadap Peforma Dan Emisi Gas Buang Pada Sepeda Motor 4 Tak 150 CC. *Journal of Vocational Education and Automotive Technology 3.2* .
- Usriadi, U. (2022). Analisis Peforma Dan Konsumsi Bahan Bakar Pada Honda Tiger 2006 Menggunakan Piston Standar Dan Piston Pro Neotech. . *Diss. UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA BARAT*.

PERENCANAAN KEBUTUHAN INFRASTRUKTUR PELABUHAN PENYEBERANGAN WAILEY DI KABUPATEN SERAM BAGIAN BARAT

Yonas Tuny¹⁾, Pieter Th. Berhitu²⁾, Hanok Mandaku³⁾

¹⁾S1 Perencanaan Wilayah dan Kota Fakultas Teknik, Universitas Pattimura

Email: yonastuny007@gmail.com,

²⁾Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Pattimura

Email: patrickberhitu@gmail.com,

³⁾Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Pattimura

Email: hanokmandaku30@gmail.com,

Abstrak Pelabuhan Penyeberangan Wailey merupakan salah satu pelabuhan yang berperan penting untuk melayani kegiatan transportasi antar-pulau di Provinsi Maluku. Pelabuhan Penyeberangan Wailey terdapat di Kecamatan Amalatu, Kabupaten Seram Bagian Barat. Pelabuhan Wailey merupakan simpul pergerakan dari Pulau Seram menuju ke Pulau Saparua dan Pulau Nusalaut melalui Pelabuhan Penyeberangan Umeputih di Desa Kulur. Pemenuhan kebutuhan infrastruktur pelabuhan penyeberangan dalam menunjang transportasi dan kegiatan ekonomi masyarakat disatu sisi merupakan keharusan demi menjamin kemanfaatan bagi Masyarakat Kabupaten Seram Bagian Barat (SBB), namun disisi lain membutuhkan informasi tentang arahan perencanaan dan pengembangan, terutama perencanaan kapasitas setiap fasilitas agar sesuai dengan kebutuhan riil, dan penataan kawasan pelabuhan agar dapat berfungsi secara optimal. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui tingkat pertumbuhan muatan di Pelabuhan Penyeberangan Wailey di Kabupaten Seram Bagian Barat, mengetahui kebutuhan infrastruktur Pelabuhan Penyeberangan Wailey di Kabupaten Seram Bagian Barat, merencanakan penataan kawasan Pelabuhan Penyeberangan Wailey di Kabupaten Seram Bagian Barat. Metode yang digunakan dalam penelitian ini yaitu penelitian kualitatif dan kuantitatif. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa pertumbuhan muatan rata-rata pada Pelabuhan Penyeberangan Wailey adalah sebesar 3,19%/tahun untuk penumpang, 9,24%/tahun untuk barang, 11,27%/tahun untuk kendaraan R-2 dan 4,94%/tahun untuk kendaraan R-4. Kebutuhan infrastruktur yang direncanakan pada Pelabuhan Penyeberangan Wailey, adalah: (1) Fasilitas ruang perairan, terdiri dari dermaga 1unit dan kapal 1unit untuk 2 trip pelayaran/hari. Sedangkan untuk fasilitas darat dibutuhkan lahan seluas 748,53 m² untuk pengembangan gedung terminal dan areal parkir kendaraan. Kawasan Pelabuhan Penyeberangan Wailey yang direncanakan dapat menjamin kelancaran proses bongkar-muat serta keamanan dan kenyamanan pengguna.

Kata kunci: Perencanaan Kebutuhan, Infrastruktur Pelabuhan.

1. PENDAHULUAN

Transportasi merupakan kebutuhan turunan dari kegiatan ekonomi, sehingga pertumbuhan ekonomi suatu negara atau wilayah tercermin pada peningkatan intensitas transportasinya (Miro, 2006). Disamping transportasi memiliki peran yang sangat strategis terhadap aspek ekonomi, juga memiliki peran yang sangat penting terhadap aspek lainnya, seperti sosial, tata guna lahan atau kewilayahan, politik, keamanan dan budaya. Pembangunan sarana dan prasarana transportasi dengan tingkat prioritas tinggi harus dilaksanakan

pemerintah, agar pelayanannya dapat terjangkau sampai kesemua wilayah khususnya wilayah yang terpencil dan terisolir yang tingkat aksesibilitasnya masih rendah.

Transportasi laut merupakan salah satu bagian dari sistem transportasi nasional yang memegang peranan penting dan strategis dalam mobilitas penumpang, barang, dan jasa baik didalam negeri maupun ke dan dari luar negeri. Disamping itu transportasi juga berperan sebagai urat nadi kegiatan ekonomi, sosial, budaya, pertahanan dan keamanan serta sebagai sarana untuk meningkatkan dan pemeratakan kesejahteraan masyarakat mengingat Indonesia merupakan negara kepulauan yang terdiri dari gugusan pulau yang tersebar diseluruh Nusantara. Sehubungan dengan peranan tersebut, sudah selayaknya apabila sarana dan prasarana transportasi laut yang tangguh dan potensial terus dikembangkan agar peranannya dapat berfungsi secara optimal.

Pelabuhan Penyeberangan Wailey merupakan salah satu pelabuhan yang berperan penting untuk melayani kegiatan transportasi antar-pulau di Provinsi Maluku. Pelabuhan penyeberangan Wailey terdapat di Kecamatan Amalatu, Kabupaten Seram Bagian Barat. Pelabuhan Wailey merupakan simpul pergerakan dari Pulau Seram menuju ke Pulau Saparua dan Pulau Nusalaut melalui Pelabuhan Penyeberangan Umeputih di Desa Kulur, Pulau Saparua. Dengan demikian, Pelabuhan Penyeberangan Wailey berperan penting dalam menunjang kegiatan ekonomi masyarakat di Kabupaten Seram Bagian Barat, selain beberapa pelabuhan lainnya seperti Pelabuhan Luhu di Kecamatan Huamual, Pelabuhan Tonu di Pulau Kelang, Pelabuhan Penyeberangan Assaude dan Pelabuhan masika Jaya di Kecamatan Huamual Belakang, Pelabuhan Hatu di Piru, Pelabuhan Buano di Pulau Buano, Pelabuhan Penyeberangan Waipirit dan Pelabuhan Kamarian di Kecamatan Kairatu. Pelabuhan Penyeberangan Wailey merupakan salah satu pendukung utama sektor transportasi laut di Pulau Seram yang ikut berperan aktif dalam pembangunan sektor ekonomi Kabupaten Seram Bagian Barat (SBB). Oleh karena itu keberadaan Pelabuhan Penyeberangan Wailey membutuhkan perhatian untuk dikembangkan dan dikelola secara efektif, efisien, dan profesional sehingga pelayanan pelabuhan menjadi lancar, aman, dan cepat.

2. METODE PENELITIAN

B. Metode Analisa Data

Dalam tahapan metode analisis akan dijelaskan metode yang digunakan dalam menjawab tujuan penelitian:

- 1) Analisis persentase, digunakan untuk mengetahui tingkat pertumbuhan muatan pada Pelabuhan Penyeberangan Wailey dan analisis regresi linier untuk mengetahui peramalan muatan.

Menghitung nilai persentase

Rumus:

$$\text{Persentase} = \frac{\text{Frekuensi}}{\text{Total Responden}} \times 100\%$$

- 2) Metode Standar Pelayanan Pelabuhan, digunakan untuk memprediksi tingkat kebutuhan infrastruktur pada Pelabuhan Penyeberangan Wailey untuk mendukung pelayaran rakyat di Kabupaten Seram Bagian Barat.
- 3) Metode activity relationship chart (ARC) untuk mendesain penataan kawasan Pelabuhan Penyeberangan Wailey di Kabupaten Seram Bagian Barat

C. Variabel Penelitian

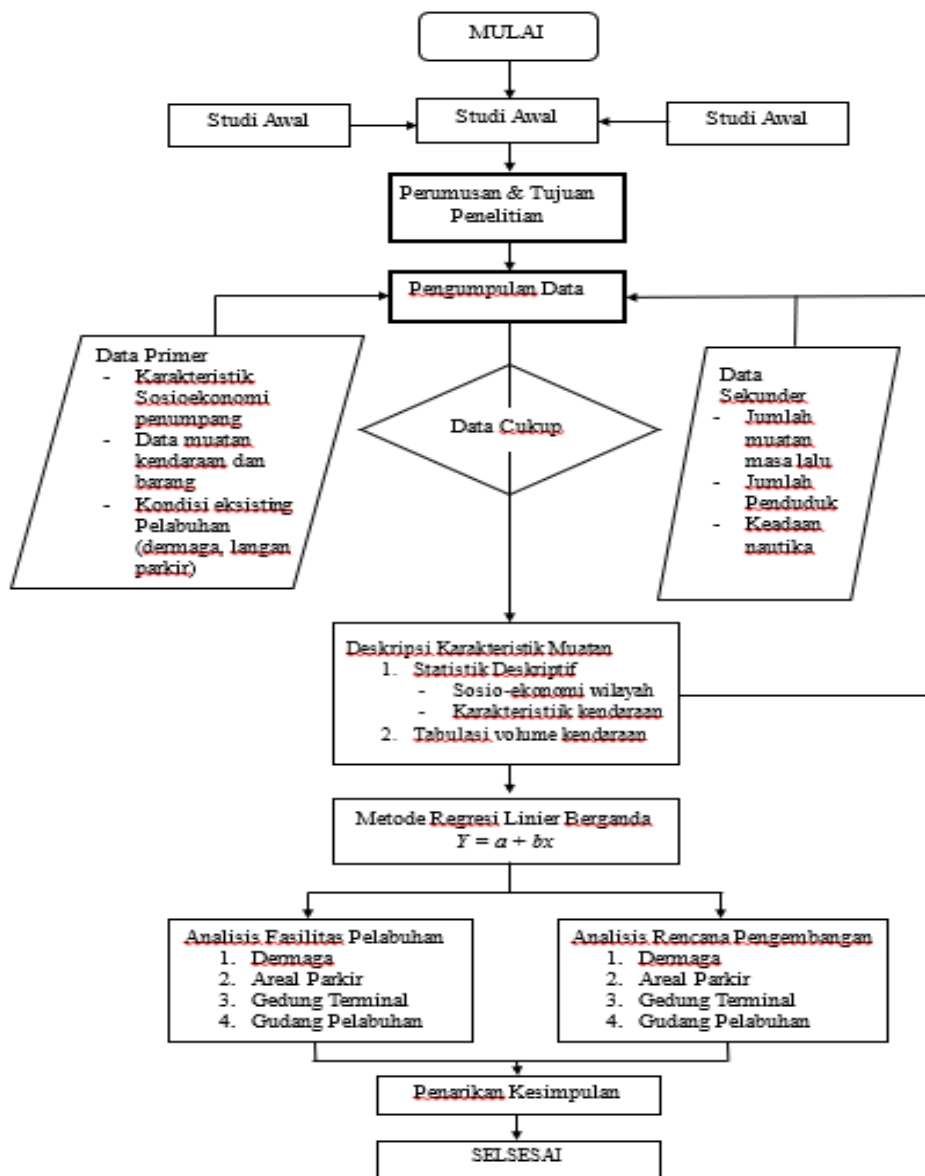
Variabel dalam penelitian ini meliputi variable-variabel yang berkaitan dengan aspek sosio-ekonomi penumpang, muatan, dan kapasitas infrastruktur, pada tabel dibawah ini.

Tabel 1. Variabel Penelitian

No.	Karakteristik	Variabel
-----	---------------	----------

1	Sosio-ekonomi penumpang	Usia Jenis kelamin Pendidikan Pekerjaan
2	Pertumbuhan muatan`	Jumlah muatan/tahun
3	Kapasitas infrastruktur	Panjang dermaga Luas areal pelabuhan Luas areal parkir/kendaraan Luas gedung terminal

D. Alur Penelitian



Gambar 1. Flowchart Alur Penelitian

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Geografis wilayah Maluku yang terdiri dari banyak pulau serta dikelilingi oleh laut yang luas menjadikan sektor transportasi laut dan penyeberangan berperan vital sebagai alat perhubungan antar-pulau. Selain dimanfaatkan untuk kebutuhan pergerakan penumpang,

moda transportasi laut dan penyeberangan juga dimanfaatkan untuk kebutuhan transportasi barang dan komoditas masyarakat. Pergerakan penumpang antar-pulau biasanya untuk perjalanan sosial, pekerjaan dan wisata. Sedangkan dalam konteks ekonomi, sektor transportasi laut dan penyeberangan di wilayah Maluku berperan mendukung kegiatan produksi dan distribusi, dimana produk berupa barang atau komoditas dapat diantar-pulaukan untuk memenuhi kebutuhan masyarakat.

Pelabuhan Penyeberangan Wailey di Kabupaten Seram Bagian Barat merupakan salah satu simpul pergerakan antar-pulau Seram dengan Saparua melalui Pelabuhan Penyeberangan Umeputih (Umaputih-Wailey). Masyarakat di Pulau Saparua, termasuk di Pulau Nusalaut memanfaatkan angkutan penyeberangan lintasan Umeputih – Wailey untuk menuju ke Pulau Seram. Umumnya, perjalanan dari Pulau Saparua dan Pulau Nusalaut ke Pulau Seram adalah untuk kebutuhan sosial dan pekerjaan. Sebaliknya, dominan masyarakat di Pulau Seram memanfaatkan angkutan penyeberangan untuk menuju ke Pulau Saparua dan Pulau Nusalaut guna keperluan perdagangan, dimana hasil-hasil pertanian didistribusikan ke pasar-pasar di Pulau Saparua dan Pulau Nusalaut. Gambaran ini menunjukkan bahwa simpul pergerakan di Pelabuhan Penyeberangan Wailey selain berperan sebagai prasarana transportasi, juga berperan mendukung kegiatan ekonomi.

Meskipun posisi Pelabuhan Penyeberangan Wailey sangat vital dalam menjamin kelancaran pergerakan masyarakat dan mendukung kegiatan ekonomi pada kawasan Pulau Seram, Pulau Saparua dan Pulau Nusalaut, namun keberadaan infrastrukturnya sama sekali belum memadai. Selain dermaga yang belum fungsional, kawasan pelabuhan sama sekali belum memiliki infrastruktur. Aktivitas bongkar-muat hanya dilakukan di Pantai, sehingga acapkali mengancam keselamatan penumpang dan barang. Disamping itu, tidak menjamin efektivitas dan efisiensi waktu dan biaya bongkar-muat.

Temuan penelitian ini menunjukkan bahwa terjadi pertumbuhan muatan yang signifikan pada Pelabuhan Penyeberangan Wailey, sehingga perlu diantisipasi kebutuhan infrastrukturnya kedepan. Hasil analisis menunjukkan, pertumbuhan muatan mencapai 3,19% pertahun untuk penumpang, 9,24% pertahun untuk barang, 11,27% pertahun untuk kendaraan R-2 dan 4,94% pertahun untuk kendaraan R-4. Pertumbuhan ini bila tidak diantisipasi kedepan, maka akan mengganggu aktivitas Masyarakat serta menghambat kegiatan ekonomi yang telah berlangsung baik di Pulau Seram, Pulau Saparua, maupun Pulau Nusalaut. Pengembangan infrastruktur Pelabuhan Penyeberangan Wailey merupakan salah satu solusi untuk mengatasi permasalahan tersebut.

Pengembangan Pelabuhan Penyeberangan Wailey diawali dengan menganalisis kebutuhan tiap fasilitas, baik pada sisi ruang perairan maupun sisi darat. Temuan penelitian ini menunjukkan pada sisi ruang perairan dibutuhkan 1 unit dermaga dan 1 unit kapal yang dapat melayani 1 trip/hari hingga 10 tahun mendatang dan selanjutnya 2 trip perhari sesuai dengan kebutuhan muatan. Sementara pada fasilitas darat dibutuhkan pengembangan gedung terminal dan areal parkir kendaraan baik untuk kebutuhan muatan berangkat maupun muatan tiba. Untuk fasilitas gedung terminal dibutuhkan seluas 214,50 m², dan untuk areal parkir dibutuhkan seluas 534,03 m².

Berdasarkan hasil analisis tersebut, maka kawasan Pelabuhan Penyeberangan Wailey dapat direncanakan. Perencanaan kawasan Pelabuhan Penyeberangan Wailey selain untuk penataan lokasi tiap fasilitas, juga areal sirkulasi kendaraan masuk-keluar serta kawasan hijau guna menunjang kenyamanan dan keasrian kawasan pelabuhan. Hasil desain kawasan Pelabuhan Penyeberangan Wailey ini diharapkan dapat menjadi masukan bagi penentu kebijakan sehingga arahan pengembangan kedepan dapat diimplementasikan guna menjamin layanan Pembangunan kepada masyarakat sekaligus mendorong peningkatan kesejahteraan masyarakat.

Pengembang akan kawasan Pelabuhan Penyeberangan Wailey tentunya memiliki peran

penting bagi kelangsungan hidup dan pembangunan masyarakat dalam wilayah tersebut, dimana mempermudah aksesibilitas bagi masyarakat dan barang antar pulau atau antar bagian wilayah kepulauan. Ini memungkinkan peningkatan interaksi social dan ekonomi antar pulau dan membantu memfasilitasi pertumbuhan dan pembangunan wilayah kepulauan (Tukan, dkk 2023). Selain itu hal ini dapat membantu mempercepat dan memperlancar pengiriman barang juga bahan baku yang dibutuhkan untuk kegiatan ekonomi, seperti pertanian, industry, dan perdagangan. Ini membantu memperkuat perekonomian wilayah kepulauan dan memfasilitasi pertumbuhan bisnis. ngembanga akan kawasan Pelabuhan Penyeberangan Wailey juga dapat menjamin ketersediaan barang dan bahan baku, menunjang kesehatan dan pendidikan, dan dapat menjaga kestabilan social dan politik.

4. SIMPULAN

- 1) Pertumbuhan muatan rata-rata pada Pelabuhan Penyeberangan Wailey adalah sebesar 3,19%/tahun untuk penumpang, 9,24%/tahun untuk barang, 11,27%/tahun untuk kendaraan R-2 dan 4,94%/tahun untuk kendaraan R-4.
- 2) Kebutuhan infrastruktur yang direncanakan pada Pelabuhan Penyeberangan Wailey, adalah: (1) Fasilitas ruang perairan, terdiri dari dermaga 1 unit dan kapal 1 unit untuk 2 trip pelayaran/hari. Sedangkan untuk fasilitas darat dibutuhkan lahan seluas 748,53 m² untuk pengembangan gedung terminal dan areal parkir kendaraan.
- 3) Kawasan Pelabuhan Penyeberangan Wailey yang direncanakan dapat menjamin kelancaran proses bongkar-muat serta keamanan dan kenyamanan pengguna.

DAFTAR PUSTAKA

- Azuar Juliandi, Irfan dan Saprinal Manurung. 2014. *Metode Penelitian Bisnis*. Medan: Umsu Press.
- Ghozali, I. (2018). *Aplikasi Analisis Multivariate dengan Program IBM SPSS 25*. Badan Penerbit Universitas Diponegoro: Semarang
- Gurning, Raja Oloan Saut dan Eko Hariyadi Budiyanto. 2016. *Manajemen Bisnis Pelabuhan*. APE Publishing: Jakarta.
- Hadari Nawawi dan Mini Martini. 1996. *Penelitian Terapan*, Yogyakarta: Gajah Mada University Press, Hal 73.
- Haryono, Siswoyo. 2017. *Metode SEM untuk Penelitian Manajemen AMOS LISREL PLS*. Cetakan 1. Jakarta: Luxima Metro Media.
- Jinca, M. Yamin, 2010. *Transportasi Laut Indonesia Analisis Sistem & Studi Kasus*. Jakarta: Brillan Internasional.
- Kodoatie, Robert J. 2005. *Pengantar Manajemen Infrastruktur*. Yogyakarta: Pustaka Pelajar.
- Marcus Tukan. 2015. *Pelabuhan Berbasis Model Ekonomi Kepulauan*. Penerbit Unesa University Press Surabaya. ISBN: 978-979-028-806-5.
- Marcus Tukan, Hozairi, Pieter Th Berhutu. 2023. *Transportasi Kepulauan Berbasis Ruang Untuk Mendukung Tol Laut*. Cetakan Pertama. Penerbit Widina Bhakti Persada Bandung. ISBN: 978-623-459-405-8
- Morlok, Edward K. 1978. *Pengantar Teknik dan Perencanaan Transportasi*. University of Pennsylvania
- Putra, A. A. dan Djalante, S. 2016. *Pengembangan Infrastruktur Pelabuhan dalam Mendukung Pembangunan Berkelanjutan*. Jurnal Ilmiah Media Engineering. 6(1), 433-443.
- Riduwan. 2013. *Dasar-dasar Statistik*. Bandung: Alfabeta.
- Sugiyono. 2005. *Memahami Penelitian Kualitatif*. Bandung: CV. Alfabeta.
- Sugiyono. 2013. *Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif dan R&D*. Bandung: Alfabeta.CV
- Triatmodjo, Bambang 2015. *Hidrologi Terapan*. Yogyakarta: Beta Offset Yogyakarta
- Triatmodjo, Bambang. 2003. *Hidrolika II*. Beta Offset, Yogyakarta.

INVENTARISASI VEGETASI PADA RUANG TERBUKA HIJAU DI JALAN NEGERI TAWIRI

Ferdinando Yehuda Akian Tinglioy¹⁾, Willem D. Nanlohy²⁾, Pieter Th. Berhиту³⁾

¹⁾S1 Perencanaan Wilayah dan Kota, Fakultas Teknik, Universitas Pattimura

Email: Nandotinglioy66@gmail.com,

²⁾Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Pattimura

Email: nanlohywillem@gmail.com,

³⁾Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Pattimura

Email: patrickberhиту@email.com,

Abstrak Kondisi RTH pada jalur jalan nasional di Negeri Tawiri, Kecamatan Teluk Ambon, Kota Ambon belum optimal, terutama dalam mendukung fungsi ekologis dan estetika kawasan yang strategis dekat fasilitas pemerintahan, hotel, dan Bandara Internasional Pattimura. Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi tanaman pada jalur jalan Negeri Tawiri dan merekomendasikan jenis tanaman pada kiri kanan pada jalur jalan Negeri Tawiri. Metode analisis yang digunakan untuk mengolah data yang dikumpulkan yaitu analisis secara deskriptif dan juga analisis vegetasi, analisis deskriptif diterapkan dalam penjabaran hasil dari kesesuaian skoring yang mana hasilnya akan menunjukkan tanaman yang terdapat pada lansekap jalan memiliki fungsi yang sesuai dengan aspek ekologi, arsitektural serta estetika dan juga menjelaskan mengenai penataan tanaman yang diterapkan pada lokasi penelitian. Hasil penelitian ditemukan bahwa untuk jalur jalan Negeri Tawiri terdapat beberapa jenis tanaman vegetasi yaitu pohon johar, bunga kertas, ketapang hias, pohon trembesi dan ajang kelincung yang dimana memiliki kriteria tabel skoring yang sesuai. Penelitian lanjutan disarankan untuk mengeksplorasi keragaman vegetasi yang lebih bervariasi guna meningkatkan fungsi ekologis RTH. Dengan optimalisasi pengelolaan vegetasi, RTH di Negeri Tawiri diharapkan mampu menciptakan lingkungan yang nyaman, ekologis, dan ramah bagi masyarakat maupun pengunjung.

Kata kunci : Vegetasi, Jalan, RTH

1. PENDAHULUAN

Inventarisasi vegetasi adalah bagian dari ekologi vegetasi yang bertujuan untuk mengidentifikasi keanekaragaman hayati, hubungan antar tumbuhan, serta interaksi mereka dengan lingkungan abiotik. (Odum 1971).

Inventarisasi vegetasi sebagai langkah untuk mencatat dan memetakan keanekaragaman jenis tumbuhan pada suatu kawasan, baik hutan alam maupun buatan, yang menjadi dasar untuk pengelolaan sumber daya alam secara berkelanjutan. (Soerianegara dan Indrawan 2005).

Ruang terbuka hijau merupakan salah satu fasilitas penunjang yang harus disediakan untuk masyarakat pada suatu wilayah perkotaan. Penyediaan ruang terbuka hijau bagi masyarakat dapat dijadikan sarana lingkungan yang mempunyai manfaat besar bagi peningkatan kualitas lingkungan, keindahan, kesegaran, kenyamanan dan mampu menurunkan polusi sehingga dapat meningkatkan kesehatan masyarakat dan mewujudkan keserasian lingkungan. Oleh karena itu, ruang terbuka hijau merupakan fasilitas yang sangat penting disediakan di suatu kota. Undang-Undang No 26 Tahun 2007 tentang penataan ruang menyebutkan perencanaan tata ruang wilayah kota harus memuat rencana penyediaan dan pemanfaatan ruang terbuka hijau yang luas minimalnya sebesar 30% dari luas wilayah kota,

yaitu 10% RTH privat dan 20% RTH public. (Permen PU 05,2008).

Negeri Tawiri yang terletak di Kecamatan Teluk Ambon, Kota Ambon merupakan Daerah yang masih kurang memiliki tanaman vegetasi, pada ruang terbuka hijau di Jalur Jalan Negeri Tawiri, karena daerah tersebut belum maksimal untuk memberikan kenyamanan bahkan keindahan dan estetika dari segi fungsi sebagai ruang terbuka hijau. Mengingat lokasi tersebut merupakan jalan Utama atau biasa disebut sebagai jalan Nasional yang sangat berdekatan dengan kantor-kantor administratif pemerintahan, hotel, Perusahaan-perusahaan maupun akses jalan utama menuju ke Bandara International Pattimura Ambon. Dengan demikian, dari segi inventarisasi vegetasi pada ruang terbuka hijau diperlukan perencanaan yang terfokus secara kontinu, agar bisa mendapatkan kenyamanan bahkan keindahan untuk setiap pengendara bahkan masyarakat di sekitar.

Jalur Jalan Negeri Tawiri sangat strategis untuk penunjang aspek penghijauan yaitu sebagai penyokong penyedia udara bersih namun, dari segi ekologi untuk ruang terbuka hijau ini memerlukan pembenahan bahkan perawatan secara vegetasi untuk mendapatkan fungsi ekologis yang baik dalam menciptakan kenyamanan dan keramahan lingkungan bagi masyarakat maupun pengunjung di wilayah tersebut.

Berdasarkan hal-hal di atas, maka pengembangan fungsi vegetasi untuk taman sebagai ruang terbuka hijau sangat diperlukan untuk jalur jalan. Melihat uraian yang ada, maka dalam penelitian ini, penulis merasa tertarik untuk meneliti tentang. "Inventarisasi vegetasi pada ruang terbuka hijau di jalan negeri tawiri".

2. METODE

Penelitian ini dilakukan di Negeri Tawiri. Pemilihan kawasan ini didasari oleh pengamatan kondisi yang di fokuskan pada masalah vegetasi pada ruang terbuka hijau di jalur jalan negeri tawiri terlihat bahwa wilayah penelitian tersebut perlu untuk di perhatikan kembali. Dari segi efektifitas penelitian ini diharapkan menjadi bermanfaat bagi Masyarakat yang ada di sekitar bahkan pemerintah provinsi.

Metode analisis yang digunakan untuk mengolah data yang dikumpulkan antara lain analisis secara deskriptif dan juga analisis vegetasi, analisis deskriptif diterapkan dalam penjabaran hasil dari kesesuaian skoring yang mana hasilnya akan menunjukkan tanaman yang terdapat pada lanskap jalan memiliki fungsi yang sesuai dengan aspek ekologi, arsitektural serta estetika dan juga menjelaskan mengenai penataan tanaman yang diterapkan pada lokasi penelitian. Analisis data yang digunakan adalah analisis Koefisien Penilaian Ideal (KPI) untuk menentukan vegetasi lokal yang sesuai model RTH jalur jalan di Negeri Tawiri (Hakim dan Utomo, 2008). Langkah-langkah dalam analisis KPI adalah: 1. Mengidentifikasi vegetasi lokal yang ada di Jalan Jalur Negeri Tawiri, 2. Memilah vegetasi yang sesuai dengan RTH jalur jalan, 3. Membuat matriks berdasarkan tata cara perencanaan teknik lanskap jalan nomor 033/t/bm/1996, untuk menentukan tanaman jenis pohon, perdu dan semak yang sesuai dengan model RTH jalur jalan, 4. Membuat matriks berdasarkan permen PU 05/prt/m/2008 tentang pedoman penyediaan dan pemanfaatan RTH dikawasan perkotaan, untuk menentukan tanaman jenis pohon, perdu dan semak yang sesuai dengan model RTH jalur jalan, 5. Mengkorelasikan matriks dan menjustifikasi hasil vegetasi yang terpilih, 6. Penentuan luasan RTH untuk mengetahui kebutuhan ketersediaan RTH yang ada dan berapa rencana yang harus disediakan dengan menganalisis luas jalur hijau. Penilaian vegetasi akan dijumlahkan sehingga memperoleh nilai total. Nilai total kemudian dibandingkan dengan jumlah ideal (skor maksimum) yang diubanh ke dalam bentuk persen (%) sebagai berikut (Syarifah, 2018):

$$KPI = \frac{\text{Jumlah Masing-masing kriteria penilaian}}{\text{Jumlah ideal (skor maksimal) masing-masing kriteria}}$$

$$\text{Persentase} = \frac{\text{Jenis vegetasi kategori}}{\text{total jenis vegetasi}} \times 100$$

Tabel 1. Pengelompokan presentase pembobotan fungsi ekologis pada tanaman

Skor	Kesesuaian	Presentase Hasil Penelitian
4	Sangat Sesuai	> (80%) Kriteria Terpenuhi
3	Sesuai	(Kriteria 61-80%) Kriteria Terpenuhi
2	Kurang Sesuai	(41-60%) Kriteria Terpenuhi
1	Buruk	(< 40%). Kriteria Terpenuhi

Sumber: Hidayat (2008)

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Lokasi dan Kondisi Fisik Pada Lanskep Jalur Jalan Negeri Tawiri

Tapak Penelitian terletak di Kecamatan Teluk Ambon Negeri Tawiri yaitu di Jalur Jalan Negeri Tawiri yang secara administrative terletak di kecamatan Teluk Ambon Tawiri. Jalan Jalur Negeri Tawiri melintang dari arah timur Desa Hative Besar menuju ke arah barat dan berakhir di persimpangan jalan menuju Negeri Tawiri, jalan ini terletak di kawasan Negeri tawiri, dan secara administrasi kepemilikan jalan ini merupakan milik Pemerintah Provinsi Maluku.

Panjang jalan pada tapak penelitian di Jalan Jalur Negeri Tawiri adalah sepanjang 3 km dengan 2 jalur di setiap arahnya, yang berstatus sebagai jalan nasional sejak tahun 2022. Berdasarkan daftar jaringan jalan, Jalur Jalan Negeri Tawiri termasuk dalam kategori jalan arteri primer, dengan kriteria memiliki lebar jalan kurang dari 13 m, dengan kecepatan minimal 60 km/jam memiliki perlengkapan jalan yang cukup seperti lampu pengaturan lalu lintas, marka jalan, lampu penerangan jalan dan rambu-rambu lalu lintas serta dilengkapi dengan median jalan.(Departemen Permukiman dan Prasarana Wilayah tahun 2004).

B. Topografi dan Iklim

Bentuk wilayah Negeri Tawiri bervariasi dari dataran, perbukitan dan hingga bergunung. Dataran merupakan wilayah pesisir yang tidak terlalu luas dibandingkan dengan wilayah perbukitan dan bergunung. Geologi Negeri Tawiri adalah bahan Aluvium dan Andesit, serta Koral.

Iklim Negeri Tawiri adalah iklim musim yaitu musim Barat atau Utara dan musim Timur atau Tenggara, dan diselingi oleh musim pancaroba yang merupakan transisi dari kedua musim tersebut. Total curah hujan rata-rata tahunan adalah 3.915 mm.

C. Analisis Kesesuaian Vegetasi dan Penataan pada Lanskep Jalan di Jalur Jalan Negeri Tawiri

a. Fungsi Tanaman dan Penataan pada Lanskep Jalur Jalan Negeri Tawiri.

Berdasarkan hasil skoring, pohon dengan predikat sangat sesuai rata - rata memenuhi semua kriteria penilaian dengan baik, namun dalam hal ini terdapat beberapa tanaman yang tidak tumbuh dengan baik karena kekeringan yaitu seperti mangga. Apabila dilihat dari segi aspek arsitektural pohon-pohon di jalur jalan Negeri Tawiri tersebut memiliki fungsi yang baik sebagai tanaman pengarah, pembatas pandang, penghalang silau, penahan benturan dan pemecah angin karena memiliki karakter pohon dengan massa daun yang cukup padat dengan jarak tanam yang rapat sehingga dapat memaksimalkan fungsi dari aspek arsitektural. Beberapa tanaman tersebut diantaranya terdapat tanaman yang tidak tumbuh dengan baik seperti Mangga yang terlihat kekeringan bahkan sampai dibiarkan mati.

Tabel 1. Skoring kesesuaian vegetasi pada lansekap jalur jalan negeri tawiri untuk tanaman peneduh

Nama Tanaman	Kriteria Fungsi Vegetasi Sebagai Peneduh (Lampiran)					Keterangan
	K1	K2	K3	K4	K5	
Johar	4	3	4	2	4	Sesuai
Bunga Kertas	4	4	4	3	3	Sesuai
Ketapang	3	4	4	4	4	Sesuai
Pohon Trembesi	4	4	4	3	5	Sesuai
Ajang Kelicung	3	3	4	3	4	Sesuai

Sumber : Hasil Ovservasi,(2024)

b. Pohon Johar

Berdasarkan hasil skoring Pohon Johar dikategorikan sesuai karena Pohon Johar yang berada pada jalur jalan negeri tawiri memiliki kemampuan yang baik dalam menyerap polutan udara,bahkan beradaptasi dengan daerah yang tercemar, serta daya tahan fisik yang tinggi terhadap kondisi polusi yang terjadi. Memiliki kesesuaian iklim dan kondisi tanah yang cukup baik untuk tumbuh di Jalur Jalan Negeri Tawiri, meskipun kondisi lahan tidak sepenuhnya optimal, laju pertumbuhan yang cepat dan adaptabilitas yang baik, dengan karakteristik fisik yang menarik, penggunaan yang luas dalam lanskap, dan makna simbolis yang positif.



Gambar 1. Segmen kiri dan kanan jalan untuk vegetasi tanaman johar
Sumber : Observasi, (2024)

c. Bunga Kertas

Berdasarkan hasil skoring Bunga Kertas dikategorikan sesuai karena Bunga Kertas termasuk tanaman yang sangat toleran terhadap polusi udara, sehingga sesuai untuk ditanam di area dengan tingkat polusi dari asap kendaraan, baik sebagai tanaman hias maupun sebagai pelindung dari polusi udara ringan hingga sedang, memiliki kemampuan menyerap air yang sesuai ketika ditanam dalam kondisi yang optimal. Bunga kertas memiliki potensi estetika yang tinggi ketika ditanam dan dirawat dalam kondisi yang sesuai. Memastikan perawatan yang tepat, pemilihan lokasi yang sesuai, dan kondisi lingkungan yang mendukung akan meningkatkan keindahan dan estetika bunga kertas di jalur jalan negeri tawiri.



Gambar 2. Median jalan tengah dari sampling vegetasi tanaman untuk bunga kertas
Sumber : Observasi, (2024)

d. Ketapang Hias

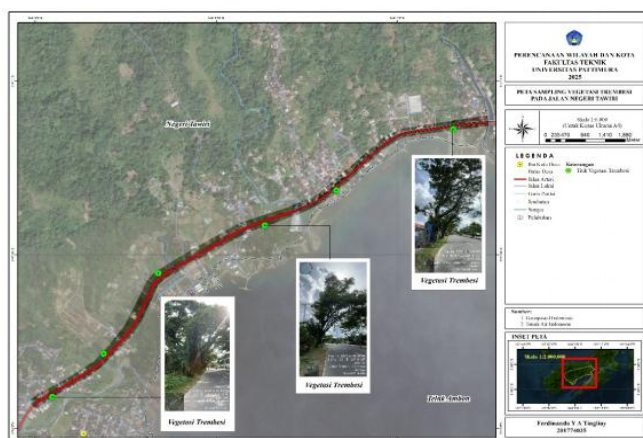
Berdasarkan hasil skoring Ketapang hias dikategorikan sesuai karena dapat meningkatkan kualitas udara, mengurangi dampak negatif polusi kendaraan, serta menciptakan lingkungan yang lebih sehat dan nyaman bagi masyarakat sekitar. Pohon ini mampu bertahan di iklim tropis dengan curah hujan tinggi. Selain itu, ketapang hias juga memiliki daya tahan tinggi terhadap polusi dan kekeringan, menjadikannya pilihan ideal untuk penghijauan di sepanjang jalur jalan. Ketapang hias adalah pilihan ideal untuk meningkatkan keindahan dan estetika jalur jalan Negeri Tawiri. Dengan bentuk tajuk yang unik, daun yang rindang, serta efek peneduh yang nyaman, pohon ini menciptakan lingkungan jalan yang lebih hijau dan menarik.



Gambar 3. Segmen kiri kanan jalan dari sampling vegetasi tanaman ketapang hias
Sumber : Observasi, (2024)

e. Pohon Trembesi

Berdasarkan hasil skoring Pohon Trembesi dikategorikan sesuai karena Pohon Trembesi sangat efektif dalam menahan polusi dan sangat direkomendasikan untuk meningkatkan kualitas lingkungan, mengurangi risiko erosi, serta menjaga keseimbangan ekosistem tanah dan air. Pohon Trembesi memiliki kecepatan pertumbuhan yang sangat tinggi, menjadikannya pilihan ideal untuk penghijauan jalur jalan Negeri Tawiri. Pohon trembesi memiliki daya serap air yang sangat tinggi, menjadikannya pohon yang ideal untuk ditanam. Pohon trembesi memiliki nilai estetika tinggi yang membuat jalur jalan Negeri Tawiri terlihat lebih hijau, teduh, dan nyaman.



Gambar 4. Segmen kiri kanan jalan dari sampling vegetasi tanaman Pohon Trembesi
Sumber : Observasi, (2024)

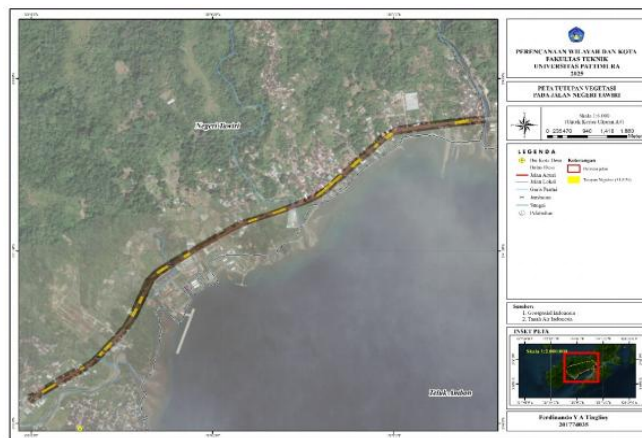
f. Ajang Kelicung

Berdasarkan hasil skoring dikategorikan sesuai karena Ajang kelicung merupakan pohon

yang sangat baik dalam menghadapi polusi udara, Ajang kelicung memiliki kesesuaian yang sangat baik dengan kondisi iklim dan tanah di jalur jalan Negeri Tawiri serta memiliki kemampuan menyerap air yang baik berkat sistem perakarannya yang kuat. Ajang kelicung adalah pohon yang sangat cocok untuk meningkatkan keindahan dan estetika jalur jalan Negeri Tawiri. Dengan tajuk yang rindang, batang yang menarik, perubahan warna daun yang estetik, serta kemampuannya dalam memberikan keteduhan, pohon ini dapat menciptakan suasana jalan yang lebih hijau, nyaman, dan menenangkan. Oleh karena itu, ajang kelicung layak menjadi pilihan utama dalam program penghijauan jalan guna meningkatkan kualitas visual dan lingkungan perkotaan.



Gambar 5. Segmen kiri kanan jalan dari sampling vegetasi tanaman ajang kelicung
 Sumber : Observasi, (2024)



Gambar 6. Tutupan tajuk tanaman peneduh
 Sumber : Observasi, (2024)

Tabel 5. Presentase dari hasil tutupan tajuk

No	Ket	Luas
1	Tutupan Tajuk	0.12 ha
2	Tutupan Tajuk	0.03 ha
3	Tutupan Tajuk	0.05 ha
4	Tutupan Tajuk	0.09 ha
5	Tutupan Tajuk	0.08 ha
6	Tutupan Tajuk	0.07 ha
7	Tutupan Tajuk	0.12 ha
8	Tutupan Tajuk	0.07 ha

9	Tutupan Tajuk	0.07 ha
10	Tutupan Tajuk	0.11 ha
11	Tutupan Tajuk	0.08 ha
12	Tutupan Tajuk	0.19 ha
13	Tutupan Tajuk	0.12 ha
14	Tutupan Tajuk	0.05 ha
15	Tutupan Tajuk	0.09 ha
16	Tutupan Tajuk	0.14 ha
17	Luas Tutupan Tajuk	1.48 ha
18	Luas Keseluruhan Ruas Jalan	4.78 ha
19	Persentase Tutupan Tajuk	31.01%

Sumber : Observasi, (2024)

Pada tabel presentase dari hasil tutupan tajuk di atas untuk luas tutupan Tajuk **1.48 ha** dan untuk luas keseluruhan dari ruas jalan **4.78 ha** dan akhirnya untuk presentase tutupan tajuk bernilai **31.01%**.

4. SIMPULAN

Berdasarkan Hasil dan pembahasan yang telah dilakukan maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

- 1) Untuk Jalur Jalan Negeri Tawiri terdapat beberapa jenis tanaman vegetasi yaitu : Pohon Johar, Bunga Kertas, Ketapang hias, Ajang kelicung yang di mana memiliki kriteria untuk tabel skoring kesesuaian vegetasi pada jalur jalan negeri tawiri yang berbeda beda.
- 2) Jenis Tanaman untuk kiri jalan yaitu pusat kota menuju bandara terdapat 1 pohon johar, ketapang hias 34, Pohon Trembesi 55, Ajang kelicung 36. Dan Untuk kanan jalan yaitu Bandara menuju pusat kota terdapat 1 pohon johar, Ketapang hias 40, Pohon Trembesi 64, Ajang Kelicung 2. Jenis Tanaman Untuk Median Jalan Tengah terdapat 38 tanaman bunga kertas.
- 3) Pada tabel presentase dari hasil tutupan tajuk untuk luas tutupan Tajuk **1.48 ha** dan untuk luas keseluruhan dari ruas jalan **4.78 ha** dan akhirnya untuk presentase tutupan tajuk bernilai **31.01%**

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih disampaikan kepada pihak Pemerintahan Negeri Tawiri yang telah mengizinkan melakukan penelitian dan dosen pembimbing yang selalu memberi masukan baik untuk menyelesaikan penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Departemen Permukiman dan Prasarana Wilayah. (2004). *Pedoman umum perencanaan tata ruang*. Jakarta: Departemen Permukiman dan Prasarana Wilayah.
- Hakim, L., & Utomo, M. (2008). *Pengelolaan sumber daya alam berbasis masyarakat*. Malang: Universitas Brawijaya Press.
- Hidayat, A. (2008). *Konsep dasar perencanaan tata ruang wilayah*. Jakarta: Penerbit Andi.
- Odum, E. P. (1971). *Fundamentals of ecology* (3rd ed.). Philadelphia: W.B. Saunders Company.
- Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Nomor 05/PRT/M/2008 tentang Pedoman penyusunan rencana tata ruang wilayah provinsi, kabupaten, dan kota.
- Soerianegara, I., & Indrawan, A. (2005). *Ekologi hutan Indonesia*. Bogor: Fakultas Kehutanan IPB.
- Syarifah, L. (2008). *Peran masyarakat dalam pengelolaan lingkungan berkelanjutan*. Jakarta: Penerbit Universitas Terbuka.

STUDI PERBANDINGAN VARIASI CDI STANDART DENGAN CDI BRT TERHADAP UNJUK KERJA MESIN SEPEDA MOTOR VEGA ZR 110cc

Geraldo Yanto Pentury ¹⁾, Willem M. E. Wattimena ²⁾, Benjamin Golfin Tentua ³⁾

¹⁾S1 Teknik Mesin Fakultas Teknik, Universitas Pattimura
Email: geraldopentury70@gmail.com,

²⁾Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Pattimura
Email: wmewattimena273@gmail.com,

³⁾Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Pattimura
Email: golfintentua@gmail.com,

Abstrak Perkembangan teknologi sistem pengapian, khususnya Capacitor Discharge Ignition (CDI), bertujuan meningkatkan performa mesin sepeda motor. CDI racing seperti CDI BRT dirancang dengan pengapian yang lebih presisi dan stabil dibanding CDI standar, sehingga mampu meningkatkan efisiensi pembakaran, daya, dan torsi mesin. Namun, penggunaan CDI modifikasi perlu disesuaikan dengan karakteristik mesin agar tidak mengganggu proses pembakaran serta menjaga keawetan mesin. Penelitian ini bertujuan membandingkan pengaruh CDI standar dan CDI BRT terhadap unjuk kerja mesin Yamaha Vega ZR 110 cc. Pengujian dilakukan secara eksperimental menggunakan dyno test dengan parameter torsi, daya, dan konsumsi bahan bakar. Hasil penelitian menunjukkan bahwa CDI BRT menghasilkan performa lebih baik dibanding CDI standar. CDI BRT mampu menghasilkan torsi maksimum sebesar 5,58 Nm dan daya maksimum 5,38 hp, sedangkan CDI standar menghasilkan torsi dan daya yang lebih rendah. Dari sisi konsumsi bahan bakar, CDI BRT juga menunjukkan efisiensi yang lebih baik pada berbagai putaran mesin. Pada putaran 3500 RPM, konsumsi bahan bakar CDI standar sebesar 0,79 kg/jam, sementara CDI BRT sebesar 0,67 kg/jam. Pada putaran menengah dan tinggi, CDI BRT tetap lebih hemat dibanding CDI standar. Secara keseluruhan, CDI BRT terbukti lebih unggul dalam meningkatkan performa dan efisiensi mesin dibandingkan CDI standar pada Yamaha Vega ZR 110 cc.

Kata kunci: *CDI standar, CDI BRT, torsi, daya, konsumsi bahan bakar.*

1. PENDAHULUAN

Sepeda motor merupakan salah satu alat transportasi yang paling banyak digunakan oleh masyarakat Indonesia dalam kehidupan sehari-hari. Selain harganya yang relatif terjangkau, sepeda motor juga dianggap lebih praktis dan efisien dalam menghadapi kondisi lalu lintas yang padat. Penggunaan motor yang tinggi, khususnya untuk keperluan harian seperti bekerja, berdagang, dan mengantar anak sekolah, menuntut performa mesin yang stabil, hemat bahan bakar, dan minim gangguan teknis. Salah satu jenis motor yang cukup banyak digunakan oleh masyarakat adalah Yamaha Vega ZR 110 cc, karena dikenal memiliki konsumsi bahan bakar yang irit dan perawatan yang mudah. Namun, seiring lamanya pemakaian, penurunan performa mesin kerap terjadi, terutama pada sistem pengapian yang berperan penting dalam proses pembakaran. Komponen seperti CDI (Capacitor Discharge Ignition) memiliki peran utama dalam menentukan efisiensi sistem pengapian. Penggunaan CDI yang sesuai dengan karakteristik mesin dapat membantu menjaga performa motor agar tetap optimal dalam pemakaian jangka panjang (Agus Setiawan, 2017); (BAYU SUSANTO, 2021); (Farhan Janitra & Rohman, 2024). Berdasarkan uraian pada paragraf sebelumnya, kebutuhan masyarakat akan sepeda motor yang efisien dalam konsumsi bahan bakar serta memiliki

performa optimal semakin meningkat seiring tingginya frekuensi penggunaan kendaraan roda dua dalam aktivitas sehari-hari (Angga Dihar Rofi'i et al., 2021).

CDI racing, seperti CDI BRT, dirancang untuk memberikan waktu pengapian yang lebih presisi dan stabil dibandingkan dengan CDI standar, sehingga dapat meningkatkan efisiensi pembakaran dan output tenaga mesin (Suriaman et al., 2023). Studi eksperimental menunjukkan bahwa penggunaan CDI modifikasi dapat meningkatkan daya dan torsi mesin, serta mengurangi konsumsi bahan bakar pada sepeda motor 110 cc (Ramdani, 2015). komponen penting dalam sistem mesin motor yang memengaruhi performa tersebut adalah sistem pengapian, khususnya CDI, yang menentukan ketepatan waktu pembakaran (Faiz Rizal Yoganata, 2022). Perkembangan teknologi CDI, baik tipe standar maupun tipe racing seperti CDI BRT, telah menunjukkan pengaruh signifikan terhadap peningkatan daya, torsi, dan efisiensi konsumsi bahan bakar (Rahmanto, 2024; Triatmoko & Purwoko, 2024).

2. METODE

Penelitian ini menggunakan metode eksperimental dengan melakukan pengujian langsung terhadap sepeda motor Yamaha Vega ZR 110 cc. Pengujian dilakukan untuk membandingkan pengaruh penggunaan CDI standar dan CDI BRT terhadap unjuk kerja mesin. Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Otomotif Fakultas Teknik Universitas Pattimura Ambon.

A. Variabel Penelitian

- a. Variabel bebas pada penelitian ini adalah CDI Standar (Bawahan pabrik) dan CBRT (Aftermarket performance)
- b. Variabel terikat pada penelitian ini adalah Daya, Torsi, Konsumsi Bahan Bakar dan Konsumsi Bahan Bakar Efektif.

B. Jenis Penelitian

Jenis penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah penelitian eksperimen dengan pendekatan kuantitatif. Penelitian ini bertujuan untuk menguji pengaruh variasi penggunaan CDI (Standar dan BRT) terhadap unjuk kerja mesin sepeda motor, yang meliputi daya, torsi, dan konsumsi bahan bakar. Data yang diperoleh kemudian dianalisis menggunakan metode deskriptif kuantitatif untuk membandingkan hasil pengujian dan menentukan performa terbaik dari masing-masing perlakuan.

a. Prosedur Penelitian

Prosedur penelitian diawali dengan tahap persiapan, yaitu menyiapkan sepeda motor Yamaha Vega ZR 110 cc, alat uji dyno test, bahan bakar Pertalite, serta dua jenis CDI (standar dan BRT). Selanjutnya dilakukan pengujian eksperimen untuk mengukur daya, torsi, dan konsumsi bahan bakar pada variasi putaran mesin 3500 rpm, 6000 rpm, dan 8000 rpm dalam kondisi yang dikontrol. Data hasil pengujian kemudian diolah dan dianalisis menggunakan metode deskriptif kuantitatif dalam bentuk tabel dan grafik. Tahap akhir penelitian adalah interpretasi hasil untuk mengetahui pengaruh penggunaan CDI terhadap unjuk kerja mesin serta menentukan konfigurasi yang paling optimal dan efisien.

b. Teknik Analisis Data

Data hasil pengujian dianalisis menggunakan analisis deskriptif kuantitatif, yaitu dengan mengolah dan membandingkan data numerik yang diperoleh dari hasil eksperimen. Data disajikan dalam bentuk tabel dan grafik untuk menunjukkan hubungan antara putaran mesin terhadap daya, torsi, dan konsumsi bahan bakar. Analisis ini bertujuan untuk mengidentifikasi perbedaan karakteristik performa mesin antara penggunaan CDI standar dan CDI BRT serta menentukan CDI yang memberikan unjuk kerja paling optimal dan efisien

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Hasil

a. Data pengujian dyno tests untuk CDI Standart

Data dari hasil penelitian ini diperoleh melalui pengujian yang dilakukan di Laboratorium Otomotif, Program Studi Teknik Mesin, Universitas Pattimura. Proses pengambilan data menggunakan mesin dyno test guna mendapatkan hasil yang akurat dan maksimal. Pengujian dilakukan pada sepeda motor Yamaha Vega ZR 110cc dengan membandingkan dua jenis CDI, yaitu CDI standar (OEM) dan CDI racing (BRT Powermax Dualband). Pengambilan data dilakukan dengan cara mengukur daya (horsepower) dan torsi (Newton-meter) pada berbagai tingkat putaran mesin. Selain itu, untuk memperoleh data konsumsi bahan bakar, pengujian dilakukan pada putaran mesin (RPM) tertentu, yakni 1500 RPM, 3500 RPM, 5500 RPM, dan 7500 RPM. Dapat di lihat pada tabel 1.

Tabel 1. Data pengujian dyno tests untuk CDI Standart

Putaran Mesin (RPM)	Torsi (Nm)	Daya Dynotest (HP)	Daya Dynotest (W)
4536	5,53	3,51	2626,8
4750	5,51	3,66	2740,78
5500	5,22	4,02	3006,5
5750	5,11	4,11	3076,93
6000	4,98	4,19	3129,03
6250	4,85	4,25	3174,32
8500	3,99	4,74	3551,57
8618	3,95	4,75	3564,78

b. Data pengujian dyno tests untuk CDI Racing BRT

Data dari hasil penelitian ini diperoleh melalui pengujian yang dilakukan di Laboratorium Otomotif, Program Studi Teknik Mesin, Universitas Pattimura. Proses pengambilan data menggunakan mesin dyno test guna mendapatkan hasil yang akurat dan maksimal. Pengujian dilakukan pada sepeda motor Yamaha Vega ZR 110cc dengan membandingkan dua jenis CDI, yaitu CDI standar (OEM) dan CDI racing (BRT Powermax Dualband). Pengambilan data dilakukan dengan cara mengukur daya (horsepower) dan torsi (Newton-meter) pada berbagai tingkat putaran mesin. Selain itu, untuk memperoleh data konsumsi bahan bakar, pengujian dilakukan pada putaran mesin (RPM) tertentu, yakni 1500 RPM, 3500 RPM, 5500 RPM, dan 7500 RPM. Dapat dilihat pada tabel 2.

Tabel 2. Data pengujian dyno tests untuk CDI Racing BRT

Putaran Mesin (RPM)	Torsi (Nm)	Daya Dynotest (HP)	Daya Dynotest (W)
4300	5,58	3,58	2512,65
5250	5,36	4,08	2946,81
5500	5,27	4,19	3035,3
6500	4,86	4,53	3308,1
6750	4,76	4,59	3364,65
7000	4,66	4,66	3415,96
7250	4,56	4,72	3462,04
8500	4,13	5,07	3676,19
8750	4,06	5,14	3720,17
9000	3,99	5,19	3760,49
10038	3,73	5,38	3920,89

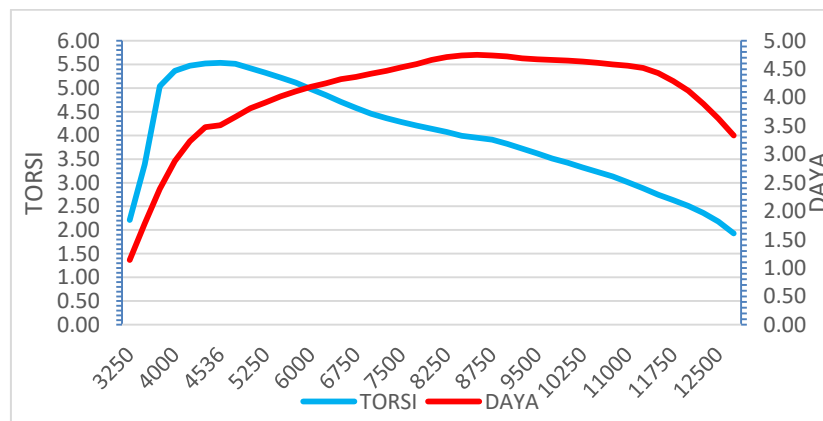
Berdasarkan tabel.1 dan tabel.2 data hasil uji dyno tests menunjukkan bahwa sepeda motor Yamaha Vega ZR 110cc, dapat dijelaskan bahwa daya mesin mengalami peningkatan seiring bertambahnya putaran mesin (RPM). Pada putaran rendah, daya yang keluar masih kecil Ketika putaran tinggi, daya terus meningkat hingga mencapai puncaknya. Sementara itu, torsi mesin menunjukkan karakteristik yang berbeda. Torsi cenderung mencapai puncak lebih awal. Seiring bertambahnya RPM, torsi mulai menurun meskipun daya masih meningkat. Hal ini terjadi karena pada RPM tinggi gaya puntir yang dihasilkan berkurang, tetapi daya tetap bisa naik akibat perputaran mesin yang semakin cepat.

B. Pembahasan

a. Data perhitungan daya dan torsi untuk CDI Standart

Tabel 3. Data perhitungan daya dan torsi untuk CDI Standart

Putaran Mesin (RPM)	Torsi (Nm)	Daya Dynotest (HP)	Daya Dynotest (W)
3250	2,21	1,14	752,15
3500	3,39	1,78	1242,5
3750	5,04	2,39	1979,2
4000	5,36	2,88	2245,19
4250	5,47	3,23	2434,47
4500	5,52	3,48	2601,24
12000	2,51	4,12	3154,16
12250	2,36	3,89	3027,45
12500	2,18	3,63	2853,61
12750	1,93	3,33	2576,89



Gambar 1. Grafik pengujian dyno test untuk CDI Standart

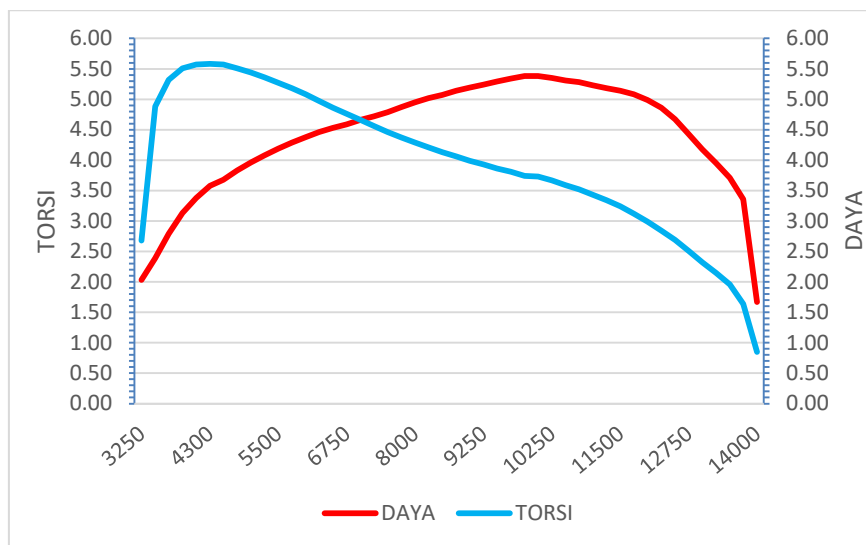
Grafik menunjukkan bahwa torsi mesin mencapai puncaknya 5,53 (Nm) pada kisaran 4536 RPM dan kemudian menurun secara bertahap seiring bertambahnya putaran mesin. Sebaliknya, daya meningkat progresif hingga mencapai maksimum 4,75 (HP) pada kisaran 8750–9500 RPM, lalu menurun pada putaran di atas 11.000 RPM. Pola ini menandakan bahwa CDI standar memberikan performa optimal pada putaran menengah, dengan akselerasi awal yang cukup baik namun memiliki keterbatasan pada putaran tinggi.

b. Data perhitungan daya dan torsi untuk CDI Racing BRT

Tabel 4. Data perhitungan daya dan torsi untuk CDI Racing BRT

Putaran Mesin (RPM)	Torsi (Nm)	Daya Dynotest (HP)	Daya Dynotest (W)
3250	2,68	2,03	912,11

3500	4,88	2,39	1788,61
3750	5,32	2,79	2089,16
4000	5,51	3,13	2308,02
11250	3,34	5,18	3934,84
11500	3,24	5,14	3901,86
11750	3,12	5,08	3839,03
12000	2,99	4,99	3757,34
12250	2,84	4,86	3643,2
12500	2,69	4,67	3521,2
12750	2,51	4,43	3351,29
13000	2,32	4,18	3158,35
13250	2,15	3,95	2983,2
13500	1,96	3,71	2770,88
13750	1,64	3,36	2361,43
14000	0,85	1,67	1246,17



Gambar 2. Grafik pengujian dyno test untuk CDI Racing BRT

Grafik memperlihatkan bahwa torsi maksimum dicapai 5,58 (Nm) pada kisaran 4250–5000 RPM dengan nilai yang lebih tinggi dibandingkan CDI standar, kemudian menurun secara perlahan hingga putaran tinggi. Sementara itu, daya meningkat secara konsisten dan mencapai puncaknya 5,38 (HP) pada sekitar 9500–10500 RPM, sebelum mengalami penurunan setelah melewati 12.000 RPM. Pola ini menunjukkan bahwa penggunaan CDI Racing BRT mampu menghasilkan tenaga lebih besar pada putaran menengah hingga tinggi, sehingga lebih sesuai untuk kebutuhan performa dan kecepatan, berbeda dengan CDI standar yang lebih optimal pada putaran menengah.

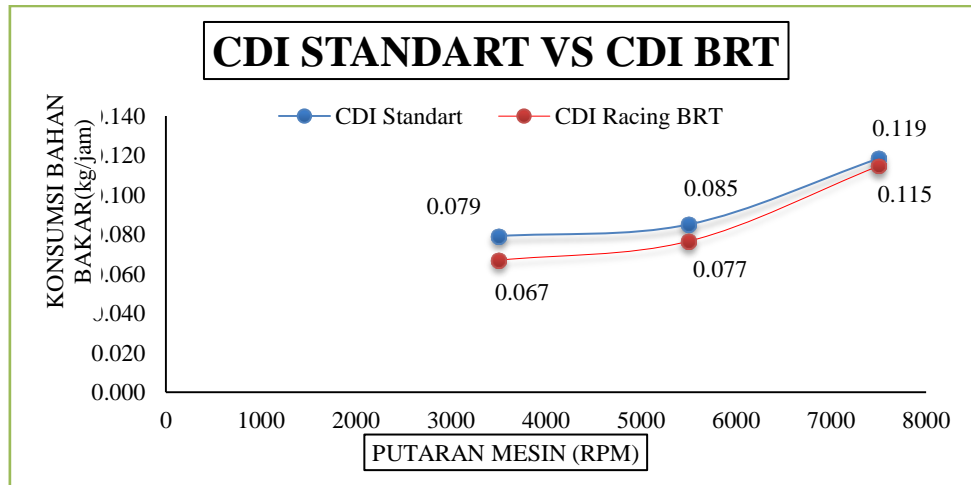
c. Data Hasil Perhitungan Konsumsi Bahan Bakar Pertalite CDI Standart dan CDI Racing BRT

Tabel 5. Hasil Perhitungan Konsumsi Bahan Bakar Pertalite CDI Standart

PUTARAN MESIN (RPM)	VOLUME BB (mL)	WAKTU RATA - RATA (s)	KONSUMSI BBM B (kg/jam)	DAYA EFEKTIF P (HP)	Be (KG/W.Jam)
3500	10	32,52	0,079	1,78	0,044467
5500	10	30,25	0,085	4,02	0,021167
7500	10	21,72	0,119	4,53	0,026161

Tabel 6. Hasil Perhitungan Konsumsi Bahan Bakar Pertalite CDI Racing BRT

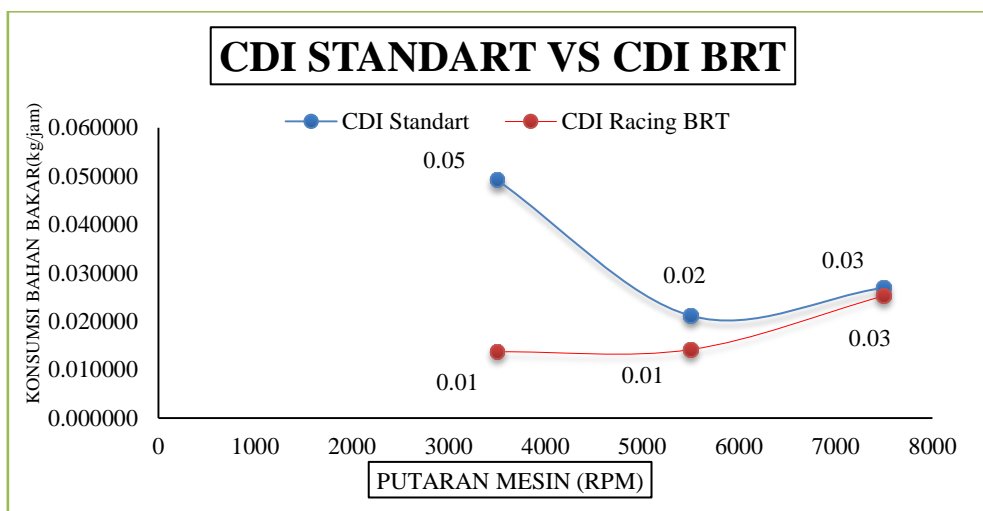
PUTARAN MESIN (RPM)	VOLUME BB (mL)	WAKTU RATA - RATA (s)	KONSUMSI BBM B (kg/jam)	DAYA EFEKTIF P (HP)	<i>Be</i> (KG/W.Jam)
3500	10	38,44	0,067	2,03	0,032986
5500	10	33,61	0,077	4,19	0,018278
7500	10	22,44	0,115	4,79	0,023947



Gambar 3. Grafik Hasil Konsumsi Bahan Bakar antara CDI standart vs CDI BRT

Berdasarkan grafik perbandingan konsumsi bahan bakar antara CDI Standar dan CDI Racing BRT, dapat dijelaskan bahwa CDI Racing BRT menunjukkan konsumsi bahan bakar yang lebih rendah dibandingkan CDI standar pada hampir seluruh putaran mesin. Pada putaran sekitar 3500 rpm, konsumsi bahan bakar CDI standar sebesar 0,079 kg/jam, sedangkan CDI Racing BRT lebih rendah yaitu 0,067 kg/jam. Perbedaan ini menunjukkan bahwa pada putaran rendah, CDI BRT lebih efisien. Pada putaran menengah 5500 rpm, konsumsi bahan bakar CDI standar mencapai 0,085 kg/jam, sementara CDI BRT hanya 0,077 kg/jam. Hal ini menandakan bahwa efisiensi CDI BRT tetap terjaga pada beban menengah. Selanjutnya, pada putaran tinggi 7500 rpm, konsumsi bahan bakar keduanya meningkat, dengan CDI standar sebesar 0,119 kg/jam dan CDI BRT sebesar 0,115 kg/jam.

d. Hasil Konsumsi Bahan Bakar Efektif antara CDI standart vs CDI BRT



Gambar 4. Grafik Hasil Konsumsi Bahan Bakar Efektif antara CDI standart vs CDI BRT

Berdasarkan grafik, dapat disimpulkan bahwa CDI Racing BRT lebih efisien dibandingkan CDI standar. Pada putaran rendah hingga menengah, konsumsi bahan bakar CDI BRT cenderung lebih rendah dan stabil (0,01 kg/jam), sedangkan CDI standar lebih tinggi (0,05–0,02 kg/jam). Pada putaran tinggi sekitar 7000 rpm, keduanya mengalami kenaikan konsumsi hingga 0,03 kg/jam. Secara umum, CDI BRT lebih unggul dalam menjaga efisiensi konsumsi bahan bakar dibandingkan CDI standar.

4. SIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian, dapat disimpulkan bahwa penggunaan CDI berpengaruh terhadap unjuk kerja mesin sepeda motor Yamaha Vega ZR 110 cc yang meliputi daya, torsi, dan konsumsi bahan bakar. CDI Racing BRT menunjukkan performa yang lebih baik dibandingkan CDI standar, dengan torsi maksimum sebesar 5,58 Nm pada 4300 rpm dan daya maksimum sebesar 5,38 HP. Selain itu, penggunaan CDI BRT juga menghasilkan konsumsi bahan bakar yang lebih efisien pada berbagai variasi putaran mesin. Dengan demikian, CDI Racing BRT mampu meningkatkan performa mesin sekaligus efisiensi bahan bakar dibandingkan CDI standar

DAFTAR PUSTAKA

- Agus Setiawan. (2017). Pengaruh Pemakaian Cdi Standar Dan Cdi Bintang Racing Team (Brt)Hyperb and Terhadap Performa Mesin Sepeda Motor Gipro 145CC.
- Angga Dihar Rofi'i, Sumarli, & Andika Bagus Nur Rahma Putra. (2021). Variasi Diameter Katup Hisap Dan Katup Buang Terhadap Daya Dan Konsumsi Bahan Bakar Pada Sepeda Motor 110cc.
- Anomin, 1994. Sistem pengapian strp 2, Jakarta : PT Astra motor
- Beni Sty Nurgraha. 2005. Sistem pengapian. Yogyakarta : Fakultas Teknik UYN.
- Bayu Susanto. (2021). Pengaruh Variasi Cdi Terhadap Unjuk Kerja Mesin Sepeda.
- Faiz Rizal Yoganata. (2022). Pengaruh Penggunaan Cdi Racing Terhadap Performa Sepeda Motor 160 Cc Dengan Memvariasikan Bahan Bakar.
- Farhan Janitra, M., & Rohman, A. (2024). Analisis Perbandingan Cdi Shindengen Dan Cdi Brt Dual B and Terhadap Torsi Dan Horse Power Mesin Sepeda Motor Kawasaki K1x 150 Tahun 2014. 8(3).
- Hidayat, Wahyu. 2012 Motor Bensin Modern. Jakarta: Renike Cipta
- Jama, Jalius dan Wagino.2008a. Teknik sepeda motor Jilid 1. Jakarta: Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah kejuruan, Direktorat Manajemen Pendidikan Dasar dan Menengah, Departemen Pendidikan Nasional.
- Jalius Jama Wagino. (2023). TEKNIK SEPEDA MOTOR JILID 1 SMK Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Kejuruan. In Jalius Jama, dkk.
- Kurniawan Rahmanto. (2024). Pengaruh Pemakaian CDI Type DC Terhadap Performa Mesin Kendaran Honda Supra 100cc. Mars : Jurnal Teknik Mesin, Industri, Elektro Dan Ilmu Komputer, 2(1), 01–18. <https://doi.org/10.61132/mars.v2i1.43>
- Tirtoatmodjo, Raharjo, Wiliyanto & Slamet Basuki. 2000. Peningkatan Unjuk Kerja Motor Bensin Empat Langkah dengan Penggunaan Busi Dua Elektrode dan Busi Tiga Elektrode. Jurnal Teknik Mesin Vol. 2, No. 1 Hal, 15-21.
- Sachrul Ramdani. (2015). Case Based Scenario Questions.
- Suriaman, I., Nurikhsan, R. A., Yusuf, N., Subekhi, T. B. U. A., & Anwar, C.(2023a). Analisis Pengaruh Sistem Pengapian CDI Standar Dan Modifikasi Pada Motor Vario 110 CC. Jurnal Mekanik Terapan, 4(1), 1–8. <https://doi.org/10.32722/jmt.v4i1.5606>

PENGARUH KOMPOSIT CANGKANG BIJI METE SEBAGAI BAHAN ALTERNATIF KAMPAS REM TERHADAP NILAI LAJU KEAUSAN

Edo Z. Hedrianto¹⁾, A. Y. Leiwakabessy²⁾, J. Louhenapessy³⁾

¹⁾S1 Teknik Mesin Fakultas Teknik, Universitas Pattimura
Email: edozulfanhedrianto@gmail.com,

²⁾Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Pattimura
Email: arthur.leiwakabessy@gmail.com,

³⁾Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Pattimura
Email: jandrileonora@yahoo.com

Abstrak Pada umumnya kampas rem terdapat dua jenis yang sering ditemui yaitu kampas rem *asbestos* dan *non asbestos*. Bahan baku *asbestos* sebagai kampas rem memiliki beberapa kelemahan, yakni dapat membuat aus piringan rem (*disk brake*) disebabkan material yang keras. Kampas rem *asbestos* hanya memiliki 1 jenis fiber yaitu *asbestos* yang merupakan komponen yang menimbulkan karsinogenesik atau zat yang dapat memicu pertumbuhan sel kanker. Sebagai pengganti bahan baku *asbestos*, penelitian ini menggunakan bahan komposit serbuk cangkang biji mete sebagai bahan alternatif kampas rem. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah eksperimental, dimana penelitian ini bertujuan untuk mengetahui seberapa besar perbedaan nilai laju keausan dari beberapa variasi komposisi komposit serbuk cangkang biji jambu mete dimana spesimen 1 (50% serbuk cangkang biji mete, 25% serbuk kuningan, 15% magnesium karbonat, 10% resin polyester), spesimen 2 (45% serbuk cangkang biji mete, 30% serbuk kuningan, 15% magnesium karbonat, 10% resin polyester) dan spesimen 3 (25% serbuk cangkang biji mete, 50% serbuk kuningan, 15% magnesium karbonat, 10% resin polyester). Hasil dari penelitian ini yaitu pada Spesimen 1 didapatkan nilai laju keausan sebesar $9,76 \times 10^{-8} \text{ g/mm}^2 \cdot \text{detik}$, Spesimen 2 didapatkan nilai $9,34 \times 10^{-8} \text{ g/mm}^2 \cdot \text{detik}$ dan Spesimen 3 didapatkan nilai $6,79 \times 10^{-8} \text{ g/mm}^2 \cdot \text{detik}$. Penggunaan serbuk cangkang biji mete sebagai bahan alternatif pengganti kampas rem menunjukkan potensi yang signifikan dalam menghasilkan material yang tahan aus. Dengan proporsi yang tepat, serbuk cangkang biji mete dapat menjadi bahan pengisi yang ramah lingkungan dan ekonomis, mendukung upaya pengembangan material kampas rem yang lebih berkelanjutan.

Kata kunci : Kampas Rem, Cangkang biji mete, Laju Keausan

1. PENDAHULUAN

Indonesia memiliki area perkebunan jambu mete (*Anacardium occidentale L.*) seluas 560.813 ha [1]. Dimana pada daerah Maluku Utara, khususnya pada daerah kabupaten pulau taliabu memiliki volume nilai rata – rata produksi jambu mete sebesar 341 ton dari tahun 2017-2022 [3]. Jambu Mete mempunyai kelebihan dari semua bagian dapat dimanfaatkan, buahnya bisa digunakan untuk pembuatan minuman dan makanan, bijinya bisa jadi cemilan dan di jual memiliki nilai nominal yang tinggi, cangkangnya mengandung banyak minyak [2]. Pemisahan cangkang biji jambu mete yang menghasilkan kacang mete dan menghasilkan limbah berupa cangkang biji jambu mete yang dimana masyarakat hanya membuang begitu saja. Walaupun berasal dari bahan organik yang dapat terurai dengan sendirinya, limbah cangkang biji jambu mete yang cukup banyak akan membawa dampak negatif bagi

lingkunganc [4]. Cangkang mete selain menjadi limbah ada beberapa peneliti terdahulu yang di mana mereka memanfaatkan cangkang mete sebagai bahan alternatif lain diantaranya, seperti pada [2] membahas tentang pemanfaatan limbah biomasa menjadi sumber energi alternatif. Dimana Cangkang biji jambu mete diolah menjadi energy terbarukan dengan cara dibuat briket.

Pada umumnya kampas rem terdapat dua jenis yang sering ditemui yaitu kampas rem *asbestos* dan *non asbestos*. Dimana kampas rem *asbestos* hanya memiliki 1 jenis fiber yaitu *asbestos* yang merupakan komponen yang menimbulkan karsinogenesik atau zat yang dapat memicu pertumbuhan sel kanker. Kampas rem berbahan asbes memiliki kelemahan dalam kondisi basah hal ini berarti bahwa rem *asbestos* akan blong (fading) pada temperature 250°C, sedangkan kampas rem *non asbestos* biasanya terbuat dari serat *Kevlar/aramid, rockwool, fiberglass, steel fiber, carbon, potasiumtitanate, graphite, celollose, vemiculate, BaSO4, resin, dan nitrile butadine rubber*. Kampas rem ini memiliki kelebihan yaitu tidak menimbulkan licin dan cenderung stabil (tidak blong/fading) pada saat kampas rem dan rotor mengalami kontak dan dapat bertahan pada suhu 360°C [5].

Komposit dibuat dari dua bahan atau lebih yang berbeda secara fisik dan sifat kimia bahwa ketika dikombinasikan menghasilkan material yang berkarakteristik berbeda dari komponen individu. Bahan komposit memiliki banyak keunggulan, diantaranya berat yang lebih ringan, kekuatan dan ketahanan yang lebih tinggi, tahan korosi dan tahana aus. Bahan penguat yang sering digunakan adalah serat alam selulosa dan serat sintesis. Komposit mempunyai bagian atau fraksi volume terbesar berupa matriks (resin), dimana matriks yang cocok sebagai pengikat pada kampas rem harus memiliki keuletan yang baik agar kampas rem yang dihasilkan tidak mudah pecah, Jenis polimer termoset yang banyak tersedia di pasaran dan memiliki keuletan yang tinggi adalah resin epoxy [6].

Penelitian yang dilakukan oleh Priyambodo dkk [7]. Meneliti tentang pengaruh variasi komposisi bahan komposit limbah kulit mete/phenolic dengan bahan penguat skrap alumunium terhadap sifat fisik dan mekanik sebagai bahan alternatif kampas rem *non asbestos*. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui karakteristik sifat fisik dan mekanik dari komposisi berdasarkan variasi fraksi berat serbuk limbah kulit mete/geram alumunium sebagai bahan gesek untuk kampas rem. Dimana uji mekanik meliputi uji keausan, uji kekerasan dan uji lentur. Penelitian ini menggunakan limbah kulit mete sebagai bahan dasar serta skrap aluminium sisa permesinan sebagai bahan penguat dan resin phenolic sebagai bahan pengikat. Dimana perbedaan penelitian terdahulu dan penelitian yang akan dilakukan terdapat pada komposisinya, pada penelitian terdahulu/sebelumnya komposisi atau bahan yang digunakan yaitu serbuk cangkang mete dan alumunium sebagai bahan penguat, dan resin *phenolic* sebagai bahan pengikat, sedangkan penelitian ini bahan yang akan digunakan yaitu serbuk kuningan sebagai penguat, dengan tambahan bubuk magnesium karbonat sebagai bahan pengisi, dan resin *polyester* sebagai bahan pengikat.

Mengacu pada masalah yang telah diuraikan di atas maka penulis tertarik untuk melaksanakan penelitian dengan judul **“Pengaruh Komposit Cangkang Biji Mete Sebagai Bahan Alternatif Kampas Rem Terhadap Nilai Laju Keausan.”** Penelitian ini dilakukan dengan mempertimbangkan optimasi komposisi dan variasi terhadap sifat mekanik yang dihasilkan

2. METODE PENELITIAN

Dalam penelitian ini proses pembuatan sampel dilakukan di SMK Negeri 3 Ambon yang dimana kemudian proses pengujian laju keausan dilakukan pada Laboratorium CAD/CAM Universitas Pattimura Ambon. Dimensi sampel yang digunakan berdimensi 1 cm dengan tinggi 1,5 cm. serta pengujian laju keausan dimana menggunakan alat tribometer tipe pin on disc. Penelitian ini difokuskan pada nilai laju keausan dengan menggunakan variasi komposisi

yang dimana terdapat 3 variasi. Sampel pertama menggunakan komposisi, cangkang mete 50%, serbuk kuningan 25%, Magnesium Karbonat 15%, Resin Polyester 10%. Sampel kedua cangkang mete sebesar 45%, Serbuk Kuningan 30%, Magnesium Karbonat 15%, Resin Polyester 10%. Sampel ketiga cangkang mete sebesar 25%, Serbuk Kuningan 50%, Magnesium Karbonat 15%, Resin Polyester 10%. Pembuatan spesimen ini menggunakan alat press hidrolik dengan tekanan 2 ton selama 10 menit.



Gambar 1. Alat Press Hidrolik

A. Uji Keausan

Pengujian keausan adalah salah satu pengujian terpenting saat menentukan kinerja bantalan rem, karena keselamatan dan kinerja pengereman dapat dipengaruhi langsung oleh tingkat keausan material. Sistem tribologi adalah sistem teknis yang disebabkan oleh keausan dan gesekan. Pengereman (Kendaraan) merupakan peristiwa tribologis, yang menegaskan pentingnya pengujian gesekan keausan dalam mengevaluasi kinerja bantalan rem. Prinsip dari pengujian ini yaitu dengan menggesekkan spesimen uji terhadap permukaan lain yang lebih keras. Selain itu, ketika menghitung koefisien gesek bantalan, keausan sapat ditentukan dengan menentukan penurunan berat.

$$\text{Wear rate} = \frac{W_0 - W_1}{S} = \frac{\Delta W}{2\pi \times N \times A \times t}$$

Dimana :

W_0 = Berat awal (g)

W_1 = Berat akhir (g)

ΔW = Penurunan (g)

S = Jarak luncur (m)

A = Luas sampel

t = Waktu (s)

N = kecepatan putar (rpm)

B. Variabel Penelitian

a. Variabel Bebas

Variabel Bebas yaitu variabel yang diduga sebagai penyebab timbulnya variabel lain dan biasanya variabel ini dimanipulasi, diamati dan diukur untuk mengetahui pengaruhnya terhadap variabel lain. Dalam penelitian ini yang merupakan variabel bebas adalah variasi dari

komposisi kampas rem.

b. Variabel Terikat

Variabel terikat adalah variabel yang dipengaruhi oleh variabel prediktor, peneliti tidak dapat mengendalikan besar kecilnya variabel terikat. Dalam penelitian ini yang merupakan variabel terikat adalah nilai laju keausan bahan.

c. Variabel Kontrol

- 1) Penambahan Katalis
- 2) Resin Polyester
- 3) Jenis serbuk yang digunakan serbuk karbon cangkang biji mete dan serbuk kuningan
- 4) Dikompaksi dengan tekanan 2 ton selama 10 menit
- 5) Disintering dengan suhu 150°C selama 10 menit
- 6) Penggunaan bubuk magnesium karbonat

C. Langkah-Langkah Penelitian

Proses pembuatan komposit Polyester kuningan-serbuk cangkang biji mete untuk kampas rem, dengan urutan sebagai berikut :

- a. Mempersiapkan cetakan, serta alat pendukung untuk membuat spesimen.
- b. Cangkang biji mete di sangrai terlebih dahulu atau dipanaskan dengan menggunakan oven terlebih dahulu untuk menghilangkan minyak yang terkandung dalam cangkang biji mete. Proses pemanasan untuk memisahkan minyak atau menghilangkan minyak yang terkandung membutuhkan suhu sekitar 150°C dengan waktu sekitar 2 jam.
- c. Kemudian setelah cangkang biji selesai proses sangrai, cangkang biji mete dihancurkan menggunakan lensing dan kemudian di lanjutkan menggunakan blender agar menjadi serbuk.
- d. Proses Menghancurkan dan menghaluskan cangkang mete yang sudah di sangrai, menghancurkan dimana menggunakan lensing, kemudian menghaluskan menggunakan blender sehingga menjadi serbuk.
- e. Setelah cangkang mete di haluskan menjadi serbuk. Serbuk cangkang biji mete beserta serbuk kuningan diayak menggunakan ayakan ukuran mesh 50.
- f. Mengukur dan menimbang dari tiga variasi komposisi, Setelah mengukur berat presentase serbuk, dilanjutkan dengan membuat adonan untuk dimasukan kedalam cetakan spesimen.
- g. Setelah spesimen didalam cetakan dianggap rata, spesimen dikompaksi dengan berat 2 ton selama 10 menit.
- h. Setelah proses pengeringan di diamkan selama 24 jam dilanjutkan dengan proses sintering menggunakan oven elektrik dengan suhu 150°C selama 10 menit untuk setiap spesimen.
- i. Untuk proses pengujian laju keausan mula-mula ada proses penimbangan spesimen dengan timbangan digital untuk menentukan berat awal sebelum melakukan proses pengujian. Setelah pengujian dilakukan penimbangan ulang untuk mengetahui berat setelah pengujian.
- j. Proses pengujian keausan dengan menggunakan mesin uji *pin on disk*, pengujian dilakukan dengan kecepatan 100 rpm dan menggunakan beban sebesar 1 kg dalam waktu selama 10 menit untuk setiap spesimen.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Telah dilakukan pengujian bahan spesimen kampas rem dengan variasi komposisi dimana bahan utama yaitu serbuk cangkang biji mete, bahan pengisi serbuk kuningan, bahan sebagai pengikat resin polyester, dan bahan tambahan yaitu magnesium karbonat ($MgCO_3$).

A. Hasil Pengujian Laju Keausan

Pengujian koefisien gesek dilakukan dengan menggunakan alat uji *tribometer pin on disc* mengacu pada standar ASTM D 3702-94, pengujian spesimen dilakukan sebanyak lima kali pada 3 variasi komposisi kampas rem.

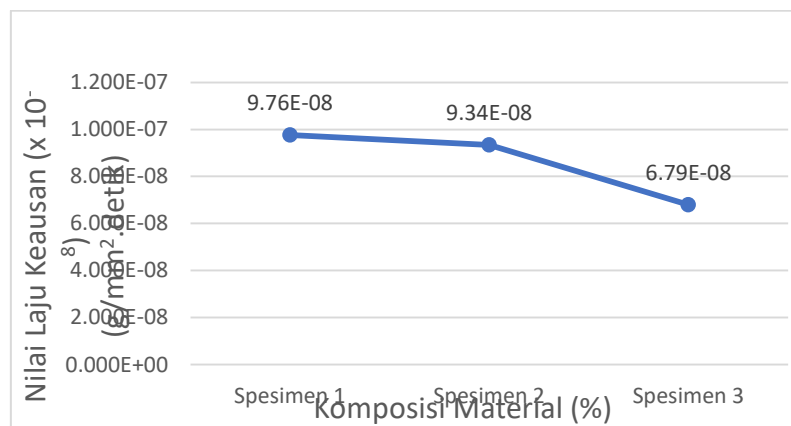
Pengujian keausan dilakukan dengan menggunakan uji gesek. Pengujian ini dilakukan selama 10 menit dengan laju putaran yaitu sebesar 100 rpm dimana bebannya sebesar 10 N, dengan luas permukaan spesimen yang dilakukan uji keausan yaitu sebesar 78,5 mm. Pengujian gesek ini digunakan untuk mengetahui laju keausan dengan mengetahui berat awal spesimen (W_0), berat akhir atau berat setelah dilakukan pengujian penguasaan (W_1) dan waktu yang dibutuhkan selama pengujian (t). Masing-masing komposisi dilakukan pengujian sebanyak lima kali pengujian.

Table 1. Hasil Pengujian Laju Keausan

No	Komposisi	Sampel 1	Sampel 2	Sampel 3	Sampel 4	Sampel 5	W (g/mm ² .detik)
1	Spesimen 1	8,50 x 10 ⁻⁸	8,50 x 10 ⁻⁸	1,06 x 10 ⁻⁷	1,06 x 10 ⁻⁷	1,06 x 10 ⁻⁷	9,76 x 10 ⁻⁸
2	Spesimen 2	1,06 x 10 ⁻⁷	1,06 x 10 ⁻⁷	8,50 x 10 ⁻⁸	8,50 x 10 ⁻⁸	8,50 x 10 ⁻⁸	9,34 x 10 ⁻⁸
3	Spesimen 3	8,50 x 10 ⁻⁸	6,36 x 10 ⁻⁸	6,36 x 10 ⁻⁸	6,36 x 10 ⁻⁸	6,36 x 10 ⁻⁸	6,79 x 10 ⁻⁸

B. Pembahasan Hasil Pengujian Laju Keausan

Data yang diperoleh adalah nilai rata-rata yang berasal dari pengambilan data sebanyak lima kali pada setiap 3 variasi komposisi. Hal ini dilakukan dimana untuk mendapatkan pengukuran yang akurat. Keausan dapat didefinisikan sebagai rusaknya permukaan padatan, dimana umumnya mengakibatkan kehilangan progresif akibat adanya gesekan atau friksi antara permukaan padatan. Keausan bukan sifat dasar material, melainkan repon material terhadap system area luar.



Gambar 2. Grafik Nilai Laju Keausan

Berdasarkan nilai di atas spesimen kampas rem yang memiliki laju keausan yang tertinggi adalah Spesimen 1 yang dimana nilai laju keausannya sebesar $9,76 \times 10^{-8}$ dengan komposisi serbuk karbon cangkang biji mete 50%, serbuk kuningan 25%, magnesium karbonat 15%, resin *polyester* 10%, sedangkan spesimen yang memiliki nilai laju keausan terendah adalah Spesimen 3 yang nilai laju keausannya sebesar $6,79 \times 10^{-8}$ dengan komposisi serbuk karbon cangkang biji mete 25%, serbuk kuningan 50%, magnesium karbonat 15%, resin *polyester* 10%. Jika dibandingkan dengan nilai laju keausan dari ketiga ukuran tersebut,

maka kombinasi kandungan serbuk karbon cangkang biji mete dan serbuk kuningan berpengaruh signifikan terhadap ketahanan keausan. Berdasarkan hasil penelitian maka dapat disimpulkan bahwa nilai laju keausan setiap material sangat dipengaruhi oleh serbuk karbon cangkang biji mete dan serbuk kuningan, dimana serbuk karbon cangkang biji mete cenderung meningkatkan laju keausan ketika digunakan dalam jumlah besar, namun pada proporsi sekitar 25%, material menunjukkan ketahanan keausan yang lebih baik. Di sisi lain, serbuk kuningan berperan sebagai penguat utama yang dapat meningkatkan ketahanan terhadap keausan, terutama ketika digunakan pada kandungan 50%. Jika jumlah serbuk kuningan ditingkatkan lebih dari itu, ketahanan keausan mulai menurun karena keseimbangan komposisi material menjadi kurang optimal.

4. KESIMPULAN

Spesimen dengan laju keausan yang paling tinggi yaitu Spesimen 1, dengan nilai laju keausan sebesar $9,76 \times 10^{-8}$. Spesimen ini memiliki komposisi serbuk cangkang biji mete sebesar 50%, serbuk kuningan 25%, magnesium karbonat 15%, dan resin polyester 10%. Spesimen dengan laju keausan paling rendah adalah Spesimen 3, dengan nilai laju keausan sebesar $6,79 \times 10^{-8}$. Dimana komposisi material pada spesimen ini yaitu serbuk cangkang biji mete 25%, serbuk kuningan 50%, magnesium karbonat 15%, dan resin polyester 10%. Penggunaan serbuk cangkang biji mete sebagai bahan alternatif pengganti kampas rem menunjukkan potensi yang signifikan dalam menghasilkan material yang tahan aus. Dengan proporsi yang tepat, serbuk cangkang biji mete dapat menjadi bahan pengisi yang ramah lingkungan dan ekonomis, mendukung upaya pengembangan material kampas rem yang lebih berkelanjutan.

DAFTAR PUSTAKA

- Maryanti, D. (2022). Pemanfaatan Buah Jambu Monyet Sebagai Obat Herbal Alternatif Untuk Menunjang Kesehatan Dalam Bentuk Kapsul Jambu Monyet (Jamet). *Inisiasi*, 67-74
- Kristiawan, Y. (2020). Pemanfaatan Limbah Biomassa Menjadi Sumber Energi Alternatif. *Jurnal Crankshaft*, 3(2), 23-28.
- Samion, M. Z. M., Muhammad, M., Hasnin, M., & Rizky, M. N. (2024). Komoditas Perkebunan Di Provinsi Maluku Utara: Basis Ekonomi Dan Tingkat Spesialisasi. *Jurnal Bingkai Ekonomi (JBE)*, 9(1), 79-90.
- Musta, R., Nurliana, L., & Andraysno, A. (2020). Kinetika Kimia Antibakteri Fraksi Alkana Alifatik Hasil Pirolisis Cangkang Biji Jambu Mete (CNS). *Indonesian Journal of Chemical Research*, 7(2), 170-176
- Syawaluddin, S., & Setiawan, I. A. (2008). Perbandingan Pengujian Mekanis Terhadap Kampas Rem *Asbes* Dan *Non-Asbestos* Dengan Melakukan Uji Komposisi, Uji Kekerasan, Dan Uji Keausan. *Sintek Jurnal: Jurnal Ilmiah Teknik Mesin*, 2(2).
- Iman, N. Karakteristik Komposit Partikel Arang Kayu Akasia Bermatrik Epoxy Sebagai Salah Satu Alternatif Kampas Rem Non-Asbestos. *Rotasi*, 22(1), 7-13, Apr, 2020.
- Priyambodo, B. H., & Palmiyanto, M. H. (2014). Pengaruh Variasi Komposisi Bahan Komposit Limbah Kulit Mete/Phenolic Dengan Penguat Skrap Alumunium Terhadap Sifat Fisik Dan Mekanik Sebagai Bahan Alternatif Kampas Rem Non Asbestos. *In Prosiding Seminar Sains Nasional dan Teknologi* (Vol. 1, No. 1).
- Choirudin, C. (2010). Pengaruh Variasi Komposisi Serat Serabut Kelapa, Plastik Pet, Serbuk Alumunium Pada Sifat Fisik Dan Koefisien Gesek Bahan Kampas Rem Gesek (Doctoral Dissertation, Universitas Muhammadiyah Surakarta).
- Novarini, N., & Sukadi, S. (2019). Efisiensi Termal Boiler Menggunakan Bahan Bakar Campuran Batubara Lignit dan Cangkang Biji Jambu Mete. *Semesta Teknika*, 22(1), 73-78.
- Palmiyanto, M. H., & Supriyanto, A. (2019). Optimasi Variasi Komposisi Bahan Gesek Kampas Rem *Non Asbestos* untuk Mencapai Kekerasan dan Keausan Optimal Menggunakan Metode Taguchi Multi Respon. *Teknika*, 6(1), 23-33.

ARAHAN PENGEMBANGAN DESTINASI WISATA NEGERI AMAHUSU DALAM Mendukung AMAHUSU SEBAGAI NEGERI WISATA

Alsen Beverly Frans¹⁾, Stevianus Titaley²⁾, Renoldy Papilaya³⁾

¹⁾S1 Teknik Mesin Fakultas Teknik, Universitas Pattimura
Email: beverlyalsen301202@email.com,

²⁾Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Pattimura
Email: stevi_74@gmail.com,

³⁾Jurusan Agrobisnis Perikanan, Fakultas Perikanan Dan Ilmu Kelautan, Universitas Pattimura

Abstrak Negeri Amahusu adalah satu Negeri yang terdaftar dalam RIPPAN Kota Ambon tahun 2021-2026. Kota Ambon sebagai salah satu kawasan strategis pariwisata (KSP-02). Negeri Amahusu memiliki kekayaan alam yang beragam dan juga mempunyai daya tarik wisata yang menarik dan beragam. Menurut BPS (2023) terdapat 5 daya tarik wisata yang ada pada Negeri Amahusu. Pada eksisting kawasan Destinasi Wisata yang ada di Negeri Amahusu memiliki permasalahan mengenai pengembangan baik dari fisik kawasan dan pariwisata berkelanjutan sehingga berdampak bagi pengembangan pariwisata di Kota Ambon khususnya di Negeri Amahusu. Penelitian ini bertujuan untuk memberikan arahan pengembangan Destinasi Wisata di Negeri Amahusu. Metode analisis yang digunakan dalam penelitian ini adalah analisis deskriptif kualitatif, analisis tapak, dan analisis triangulasi. Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa 5 Destinasi Wisata di Negeri Amahusu memiliki permasalahan pada eksisting kawasan baik secara analisis 4A, Pariwisata Berkelanjutan dan analisis Tapak. Selain itu kurangnya kesadaran masyarakat terkait kepariwisataan dan pengelolaan pemerintah yang belum optimal. Sehingga dalam penelitian ini arahan pengembangan yang dirumuskan untuk pengembangan Destinasi Wisata di Negeri Amahusu kedepan adalah mengoptimalkan komponen 4A, keberlanjutan pariwisata, serta mempertimbangkan kondisi tapak dalam proses pengembangan.

Kata kunci: Destinasi wisata, Pariwisata, 4A, Pariwisata berkelanjutan

1. PENDAHULUAN

Pariwisata adalah perjalanan dari satu tempat ke tempat lain bersifat sementara, dilakukan perorangan atau kelompok, sebagai usaha mencari keseimbangan atau keserasian dan kebahagiaan dengan lingkungan dalam dimensi sosial budaya, alam dan ilmu (Kodhyat dalam Kurniansah (2014). Pengembangan merupakan strategi untuk meningkatkan, memperbaiki, dan memajukan daya tarik wisata agar jumlah wisatawan meningkat sehingga masyarakat dan pemerintah dapat merasakan dampak positifnya (Paturusi, 2001). Menurut Yoeti (2006), dalam pengembangan sebuah pariwisata itu terdapat 4 prinsip dasar yaitu keberlangsungan ekologi yang berarti suatu tempat pengembangan dalam pariwisata dapat menjamin pemeliharaan terhadap wisata tersebut, keberlangsungan dan budaya yang berarti dengan adanya pengembangan pariwisata membuat peningkatan peran masyarakat dalam kehidupan dan budaya sehari-hari, keberlangsungan ekonomi yang berarti suatu pengembangan pariwisata yang menjamin keberlangsungan kegiatan ekonomi, dan yang terakhir yaitu memperbaiki dan meningkatkan kualitas hidup masyarakat artinya memberi wadah kepada mereka untuk mengembangkan pariwisata di daerah tersebut.

Kota Ambon adalah ibu kota dari Provinsi Maluku yang memiliki berbagai jenis destinasi wisata yang indah dan juga menarik. Menurut RIPPAR Kota Ambon Tahun 2021-2026, Kota Ambon dikategorikan sebagai Daerah Transit Pariwisata sehingga perjalanan wisatawan Mancanegara maupun Nusantara ke destinasi-destinasi yang ada di Kabupaten lain di Maluku. Berdasarkan RIPPAR Kota Ambon Tahun 2021-2026.

Negeri Amahusu adalah satu dari 5 negeri yang berada di Kecamatan Nusaniwe, Kota Ambon. Menurut RIPPAR Kota Ambon Tahun 2021-2026 Kota Ambon di Negeri Amahusu termasuk kedalam salah satu Kawasan Strategis Pariwisata (KSP-02) Kecamatan Nusaniwe. Negeri Amahusu memiliki kekayaan alam yang beragam dan juga mempunyai daya tarik wisata yang menarik dan beragam. Menurut data BPS (2023) terdapat 5 daya tarik wisata yang ada pada Negeri Amahusu diantaranya Pantai Amahusu yang mana selain keindahan alamnya pantai ini juga sering menjadi lokasi Darwin-Ambon atau Spice Island Darwin-Ambon Yacht Race (SIDAYR), Taman Laut Amahusu, Pantai Batu Capeu dengan unsur legenda didalamnya, *Amboina Ukulele Kids Community (AUKC)*, dan Sanggar Booyratan yang dimana sanggar ini menyajikan atraksi berupa musik dan tarian tradisional Maluku. Kemudian selain daya tarik wisata yang terdaftar dalam data BPS Negeri Amahusu juga memiliki potensi wisata yang unik dan menarik untuk menjadi daya tarik yaitu seperti Hutan Musik yang didalamnya ditanami tanaman yang kemudian dapat dibuatkan alat musik seperti tifa, suling bambu, dan rebana.

Pada kondisi eksisting terdapat permasalahan yaitu beberapa destinasi wisata di Negeri Amahusu mengalami kendala dalam pengembangannya diantaranya belum tersedia infrastruktur yang memadai, fasilitas pendukung yang belum maksimal dalam mendukung kegiatan pariwisata di destinasi tersebut, masalah lingkungan yang mana lingkungan area destinasi tidak terawat dengan baik dan masalah persampahan masih menjadi masalah yang belum teratasi sampai sekarang ini, minimnya kesadaran masyarakat tentang pentingnya pariwisata serta kontribusi dan partisipasi mereka dalam sektor pariwisata padahal seharusnya dengan potensi yang ada dapat membuka lapangan pekerjaan bagi masyarakat lokal serta meningkatkan perekonomian masyarakat, destinasi wisata di Negeri Amahusu tidak mengkolaborasikan antara unsur alam dan seni budaya padahal itu menjadi salah satu atraksi yang unik yang dapat disajikan bagi wisatawan, bahkan dari segi pemasaran tidak dikelola dengan baik sehingga dari permasalahan tersebut mengakibatkan kurangnya minat kunjungan wisatawan bahkan beberapa potensi wisata yang belum terekspos ke halayak masyarakat luas mengakibatkan banyak masyarakat yang tidak tahu bahwa terdapat destinasi wisata yang menarik dan indah di Negeri Amahusu. Tentu ini menjadi isu atau masalah yang perlu ditanggulangi agar pariwisata di Negeri Amahusu dapat berkembang dengan baik.

Pengembangan yang dilakukan nantinya diharapkan memberikan dampak positif bagi pariwisata kota Ambon baik dari segi peningkatan ekonomi lokal maupun memperkenalkan budaya dan daya tarik wisata agar wisatawan yang datang ke Kota Ambon juga dapat menikmati daya tarik wisata yang ada di Kota Ambon itu sendiri. Berdasarkan permasalahan diatas maka dari itu penulisan ini berjudul "*Arahan Pengembangan Destinasi Wisata Di Negeri Amahusu Dalam Mendukung Amahusu Sebagai Negeri Wisata*" diharapkan dapat menjadi alternatif dengan merumuskan strategi pengembangan destinasi wisata di Negeri Amahusu sehingga membantu pengembangan pariwisata di Kota Ambon terkhususnya Negeri Amahusu.

2. METODE

Penelitian ini menggunakan metode penelitian kualitatif yang bertujuan untuk mendeskripsikan permasalahan atau objek penelitian melalui aktivitas sosial, sikap, dan persepsi orang secara individu atau kelompok. Dalam penelitian ini menggunakan 3 metode analisis data yaitu metode deskriptif kualitatif, analisis tapak, dan analisis triangulasi.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Daya Tarik Wisata Di Negeri Amahusu

Negeri Amahusu atau yang biasa disebut dengan Negeri adat yang memiliki kekayaan alam yang beragam dan juga mempunyai daya tarik wisata yang menarik perhatian wisatawan untuk datang berkunjung. Terdapat beberapa daya tarik wisata di Negeri Amahusu yang telah dimanfaatkan untuk dijadikan sebagai daya tarik wisata baik itu dilihat dari wisata alam dalam hal ini terkait dengan destinasi wisata pantai seperti daya tarik wisata Pantai Amahusu, dan destinasi wisata pantai batu *capeo*. Kemudian dilihat dari wisata musik yaitu Destinasi Wisata Hutan Musik dan wisata buatan yaitu Sanggar Boyrataan dan *Amboina Ukulele Kids Community*. Kelima destinasi wisata yang ada di Negeri Amahusu ini memiliki daya tarik masing-masing yang menjadikan destinasi wisata di Negeri Amahusu memiliki nilai jual bagi wisatawan dan juga daya tarik wisata Negeri Amahusu dapat dikembangkan, dijadikan sebagai dasar pengembangan destinasi pariwisata sehingga dapat mendukung Negeri Amahusu menjadi Negeri wisata.

Daya tarik wisata Pantai Amahusu adalah salah satu destinasi wisata dan juga ruang terbuka publik yang berada di Negeri Amahusu yang telah terdaftar di dalam RIPPAR (Rencana Induk Pembangunan Pariwisata) Kota Ambon tahun 2021-2026. Pantai Amahusu dibangun oleh pemerintah Kota Ambon sejak tahun 2020 dan sampai sekarang di kelola oleh Dinas Pariwisata dan Kebudayaan Kota Ambon. Pantai Amahusu sendiri memiliki daya tarik alam yang menarik , hal ini terlihat dari pemandangan pantai yang indah dengan berlatar pegunungan , air laut yang jernih , pemandangan sunset pada sore hari yang indah , selain itu Pantai Amahusu juga memiliki taman laut yang indah dengan keanekaragaman terumbu karang. Selain itu, Pantai Amahusu sendiri juga terkenal sebagai tempat bersandarnya peserta lomba perahu Darwin-Ambon atau lebih dikenal dengan Darwin-Ambon *Yacht Race*.

Daya tarik wisata Pantai Batu *Capeo* merupakan salah satu Destinasi Wisata yang berada di Negeri Amahusu dan juga terdaftar dalam RIPPAR (Rencana Induk Pembangunan Pariwisata) Kota Ambon tahun 2021-2026. Berdasarkan wawancara bersama Kepala Soa Wakan Negeri Amahusu yaitu Bapak Jonas Silooy, Pantai Batu *Capeo* memiliki legenda yang tersimpan didalamnya yaitu legenda mengenai suatu Negeri di Pulau Ambon yaitu Negeri Luhu. Pantai Batu *Capeo* memiliki batu karang ditepi pantai yang berbentuk topi atau *capeo* yang mana ini merupakan daya tarik utama dari Pantai Batu *Capeo* itu sendiri. Selain itu Pantai Batu *Capeo* memiliki keindahan alam yang luar biasa indah. Hal ini terlihat dari panorama nya yang indah , pemandangan *sunset* dan juga Pantai Batu *Capeo* selain menjadi tempat bersantai , wisatawan juga dapat melakukan kegiatan *snorkling* di Pantai Batu *Capeo*.

Selain daya tarik wisata alamnya yang indah, Negeri Amahusu juga memiliki daya tarik wisata buatan yaitu Sanggar Booyratan. Sanggar Booyratan merupakan salah satu wisata buatan (musik) yang ada di Negeri Amahusu. Sebelum dinamakan Sanggar Boyrataan , Sanggar ini masih menggunakan Nama Negeri yaitu Negeri Amahusu namun pada tahun 2001 pasca kerusuhan antar agama yang terjadi di Kota Ambon maka teretuslah nama Boyrataan sebagai nama sanggar yang ada di Negeri Amahusu. Nama Boyrataan sendiri berasal dari gelar seorang Kapitan bernama Kapitan Kalabulang yang diberi gelar Boyrataan yang artinya penguasa lautan (Boy) dan penguasa daratan (Rataan). Kapitan Kalabulang sendiri memiliki 7 orang anak , 6 diantaranya muslim dan 1 diantaranya Kristen yaitu Silooy. Maka dari itu pada 21 juni 2021 Bapak Jonas Silooy selaku ketua sanggar pada saat itu memberi nama Sanggar ini Sanggar Boyrataan sebagai simbol persatuan dan peresmian Sanggar Boyrataan diselenggarakan di Gereja Lama Negeri Amahusu. Sanggar Booyratan sendiri saat ini bekerjasama dengan Dinas Ambon *Music Office* , dimana AMO dalam hal ini membantu dalam memfasilitasi Sanggar Boyrataan.

Sanggar Boyratan berada dekat dengan pantai, tersedia tempat bakar atau pengolahan kuliner sugu gula, selain itu Sanggar Boyrataan memiliki alat musik tifa, totobuang, ukulele,

tahuri, suling bambu, biola, musik hadrat. Alat musik seperti tifa, totobuang, ukulele, suling bambu dibuat sendiri melalui serangkaian proses yang cukup rumit, membutuhkan ketelitian dan kesabaran serta bahan pembuatannya dari alam. Sanggar Boyrataan saat ini beranggotakan 156 orang dan telah tampil serta mengukir prestasi di panggung nasional maupun internasional.

Wisata musik kedua yang dimiliki Negeri Amahusu yakni *Amboina Ukulele Kids Community* yang merupakan salah satu komunitas musik ukulele yang ada di Kota Ambon yang terbentuk sejak tahun 2019 dengan Bapak Nicho Tulalessy sebagai pemilik serta pelatih *Amboina Ukulele Kids Community*. Berdasarkan hasil wawancara dengan Bapak Nicho Tulalessy, beliau mengatakan bahwa pembentukan komunitas ini terinspirasi dari kecintaan beliau terhadap alat musik ukulele. Alat musik ukulele di Kota Ambon sendiri pada awalnya tidak pernah dimainkan secara grup namun alat musik ukulele ini biasanya dimainkan perorangan dan juga pelengkap dalam grup hawaian. Kemudian pada tahun 2018 Bapak Nicho Tulalessy berpikir untuk membuat grup musik ukulele yang kemudian dibentuknya bersama beberapa temannya dengan nama apiong grup. Nama apiong sendiri diambil dari nama pohon yang apiong yang biasanya ada di tepi pantai di Kota Ambon dan biasanya masyarakat Kota Ambon yang memainkan ukulele sering memainkannya di atas pohon. Setelah berjalan 1 tahun dari terbentuknya apiong grup, Bapak Nicho Tulalessy melihat peluang ini akan lebih menarik jika di implementasikan kepada anak-anak karena, beliau melihat anak-anak di Kota Ambon zaman sekarang sudah sangat minim yang fasih memainkan alat musik ukulele malah mereka lebih suka memainkan *gadget*. Oleh karena itu untuk merubah kebiasaan anak-anak yang kecanduan *gadget*, pada tahun 2019 beliau membentuk grup musik ukulele yang pada saat itu masih beranggotakan 8 orang anak. Selain ingin merubah kebiasaan anak-anak yang kecanduan dengan *gadget*, hal ini juga untuk melestarikan musik ukulele di Kota Ambon yang mulai hilang eksistensinya. Seiring berjalannya waktu, anak-anak yang bergabung dalam grup ini bukan hanya anak-anak dari Negeri Amahusu, melainkan dari beberapa tempat di Kota Ambon maka dari itu Bapak Nicho Tulalessy kemudian menamakan grup tersebut *Amboina Ukulele Kids Community*.

Amboina Ukulele Kids Community merupakan komunitas yang menyajikan daya tarik berupa pertunjukan-pertunjukan musik yaitu ukulele yang dimainkan oleh anak-anak kecil yang bukan saja anak-anak Negeri Amahusu namun juga melibatkan anak-anak di kota Ambon. Selain itu yang menjadi bagian menarik dari *Amboina Ukulele Kids Community* adalah cara bermain ukulele nya menggunakan cara bermain lama atau yang bisa disebut oleh orang Ambon yaitu cara bermain “orang tua dolo-dolo”. Hal ini menjadi daya tarik yang membedakan *Amboina Ukulele Kids Community* dengan komunitas-komunitas ukulele lainnya di kota Ambon.

Dan yang terakhir adalah Destinasi Wisata Hutan Musik yang terletak di Negeri Amahusu, Kecamatan Nusaniwe, Kota Ambon. Sebelum menjadi Destinasi Wisata, kawasan ini merupakan kawasan hutan Lestari milik keluarga Silooy yang berada di dusun milik keluarga peninggalan leluhur keluarga Silooy. Selama ini lokasi itu hanya ditanami pepohonan untuk memenuhi kebutuhan keluarga seperti poho cengkeh, pala, kenari dan pohon lingua yang kemudian dikembangkan menjadi Hutan Musik atau *Sound Of Green* berdasarkan ide dari direktur *Ambon Music Office* (AMO) Ronny Loppies bersama aktivis Sanggar Boyrataan. Negeri Amahusu menjadi lokasi Hutan Musik dikarenakan Negeri Amahusu merupakan tujuan wisata unggulan, khususnya terkait musik di Kota Ambon. Destinasi Hutan Musik diresmikan pada tahun 2023 dan merupakan kolaborasi antara PLN Unit Induk Wilayah Maluku & Maluku Utara dengan Sanggar Booyratan. Destinasi Wisata Hutan Musik memiliki luas lahan sekitar 5 Ha yaitu selain menawarkan pemandangan alam yang indah dengan hamparan laut yang biru dan pegunungan hijau. Pepohonan yang di tanam di Destinasi Wisata Hutan Musik dapat digunakan untuk pembuatan alat musik seperti membuat

alat musik dari pohon bambu untuk membuat alat musik suling, pohon titi untuk membuat alat musik tifa dan rebana.

B. Arahan Pengembangan Destinasi Wisata Di Negeri Amahusu

a. Destinasi wisata pantai Amahusu

Tabel 1. Arahan Pengembangan Destinasi Wisata Pantai Amahusu

No	4A (<i>Atracction, Accesibility, Amenity, Ancillary</i>)
1	Menjadikan kekhasan daya tarik budaya di lokasi wisata sebagai daya tarik wisatawan
2	Perlu adanya penambahan ketersediaan amenities Destinasi Wisata Pantai Amahusu yakni perlu disediakan yaitu kios-kios penjualan bagi para pelaku usaha/UMKM yang ada di Negeri Amahusu, penyediaan tempat sampah, penyediaan jaringan air bersih, penyediaan toko souvenir, membenahi fasilitas yang rusak seperti toilet umum, fasilitas penerangan dan penyediaan lahan parkir.
3	Perlu adanya rencana pengembangan dan pememajaan terhadap fasilitas-fasilitas yang telah tersedia di Destinasi Wisata Pantai Amahusu
4	Perlu adanya petunjuk arah menuju lokasi Destinasi wisata Pantai Amahusu
5	Perlu adanya perbaikan prasarana jalan karena akses jalan menuju Destinasi Wisata Pantai Amahusu terdapat beberapa titik yang mengalami kerusakan sehingga mengganggu perjalanan wisatawan
6	Perlu adanya papan informasi yang berisikan segala informasi mengenai Destinasi Wisata Pantai Amahusu
7	Perlu adanya layanan tambahan yakni <i>Tourist Information Center</i> sebagai <i>travel advice and support</i> yang berperan dalam menyampaikan informasi yang terkait dengan pariwisata di Destinasi Wisata Pantai Amahusu, memberikan edukasi wisatawan tentang nilai-nilai kearifan lokal dan adat istiadat yang berlaku di Negeri Amahusu serta <i>Tourist Information Center</i> juga menjadi pusat informasi Destinasi Wisata Pantai Amahusu. Selain itu perlu adanya penyediaan <i>diving center</i> & peralatannya karena Destinasi Wisata Pantai Amahusu juga merupakan lokasi yang digunakan untuk <i>diving</i> .
8	Perlu adanya kerja sama antara pihak pengelola dengan pihak pemerintah dalam mempromosikan Destinasi Wisata Pantai Amahusu misalnya melalui pembuatan akun media sosial yakni <i>intragram</i> atau <i>platform</i> lainnya, promosi melalui media online resmi milik pemerintah, dan juga mengemas cara promosi supaya lebih atraktif misalnya dengan pembuatan <i>website</i> Destinasi Wisata Pantai Amahusu.
9	Meningkatkan posisi dan peran masyarakat lokal sebagai pelaku penting dan tuan rumah dalam pembangunan pariwisata dengan membentuk lembaga kemasyarakatan berupa POKDARWIS guna memperkenalkan, melestarikan, dan memanfaatkan potensi daya tarik wisata yang ada
10	Pembinaan oleh Dinas Pariwisata kepada masyarakat Negeri Amahusu yang terlibat dalam pengelolaan Destinasi Wisata Pantai Amahusu yang berkelanjutan melalui sosialisasi tentang peran dan fungsi kelompok sadar wisata berdasarkan pedoman dalam Permen Kebudayaan dan Pariwisata No.PM.04/UM.001/MKP/08 hingga masyarakat termotivasi dan terbuka mindset nya tentang peran pokdarwis dalam pengelolaan pariwisata.
11	Memberikan edukasi atau training kepada masyarakat lokal supaya pengetahuan tentang pariwisata menjadi lebih baik. Misalnya dengan melakukan pelatihan-pelatihan terkait pengelolaan Destinasi Wisata sehingga dapat menjadi peluang untuk menambah penghasilan masarakat lokal.
12	Perlu adanya peningkatan keamanan di Destinasi Wisata Pantai Amahusu misalnya dengan adanya petugas keamanan
No	Pariwisata Berkelanjutan (<i>lingkungan, Sosial Budaya, Ekonomi</i>)

1	Meningkatkan pengalaman dan keterampilan sumber daya masyarakat lokal dalam upaya mendukung pengelolaan pariwisata yang berkelanjutan misalnya menjadikan budaya yang ada di Negeri Amahusu sebagai salah satu daya tarik yang dapat di perkenalkan ke wisatawan dan melakukan serta mengikutsertakan SDM masyarakat Negeri Amahusu dalam <i>event-event</i> yang berhubungan dengan pariwisata.
2	Peningkatan peluang kerja masyarakat dalam bentuk kegiatan oprasional pariwisata di Destinasi Wisata Pantai Amahusu seperti jasa petugas kebersihan, jaga petugas ticketing, petugas parkir dan juga petugas keamanan

Sumber: Analisis Pribadi, 2024

b. Destinasi wisata pantai batu *capeo*

Tabel 2. Arahan Pengembangan Destinasi Wisata Pantai Batu *Capeo*

No	4A (<i>Atracction, Accesibility, Amenity, Ancillary</i>)
1	Perlu adanya peningkatan peran pemerintah dalam mengembangkan dan mempromosikan Destinasi Wisata Pantai Batu <i>Capeo</i>
2	Menjadikan kekhasan daya tarik budaya di lokasi wisata sebagai daya tarik yang dapat diperkenalkan bagi wisatawan misalnya Membuat strategi branding dengan menonjolkan karakteristik dan potensi utama dari kawasan Destinasi Wisata Pantai Batu <i>Capeo</i> yakni dari sisi Sejarah/legenda dan upacara adat dan kegiatan keagamaan dari umat Hindu yang menjadi potensi budaya di Destinasi Wisata Pantai Batu <i>Capeo</i> .
3	Perlu adanya penambahan ketersediaan amenitas Destinasi Wisata Pantai Amahusu yakni perlu disediakan yaitu penyediaan toilet, penyediaan tempat sampah, penyediaan jaringan air bersih, penyediaan toko <i>souvenir</i> , , fasilitas penerangan dan penyediaan lahan parkir.
4	Perlu adanya rencana pengembangan dan peremajaan terhadap fasilitas-fasilitas yang telah tersedia di Destinasi Wisata Pantai Batu <i>Capeo</i>
5	Perlu adanya penyediaan petunjuk arah untuk menuju ke tiap fasilitas yang ada yakni petunjuk arah lokasi tempat makan, petunjuk arah lokasi area parkir kendaraan roda dua dan empat , petunjuk arah lokasi toko <i>souvenir</i> , petunjuk arah lokasi kuliner, petunjuk arah lokasi fasilitas umum seperti TIC, toilet umum,spot foto,dan penginapan. Selain itu perlu adanya penyediaan <i>snorkling center</i> & peralatannya karena Destinasi Wisata Pantai Batu <i>Capeo</i> juga merupakan lokasi yang digunakan untuk <i>snorkling</i> .
6	Perlu adanya peningkatan keamanan di Destinasi Wisata Pantai Amahusu misalnya dengan adanya petugas keamanan
7	Pembinaan oleh Dinas Pariwisata kepada masyarakat Negeri Amahusu yang terlibat dalam pengelolaan Destinasi Wisata Pantai Batu <i>Capeo</i> yang berkelanjutan melalui sosialisasi tentang peran dan fungsi kelompok sadar wisata berdasarkan pedoman dalam Permen Kebudayaan dan Pariwisata No.PM.04/UM.001/MKP/08 hingga masyarakat termotivasi dan terbuka mindset nya tentang peran pokdarwis dalam pengelolaan pariwisata.
8	Perlu adanya kerja sama antara pihak pengelola dengan pihak pemerintah dalam mempromosikan Destinasi Wisata Pantai Batu <i>Capeo</i> misalnya melalui pembuatan akun media sosial yakni instragram atau <i>platform</i> lainnya , promosi melalui media online resmi milik pemerintah, dan juga mengemas cara promosi supaya lebih atraktif misalnya dengan pembuatan website Destinasi Wisata Pantai Batu <i>Capeo</i>
9	Perlu adanya peningkatan keamanan di Destinasi Wisata Pantai Batu <i>Capeo</i> misalnya dengan adanya petugas keamanan
No	Pariwisata Berkelanjutan (<i>lingkungan, Sosial Budaya, Ekonomi</i>)
1	Perlu adanya peran serta perhatian dari pemerintah selaku pengelola terkait pengadaan serta perawatan dan pemeliharaan tanaman pantai misalnya penanaman kawasan hutan bakau atau mangrove , memberi himbauan serta peraturan tertulis

	mengenai kegiatan pengerukan pasir di kawasan Destinasi Wisata Pantai Batu <i>Capeo</i> agar kelestarian lingkungan pantai selalu terjaga dari bencana abrasi.
2	Perlu adanya peningkatan kreatifitas dan keterampilan masyarakat melalui pelatihan dan pendampingan untuk menghasilkan produk yang inovatif dengan bahan baku lokal seperti hasil kerajinan (<i>souvenir</i>) , , makanan khas , pembuatan kaos, pameran-pameran budaya.
3	Peningkatan peluang kerja masyarakat dalam bentuk kegiatan oprasional pariwisata di Destinasi Wisata Pantai Batu <i>Capeo</i> seperti jasa petugas kebersihan, jaga petugas ticketing, petugas parkir dan juga petugas keamanan
4	Perlu adanya penyediaan fasilitas tempat usaha bagi masyarakat lokal

Sumber: Analisis Pribadi, 2024

c. Destinasi wisata sanggar booyratan

Tabel 3. Arahan Pengembangan Destinasi Wisata Sanggar Booyratan

No	Strategi Pengembangan
1	Menjadikan paket wisata terpadu dengan mengembangka ragam produk wisata berbasis kesenian, seperti <i>workshop</i> tarian, pelatihan musik tradisional, dan pembuatan kerajinan lokal. Ini dapat meningkatkan daya tarik dan memberikan pengalaman yang lebih komprehensif bagi wisatawan
2	Peningkatan kreatifitas dan keterampilan dalam meningkatkan perekonomian misalnya dengan meghasilkan produk yang inovatif seperti hasil kerajinan kesenian (<i>souvenir</i>), aksesoris yang bertemakan kesenian, produksi alat musik tradisional, pembuatan kaos.
3	Perlu adanya pembuatan media sosial, website atau <i>platform online</i> lainnya sebagai media promosi Sanggar Boyratan , juga dapat meningkatkan kerja sama dengan Pemerintah Negeri, Dinas Pariwisata maupun Lembaga Kebudayaan untuk mendapat dukungan dalam hal pendanaan dan promosi.

Sumber: Analisis Pribadi, 2024

d. Destinasi wisata AUKC

Tabel 4. Arahan Pengembangan Destinasi Wisata AUKC

No	Strategi Pengembangan
1	Perlu adanya penyediaan gedung latihan bagi <i>Amboina Ukulele Kids Community</i> beserta fasilitas yang ada didalamnya yakni tempat penyimpanan alat musik, fasilitas persampahan, fasilitas toilet, jaringan air bersih serta penyediaan lahan parkir yang memadai.
2	Perlu adanya kolaborasi antara <i>Amboina Ukulele Kids Community</i> dengan destinasi-destinasi wisata lainnya di Negeri Amahusu dalam hal pelestarian budaya misalnya pengadaan event-event mingguan di Destinasi Wisata yang menampilkan pertunjukan musik tradisional ukulele serta pameran kerajinan lokal.
3	Peningkatan kreatifitas dan keterampilan dalam meningkatkan perekonomian misalnya dengan meghasilkan produk yang inovatif seperti hasil kerajinan kesenian (<i>souvenir</i>), aksesoris yang bertemakan alat musik tradisional ukulele, produksi alat musik tradisional ukulele , pembuatan kaos.

Sumber: Analisis Pribadi, 2024

e. Destinasi wisata hutan musik

Tabel 5. Arahan Pengembangan Destinasi Wisata Hutan Musik

No	4A (<i>Atracction, Accesibility, Amenity, Ancillary</i>)
1	Perlu adanya rencana pengembangan dan peremajaan terhadap fasilitas-fasilitas yang telah tersedia seperti gazebo yang ada di Destinasi Wisata Hutan Musik

2	Perlu adanya perbaikan prasarana jalan karena akses jalan menuju Destinasi Wisata Hutan Musik terdapat beberapa titik yang mengalami kerusakan sehingga mengganggu perjalanan wisatawan dan juga perbaikan akses tangga menuju ke gazebo 2 dan gazebo 3 yang ada di Destinasi Wisata Hutan Musik sehingga fasilitas tersebut dapat terjangkau oleh wisatawan yang berkunjung.
3	Perlu adanya papan informasi yang berisikan segala informasi mengenai Destinasi Wisata Hutan Musik misalnya penyediaan informasi mengenai jam buka, biaya masuk, atraksi yang ditawarkan di Destinasi Wisata Hutan Musik serta penyediaan papan informasi mengenai tanaman-tanaman yang ada di Destinasi Wisata Hutan Musik serta informasi mengenai penggunaan tanaman tersebut bagi pembuatan alat musik tradisional Maluku.

No	Pariwisata Berkelanjutan (lingkungan, Sosial Budaya, Ekonomi)
1	Meningkatkan pengalaman dan keterampilan sumber daya masyarakat lokal dalam 53usic mendukung pengelolaan pariwisata yang berkelanjutan misalnya menjadikan budaya yang ada di Negeri Amahusu sebagai salah satu daya tarik yang dapat di perkenalkan ke wisatawan dan melakukan serta mengikutsertakan SDM masyarakat Negeri Amahusu dalam <i>event-event</i> yang berhubungan dengan pariwisata dalam hal ini Destinasi Wisata Hutan Musik dapat berkolaborasi dengan Sanggar Boyrataan dan <i>Amboina Ukulele Kids Community</i>
2	Perlu adanya peningkatan kreatifitas dan keterampilan masyarakat melalui pelatihan dan pendampingan untuk menghasilkan produk yang inovatif dengan bahan baku lokal selain alat musik tradisional yakni seperti hasil kerajinan (<i>souvenir</i>) berbasis kesenian, makanan khas seperti wajik dan sagu gula dimana wisatawan juga dapat langsung melihat proses pembakaran sagu, pembuatan kaos, pameran-pameran budaya seni.

Sumber: Analisis Pribadi, 2024

4. SIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan dapat ditarik Kesimpulan yaitu , Negeri Amahusu memiliki daya tarik wisata alam yakni Destinasi Wisata Pantai Amahusu, Destinasi Wisata Pantai Batu *Capeo*, dan Destinasi Wisata Hutan Musik. Serta Negeri Amahusu juga memiliki daya tarik wisata buatan dalam hal ini wisata musik yakni Destinasi Wisata Sanggar Booyrataan dan Destinasi Wisata *Amboina Ukulele Kids Community*. Jika ditinjau berdasarkan kondisi eksistingnya, daya tarik wisata yang ada di Negeri Amahusu masih memiliki kekurangan dari berbagai aspek yaitu berdasarkan komponen 4A maupun komponen pariwisata berkelanjutan. Untuk itu Arahan pengembangan Destinasi Wisata di Negeri Amahusu diarahkan berdasarkan hasil analisa kondisi eksisting dan hasil analisa triangulasi diantaranya berdasarkan komponen 4A, dan Pariwisata Berkelanjutan yang kemudian disusun menjadi sebuah Arahan pengembangan kedepan Destinasi Wisata Negeri Amahusu.

DAFTAR PUSTAKA

- H.E, Atmaja, S. Ratnawati, (2020). "Pengembangan Pariwisata Melalui Integrasi Perencanaan Sumber Daya Manusia Dengan Perencanaan Strategik Pada Jepara Ourland Park". *Jurnal Jendel Inovasi Daerah*, 3(1), 49-69.
- Aprilia Ika Niluh, Kanom, Cardias Riandy Esa (2023). "Strategi Pengembangan Pariwisata Berbasis Masyarakat Melalui Kearifan Lokal Di Desa Patoman, Banyuwangi." *Jurnal Sabbhata Yatra, Jurnal Pariwisata Dan Budaya*, 4(2), 79-90
- Adrah H Merry Dan Mekel Rahel (2024). "Strategi Pengembangan Objek Wisata Raeway Hills di Desa Airmadidi Minahasa Utara." *Jurnal Hospitality*, 3(1)
- Nariswari P.k, Akiriningsih Titik, Dan Budiningtyas S. Erna (2023). "Penerapan Komponen Pariwisata Dalam Upaya Meningkatkan Daya Tarik Wisata Di kampung Batik Kauman Surakarta." *Jurnal Pariwisata Dan Budaya*, 4(2), 210-225.
- R.F.,Osini. I.R.W Kusuma. D.A. Suryawati. (2019). "Strategi Pengembangan Objek Wisata Kampung

- Tradisional Bena Kabupaten Ngada-Flores Nusa Tenggara Timur (NTT).” *Jurnal Ekonomi Dan Pariwisata*, 14(1).
- Ramdhani. A.M. & Andriana.A.N. (2023). “Strategi Pengembangan Daya Tarik Wisata Pantai Biru Kersik Dalam Meningkatkan Minat Kunjungan Wisatawan Menggunakan Analisis SWOT.” *Management Studies and Entrepreneurship Journal*, 4(5), 6674-668.
- E. Rusvitasari. & A. Solikhin. (2014). “Strategi Pengembangan Wisata Alam dalam Meningkatkan Kunjungan Wisatawan Di Objek Wisata Umbul Sidomukti Bandung Semarang.” *Journal Priwisata Indonesia*, 10(1), 1-23
- F.A. Rahman , M.D.A.M.U. Wahyudin, R.D. Dienputra, Dan U.C. Rachman (2021). “Strategi Pengembangan Pariwisata Berkelanjutan Di Desa Samangki Kecamatan Simbang Kabupaten Maros.” *Jurnal Kajian Terapan Pariwisata*, 2(1), 1-9.
- Rencana Induk Pengembangan Pariwisata Kota Ambon(RIPPAR) Tahun 2021-2026
- Sihombing. S.B. (2022). “Strategi Pengembangan Objek Wisata Alam Pantai Paropo Kecamatan Silahisabungan Kabupaten Dairi”. *Jurnal Sains dan Teknologi*, 17(2), 106-117.
- Ady Santoso (2024). “Strategi Pengembangan Pariwisata Berbasis Seni Pertunjukan Di Kawasan Taman Arena Remaja Kota Jambi.” *Jurnal Pesona Pariwisata*, 3(1), 40-45.
- A.P Kurnianingtyas, Maidina Vickarohmila (2023). “Kajian Potensi Dan Stratgei Pengembangan Desa Wisata Jatirejo, Kecamatan Gunungpati, Kota Semarang”. *Jurnal Wilayah Dan Kota*, 9(1), 28-44.

PENGARUH ARANG CANGKANG BIJI PALA SEBAGAI PENGUAT KOMPOSIT TERHADAP PROPERTIS MATERIAL KAMPAS REM

Aprianti Arsyadin¹⁾, Arthur Y. Leiwakabessy²⁾, Antoni Simanjuntak³⁾

¹⁾S1 Teknik Mesin Fakultas Teknik, Universitas Pattimura
Email: apriantiii04@gmail.com

²⁾Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik Universitas Pattimura
Email: arthur.leiwakabessy@gmail.com

³⁾Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik Universitas Pattimura
Email: antoni.simanjuntak.s15@gmail.com

Abstrak Kampas rem merupakan komponen dalam sistem pengereman yang berfungsi untuk menghasilkan gaya gesek untuk memperlambat atau menghentikan laju putaran roda. Selama ini kampas rem berbasis asbestos banyak digunakan karena ketahanan gesekannya, namun penggunaannya menimbulkan risiko kesehatan serius seperti gangguan pernapasan sehingga perlu dikembangkan material alternatif yang lebih aman dan ramah lingkungan. Salah satu limbah yang berpotensi dimanfaatkan adalah cangkang biji pala, yang cukup melimpah di Maluku namun belum dimanfaatkan secara optimal. Permasalahan dalam penelitian ini adalah bagaimana pengaruh variasi komposisi arang cangkang biji pala sebagai bahan penguat terhadap sifat mekanik kampas rem, khususnya kekerasan dan laju keausan. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui nilai optimal kekerasan Rockwell dan laju keausan dari komposit kampas rem berbahan arang cangkang biji pala dengan campuran serbuk kuning, magnesium karbonat, dan resin polyester. Penelitian dilakukan dengan metode eksperimen. Spesimen dibuat melalui proses kompaksi dan sintering dengan variasi komposisi arang cangkang biji pala 35–55%. Selanjutnya, dilakukan pengujian keausan menggunakan tribometer pin on disc dan pengujian kekerasan menggunakan alat uji Rockwell. Hasil penelitian menunjukkan bahwa variasi komposisi berpengaruh signifikan terhadap sifat mekanik komposit. Komposisi terbaik diperoleh pada 50% arang cangkang biji pala, 20% serbuk kuning, 20% magnesium karbonat, dan 10% resin polyester dengan nilai laju keausan terendah sebesar $5,10 \times 10^{-8}$ g/mm²-detik serta kekerasan Rockwell seimbang antara HRF (94,1) dan HRB (64,78). Hal ini membuktikan bahwa arang cangkang biji pala berpotensi besar sebagai bahan penguat alternatif dalam pembuatan kampas rem non-asbestos.

Kata kunci: Arang Cangkang Biji Pala, Komposit Kampas Rem, Kekerasan Rockwell, Laju Keausan, Material Non-Asbestos.

1. PENDAHULUAN

Kampas rem memiliki peran penting dalam sistem pengereman, dengan beban kerja mencapai 90% dari komponen lainnya (Yudhanto et al., 2019). Terdapat dua jenis utama material kampas rem, yaitu asbestos dan non-asbestos. Asbestos telah lama digunakan, tetapi karena risiko kesehatan yang menyebabkan penyakit pernapasan yang serius, penggunaannya kini mulai ditinggalkan. Sebagai alternatif, berbagai bahan non asbestos mulai dikembangkan seperti bahan organik non asbestos (NAO), semi metalik dan keramik. Salah satu bahan alternatif yang berpotensi digunakan adalah cangkang biji pala.

Menurut Badan Pusat Statistik (BPS) Provinsi Maluku pada tahun 2017, luas areal perkebunan pala di Maluku mencapai 31.624 HA, dengan jumlah produksi sekitar 5.512,10

ton per tahun. Dari jumlah tersebut, limbah cangkang biji pala yang tidak dimanfaatkan diperkirakan sebesar 3,96% dari hasil panen (Lientje Kakerissa, 2020).

Meskipun cangkang pala cukup berlimpah di Maluku, penelitian mengenai penggunaannya sebagai bahan baku komposit, khususnya untuk aplikasi otomotif seperti kampas rem masih sangat terbatas.

Pembuatan komposit berdasarkan penelitian terdahulu dilakukan dengan tujuan mengetahui nilai dari sifat mekanik. Penggunaan serbuk dengan berbagai material berbeda menunjukkan potensi penggunaan bahan alami sebagai bahan komposit seperti, penggunaan serbuk kayu jati dan serbuk kuningan bermatriks resin epoxy dengan fraksi volume tertentu dapat meningkatkan nilai kekerasan dan laju keausan (Alamsyah & Gundara, 2021). Selain itu penelitian oleh (Widjanarko & Iman, 2020) mengenai karakteristik komposit partikel arang kayu akasia juga menunjukkan potensi sebagai bahan alternatif kampas rem non asbestos.

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan di atas, penulis tertarik untuk melakukan penelitian dengan judul **“Pengaruh Arang Cangkang Biji Pala Sebagai Penguat Komposit Terhadap Propertis Material Kampas Rem”** Penelitian ini dilakukan dengan mempertimbangkan optimasi komposisi dan variasi terhadap sifat mekanik yang dihasilkan.

2. METODE

A. Metode Pengumpulan Data

Penelitian ini menggunakan metode eksperimen dan merupakan penelitian deskriptif yaitu memaparkan secara jelas hasil eksperimen terhadap sejumlah benda uji. Penelitian ini diadakan untuk mengetahui pengaruh variasi komposisi arang cangkang biji pala berpenguat kuningan bermatriks polyester pada kampas rem serta mengetahui nilai kekerasan rockwell, dan laju keausan.

a. Analisis laju keausan

Nilai laju keausan dihitung menggunakan persamaan (Riduan & Suhardiman, 2019):

$$W = \frac{w_0 - w_1}{A \cdot t} \text{ (gram/mm}^2 \cdot \text{detik)} \quad (1)$$

Dimana :

W : nilai laju keausan (gr/detik.mm³)

w₀ : berat awal material sebelum pengausan (gr)

w₁ : berat akhir material setelah pengujian (gr)

A : luas pengausan (mm²)

t : waktu/lama pengausan (detik)

b. Analisis kekerasan rockwell

Nilai kekerasan diperoleh langsung dari alat uji Rockwell. Prinsip perhitungan mengikuti rumus (diakses pada tanggal 23 oktober 2025, dari <https://www.alatuji.com/article/detail/919/>)

$$HR = E - e \quad (2)$$

Dengan:

E : konstanta tergantung indenter

e : kedalaman penekanan (mm)

B. Variabel penelitian

Dalam penelitian ini yang merupakan variabel bebas adalah variasi komposisi campuran spesimen.

Tabel 1. Variasi Komposisi Kampas Rem

Kode Sampel	I	II	III	VI	V
Arang cangkang biji pala (%)	35	40	45	50	55
Kuningan (%)	35	30	25	20	15
Magnesium karbonat (%)	20	20	20	20	20
Resin polyester (%)	10	10	10	10	10

Sumber : Penelitian.

Dalam penelitian ini yang merupakan variabel terikat adalah kekerasan rockwell dan laju keausan.

1) Kekerasan Rockwell

$$y_1 = f(x) \quad (3)$$

Dimana :

y_1 = nilai optimal kekerasan rockwell

x = persentase komposisi material dalam komposit kampas rem.

2) Laju keausan

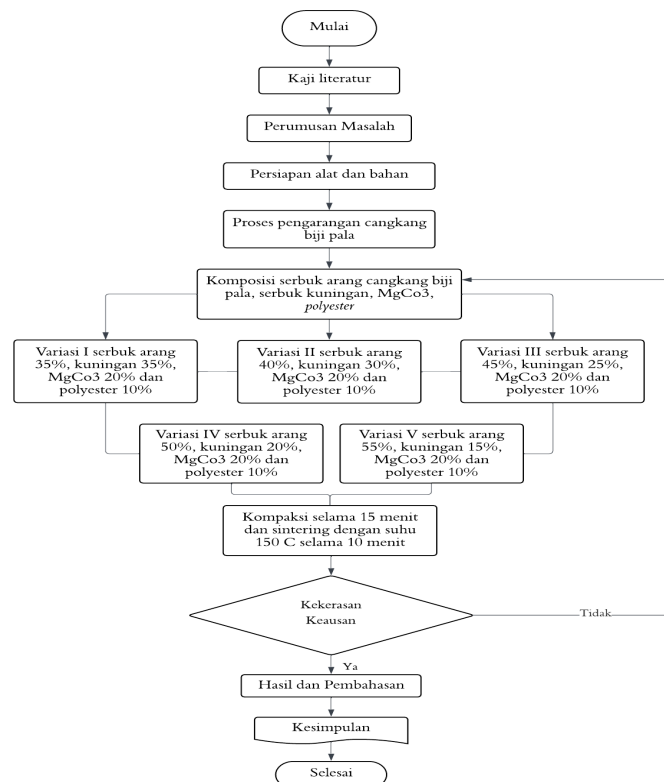
$$Y_2 = f(x) \quad (4)$$

Dimana:

Y_2 = nilai optimal laju keausan

x = persentase komposisi material dalam komposit kampas rem.

C. Alur Penelitian



Gambar 1. Diagram Alur Penelitian

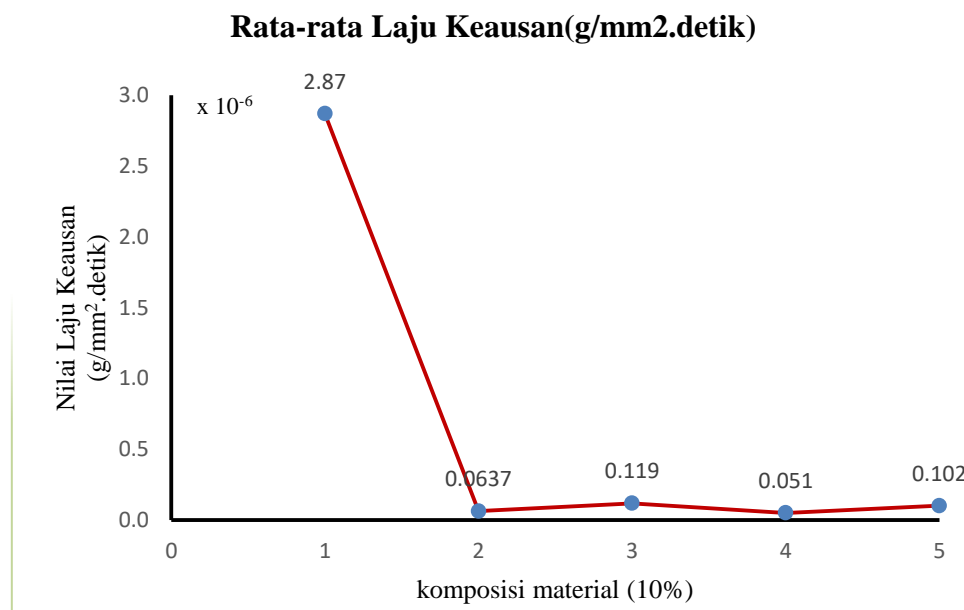
3. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Uji Laju Keausan

Tabel 2. Nilai Laju Keausan Rata-rata

No	Komposisi	Sampel 1	Sampel 2	Sampel 3	Sampel 4	Sampel 5	W (g/mm ² .detik)
1	Spesimen 1	$2,12 \times 10^{-8}$	$1,40 \times 10^{-5}$	$8,49 \times 10^{-8}$	$6,37 \times 10^{-8}$	$1,91 \times 10^{-7}$	$2,87 \times 10^{-6}$
2	Spesimen 2	$4,25 \times 10^{-8}$	$8,49 \times 10^{-8}$	$8,49 \times 10^{-8}$	$6,37 \times 10^{-8}$	$4,25 \times 10^{-8}$	$6,37 \times 10^{-8}$
3	Spesimen 3	$1,49 \times 10^{-7}$	$6,37 \times 10^{-8}$	$1,27 \times 10^{-7}$	$4,25 \times 10^{-8}$	$2,12 \times 10^{-7}$	$1,19 \times 10^{-7}$
4	Spesimen 4	$4,25 \times 10^{-8}$	$6,37 \times 10^{-8}$	$4,25 \times 10^{-8}$	$4,25 \times 10^{-8}$	$6,37 \times 10^{-8}$	$5,10 \times 10^{-8}$
5	Spesimen 5	$4,25 \times 10^{-8}$	$6,37 \times 10^{-8}$	$2,55 \times 10^{-7}$	$8,49 \times 10^{-8}$	$6,37 \times 10^{-8}$	$1,02 \times 10^{-7}$

Uji keausan dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui nilai keausan dari material yang dilakukan pengujian (Hidayattullah, 2023), diketahui bahwa bahan komposit ini digunakan sebagai alternatif pengganti bahan kampas rem konvensional. Nilai rata-rata yang diperoleh dari pengumpulan data 5 kali untuk setiap 5 variasi komposisi adalah data yang dihasilkan. Hal ini dilakukan untuk memperoleh pengukuran yang akurat. Hasil penelitian menunjukkan pengaruh pada setiap penguat, yang ditunjukkan pada gambar 1.



Gambar 1. Diagram Nilai Rata-rata Laju Keausan

Berdasarkan hasil pengujian laju keausan rata-rata, terdapat perbedaan signifikan pada ketahanan aus tiap spesimen. Spesimen 1 menunjukkan laju keausan tertinggi ($2,87 \times 10^{-6}$ g/mm².detik), sedangkan Spesimen 4 memiliki performa terbaik dengan nilai terendah ($5,10 \times 10^{-8}$ g/mm².detik). Spesimen 2 juga sangat baik dengan nilai $6,37 \times 10^{-8}$ g/mm².detik, mendekati Spesimen 4. Spesimen 3 dan 5 masih tergolong cukup baik dengan nilai keausan masing-masing $1,19 \times 10^{-7}$ dan $1,02 \times 10^{-7}$ g/mm².detik. Hasil ini menunjukkan bahwa arang cangkang biji pala memengaruhi ketahanan aus: jumlah berlebih meningkatkan keausan karena sifatnya yang rapuh dan berongga, sedangkan pada kadar sekitar 50% diperoleh kinerja optimal. Selain itu, penggunaan serbuk kuning 20% terbukti paling efektif meningkatkan ketahanan aus, sedangkan jumlah lebih tinggi justru menurunkan performa akibat ketidakseimbangan komposisi.

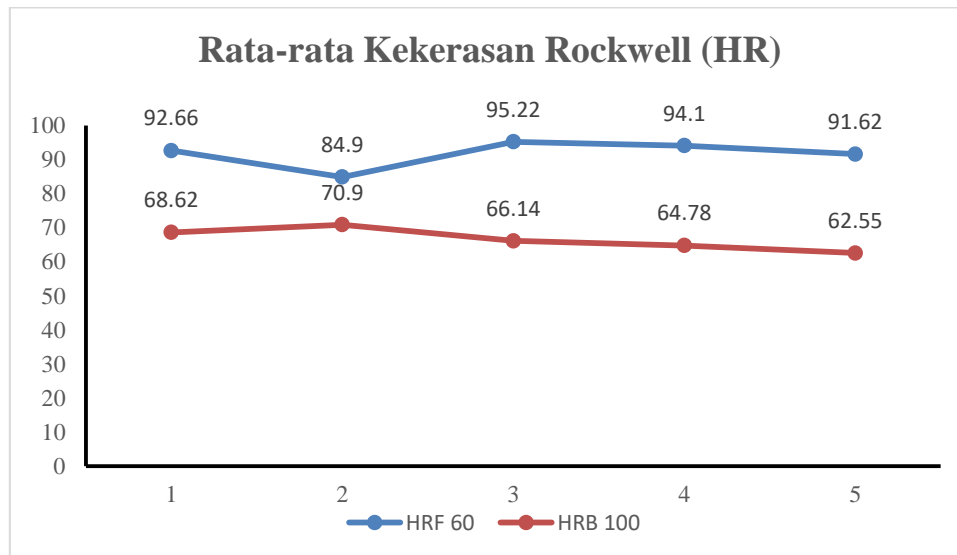
B. Uji Kekerasan Rockwell

Dalam penelitian ini, uji kekerasan menggunakan dua skala beban berbeda, yaitu HRF dengan beban 60 kgf dan HRB dengan beban 100 kgf.

Tabel 3. Tabel Nilai Rata-rata Kekerasan Rockwell (HR)

Spesimen	Nilai Rata-Rata Kekerasan Rockwell	
	HRF 60	HRB 100
1	92,66	68,62
2	84,9	70,9
3	95,22	66,14
4	94,1	64,78
5	91,62	62,55

Dari hasil uji kekerasan didapatkan nilai rata-rata pengujian untuk setiap spesimen yang terdapat pada tabel akan dimasukkan ke diagram pada gambar 2 berikut:



Gambar 2. Grafik Nilai Rata-rata Kekerasan Rockwell

Hasil pengujian kekerasan menunjukkan bahwa pada beban 60 kgf, spesimen 2 (40% arang, 30% kuningan, 20% MgCO₃) memiliki nilai tertinggi 70.9 HRF, sedangkan spesimen 5 (55% arang, 15% kuningan, 20% MgCO₃) terendah 62.55 HRF. Pada beban 100 kgf, spesimen 3 (45% arang, 25% kuningan, 20% MgCO₃) menghasilkan kekerasan tertinggi 95.22 HRB, sementara spesimen 2 justru terendah 84.9 HRB. Perbedaan HRF dan HRB dipengaruhi oleh respon material terhadap tekanan uji, di mana peningkatan fraksi arang menurunkan HRB karena sifat rapuh dan berpori. Kekerasan optimal tercapai pada komposisi seimbang arang dan kuningan. Spesimen 5 bahkan mengalami patah pada beban 100 kgf akibat dominasi arang yang membuat struktur rapuh dan minim dukungan logam.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan pengujian laju keausan dan kekerasan Rockwell, variasi komposisi bahan penyusun kampas rem terbukti berpengaruh signifikan terhadap sifat mekaniknya. Spesimen 4 (50% arang, 20% kuningan) menunjukkan performa terbaik dengan laju keausan terendah

($5,10 \times 10^{-8}$ g/mm²·detik) sekaligus kekerasan yang stabil, menandakan adanya keseimbangan optimal antara bahan alami dan logam. Sebaliknya, Spesimen 1 (35% arang, 35% kuningan) memiliki laju keausan tertinggi ($2,87 \times 10^{-6}$ g/mm²·detik), sehingga paling cepat aus. Kandungan arang yang berlebih menurunkan ketahanan karena sifatnya berpori dan rapuh. Pada uji kekerasan, Spesimen 3 unggul pada beban 60 kgf (95,22 HRF), sedangkan Spesimen 2 tertinggi pada beban 100 kgf (70,9 HRB). Penurunan HRB seiring bertambahnya arang menunjukkan pengaruh sifat rapuh arang terhadap daya tahan. Secara keseluruhan, Spesimen 4 dinilai sebagai komposisi terbaik karena mampu menggabungkan ketahanan aus tinggi dengan kekerasan yang seimbang, sehingga berpotensi sebagai material alternatif kampas rem.

DAFTAR PUSTAKA

- Alamsyah, M. H., & Gundara, G. (2021). Analisis Sifat Mekanik Komposit Bahan Kampas Rem Dengan Penguat Serbuk Kayu Jati Dan Serbuk Kuningan. *R.E.M. (Rekayasa Energi Manufaktur) Jurnal*, 5(1), 9–13. <https://doi.org/10.21070/r.e.m.v5i1.870>
- Hidayattullah, M. T. (2023). Analisa Pengujian Performa Kampas Rem Variasi Komposisi Campuran Cangkang Telur, Alumina, Logam Seng, Steel Fiber, Dan Grafit Dengan Perekat Resin Epoxy. *Journal Untirta*.
- Lientje Kakerissa, A. (2020). *PEMANFAATAN LIMBAH TEMPURUNG BIJI PALA SEBAGAI BAHAN BAKAR ALTERNATIF BRIKET ARANG BIOMASSA*.
- Riduan, M., & Suhardiman. (2019). analisis tingkat keausan komposit polymer yang diperkuat serbuk serabut kelapa sebagai. In *Seminar Nasional Industri dan Teknologi (SNIT)*.
- Widjanarko, D., & Iman, N. (2020). *Karakteristik Komposit Partikel Arang Kayu Akasia Bermatrik Epoxy Sebagai Salah Satu Alternatif Kampas Rem Non-Asbestos* (Vol. 22, Issue 1).
- Yudhanto, F., Dhewanto, S. A., & Yakti, S. W. (2019). KARAKTERISASI BAHAN KAMPAS REM SEPEDA MOTOR DARI KOMPOSIT SERBUK KAYU JATI. *Quantum Teknika : Jurnal Teknik Mesin Terapan*, 1(1). <https://doi.org/10.18196/jqt.010104>
- Alamsyah, M. H., & Gundara, G. (2021). Analisis Sifat Mekanik Komposit Bahan Kampas Rem Dengan Penguat Serbuk Kayu Jati Dan Serbuk Kuningan. *R.E.M. (Rekayasa Energi Manufaktur) Jurnal*, 5(1), 9–13. <https://doi.org/10.21070/r.e.m.v5i1.870>
- Bhernama Gita, B., & Nurhayati. (2022). *PEMANFAATAN LIMBAH CANGKANG BIJI PALA (Myristica fragransi) SEBAGAI MEMBRAN SELULOSA ASETAT*. 7 oktober 2022. https://repository.ar-raniry.ac.id/id/eprint/32497/1/57_9x-LAPORAN_AKHIR_UPLOAD_OK_-_Bhayu_Gita_Bhernama.pdf
- Charis, I. (2013). *Perbandingan Proses Hot Compacting Dan Cold Compacting Terhadap Distribusi Kekerasan Dan Porositas Powder Metallurgy Pada Bushing Duralumin*. <http://repository.ub.ac.id/id/eprint/142266>
- Doda, N., & Faturrahman. (2022). pengaruh abu cangkang biji pala sebagai Substitusi filler Terhadap campuran lapisan ac-wc. *Peradaban Sains, Rekayasa Dan Teknologi*, 10(1), 194–2017. https://download.garuda.kemdikbud.go.id/article.php?article=2822124&val=16461&title=PENGARUH_ABU_CANGKANG_PALA_SEBAGAI_SUBSTITUSI_FILLER_TERHADAP_CAMPURAN_LAPISAN_AC-WC
- Hidayattullah, M. T. (2023). Analisa Pengujian Performa Kampas Rem Variasi Komposisi Campuran Cangkang Telur, Alumina, Logam Seng, Steel Fiber, Dan Grafit Dengan Perekat Resin Epoxy. *Journal Untirta*.
- Muhamad, F. (2019). *pengaruh besar butiran aluminium silikon dan karbon sekam padi dengan menggunakan polyester bqtn 157 terhadap nilai pengujian kekerasan keausan dan koefisien gesek kampas rem*. <http://v2.eprints.ums.ac.id/archive/etd/78773/12/7>
- Nur Shodiq, F. (2020). *pengaruh serbuk serabut kelapa (SiO2) terhadap kekerasan permukaan dan koefisien gesek pada material resin epoxy dan serbuk serabut kelapa*. 62.
- Nurul Ihsan, M., Wicaksono, D., & Sehono, S. (2022). Uji Keausan Kampas Rem Berbahan Limbah Organik Menggunakan Metode Ogoshi. *Teknika STTKD: Jurnal Teknik, Elektronik, Engine*, 8(1), 92–96. <https://doi.org/10.56521/teknika.v8i1.559>

ANALISIS TINGKAT KERAWANAN TSUNAMI DI KECAMATAN TELUK ELPAPUTIH KABUPATEN MALUKU TENGAH

Evert R Sopacua¹⁾, Ferad Puturuhu²⁾, Hertine M. Kesaulya³⁾

¹⁾S1 Teknik Perencanaan Wilayah dan Kota, Fakultas Teknik, Universitas Pattimura

Email: ever.sopacua2002@gmail.com,

²⁾ Jurusan Budidaya Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Pattimura

Email: feradputuruhu@gmail.com,

³⁾ Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Pattimura

Email: hertkesaulya@gmail.com,

Abstrak Kecamatan Teluk Elpaputih berada pada daerah pesisir pantai selatan Kabupaten Maluku Tengah yang sebagian besar masyarakatnya bermukim dan beraktivitas di daerah pesisir yang memiliki potensi bencana tsunami dan sejarah bencana tsunami 1889 (Bahaya Seram). Penelitian ini bertujuan untuk Menganalisis tingkat kerawanan bencana tsunami di Kecamatan Teluk Elpaputih, Kabupaten Maluku Tengah. Metode analisis yang di gunakan dalam penelitian ini adalah metode Analisis Sistem Informasi Geografis (SIG). Dalam Penelitian ini menggunakan 8 parameter dalam menganalisis tingkat kerawanan tsunami yaitu jarak pantai dari sumber gempa, ketinggian daratan, kelerengan topografi, keterlindungan daratan, keberadaan pulau penghalang, morfologi garis pantai, dan jarak garis pantai. Hasil overlay 8 parameter diperoleh 3 kelas kerawanan yaitu tingkat kerawanan tinggi, tingkat kerawanan sedang, dan tingkat kerawanan rendah dengan skor maksimal 420 dan skor minimum 100 dengan rentang skor 106. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa daerah kerawanan tsunami tingkat tinggi di Kecamatan Teluk Elpaputih berada pada daerah selatan Kecamatan Teluk Elpaputih yang terletak di daerah pesisir Pantai dengan luasan 3429,01 Ha, daerah kerawanan tsunami tingkat sedang berada tepat di tengah-tengah daerah Kecamatan Teluk Elpaputih dengan jarak 500 – 1000 meter dari pantai serta berada di sekitaran daerah aliran Sungai dengan luasan 16526,30 Ha dan daerah kerawanan tsunami tingkat rendah berada pada daerah utara Kecamatan Teluk Elpaputih yang terletak di daerah pengunungan dengan luasan 40513,38 Ha.

Kata kunci: Bencana Alam, Bencana Tsunami, Tingkat Kerawanan Bencana Tsunami.

1. PENDAHULUAN

Secara geografis Indonesia merupakan negara kepulauan yang berada pada wilayah yang di apit oleh pertemuan lempengan tektonik dan terdapat barisan gunung api serta patahan-patahan gempa aktif. Kondisi geografis ini menyebabkan indonesia rawan terhadap bencana geologi seperti gempa bumi dan tsunami (Ahmad, 2011). Tsunami merupakan bencana alam yang menyebabkan kerugian baik berupa materi atau korban jiwa. Menurut Direktorat Vulkanologi dan Mitigasi Bencana Geologi (DVMBG) terdapat 28 wilayah di Indonesia yang termasuk wilayah rawan gempa bumi dan tsunami salah satunya yaitu Provinsi Maluku.

Berdasarkan peringatan yang di keluarkan oleh BMKG Pada Tanggal 19 Agustus 2024 BMKG Maluku memberikan peringatan waspada bagi wilayah maluku yang memiliki resiko tinggi dampak dari gempa bumi megathrust. Gempa bumi megathrust ini terletak pada laut banda yang dapat berpotensi memicu gempa yang cukup besar disertai dengan adanya tsunami. Wilayah di maluku yang berpotensi terdampak yaitu Ambon, Seram, Ternate dan Kepulauan Banda (BMKG, 2024).

Berdasarkan Rencana Tata Ruang Wilayah Kabupaten Maluku Tengah Tahun 2011 – 2031, Kabupaten Maluku Tengah yang berada di Provinsi Maluku merupakan daerah yang memiliki tingkat seismisitas yang tinggi dan merupakan wilayah yang di apit oleh pertemuan 3 lempeng benua dan samudera yang saling menabrak satu sama lain sehingga berpotensi untuk terjadinya gempa bumi dan tsunami. Kejadian tsunami yang pernah terjadi di Kabupaten Maluku Tengah yaitu di Kecamatan Teluk Elpaputih pada tahun 1899 yang juga dikenal dengan istilah “Bahaya Seram”. Bencana Tsunami yang terjadi di Kecamatan Teluk Elpaputih berdampak menenggelamkan sebagian besar wilayah Negeri Paulohy-Samasuru dan merenggut 2.400 nyawa serta berdampak pada beberapa desa di sekitarnya (Martin et al., 2022).

Kecamatan Teluk Elpaputih berada pada daerah pesisir pantai selatan Kabupaten Maluku Tengah yang sebagian besar masyarakatnya bermukim dan beraktivitas di daerah pesisir tersebut. Bencana tsunami yang sewaktu-waktu dapat terjadi akan menimbulkan dampak negatif seperti kerusakan infrastruktur fisik pendukung kegiatan sosial dan ekonomi serta kerusakan lingkungan yang mengganggu aktivitas sosial serta ekonomi Masyarakat dan mengancam kehidupan Masyarakat yang berada pada daerah rawan bencana tsunami. Berdasarkan catatan historis bencana dan potensi bencana Tsunami di Kecamatan Teluk Elpaputih maka di “**analisis tingkat kerawanan bencana tsunami di Kecamatan Teluk Elpaputih**”.

2. METODE PENELITIAN

A. Metode Penelitian

Dalam tahapan metode analisis akan dijelaskan metode yang digunakan dalam menjawab tujuan penelitian:

- a. Analisis Sistem Informasi Geografis (SIG), digunakan untuk menganalisis tingkat kerawanan tsunami di Kecamatan Teluk Elpaputih. Analisis Tingkat kewaranan bencana tsunami terdiri dari beberapa tahap. Secara garis besar tahap-tahap yang digunakan dalam penelitian ini meliputi studi literatur, ekstraksi data, pembobotan terhadap beberapa parameter (tabel 1.) dan overlay peta rawan tsunami Kecamatan Teluk Elpaputih. Pembobotan parameter yang digunakan dalam penentuan daerah rawan tsunami sebagai berikut :

Tabel 1. Pembobotan dan skor parameter kerawanan tsunami.

Parameter	Klasifikasi	Skor	Bobot	Total Skor
Jarak Pantai Dari Sumber Gempa (Km)	0 – 150	3		30
	151 – 260	2	10	20
	> 260	1		10
Ketinggian Daratan (m)	0 – 5	5		75
	6 – 10	4		60
	11 – 15	3	15	45
	16 – 20	2		30
	> 20	1		15
Kemiringan Lereng (%)	0 – 2	6		60
	2 – 6	5		50
	6 – 13	4	10	40
	13 – 20	3		30
	20 – 55	2		20
Jarak Dari Sungai (m)	> 55	1		10
	0 – 450	6		60
	451 – 900	5		50
	901 – 1350	4	10	40
	1351 – 1800	3		30
	1801 – 2250	2		20
	> 2250	1		10

Keterlindungan Daratan	Terbuka/Tidak terlindung	3	15	45
	Terlindung	1		15
Keberadaan Pulau	Tidak ada	3	10	30
	Ada dengan ukuran kecil	2		20
Penghalang	Ada dengan ukuran besar	1	10	10
Morfologi Garis Pantai	Pantai berteluk	2		20
	Pantai tidak berteluk	1	20	10
	< 556	5		100
	557 – 1.400	4		80
Jarak Dari Garis Pantai (m)	1.401 – 2.404	3		60
	2.405 – 3.528	2		40
	> 3.528	1	20	

Sumber : (Sidik et al., 2022)

B. Variabel dan Indikator Penelitian

Variabel dan indikator penelitian meliputi variable-variabel dan indikator yang berkaitan dengan aspek aspek kerawanan bencana tsunami (tabel 2.).

Tabel 2. Variabel dan Indikator Penelitian

Variabel	Indikator	Parameter	Sumber/Referensi
Kerawanan Bencana Tsunami	Tingkat Kerawanan	• Jarak Pantai Dari Sumber Gempa (Km)	• (Sidik et al., 2022)
	Bencana Tsunami	• Ketinggian Daratan (m) • Kemiringan Lereng (%) • Jarak dari Sungai (m) • Keterlindungan Daratan • Keberadaan Pulau Penghalang • Morfologi Garis Pantai • Jarak Dari Garis Pantai (m)	

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Analisis Parameter Tingkat Kerawanan Bencana Tsunami

Untuk menjawab tujuan pada penelitian ini yaitu menganalisis tingkat kerawanan bencana tsunami di Kecamatan Teluk Elpaputih peneliti menggunakan 8 parameter tingkat kerawanan tsunami sebagai berikut.

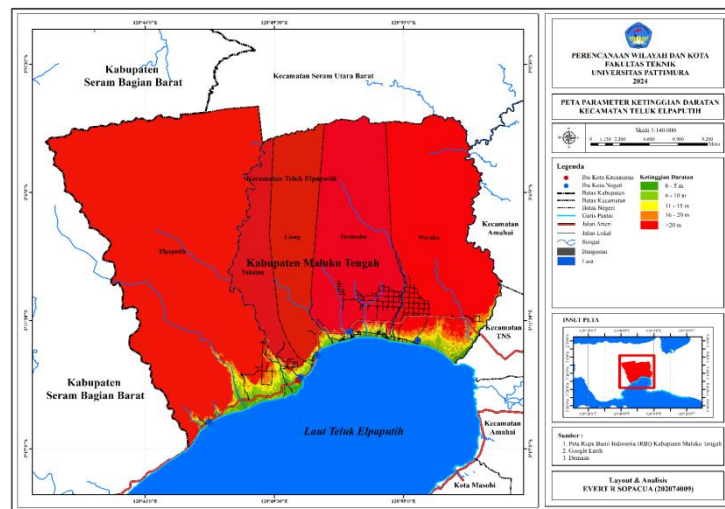
a. Jarak Pantai Dari Sumber Gempa

Wilayah Kecamatan Teluk Elpaputih Berdasarkan data titik gempa tahun 2019 – 2023 dari BMKG Stasiun Geofisika Ambon titik gempa yang ada di sekitaran teluk elpaputih terdapat 17 titik gempa dengan kekuatan 1,4 – 4,5 magnitudo. 17 titik gempa yang berada di Kecamatan Teluk Elpaputih masuk dalam kelas 0 – 150 km jarak titik gempa ke pantai sehingga Kecamatan Teluk Elpaputih merupakan daerah yang sangat rawat bencana tsunami. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada gambar 4.16 peta jarak titik gempa ke pantai. Banyaknya titik gempa di Kecamatan Teluk Elpaputih disebabkan karena posisi Kecamatan Teluk Elpaputih berada pada wilayah pertemuan lempeng dan jalur-jalur patahan yang sangat rentang untuk terjadinya gempa dan tsunami. Apabila terjadi tsunami di Kecamatan Teluk Elpaputih, maka tsunami yang terjadi termasuk jenis tsunami lokal karena mempunyai jarak tempuh yang sangat pendek dan tiba dalam hitungan menit dari pusat gempa di laut.

b. Ketinggian Daratan

Ketinggian daratan di Kecamatan Teluk Elpaputih terdapat semua kelas ketinggian daratan. Kelas ketinggian daratan yang mendominasi wilayah Kecamatan Teluk Elpaputih yaitu kelas ketinggian daratan >20 m dengan 93,65% dari wilayah Kecamatan Teluk

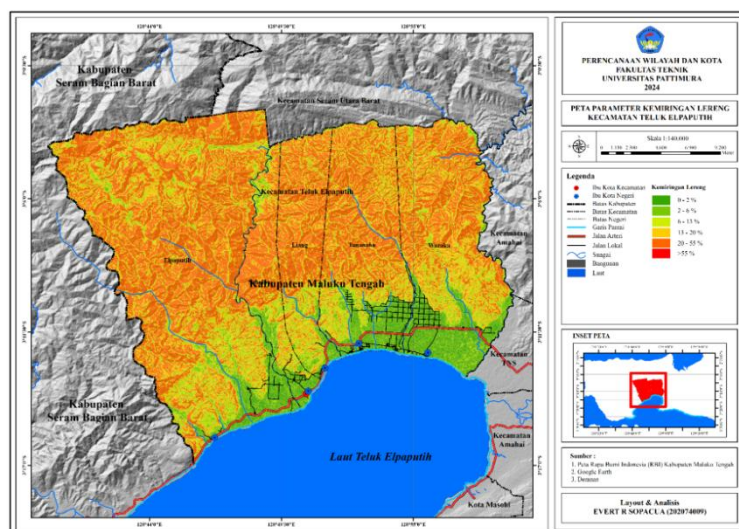
Elpaputih. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat gambar 1. peta ketinggian daratan.



Gambar 1. Peta ketinggian daratan.
(Sumber : Hasil Analisis Arcgis 2024)

c. Kemiringan Lereng

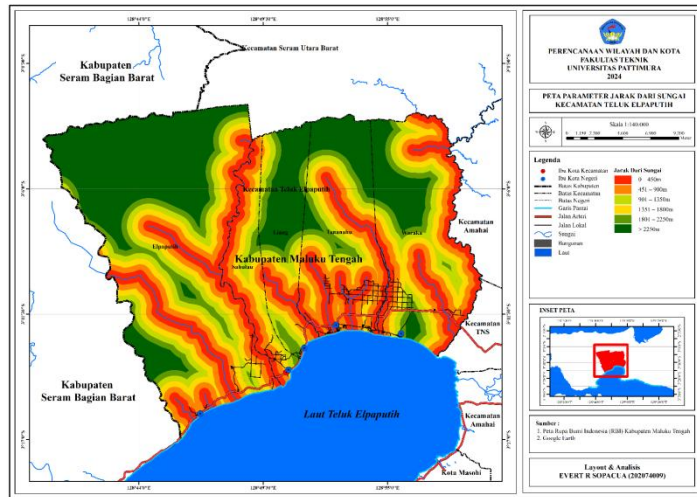
Kemiringan lereng di Kecamatan Teluk Elpaputih sangat bervariasi. Kemiringan lereng Kecamatan Teluk Elpaputih didominasi oleh kemiringan lereng 20 – 55 % kategori kemiringan lereng sangat curam. Untuk kemiringan lereng dengan luas wilayah terendah yaitu kemiringan lereng >50% kategori kemiringan lereng sangat curam. Dapat disimpulkan bahwa dari kemiringan lereng Kecamatan Teluk Elpaputih memiliki banyak daerah-daerah yang terlindungi. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat gambar 2. peta kemiringan lereng.



Gambar 2. Peta kemiringan lereng
(Sumber : Hasil Analisis Arcgis 2024)

d. Jarak Dari Sungai

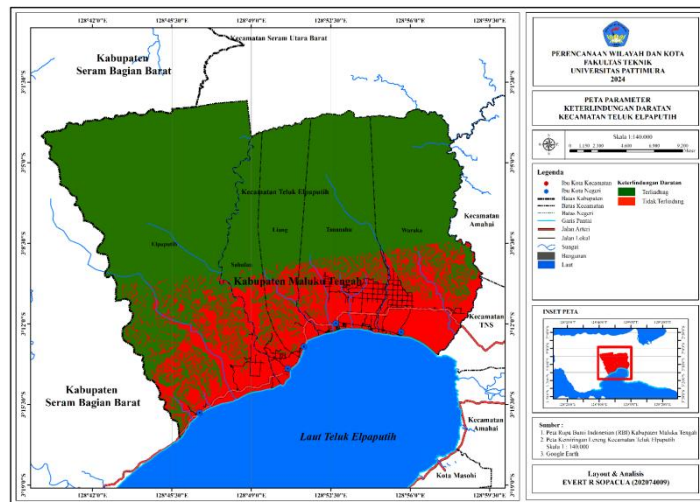
Kecamatan Teluk Elpaputih memiliki 9 sungai dengan 2 sungai kecil dan 7 sungai besar. Keberadaan banyak sungai di Kecamatan Teluk Elpaputih sangat mempengaruhi tingkat kerawanan tsunami. Kecamatan Teluk Elpaputih didominasi daerah jarak dari sungai >2250 m dengan luas 29% dan daerah jarak dari sungai 0 – 450 m dengan luas 18%. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada gambar 3. peta jarak dari sungai.



Gambar 3. Peta jarak dari sungai
(Sumber : Hasil Analisis Arcgis 2024)

e. Keterlindungan Daratan

Kecamatan Teluk Elpaputih memiliki 2 karakteristik keterlindungan daratan yaitu daratan terlindungi dan keterlindungan daratan yang tidak terlindungi. Kecamatan Teluk Elpaputih didominasi oleh keterlindungan daratan yang terlindungi dengan 79% dari luasan Kecamatan Teluk Elpaputih dan keterlindungan daratan yang tidak terlindungi dengan 21% dari luasan Kecamatan Teluk Elpaputih. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada gambar 4. peta keterlindungan daratan.



Gambar 4. Peta keterlindungan daratan
(Sumber : Hasil Analisis Arcgis 2024)

f. Keberadaan Pulau Penghalang

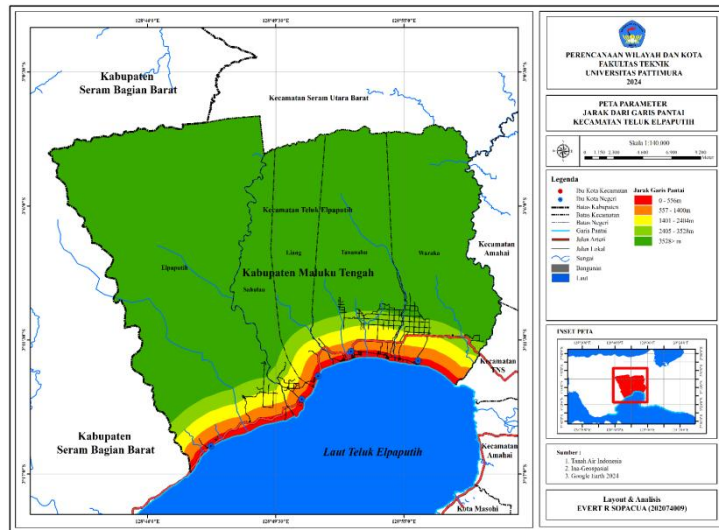
Kecamatan Teluk Elpaputih merupakan daerah yang tidak terlindung oleh pulau penghalang sehingga dapat disimpulkan bahwa wilayah kecamatan elpaputih sangat rawan terhadap bencana tsunami.

g. Morfologi Garis Pantai

Kecamatan Teluk Elpaputih dari segi morfologi garis pantai masuk dalam katagori morfologi garis pantai berteluk sehingga wilayah Kecamatan Teluk Elpaputih memiliki bentuk morfologi garis pantai yang sangat berpengaruh dalam tingkat kerawanan tsunami.

h. Jarak Dari Garis Pantai

Kecamatan Teluk Elpaputih di dominasi oleh 84% daerah dengan jarak pantai >3528 meter yang merupakan daerah aman tsunami sedangkan untuk daerah dengan luas terkecil yaitu 2% daerah dengan jarak pantai 0 – 556 meter yang merupakan daerah yang tidak aman. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada gambar 5. peta jarak dari pantai.



Gambar 5. Peta Jarak Dari Pantai
(Sumber : Hasil Analisis Arcgis 2024)

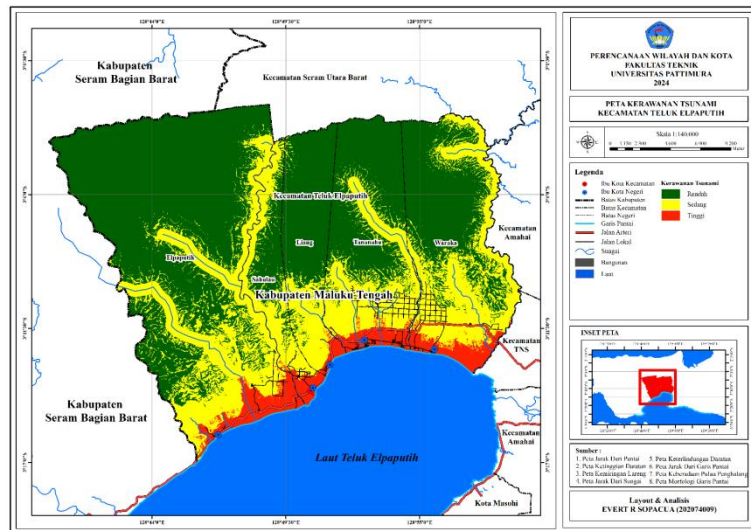
i. Tingkat Kerawanan Bencana Tsunami Kecamatan Teluk Elpaputih

Tingkat kerawanan bencana tsunami di Kecamatan Teluk Elpaputih terdiri dari 3 kelas yaitu tingkat kerawanan rendah, Tingkat kerawanan sedang dan Tingkat kerawanan tinggi. Tingkat kerawanan tsunami Kecamatan Teluk Elpaputih di dapatkan melalui hasil overlay 8 parameter yang di gunakan sehingga mendapatkan hasil seperti pada gambar 6. peta kerawanan tsunami. Daerah kerawanan tsunami tinggi terdapat pada daerah bagian selatan Kecamatan Teluk Elpaputih yang berada di pesisir dengan luasan 3429,01 Ha sedangkan daerah kerawanan tsunami rendah berada pada bagian utara Kecamatan Teluk Elpaputih yang berada di daerah pengunungan dengan luasan 40513,38 Ha. Detail luas dan persentase negeri dalam tingkat kerawanan bencana tsunami dapat dilihat pada Tabel 3. tingkat kerawanan bencana tsunami.

Tabel 3. Tingkat Kerawanan bencana tsunami

No	Negeri	Luas Tingkat Kerawanan (Ha)						Total Luas	
		Tinggi		Sedang		Rendah		Ha	%
		Ha	%	Ha	%	Ha	%		
1	Waraka	874,15	25,49	4282,66	25,91	7267,54	17,94	12424,35	20,55
2	Tananahu	712,91	20,79	3380,02	20,45	6260,34	15,45	10353,27	17,12
3	Liang	218,22	6,36	1363,83	8,25	4449,43	10,98	6031,48	9,97
4	Sahulau	383,20	11,18	1616,67	9,78	2135,62	5,27	4135,49	6,84
5	Elpaputih	1240,54	36,18	5883,11	35,60	20400,45	50,35	27524,10	45,52
Kec. Teluk Elpaputih		3429,01	100	16526,30	100	40513,38	100	60468,68	100

(Sumber : Hasil Analisis Arcgis 2024)



Gambar 6. Peta tingkat kerawanan bencana tsunami
(Sumber : Hasil Analisis Arcgis 2024)

4. SIMPULAN

Tingkat kerawanan bencana tsunami di Kecamatan Teluk Elpaputih terdiri atas 3 kelas yaitu tingkat kerawanan rendah, Tingkat kerawanan sedang dan Tingkat kerawanan tinggi. Daerah tingkat kerawanan tsunami tinggi terdapat pada daerah bagian selatan Kecamatan Teluk Elpaputih yang berada di pesisir. Untuk daerah tingkat kerawanan tsunami sedang berada tepat di Tengah-Tengah wilayah Kecamatan Teluk Elpaputih dengan jarak 500 – 1000 meter dari pantai dan berada di sekitaran daerah aliran Sungai. Sedangkan daerah kerawanan tsunami rendah berada pada bagian utara Kecamatan Teluk Elpaputih yang berada di daerah pengunungan. Untuk menciptakan ruang Kecamatan Teluk Elpaputih yang aman, nyaman, produktif dan berkelanjutan maka perlu adanya penelitian yang lebih lanjut mengenai arahan pemanfaatan ruang berbasis mitigasi bencana di Kecamatan Teluk Elpaputih.

DAFTAR PUSTAKA

- Ahmad, O. : (2011). Penataan Ruang Berbasis Mitigasi Bencana Kabupaten Kepulauan Mentawai. In Jurnal Penanggulangan Bencana (Vol. 2, Issue 1).
- DIREKTORAT VULKANOLOGI DAN MITIGASI BENCANA GEOLOGI. (n.d.). Gempabumi dan Tsunami.
- Martin, S. S., Cummins, P. R., & Meltzner, A. J. (2022). Gempa Nusantara: A Database Of 7380 Macroseismic Observations For 1200 Historical Earthquakes In Indonesia From 1546 To 1950. *Bulletin Of The Seismological Society Of America*, 112(6), 2958–2980. <https://doi.org/10.1785/0120220047>
- Peraturan Daerah Kabupaten Maluku Tengah Nomor 01 Tahun 2012 Tentang Rencana Tata Ruang Wilayah Kabupaten Maluku Tengah
- Sidik, V., Alfariji, M., & Nugroho, A. (2022). Analisis Kerawanan Tsunami Dalam Upaya Penyusunan Rencana Tata Kelola Dan Pengembangan Wilayah Di Geopark Nasional Karangsambung-Karangbolong Zona Selatan Tsunami Vulnerability Analysis In Efforts To Prepare Management And Regional Development Plans In The South Zone Of The Karanggulung-Karangbolong National Geopark. In *Ilmu Pengetahuan Dan Teknologi* (Vol. 5, Issue 1).
- Subardjo P & Ario R. (2015). Uji Kerawanan Terhadap Tsunami Dengan Sistem Informasi Geografis (Sig) Di Pesisir Kecamatan Kretek, Kabupaten Bantul, Yogyakarta. *Jurnal Kelautan Tropis*, 18, 82–97.

PENGARUH PELABUHAN SEBAGAI SIMPUL PERTUMBUHAN TERHADAP PENGEMBANGAN WILAYAH DI KOTA MASOHI (STUDI KASUS: PELABUHAN INA MARINA)

Wahyuni si'a Pattiiha¹⁾, Andiah Nurhaeny²⁾, Stevianus Titaley³⁾

¹⁾SI Program Studi PWK, Fakultas Teknik, Universitas Pattimura
E-mail: wahyunisiapattiiha27@gmail.com

²⁾Program Studi PWK, Fakultas Teknik, Universitas Pattimura
E-mail: andiah.nurhaeny@gmail.com

³⁾Program Studi PWK, Fakultas Teknik, Universitas Pattimura
E-mail: stevi74@yahoo.com

Abstrak Pelabuhan Ina Marina mempunyai fungsi untuk mendukung keinginan pengguna jasa kepelabuhan dalam rangka memperlancar kegiatan perdagangan. Dalam teori Core-Periphery memberikan gambaran dan menerangkan tentang perbedaan pembangunan, tetapi penekannya dari aspek keruangan. Jadi konsep teori ini sesuai dengan indeks aksesibilitas transportasi laut karena melihat dari segi keruangan atau jalur antar pulau-pulau. Pada penelitian ini corenya adalah kota Masohi, dan periperinya adalah Tehoru, Kobi dan Banda. Berdasarkan core-periperi yang sudah diketahui berdasarkan data kunjungan kapal pada pelabuhan Ina Marina, maka pertumbuhan ekonomi Kota Masohi dapat dilihat dari pertumbuhan ekonomi model solow. Penelitian ini dilakukan untuk Menilai tingkat aksesibilitas terhadap pertumbuhan ekonomi Kota Masohi sebagai wilayah pelabuhan pengumpul. Maka akan dilakukan analisis data dengan menggunakan metode tingkat aksesibilitas dan analisis regresi linier berganda dengan bantuan SPSS. Berdasarkan penelitian didapatkan Indeks aksesibilitas yang paling berpengaruh terhadap pertumbuhan ekonomi adalah waktu tempuh. Karena waktu tempuh menunjukkan tingkat aksesibilitas yang baik dilihat dari penggunaan kapal cepat pada pelabuhan Ina Marina. Tingkat Aksesibilitas berpengaruh signifikan terhadap pertumbuhan ekonomi Kota Masohi, menunjukkan bahwa aksesibilitas dan pertumbuhan ekonomi memiliki pengaruh yang searah, yaitu jika aksesibilitas mengalami perkembangan maka, pertumbuhan ekonomi akan mengalami peningkatan.

Kata Kunci : Tingkat Aksesibilitas, Pertumbuhan Ekonomi

1. PENDAHULUAN

Pelabuhan lokal/pengumpul di wilayah kabupaten Maluku Tengah yaitu Pelabuhan Ina Marina di ibu Kota kabupaten, tepatnya di kelurahan Ampera, Kecamatan Kota Masohi. Berdasarkan tinjauan Wilayah Perencanaan Kabupaten Maluku Tengah, sehubungan dengan pengembangan dan perkembangan wilayah perencanaan (BWP Masohi), didapatkan data bahwa tahun 2021 rata-rata pertumbuhan penduduk sebesar 2,13%.

Transportasi laut membawa dampak positif bagi suatu daerah, khususnya karena menjadi fasilitas penghubung dengan daerah lain untuk melakukan aktivitas perdagangan. Atas dasar inilah dapat dikatakan bahwa pelabuhan sebagai salah satu infrastruktur transportasi, dapat membangkitkan kegiatan perekonomian suatu wilayah karena merupakan bagian dari mata rantai dari sistem transportasi maupun logistik. Kinerja sektor pelabuhan dibutuhkan dalam mendukung kemampuan saing produsen baik pada pasar nasional dan internasional, mendistribusikan kedalam dengan efisien dan lebih general, selain itu juga mendukung keterpaduan dan integritas ekonomi nasional. Berdasarkan core-periperi yang sudah

diketahui berdasarkan data kunjungan kapal pada pelabuhan Ina Marina, maka pertumbuhan ekonomi Kota Masohi dapat dilihat pertumbuhan ekonomi model sollow.

Dengan adanya penghubung antara Core dan Peri-peri dan lainnya dapat menimbulkan terciptanya arus pergerakan barang, seperti barang konsumsi, bangunan dan bahan bakar yang dibutuhkan oleh masyarakat, namun masalah yang terjadi dari transportasi yang digunakan untuk ke pulau-pulau yang ada di Kota Masohi adalah mobil truk dan sering kali masalah harga yang berubah-ubah akibat kenaikan BBM. Selain itu masalah yang terjadi adalah keterlambatan barang masuk yang disebabkan karena kapal menyinggahi 2 sampai 3 pelabuhan yang lain sebelum ke pelabuhan Ina Marina

Berdasarkan penelitian Alif, dkk (2016) menjelaskan bahwa terhadap hubungan antara aksesibilitas terhadap tingkat perkembangan wilayah. Penelitian Feronika (2018) menjelaskan bahwa peran pelabuhan dapat meningkatkan indeks aksesibilitas dan perkembangan wilayah. Dan penelitian Marsus dkk (2020) yang menyatakan bahwa pembangunan sarana transportasi dalam hal ini aksesibilitas dapat memicu pertumbuhan ekonomi suatu wilayah.

Adapun tujuan dalam penelitian ini adalah: (1) Mengukur tingkat aksesibilitas Masohi ke pulau-pulau sekitar melalui transportasi laut.(2) Menilai pengaruh tingkat aksesibilitas terhadap pertumbuhan ekonomi Kota Masohi.

2. METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilaksanakan di Pelabuhan Ina Marina Kota Masohi. Pelabuhan lokal/pengumpulan di wilayah kabupaten Maluku Tengah yaitu Pelabuhan Ina Marina di ibu Kota kabupaten, tepatnya di Kelurahan Namaelo, Kecamatan Kota Masohi. Data sekunder, merupakan data yang langsung dikumpulkan oleh peneliti sebagai penunjang dari sumber pertama. Dapat juga dikatakan data yang tersusun dalam bentuk dokumen-dokumen. Data tersebut diperoleh dari literature-literatur penunjang seperti jurnal, artikel, dokumen-dokumen penting, laporan hasil penelitian, dan sebagainya dan sumber-sumber terpercaya lainnya. Jenis data meliputi Data sekunder meliputi kondisi wilayah Kota Masohi, Data Pelabuhan Ina Marina, Data Laporan Kunjungan Kapal, Dan Data BPS Maluku Tengah dalam Angka Tahun 2012-2022.

Metode analisis yang digunakan dalam Penelitian ini adalah metode Deskriptif Kuantitatif untuk mengukur tingkat aksesibilitas Masohi ke pulau-pulau sekitar melalui transportasi laut dan dan Deskriptif Statistik untuk Menilai pengaruh tingkat aksesibilitas terhadap pertumbuhan ekonomi Kota Masohi.

A. Analisis Tingkat Aksesibilitas

$$V_{ji} = TC_{kji} \cdot F_k$$

Keterangan:

V_{ji} = Aksesibilitas pelabuhan

i = Masohi

j = Tehoru, Kobi, Banda

TC_{kji} = Kapasitas Kapal

F_k = Waktu tempuh kapal ke pelabuhan i dan j

B. Pertumbuhan Eknomi Model Sollow

$$Y = K.L.A$$

Keterangan:

Y = Pertumbuhan Eknomi (PDRB)

K = Modal (Belanja Pemerintah

L = Tenaga Kerja

A = Teknologi (Akseibilitas)

C. Analisis Regresi Linier Berganda

Analisis regresi linier berganda untuk melihat Pengaruh tingkat akseibilitas terhadap pertumbuhan ekonomi. Metode analisis yang digunakan dalam penelitian ini adalah regresi linear berganda, dengan persamaan :

$$Y = a + b_1X_1 + b_2X_2 + b_3X_3 + e \dots\dots\dots (n)$$

Keterangan:

Y = Pertumbuhan Ekonomi (Y)

X1 = Modal

X2 = Tenaga Kerja

X3 = Akseibilitas

a = Konstanta

b = Koefisien regresi

e = Standard error

n = Tak Terhingga

a. Uji T

Uji t digunakan untuk menguji signifikansi hubungan antara variabel X dan variabel Y secara parsial dalam menerangkan variasi-variasi dependen (Ghozali, 2013).

b. Uji F

Uji F pada dasarnya menunjukkan apakah semua variabel bebas yang dimasukkan dalam model mempunyai pengaruh secara bersama-sama terhadap variabel terikat, (Ghozali, 2013).

c. Koefisien Determinasi (R^2)

Jika dalam uji empiris didapat nilai adjusted R^2 negatif, maka nilai *adjusted* R^2 dianggap bernilai nol. Secara matematis jika nilai $R^2 = 1$, maka *adjusted* $R^2 = R^2 = 1$, sedangkan jika nilai $R^2 = 0$, maka *adjusted* $R^2 = (1 - k)/(n-k)$. Jika $k > 1$, maka *adjusted* R^2 bernilai positif (Ghozali, 2013).

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Pertumbuhan Ekonomi berdasarkan Model Sollow

Model pertumbuhan yang dikemukakan oleh Solow ini menggambarkan suatu perekonomian suatu Negara dimana pertumbuhan outputnya merupakan hasil dari dua jenis input, yaitu modal dan tenaga kerja, Teknologi dalam penelitian ini diukur infrastruktur dengan indikator adalah akseibilitas. Akseibilitas merupakan bagian dari infrastruktur hasil kinerja pelabuhan yang berkaitan dengan teknologi. Pentingnya kemajuan teknologi dalam model pertumbuhan Solow adalah mengubah tenaga kerja menjadi tenaga kerja efektif dengan melihat kinerja pelabuhan berdasarkan indeks akseibilitas yang didapatkan.

Tahun	PDRB (Milyar Rupiah)	Modal (Milyar Rupiah)	Tenaga Kerja (Orang)	Infrastruktur (Tingkat Akseibilitas)
2012	4.404,35	129.429,94	144,15	0,68
2013	4.886,56	109.974,53	159,22	0,72
2014	5.920,28	205.979,01	100	0,86
2015	6.481,9	332.260,97	100	0,88
2016	7.036,81	332.200,23	100	0,83
2017	7.554,92	364.918,83	100	0,86
2018	8.093,70	345.096,71	148,10	0,81
2019	8.659,72	377.355,97	135,96	0,75
2020	8.725,17	344.865,05	149,61	0,64
2021	9.092,50	344.865,05	157,20	0,51

Gambar 1. Pertumbuhan Ekonomi dengan Model Sollow

B. Pengaruh Tingkat Aksesibilitas Terhadap Pertumbuhan Ekonomi Kota Masohi

Keterkaitan antar variabel dilakukan yakni untuk mengetahui pengaruh tingkat aksesibilitas terhadap pertumbuhan ekonomi Kota Masohi sebagai wilayah pelabuhan pengumpul dengan menggunakan program SPSS untuk mendapatkan model persamaan regresi linier berganda. Dalam analisa ini juga dilakukan pengujian pengaruh masing-masing variabel. Variabel – variabel tersebut tergolong atas 2 variabel yaitu:

- a. Variabel tidak bebas (Y) : PDRB Per Kapita
- b. Variabel bebas (X) Aksesibilitas
 - X1: Modal
 - X2: Tenaga Kerja
 - X3: Aksesibilitas

C. Pengaruh Modal Terhadap PDRB Perkapita

Bentuk model persamaan regresi yang dihasilkan untuk variabel-variabel tersebut adalah sebagai berikut:

$$Y = a + b1X1$$

Berdasarkan persamaan tersebut, maka persamaan untuk penelitian ini yaitu:

$$\text{PDRB Perkapita} = a + b1 \text{ Modal}$$

Regresi Linier Berganda	
Koefisien Determinasi	0,917
Persamaan Regresi	$Y = 0.53a + 0.539X1 + 0.314X2 + 0.162X3$
F Hitung	34.280
Sig	0.000
T Hitung	9.591
T Tabel	1.681
Sig. T	0.000
α	0,05

Hipotesis Diterima yang dimana nilai signifikan merupakan nilai kesalahan yang didapat peneliti dari hasil perhitungan statistik. Kriteria nilai sig yang digunakan dalam penelitian ini adalah > 0.05 (kurang dari 0.05), yang mana nilai 0.05 atau 5% merupakan nilai yang menjadi kriteria terhadap tingkat kesalahan dalam penelitian. Dari hasil uji yang dilakukan pada variabel modal yang memiliki pengaruh secara parsial terhadap terhadap PDRB di Kota Masohi, diketahui bahwa nilai sig yang didapatkan adalah 0.000 itu berarti nilai tingkat kesalahan dalam penelitian ini adalah 0%.

D. Pengaruh Tenaga Kerja terhadap PDRB Kota Masohi

Bentuk model persamaan regresi yang dihasilkan untuk variabel-variabel tersebut adalah sebagai berikut:

$$Y = a + b2X2$$

Berdasarkan persamaan tersebut, maka persamaan untuk penelitian ini yaitu:

$$\text{PDRB Kota Masohi} = a + b2 \text{ Tenaga Kerja}$$

Regresi Linier Berganda	
Koefisien Determinasi	0,917
Persamaan Regresi	$Y = 0.53a + 0.539X1 + 0.314X2 + 0.162X3$
F Hitung	34.280
Sig	0.000
T Hitung	2.676
T Tabel	1.681
Sig. T	0.005
α	0,05

Gambar 3. Item-item Analisis Regresi Linier Berganda

Hipotesis Diterima di mana nilai signifikan merupakan nilai kesalahan yang didapat peneliti dari hasil perhitungan statistik. Kriteria nilai sig yang digunakan dalam penelitian ini adalah > 0.05 (kurang dari 0.05), yang mana nilai 0.05 atau 5% merupakan nilai yang menjadi kriteria terhadap tingkat kesalahan dalam penelitian. Dari hasil uji yang dilakukan pada variabel tenaga kerja yang memiliki pengaruh secara parsial terhadap PDRB di Kota Masohi, diketahui bahwa nilai sig yang didapatkan adalah 0.005 itu berarti nilai tingkat kesalahan dalam penelitian ini adalah 0,5%.

E. Pengaruh Aksebilitas terhadap PDRB Kota Masohi

Bentuk model persamaan regresi yang dihasilkan untuk variabel-variabel tersebut adalah sebagai berikut:

$$Y = a + b_3X_3$$

Berdasarkan persamaan tersebut, maka persamaan untuk penelitian ini yaitu:

$$\text{PDRB Kota Masohi} = a + b_3 \text{ Aksebilitas}$$

Regresi Linier Berganda	
Koefisien Determinasi	0,917
Persamaan Regresi	$Y = 0.53a + 0.539X_1 + 0.314X_2 + 0.162X_3$
F Hitung	34,280
Sig	0,000
T Hitung	4,733
T Tabel	1,681
Sig. T	0,001
α	0,05

Gambar 4. Item-item Analisis Regresi Linier Berganda

Hipotesis Diterima yang dimana nilai signifikan merupakan nilai kesalahan yang didapat peneliti dari hasil perhitungan statistik. Kriteria nilai sig yang digunakan dalam penelitian ini adalah > 0.05 (kurang dari 0.05), yang mana nilai 0.05 atau 5% merupakan nilai yang menjadi kriteria terhadap tingkat kesalahan dalam penelitian. Dari hasil uji yang dilakukan pada variabel aksebilitas yang memiliki pengaruh secara parsial terhadap PDRB di Kota Masohi, diketahui bahwa nilai sig yang didapatkan adalah 0.005 itu berarti nilai tingkat kesalahan dalam penelitian ini adalah 0,5%

F. Persamaan Regresi

Analisis regresi linier berganda dalam penelitian ini untuk mengetahui pengaruh antar variabel independent dan variabel dependent. Berdasarkan tabel 4.3 dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$Y = a + b_1X_1 + b_2X_2 + b_3X_3 + e$$

$$\text{Pertumbuhan Ekonomi} = a + b_1 \text{ Modal} + b_2 \text{ Tenaga Kerja} + b_3 \text{ Aksesibilitas}$$

$$Y = 0.532 + 0.539 X_1 + 0.314 X_2 + 0.162 X_3$$

Dengan penjelasan sebagai berikut:

1. Didapatkan nilai konstanta 0.532 yang berarti nilai total modal, tenaga kerja dan aksebilitas dengan variabel PDRB Kota Masohi pada pelabuhan Ina Marina Masohi sebesar 0.532 point.
2. Didapatkan nilai koefisien regresi untuk variabel modal yaitu 0.539 dan berarah positif, yang berarti akan terjadi peningkatan untuk 1 point, maka variabel lain nilainya akan tetap. Sehingga PDRB Kota Masohi menambah poin sebesar 0.539.
3. Didapatkan nilai koefisien regresi untuk variabel tenaga kerja yaitu 0.314 dan berarah positif, yang berarti akan terjadi peningkatan untuk 1 point, maka variabel lain nilainya akan tetap. Sehingga PDRB Kota Masohi menambah poin sebesar 0.314.

4. Didapatkan nilai koefisien regresi untuk variabel aksesibilitas yaitu 0.162 dan berarah positif, yang berarti akan terjadi peningkatan untuk 1 point, maka variabel lain nilainya akan tetap. Sehingga PDRB Kota Masohi menambah poin sebesar 0.162
5. Dari uji ANOVA atau F Test didapatkan F Hitung adalah 34.280 dengan tingkat signifikan adalah 0.000. Oleh karena itu probabilitas lebih kecil dari 0,05 maka model regresi dapat dipakai untuk memprediksikan variabel modal, tenaga kerja, dan aksesibilitas. Atau dapat dikatakan modal, tenaga kerja, dan aksesibilitas berpengaruh terhadap PDRB Kota Masohi. Dengan nilai R-Square atau koefisien determinasi adalah 0.917 yang berarti bahwa 91,7% modal, tenaga kerja dan aksesibilitas dapat dijelaskan atau dipengaruhi oleh pertumbuhan ekonomi. Selanjutnya sisanya $(100\% - 91,7\%) = 8,3\%$ dijelaskan oleh sebab-sebab variabel lain.

Berdasarkan hasil hipotesis dan analisis regresi linier berganda, maka dapat disimpulkan bahwa korelasi hubungan antara modal, tenaga kerja dan aksesibilitas terhadap pertumbuhan ekonomi adalah searah atau positif. Artinya, jika variabel modal, tenaga kerja dan aksesibilitas meningkat maka akan diikuti dengan meningkatnya pertumbuhan ekonomi di Kota Masohi. Objek penelitian ini adalah pelabuhan Ina Marina, maka variabel yang lebih difokuskan adalah aksesibilitas karena membahas tentang transportasi. Oleh karena itu, hasil penelitian ini dalam hal aksesibilitas menjadi poin penting untuk mendorong pengembangan wilayah Kota Masohi.

Aksesibilitas merupakan salah satu faktor yang dapat berkontribusi terhadap pertumbuhan ekonomi, hal tersebut seiring dengan perkembangan jaringan transportasi, menyebabkan akses dari satu daerah ke daerah lainnya menjadi lebih mudah (Farida, 2013). Menurut Fisru (2019) pertumbuhan aktivitas ekonomi akan mempengaruhi permintaan terhadap transportasi yang lebih banyak. Pembangunan atau pengembangan sarana transportasi juga dapat menimbulkan dampak positif terhadap suatu wilayah (Fisru, 2018). Salah satu contohnya adalah pelabuhan dapat mendukung aktifitas industri (Fisru, Didiharyono & Bakhtiar, 2020) yang dapat memicu pertumbuhan ekonomi. Hal ini didukung oleh Marsus dkk (2020) yang menyatakan bahwa pembangunan sarana transportasi dalam hal ini aksesibilitas dapat memicu pertumbuhan ekonomi suatu wilayah.

4. SIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian untuk menguji hipotesis, maka kesimpulan dalam penelitian ini adalah Mengukur tingkat aksesibilitas menggunakan pendekatan waktu tempuh dan muatan karena waktu tempuh kapal yang semakin cepat dapat meningkatkan jumlah muatan. Dan Tingkat Aksesibilitas berpengaruh signifikan terhadap pertumbuhan ekonomi Kota Masohi, yaitu jika aksesibilitas mengalami perkembangan maka, pertumbuhan ekonomi akan mengalami peningkatan.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdul, R., Neneng., Asni S. (2020). Analisis Pengaruh Keberadaan Pelabuhan Terhadap Perekonomian Di Pulau Sulawesi. *Jurnal Ilmiah Ilmu – Ilmu Teknik* 5(2), pp. 54-63.
- Adisasmita, Raharjo. (2008). *Pengembangan Wilayah Konsep dan Teori*. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Alkadri. (2001). *Manajemen Teknologi Untuk Pengembangan Wilayah*. Edisi Revisi. Jakarta: Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi.
- Ambardi, U., Prihawantoro, S. (2002). *Pengembangan Wilayah dan Otonomi Daerah*. Jakarta: Penerbit Pusat Kebijakan Teknologi dan Pengembangan Wilayah.
- Arikunto, S. (2017). *Pengembangan Instrumen Penelitian dan Penilaian Program*. Yogyakarta: Pustaka Belajar.
- Astija, S., Puspitasari A.Y. (2017). Pengaruh Pelabuhan Sebagai Simpul Pertumbuhan Terhadap Pengembangan Wilayah Studi Kasus : Pelabuhan Paelangkuta Nusantara Raha. *Jurnal Planologi* 14(1), pp. 16-28.

- Barlowe, R. (1978). *Land Resources Economic: The Economic of Real Estate*. New Jersey: Prentice-Hall.
- Bastian, E. (2018). Kajian Pengembangan Wilayah Terhadap Perekonomian Desa Sungai Langsung Kecamatan Pangean Kabupaten Kuantan Singingi. *Jurnal Perencanaan, Sains, Teknologi, dan Komputer* 1(1), pp. 76-88.
- Firmansyah, Anwar dan Pujiraharjo. Kajian Pengembangan Pelabuhan Makassar Dalam Menunjang Arus Bongkar Muat di Pelabuhan Makassar. *Rekayasa Sipil* 10(1), pp. 10-20.
- Gantara, Wahyu Putra. Tri Achmadi. (2012). Model Pengembangan Wilayah untuk Pembangunan Pelabuhan (Studi Kasus: Pantai Selatan Jawa Timur). *Jurnal Teknik Perkapalan* 1(1), pp. 1-10

ANALISIS DAYA TARIK WISATA TERHADAP MINAT BERKUNJUNG PADA KAWASAN WISATA PANTAI WAINITU

Nurleti Galela¹⁾, Willem D Nanlohy²⁾, Renoldy L Papilaya³⁾

¹⁾Perencanaan Wilayah Dan Kota Fakultas Teknik, Universitas Pattimura

Email: nrletigalela@gmail.com

²⁾Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Pattimura

Email: nanlohywillem@gmail.com

³⁾Jurusan AGP, Fakultas Perikanan & Ilmu Kelautan, Universitas Pattimura

Email: recodyo.p18@gmail.com

Abstrak Daya tarik wisata merupakan salah satu faktor yang sangat penting dalam menarik minat orang untuk berkunjung ke suatu destinasi wisata. Tujuan penelitian ini untuk mengetahui keberadaan aspek 4A sebagai daya tarik wisata yang mempunyai pengaruh terhadap minat berkunjung pada wisata pantai Wainitu. Penelitian ini merupakan jenis penelitian deskripsi kuantitatif. Teknik penentuan sampel menggunakan Purposive sampling dan Accidental sampling. Dalam penelitian ini penulis mengambil sampel sebanyak 44 orang. Metode penelitian melalui observasi yang dilakukan dengan penyebaran kuesioner untuk mengamati variabel obyek daya tarik wisata, pengumpulan data dilakukan dengan menggunakan kuesioner yang telah diuji validitas dan reliabilitasnya. Hasil penelitian berdasarkan analisis korelasi parsial adanya hubungan antara variabel 4A sama-sama berpengaruh signifikan terhadap minat berkunjung wisatawan pada wisata Pantai Wainitu.

Kata Kunci : Daya Tarik Wisata, Minat Berkunjung

1. PENDAHULUAN

Pariwisata dianggap memiliki sifat yang multifaset dengan beberapa tahapan dalam proses pembangunannya serta tantangan sosial, budaya, ekonomi, dan politik terkait dengan pengembangan pariwisata (Musaddad *et al.*, 2019). Cooper menyatakan bahwa destinasi pariwisata mengacu pada kerangka "4A"— atraksi, amenitas, aksesibilitas, dan layanan tambahan (Suchaina, 2014). Akibatnya, objek dan tempat wisata yang sebelumnya tidak berkembang bisa tiba-tiba menjadi sangat disukai. Demikian juga terjadi pada beberapa destinasi wisata di Kota Ambon, Oleh karena itu, promosi pariwisata diperlukan agar pariwisata berkembang lebih terarah dan terorganisir (Persada, 2018). Dengan promosi yang tersebut, wisatawan dapat berbicara secara langsung dengan *guide* atau pramuwisata lokal bahkan di lokasi wisata yang terpencil, wisatawan dapat dengan mudah menerima berbagai informasi tentang tempat wisata (Sabtuti & Kristiana, 2020).

Kota Ambon merupakan salah satu Kota di Indonesia yang saat ini sedang gencar-gencarnya mempromosikan tempat wisatanya kepada wisatawan. Pemerintah Kota Ambon terus mendukung pengembangan objek wisata saat ini karena berbagai atraksi wisata perkotaan cukup untuk menghembuskan kehidupan baru ke dalam gagasan pengembangan pariwisata di masa depan. RTP adalah tempat berinteraksi dan berekreasi bagi masyarakat Kota Ambon yang akan meningkatkan indah pantai Wainitu. Oleh karena RTP sebagai ikon yang mempunyai banyak manfaat, selain fungsi ekologi, masi banyak lagi fungsinya, dari fungsi estetik dan fungsih planologi. Hal ini diamanatkan dalam undang-undang agrari bahwa 30 persen total wilayah sebagai ruang terbuka hijau atau ruang terbuka publik.

RTP Pantai Wainitu akan memberi dampak positif dalam meningkatkan perekonomian

warga Wainitu, jika dikelola secara baik dan serius mengaktifkan pasar sebagai pusat oleh-oleh khas Maluku, berdampingan dengan pembuatan branding kawasan Taman Wainitu untuk mendukung Ambon City of Music, yang telah ditetapkan. Pengoperasian dan pemeliharaan taman ini membutuhkan kolaborasi, sinergi dan totalitas baik dari pemerintah Kota Ambon, masyarakat wainitu dan pihak swasta. Keterlibatan pihak swasta sebagai simbiosis mutualisme karena memperoleh keuntungan membentuk citra positif, selain peran kelompok pemanfaatan dan pemeliharaan (KPP) bagi kawasan Wainitu Kota Ambon yang telah dibentuk dan ditetapkan dalam keputusan Wali Kota Ambon nomor 272 tahun 2023.

Pantai Wainitu merupakan salah satu objek wisata di Kota Ambon. Objek wisata pantai ini pada awalnya dibangun sebagai langkah pengamanan untuk menjaga dari erosi dan abrasi di wilayah pesisir. Kawasan Pantai Wainitu sebelumnya adalah Kawasan kumuh namun sudah di relokasi menjadi tempat wisata. tempat ini sekarang jadi alternatif liburan di Kota Ambon, disini juga tersedia tempat olahraga dan fasilitas bermain anak. Potensi yang dimiliki pada wisata pantai Wainitu ini yaitu lokasinya dekat dengan Pusat Kota, sehingga memudahkan pengunjung untuk berkunjung. Adanya atraksi seperti sepeda air, akses menuju ke lokasi wisata Pantai Wainitu begitu mudah untuk pengunjung yang menggunakan kendaraan pribadi. Sedangkan pengunjung yang menggunakan jasa angkutan umum harus berjalan kaki menuju ke lokasi wisata tersebut, pantai ini sudah tersedia beberapa fasilitas yang disediakan diantaranya toilet, pos jaga tempat buang sampah, tempat bermain anak-anak, rumah rekreasi, dan ada juga lapangan buat bermain volly dan basket. Penelitian ini dilakukan di Kelurahan Wainitu, Kecamatan Nusaniwe, Kota Ambon. Pantai Wainitu, terletak di daerah Maluku lokasi khususnya berada di Kota Ambon, Kelurahan Wainitu merupakan salah satu kelurahan yang berada di Kecamatan Nusaniwe, Kota Ambon dengan luas wilayah sebesar 1,17 km² dengan jaraknya 29,8 km dari pusat Kota Ambon dan jumlah penduduk sebanyak 81.1011 jiwa yang terdiri dari 5 RT dan 2 RW yang ada didalam kelurahan. Pantai Wainitu sejak diresmikan pada 9 Januari 2019 oleh Pemerintah Kota Ambon yang sekarang banyak dikunjungi warga saat sore hari. Banyak warga yang memilih bersantai dipantai ini baik bersama keluarga maupun teman. Pantai Wainitu menjadi lokasi wisata alternative di dalam Kota Ambon selain pantai bagus lainnya di sekitar kepulauan Maluku. Dari pinggir Pantai Wainitu, pengunjung juga bisa melihat pemandangan Teluk Kota Ambon.

2. METODE PENELITIAN

A. Metode Pengumpulan Data

a. Observasi

Observasi adalah teknik pengumpulan data untuk mengamati perilaku manusia, proses kerja, dan gejala-gejala alam, dan responden. Dalam penelitian ini peneliti melakukan pengamatan langsung untuk menemukan fakta-fakta di lapangan. Instrumen yang digunakan peneliti adalah observasi non partisipan tidak terstruktur. Sifat instrumen yang tidak baku memudahkan peneliti untuk menggali informasi berkaitan dengan pengembangan objek wisata pantai Wainitu berdasarkan kondisi eksisting di lokasi.

b. wawancara

Wawancara digunakan sebagai teknik pengumpulan data apabila peneliti ingin melaksanakan studi pendahuluan untuk menemukan permasalahan yang akan diteliti, dan apabila peneliti juga ingin mengetahui hal-hal dari responden yang lebih mendalam dan jumlah dari responden tersebut sedikit. Dalam penelitian ini narasumber untuk di wawancara adalah Pemerintah kelurahan wainitu selaku pengelola pantai Wainitu.

c. kuesioner

Kuesioner merupakan salah satu teknik untuk mengumpulkan data dengan cara menyebarkan daftar pertanyaan atau pernyataan yang diajukan kepada responden secara tertulis dan kemudian diberikan jawaban atau respon dari responden. Jawaban dari setiap

pertanyaan atau pernyataan tersebut ditentukan skornya dengan menggunakan skala liker.

B. Variable Penelitian

Tabel 1 variabel penelitian

No	Tujuan	Sasaran	Variabel	Indikator	Parameter	Data	Sumber	Analisis	Hasil
1	Mengetahui keberadaan aspek 4A dikawasan wisata pantai wainitu	Mengetahui sesuatu yang menarik atau kepuasan wisatawan untuk berkunjung ke wisata	- Atraksi - Amenitas - Aksesibilitas - Pelayanan - Tambahan	SDA dan sarana prasarana di kawasan wisata pantai wainitu	1.tugu city of music 2.tugu pantai wainitu 3.taman bermain anak 4.lapangan basket 5.lapangan voli 6.gajebo 7.sepeda laut. 8.keramba 9.toilet 10.pos jaga	Primer Penyeb kuesio ner dan wawan cara	(Ayu listianing rum, 2019).	Kuantitatif /Kualitatif	Pengaruh variabel Atraksi Terhadap Minat Berkunjung
2	Menganalisis faktor-faktor 4A sebagai daya tarik wisata yang mempunyai hubungan terhadap minat berkunjung pada wisata pantai wainitu	Mengetahui faktor-faktor yang berhubungan dengan wisatawan untuk berkunjung	Minat berkunjung	1. Citra (image) kesan pengunjung 2. Minat berkunjung kembali	Keputusan Berkunjung	Primer Penyeb kuesio ner dan wawan cara	(Zhu Mingfang dan Zhung Hanyu 2014)	Kualitatif	Pengaruh daya Tarik Wisata Terhadap Minat Berkunjung

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Karakteristik Responden

Karakteristik responden bertujuan untuk memberikan gambaran yang ingin diketahui mengenai keadaan responden. Karakteristik responden yang dimaksud adalah karakteristik sosial ekonomi responden. Responden mewakili masyarakat pada kelurahan wainitu. Dari penyebaran kuesioner ini diperoleh 44 tanggapan yang telah diisi oleh responden yang memenuhi kriteria. Dalam penelitian ini karakteristik responden di dasarkan pada jenis kelamin, usia, pekerjaan dan tingkat penghasilan. Data dari hasil penyebaran kuesioner ini akan diuraikan sebagai berikut.

a. Jenis Kelamin

Karakteristik responden berdasarkan jenis kelamin dapat dilihat pada tabel

Tabel 2 Karakteristik Responden Berdasarkan Jenis Kelamin

No	Kriteri	Jumlah Responden	Presentase (%)
1	Laki-laki	28	43,75 %
2	Perempuan	36	56,25 %
Jumlah		64	100

b. Umur Responden

Karakteristik responden berdasarkan umur terbagi atas beberapa kriteria dapat dilihat pada tabel 3.

Tabel 3 Karakteristik Responden Berdasarkan Umur

No	Kriteria Umur (Tahun)	Jumlah Responden (Orang)	Presentase (%)
1	16 - 30	45	70,3%
2	31 - 45	6	9,37%
3	46 - 60	10	15,62%
4	61 - 75	3	4,69%
Jumlah Total		64	100%

c. Profesi/Pekerjaan

Berdasarkan hasil penyebaran kuesioner, karakteristik pekerjaan responden dalam penelitian ini dapat dijelaskan dalam tabel 4 yaitu sebagai berikut.

Tabel 4 Karakteristik Responden Berdasarkan Pekerjaan

No	Pekerjaan	Jumlah Responden (orang)	Presentase (%)
1	Pelajar/Mahasiswa	39	60,9%
2	Pegawai Negeri Sipil	10	15,6%
3	Karyawan swasta	1	1,6%
4	Pedagang	5	7,8%
5	Nelayan	1	1,6%
6	Wiraswasta	3	4,7%
7	Ibu Rumah Tangga	4	6,3%
8	Pegawai Honoror	1	1,6%
Jumlah		64	100%

d. Pendapatan

Karakteristik responden berdasarkan pendapatan dalam ditampilkan berdasarkan kriteria lebih dan kurang dari atau sama dengan dapat dilihat pada tabel 5 berikut

Tabel 5 Karakteristik Responden Berdasarkan Pendapatan

No	Kriteria	Jumlah Responden (orang)	Presentase (%)
1	Rp. 0-Rp. 1.900.000 /bln	49	76,6%
2	Rp. 2.000.000 – Rp. 3.900.000 /bln	5	7,81%
3	Rp. 4.000.000 – Rp. 5.900.000 /bln	9	14,1%
4	> Rp. 6.000.000	1	1,56%
Jumlah		64	100%

B. Keberadaan Aspek 4A Pada Kawasan Wisata Pantai Wainitu

a. Daya Tarik Wisata (*Attraction*)

Daya tarik wisata di pantai Wainitu ini harus terus di kembangkan dengan Memanfaatkan dan memaksimalkan keunikan yang ada di objek wisata Pantai Wainitu sehingga hal tersebut bisa membuat para pengunjung lebih tertarik dan mendatangkan banyak kunjungan wisatawan sehingga memberi kontribusi terhadap peningkatan PAD. Kawasan pantai wainitu yang berada di pesisir pantai dan sungai berpotensi untuk dikembangkan sebagai kawasan wisata dengan konsep waterfront area. di samping itu, terdapat RTP (Ruang Terbuka Publik) Pantai Wainitu dalam kawasan tersebut yang dapat memberikan dampak positif terhadap pertumbuhan ekonomi mikro untuk ekonomi lokal masyarakat.

b. Aksesibilitas (*Accessibility*)

Aksesibilitas merupakan aspek terpenting dalam mendukung perkembangan objek wisata. Aksesibilitas juga merupakan syarat yang penting sekali untuk objek wisata tanpa

dihubungkan dengan jaringan transportasi tidak mungkin suatu objek mendapat kunjungan wisatawan. Keterjangkaun memiliki peran penting dalam menunjang suatu objek wisata, Kawasan wisata pantai Wainitu inimemiliki lokasi yang strategis karena terletak di pusat kota dan berdekatan dengan pusat kegiatan, jaraknya 29.8 Km dari Pusat Kota Ambon. kondisi jalan menuju lokasi wisata yang sempit karena harus melewati rumah warga untuk pejalan kaki selain itu belum adanya penunjuk arah yang memudahkan agar wisatawan mudah sampai dilokasi sehingga perlu menyediakan petunjuk arah sepanjang jalan menuju lokasi wisata pantai Wainitu agar memudahkan akses wisatawan menuju lokasi wisata.

c. Fasilitas (*Amenitas*)

Amenitas merupakan fasilitas pendukung yang dimiliki oleh suatu destinasi wisata. Berdasarkan hasil penelitian setelah melihat kondisi sarana prasarana di kawasan wisata pantai wainitu besar dan fasilitas pendukung yang sudah yang tersedia jumlah Amenitas yang ada di kawasan pantai Wainitu yaitu :

- 1) Wisata pantai Wainitu terdapat sepuluh sarana Gazebo yang berada di kawasan wisata pantai Wainitu, gazebo tersebut di gunakana untuk bersantai Selin itu sebagian mahasiswa/pelajar menjadikan Gazebo sebagai tempat belajar dan berdiskusi mengingat kawasan wisata ini berdekatan dengan kawasan pendidikan.
- 2) Wisata pantai Wainitu juga terdapat empat sarana Toilet umum terdiri dari dua Toilet perempuan dan 2 Toilet Laki-laki, namun Toilet tersebut belum di fungsikan sehingga pengunjung belum menggunakan sarana tersebut.
- 3) Terdapat satu fasilitas Taman bermain anak-anak di kawasan pantai Wainitu, pengunjung atau masyarakat sekitar biasanya berkunjung Dengan membawa anak-anak biasanya menggunakan taman tersebut untuk bermain sambil menikmati keindahan teluk Ambon dari pantai Wainitu
- 4) Tempat Sampah, di wisata pantai Wainitu ini Terdapat 36 buah tempat sampah yang berbahan beton dan di pisah berdasarkan jenis sampah, namun kondisi tempat sampah tidak di kelola dengan baik karena sampah yang menumpuk dan di biarkan begitu saja.
- 5) Wisata pantai Wainitu terdapat fasilitas olahraga seperti satu buah lapangan volley dan Basket, jogging track yang biasa di gunakan oleh pengunjung dan masyarakat sekitar untuk berolahraga.
- 6) Terdapat satu buah panggung yang bisa di jadikan untuk pertunjukan musik teater dan lain-lain namun fasilitas tersebut jarang di pakai karena tidak ada kegiatan atau even yang di selenggarakan di lokasi wisata pantai Wainitu ini.
- 7) Terdapat dua pos jaga di kawasan wisata pantai Wainitu namun yang berfungsi hanya satu pos yang terdapat di depan pintu masuk wisata pantai Wainitu, yang jaga oleh Satuan Tugas Polisi Pamong Praja.

Ketiadaan atau kurang baiknya Kondisi amenities yang tersedia pada destinasi, akan dapat menurunkan minat dari wisatawan. Oleh karena itu Kondisi fasilitas yang ada di kawasan wisata ini harus di jaga dengan mengembangkan dan memulihkan fasilitas-fasilitas pendukung pariwisata yang tersedia secara maksimal sehingga dapat memenuhi kebutuhan wisatawan serta memberikan kenyamanan dan keamanan kepada pengunjung maupun masyarakat sekitar yang datang berkunjung. Berikut gambar fasilitas yang terdapat di pantai wainitu.

d. Pelayanan Tambahan (*Ancilliary*)

Ancillary atau pelayanan tambahan adalah mencakup keberadaan dari berbagai organisasi yang memfasilitasi dan mendorong pengembangan serta pemasaran dari suatu destinasi wisata. pada kawasan wisata pantai Wainitu terdapat unsur Pelayanan di antaranya keramahan petugas, adanya pos keamanan yang di jaga oleh Satuan polisi pamong praja (SATPOLPP). selain itu terdapat beberapa kios dan tokoh yang di miliki oleh masyarakat sekitar yang berada

dekat dengan kawasan wisata pantai Wainitu dan tempat wisata ini memiliki akun media sosial, namun Kurangnya kegiatan promosi pariwisata wisata pantai ini.maka dari itu promosi wisata melalui event atau pameran yang di buat di lokasi wisata ini untuk meningkatkan kunjungan wisatawan ke tempat wisata ini. selain itu elum adanya kelompok sadar wisata (Pokdarwis) yang ikut mengelola wisat ini. Untuk itu perlunya mengadakan sosialisasi terhadap masyarakat mengaenai keuntungan adanya kegiatan wisata di wisata pantai Wainitu atau mengajak masyarakat ikut terlibat sehingga bisa terbentuknya kelompok sadar wisata (Pokdarwis) Kolaborasi stekholder dalam pengelolaan objek wisata ini sesuai dengan potensi yang di miliki dalam meningkatkan kualitas objek wisata.

C. Analisis Korelasi Parsial

Tabel 6 Analisis Korelasi Parsial Y Terhadap X1-X4

No	Constanta	Karakteristik Responden	Minat Berkunjung	Parsial Correlation	Sig. (1-tailed)
1	X ₁	Atraction	Minat berkunjung	-0,616	0,542
2	X ₂	Amenitas	Minat berkunjung	0,441	0,662
3	X ₃	Akseibilitas	Minat berkunjung	1,009	0,319
4	X ₄	Ancillary	Minat berkunjung	1,009	0,027

Sumber: Data Primer Diolah 2024

D. Analisis Korelasi Berganda (Simultan)

Tabel 7 korelasi berganda seluruh Variabel X terhadap Variabel Y

No	Variabel	Nilai R	Keterangan
1	Karakteristik (X	0,386	Tidak Erat
2	Minat Berkunjung (Y)		

Sumber: Data Primer diolah,2024

4. SIMPULAN

Dari hasil korelasi Parsial diperoleh hasil antara hubungan komponen 4A (X) menunjukkan adanya pengaruh positif signifikan secara parsial dengan Minat Berkunjung (Y). Hal ini dibuktikan dengan hasil uji *parsial* dengan nilai Atraction sebesar -0,616 dan nilai Sig. (1-tailed) 0,542,>0,05, Akseibilitas sebesar 1,009 dan nilai Sig. (1-tailed) 0,319 > 0,05, Amenitas sebesar 0,441 dan Sig.(1-tailed) 0,662 > 0,05, dan Ancillary sebesar -2,302 dan nilai Sig (1-tailed) 0,027 > 0,05. Dari hasil tersebut diartikan bahwa variabel komponen 4A secara bersamaan berpengaruh signifikan terhadap minat berkunjung si kawasan Wisata Pantai Wainitu. Berdasarkan uji korelasi berganda (Simultan), hubungan karakteristik variabel komponen 4A dan Minat Berkunjung memiliki hubungan tidak erat dengan nilai 0,386.

DAFTAR PUSTAKA

- Alia T. U, Wufron, Aji A.W & Rahayu D. A (2022). Minat Berkunjung Wisatawan Melalui Citra Destinasi dan Daya Tarik Wisata Kuliner Warung Terapung. *Jurnal Wacana Ekonomi Utami*, 22(1), 048-058.
- Adiyaksa R, Firdaus, Naili Farida & Widiartanto. (2022). Pengaruh daya tarik Wisata Dan Kualitas Pelayanan Terhadap Minat Berkunjung Kembali Melalui Keputusan Sebagai Variabel Intervening (Studi Pada Pengunjung Taman Nasional Bromo Tengger Semeru). *Jurnal Ilmu*

- Administrasi Bisnis*, 11(4), 2746-1297.
- Ayu Listianingrum (2019). Pengaruh Daya Tarik Aksesibilitas, Dan Fasilitas Terhadap Keputusan Berkunjung Di Pbjek Wisata Pantai Muarareja Indah Kota Tegal. (Skripsi). Tegal : Fakultas Ekonomi Dan Bisnis Universitas Tegal.
- Baskoro D. A & Qayyimah F (2022). Pengaruh Daya Tarik Wisata Terhadap Keputusan Berkunjung Di Kebun Raya Bogor The Effect Of Tourism Attraction On The Decision To Visit In The Bogor Botanical Gardens. *Jurnal FAME*. 5(1), 1-24.
- Daada Santi (2022) Kepuasan Pengunjung Terhadap Objek Wisata Pantai Wainitu Kota Ambon. *Jurnal Pendidikan Geografi Unpatti*, 1(1) 38-46.
- Fais. A & Dr. Sigit W. Pengaruh Daya Tarik Wisata Dan Citra Destinasi Terhadap Minat Berkunjung Ulang Melalui Kepuasan Pengunjung Sebagai Variabel Intervening
- Rimar P. B. & Dinar A. P. (2022) Analisa Daya Tarik Wisata Terhadap Minat Berkunjung Ulang Wisatawan Di Taman Nasional Gunung Halimun Salak. *Jurnal Industri Pariwisata*. 4(2), 2620-9322.
- Nurhaeny Andiah, Dkk. (2024). Sosialisasi Pemanfaatan Ruang Terbuka Publik Pantai Wainitu Di Kelurahan Wainitu. *Inovation For Community Service Jurnal.*, 2(1) 47-55.

IDENTIFIKASI LAHAN POTENSIAL DI KECAMATAN TELUK AMBON BERDASARKAN DAYA DUKUNG PERUMAHAN

Ariel Frando Kiriwenno¹⁾, Pieter Thomas Berhitsu²⁾, Wa Ode J. Sitti Aswad³⁾

¹⁾S1 Perencanaan Wilayah dan Kota Fakultas Teknik, Universitas Pattimura
Email: frandoariel269@gmail.com

²⁾Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Pattimura
Email: patrickberhitsu@gmail.com,

³⁾Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Pattimura
Email: Sittijurianti@email.com,

Abstrak Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kondisi daya dukung lahan serta mengidentifikasi lahan potensial perumahan di Kecamatan Teluk Ambon. Analisis daya dukung dilakukan menggunakan metode Pusat Air Tanah dan Geologi Tata Lingkungan melalui teknik overlay, skoring, dan pembobotan terhadap variabel fisik meliputi kemiringan lereng, jenis batuan, jenis tanah, kondisi air tanah, potensi gerakan tanah, risiko banjir dan tsunami, serta kerawanan gempa bumi. Setiap parameter digunakan untuk menilai kemampuan lahan dalam mendukung pengembangan permukiman yang aman dan berkelanjutan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sebagian wilayah kecamatan memiliki kategori daya dukung tinggi yang dapat diarahkan sebagai kawasan pengembangan permukiman baru. Selanjutnya, dilakukan analisis neraca pemanfaatan lahan dengan menumpangtindihkan peta daya dukung dan penggunaan lahan eksisting untuk mengetahui ketersediaan lahan yang belum termanfaatkan. Tahap akhir dilakukan overlay antara peta daya dukung, neraca pemanfaatan lahan, peta pola ruang, dan status kepemilikan tanah. Proses ini menghasilkan peta lahan potensial perumahan yang tidak hanya sesuai secara fisik, tetapi juga selaras dengan rencana tata ruang dan memiliki kepastian legalitas. Temuan ini menegaskan bahwa Kecamatan Teluk Ambon masih memiliki lahan potensial untuk perumahan seluas 343,45 Ha. Pemanfaatannya perlu diarahkan secara terkendali agar mendukung pembangunan permukiman berkelanjutan sekaligus mengurangi tekanan terhadap lingkungan.

Kata kunci : Lahan Potensial, Daya Dukung Perumahan, Teluk Ambon, Analisis Spasial

1. PENDAHULUAN

Perkembangan wilayah dan kota yang pesat mendorong perubahan penggunaan lahan, terutama untuk kebutuhan permukiman dan fasilitas pembangunan. Pertumbuhan penduduk yang terus meningkat memperbesar kebutuhan lahan, sementara ketersediaannya tetap, sehingga menimbulkan tekanan terhadap lingkungan dan berpotensi menurunkan daya dukung lahan (Kodoatie, 2011; Ariani & Harini, 2012)

Daya dukung lahan sendiri dipahami sebagai kemampuan suatu wilayah untuk mendukung pemanfaatan secara berkelanjutan tanpa mengurangi kualitas lingkungan (Soerjani et al., 1987; Septory et al. 2023) Penurunan daya dukung dapat memicu berbagai permasalahan, seperti meningkatnya kepadatan permukiman, berkurangnya ruang terbuka hijau, hingga terganggunya siklus hidrologi yang berimplikasi pada banjir maupun kekeringan (Fahmi et al., 2023)

Sejumlah penelitian menunjukkan bahwa peningkatan jumlah penduduk berkontribusi signifikan terhadap penurunan daya dukung lahan. Arcana et al. (2021), menjelaskan dalam

kajiannya di Kota Denpasar menemukan bahwa pertumbuhan penduduk sebesar 17,35% selama delapan tahun terakhir menyebabkan meningkatnya kebutuhan lahan permukiman. Kondisi ini diperparah dengan keterbatasan lahan yang tersedia, sehingga menurunkan kualitas lingkungan akibat pemanfaatan yang berlebihan. Temuan tersebut menegaskan bahwa dinamika pertumbuhan penduduk dan urbanisasi memberikan tekanan langsung terhadap keberlanjutan pemanfaatan lahan permukiman.

Penelitian terkait daya dukung dan daya tampung lahan permukiman telah banyak dilakukan di berbagai daerah di Indonesia. Fahri Fansuri (2023) meneliti kasus di Kota Cimahi dan menemukan bahwa kota ini menghadapi *overcapacity* lahan perumahan akibat pertumbuhan penduduk sebesar 1,36% per tahun dan alih fungsi lahan yang tidak terkendali. Kondisi ini mendorong munculnya permukiman kumuh di area bantaran sungai dan sekitar industri, sehingga direkomendasikan pembangunan rumah susun sebagai solusi jangka panjang. Sementara itu, penelitian Putra (2020) di Kawasan Perkotaan Sindangbarang, Kabupaten Cianjur menunjukkan bahwa perkembangan penduduk dan kebutuhan rumah selama 20 tahun ke depan masih dapat dipenuhi, sehingga pengembangan lahan perumahan disarankan dilakukan secara optimal dengan memperhatikan daya dukung dan daya tampung wilayah.

Di Kecamatan Sumber, Kabupaten Cirebon, Apriani Anindita et al. (2022) menganalisis ketersediaan lahan potensial untuk permukiman dan menyimpulkan bahwa ketersediaan lahan masih mencukupi. Terdapat lahan potensial seluas 264,75 Ha (77,36%) dengan kemiringan lereng 8–15% yang relatif aman dari risiko longsor, serta lahan cukup potensial seluas 77,49 Ha (22,64%) dengan kemiringan 15–25% meskipun memiliki kendala geologi berupa kerentanan longsor yang rendah. Penelitian lain oleh Hermawan & Rudiarto (2023) di Kecamatan Gunung Pati, Kota Semarang, menemukan bahwa secara umum daya dukung permukiman masih baik, namun beberapa wilayah mendekati batas karena intensitas pemanfaatan lahan yang tinggi. Berdasarkan RTRW Kota Semarang 2011–2031, sekitar 48,7% kawasan budidaya diarahkan untuk permukiman, dengan tingkat kesesuaian lahan bervariasi, mulai dari 36,42% di Jatirejo hingga 91,84% di Nongkosawit, yang perlu menjadi bahan evaluasi RTRW ke depan.

Selanjutnya, penelitian Amanah Putra (2023) di Kecamatan Sinjai Utara, Kabupaten Sinjai menunjukkan bahwa wilayah tersebut memiliki luas lahan permukiman sesuai sebesar 5,68 km² atau 19,43% dari total wilayah dengan daya dukung permukiman (DDPm) 4,23 pada tahun 2022. Kondisi ini memungkinkan penampungan hingga 218.321 jiwa. Proyeksi 10 tahun ke depan memperkirakan jumlah penduduk sebesar 59.788 jiwa dengan DDPm 3,65, sehingga wilayah ini dinyatakan masih mampu menampung penduduk hingga tahun 2032.

Fenomena serupa juga dialami di Kota Ambon sebagai ibu kota Provinsi Maluku yang memiliki peran strategis sekaligus menghadapi pertumbuhan permukiman signifikan. Pada tahun 2023, luas permukiman mencapai 4.421,33 ha atau 13,57% dari total wilayah kota (Septory et al., 2023). Kecamatan Sirimau sebagai pusat pemerintahan dan kegiatan ekonomi menunjukkan tanda-tanda penurunan daya dukung lahan akibat kepadatan penduduk dan tingginya intensitas pembangunan (Lasaiba, 2024). Sementara itu, Kecamatan Teluk Ambon yang berperan sebagai Satuan Wilayah Pengembangan (SWP) III masih menghadapi tantangan dalam penyediaan hunian layak. Berdasarkan SK Kumuh Kota Ambon Nomor 375 Tahun 2020, terdapat kawasan permukiman kumuh seluas 51,29 ha. Program Sejuta Rumah yang direncanakan di kawasan ini pun belum terealisasi akibat kendala manajemen dan kepastian pembangunan, sehingga belum dapat dimanfaatkan secara optimal (Siwalima, 2023).

Dengan laju pertumbuhan penduduk sebesar 2,66% pada periode 2021–2024, tekanan terhadap daya dukung lahan di Kecamatan Teluk Ambon diproyeksikan akan semakin meningkat. Jika tidak diantisipasi, wilayah ini berpotensi menghadapi persoalan serupa

dengan Kecamatan Sirimau, yakni keterbatasan lahan layak huni dan penurunan kualitas lingkungan. Oleh karena itu, kajian mengenai daya dukung dan identifikasi lahan potensial perumahan dengan mempertimbangkan aspek persil tanah serta pola ruang menjadi penting untuk mendukung perencanaan permukiman yang lebih berkelanjutan di wilayah ini.

2. METODE

Penelitian ini memiliki tujuan utama untuk mengetahui daya dukung perumahan di wilayah studi sekaligus melakukan identifikasi terhadap lahan-lahan yang berpotensi untuk dikembangkan sebagai kawasan perumahan. Pencapaian tujuan tersebut tidak dapat dilepaskan dari penggunaan metode analisis yang tepat, sehingga dalam penelitian ini dilakukan serangkaian tahapan analisis yang disusun secara sistematis. Dengan demikian, hasil penelitian diharapkan mampu memberikan gambaran yang komprehensif mengenai kondisi aktual daya dukung perumahan serta ketersediaan lahan potensial, yang pada akhirnya dapat menjadi dasar pertimbangan dalam perencanaan pembangunan permukiman yang lebih berkelanjutan. Adapun metode analisis yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

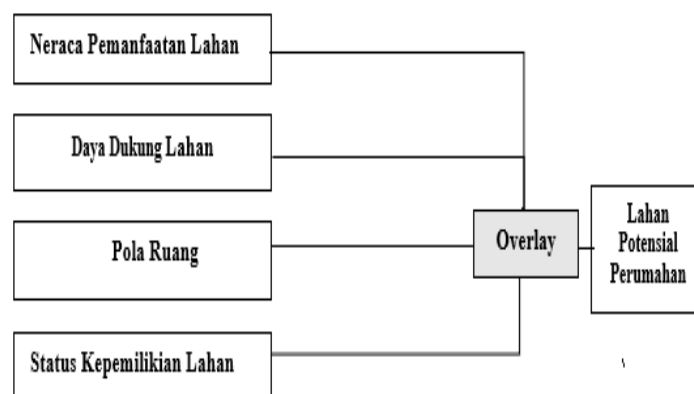
A. Metode Analisis Daya dukung perumahan

Analisis spasial digunakan untuk menilai daya dukung lahan di Kecamatan Teluk Ambon dengan metode overlay yang dilanjutkan dengan proses skoring dan pembobotan pada setiap variabel fisik. Variabel yang dianalisis meliputi kemiringan lereng, jenis batuan, jenis tanah, kondisi air tanah, potensi gerakan tanah, risiko banjir/tsunami, serta tingkat kerawanan gempa (Pusat Air Tanah dan Geologi Tata Lingkungan, 2010). Setiap variabel diberi nilai dan bobot sesuai tingkat pengaruhnya, kemudian dihitung skor total untuk menentukan kelas daya dukung lahan. Klasifikasi daya dukung perumahan menggunakan rumus sebagai berikut :

$$Klasifikasi = \frac{Nilai\ Tertinggi - Nilai\ Terendah}{Jumlah\ Kelas\ Yang\ diinginkan} \quad (1)$$

B. Metode Analisis Lahan Potensial Perumahan

Analisis ini dimulai dengan dilakukan neraca pemanfaatan lahan dengan menumpangtindihkan peta daya dukung dan peta penggunaan lahan eksisting. Analisis ini berfungsi untuk mengidentifikasi lahan yang sudah terpakai dan yang masih berpotensi dimanfaatkan untuk perumahan. Tahap akhir adalah penentuan lahan potensial perumahan melalui overlay antara peta daya dukung lahan, neraca pemanfaatan lahan, peta rencana pola ruang, dan status kepemilikan tanah. Hasilnya adalah peta lahan potensial yang sesuai peruntukan ruang, belum termanfaatkan, dan memiliki legalitas kepemilikan yang jelas.



Gambar 1. Analisis Lahan Potensial Perumahan

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan dengan tujuan yang telah dirumuskan dalam penelitian ini, maka pembahasan selanjutnya difokuskan pada hasil analisis yang mencakup aspek daya dukung lahan. Oleh karena itu, uraian hasil dan pembahasan dalam penelitian ini akan dijelaskan secara rinci pada bagian-bagian berikut:

A. Daya Dukung Perumahan

Analisis daya dukung Perumahan mengacu pada ketentuan dari Pusat Air Tanah dan Geologi Tata Lingkungan tahun 2010, dengan mempertimbangkan lima komponen fisik, yaitu kemiringan lereng, jenis tanah, jenis batuan, kedalaman air tanah, dan tingkat kerawanan bencana. Maka hasil dari overlay dan skoring adalah sebagai berikut :

Tabel 1. Pembobotan Daya Dukung Perumahan

Kemiringan Lereng			Jenis Batuan			Jenis Tanah			Air Tanah			Longsor			Banjir			Gempa			Total
a	b	c	a	b	c	a	b	c	a	b	c	a	b	c	a	b	c	a	b	c	
4		16	4		16	-		-	4		12	4		16	4		12	-		-	72
3		12	-		-	3	5	15	-		-	3	4	12	-		-	-		-	39
2	4	8	2	4	8	2	5	10	2	3	6	2	4	8	2	3	6	-	4	-	46
1		4	-		-	-		-	-		-	1		4	1		3	1		4	15

Keterangan :

A = Nilai

B = Bobot

C = Skor

Masing-masing variabel tersebut diklasifikasikan dan diberikan bobot sesuai dengan tingkat kesesuaiannya terhadap pengembangan perumahan. Hasil skoring dari setiap variabel tersebut disajikan sebagai berikut:

- 1) Daya Dukung Tidak Leluasa dengan nilai <34
- 2) Daya Dukung Cukup Leluasa dengan nilai 34 – 53
- 3) Daya Dukung Leluasa dengan nilai > 53

Maka dari nilai klasifikasi diatas maka didapat diketahui bahwa kelas daya dukung di Kecamatan Teluk Ambon termasuk dalam kategori tinggi. Hal ini berarti kecamatan ini masih mampu untuk mendukung kegiatan perumahan



Gambar 2. Peta Daya Dukung Perumahan

B. Lahan Potensial Perumahan

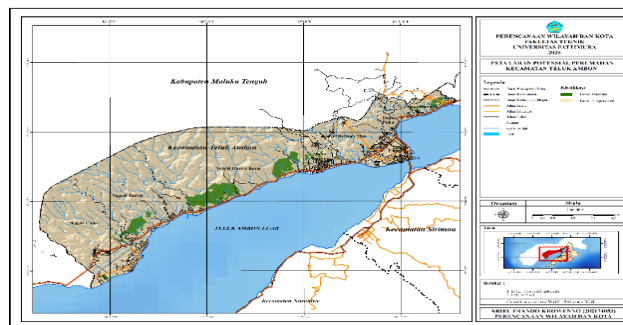
Setelah diperoleh hasil analisis daya dukung perumahan, selanjutnya dilakukan overlay dengan data neraca pemanfaatan lahan, kesesuaian lahan, dan legalitas tanah. Berdasarkan

hasil analisis tersebut, maka diperoleh lahan potensial untuk pengembangan perumahan dengan rincian sebagai berikut:

Tabel 2. Lahan Potensial Perumahan

No	Desa Kelurahan/ Negeri	Luas (Ha)	Persentase
1.	Hative Besar	227,51	66
2.	Hunuth/Durian Patah	25,23	7
3.	Laha	11,07	3
4.	Poka	0,56	0
5.	Rumah Tiga	2,13	1
6.	Tawiri	69,94	20
7.	Wayame	7,03	2
Total		343,45	100

Berdasarkan hasil analisis, lahan potensial untuk pengembangan perumahan di Kecamatan Teluk Ambon seluas 343,45 ha. Sebaran lahan ini tidak merata, dengan konsentrasi terbesar berada di wilayah Hative Besar dan Tawiri yang memiliki kondisi fisik mendukung. Sementara itu, wilayah seperti Poka memiliki keterbatasan lahan, sehingga diperlukan strategi pengembangan yang lebih selektif dan efisien.



Gambar 2. Peta Lahan Potensial Perumahan

4. SIMPULAN

Berdasarkan analisis daya dukung perumahan Kecamatan Teluk Ambon masih mampu untuk mendukung kegiatan permukiman dan perumahan dan kecamatan ini memiliki lahan potensial untuk pengembangan perumahan seluas 343,45 Ha, dengan daya dukung lahan yang tergolong tinggi. Sebaran lahan potensial terutama berada di wilayah Hative Besar dan Tawiri, sementara daerah seperti Poka memiliki keterbatasan

DAFTAR PUSTAKA

- Amanah Putra, W. (2023). *Studi daya dukung lahan permukiman Kecamatan Sinjai utara kabupaten Sinjai*.
- Apriani Anindita, F., Syarifudin, D., & Firmansyah. (2022). Potensi Ketersediaan Lahan dan Sebarannya Bagi Kebutuhan Permukiman. *Jurnal MODERAT*, 8(1).
- Arcana, K. F., Alam Paturusi, S., & Suarna, W. (2021). *Analisis Daya Dukung dan Daya Tampung Lahan*.
- Ariani, R. D., & Harini, R. (2012). *TEKANAN PENDUDUK TERHADAP LAHAN PERTANIAN Population Pressure On Farm Land In The Agricultural Land Area (Case Minggir and Moyudan Sub District)*.
- Fahmi, N., Tjahjono, B., & Rusdiana, O. (2023). *DAMPAK PERUBAHAN TUTUPAN LAHAN TERHADAP DAYA DUKUNG AIR Studi Kasus di Kota Bogor dan Kabupaten Bogor*.
- Fahri Fansuri. (2023). *Analisis Daya Dukung Dan Daya Tampung Lahan Perumahan (Studi Kasus : Kota Cimahi)*.

- Hermawan, A. D., & Rudiarto, I. (2023). Daya Dukung Permukiman dan Kesesuaian Pola Ruang Kawasan Permukiman di Kecamatan Gunungpati Kota Semarang. *Jurnal Pembangunan Wilayah Dan Kota*, 19(1), 48–63. <https://doi.org/10.14710/pwk.v19i1.23914>
- Lasaiba, M. A. (2024). *EVALUASI DAYA DUKUNG LAHAN PERMUKIMAN DI KECAMATAN SIRIMAU KOTA AMBON MENGGUNAKAN TEKNIK PENGINDERAAN JAUH DAN GIS*.
- Putra, A. A. (2020). *ANALISIS DAYA DUKUNG DAN DAYA TAMPUNG LAHAN PERUMAHAN DI KAWASAN PERKOTAAN SINDANGBARANG KABUPATEN CIANJUR*.
- Septory, J. S. I., Latue, P. C., & Rakuasa, H. (2023). Model Dinamika Spasial Perubahan Tutupan Lahan dan Daya Dukung Lahan Permukiman Kota Ambon Tahun 2031. *GEOGRAPHIA : Jurnal Pendidikan Dan Penelitian Geografi*, 4(1), 51–62. <https://doi.org/10.53682/gjppg.v4i1.5801>
- Siwalima. (2023). *Ratusan Warga Perumahan MBR Tawiri Serbu DPRD*. <https://siwalimanews.com/ratusan-warga-perumahan-mbr-tawiri-serbu-dprd/>

ANALISIS GETARAN AKIBAT KERUSAKAN PADA DOUBLE ROW BEARING MENGGUNAKAN METODE *DIGITAL SIGNAL PROSESSING (DSP)* BERBASIS *LEVEL OF ENERGY*

Qilap Tambipessy¹⁾, Jonny Latuny²⁾, Sefnath J. E. Sarwuna³⁾

¹⁾S1 Teknik Mesin Fakultas Teknik, Universitas Pattimura
Email: qlaptambipessy@email.com,

²⁾Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Pattimura
Email: jonny.latuny@staff.unpatti.ac.id,

³⁾Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Pattimura
Email: etwansarwuna19@gmail.com,

Abstrak Kerusakan *bearing* merupakan penyebab utama kegagalan pada mesin berputar dan dapat menimbulkan kerugian besar akibat *downtime* serta biaya pemeliharaan. Sinyal getaran bearing mengandung informasi penting terkait kondisi kesehatan mesin, namun bersifat non-stasioner dan dipengaruhi noise sehingga memerlukan teknik pengolahan sinyal yang andal. Penelitian ini bertujuan menganalisis nilai energi sinyal getaran sebagai indikator kerusakan dini pada *double row bearing* menggunakan metode *Digital Signal Processing (DSP)* berbasis *level of energy*. Data yang digunakan merupakan data sekunder getaran *bearing Rexnord ZA-2115* yang diperoleh dari repositori NSF I/UCR Center on *Intelligent Maintenance Systems (IMS)*, dengan kondisi operasi kecepatan 2000 RPM dan beban 2,7 ton. Pengolahan sinyal dilakukan menggunakan GNU Octave dengan menerapkan Wavelet Packet Decomposition hingga level 5 sehingga diperoleh 16 sub-band energi. Nilai energi setiap sub-band dianalisis untuk mengidentifikasi perubahan karakteristik getaran dari kondisi normal hingga rusak. Hasil penelitian menunjukkan peningkatan signifikan energi pada sub-band tertentu seiring perkembangan kerusakan bearing, bahkan sebelum kegagalan akhir terjadi. Temuan ini membuktikan bahwa metode *DSP* berbasis *level of energy* efektif untuk deteksi dini kerusakan bearing dan berpotensi diterapkan dalam sistem pemantauan kondisi mesin industri.

Kata kunci : Getaran *Bearing*, *Digital Signal Processing*, *Wavelet Packet*, *Level Of Energy*, Diagnosis Kerusakan

1. PENDAHULUAN

Dalam perkembangan teknologi saat ini, ilmu getaran sangat berperan penting di dalamnya. Dalam sebuah bidang industri misalnya, memerlukan adanya ilmu getaran, agar dapat diketahui tingkat kerusakan suatu *Bearing* pada motor induksi. Apabila getaran yang dihasilkan melebihi batas yang diperbolehkan, maka dapat mengganggu kinerja motor dan membahayakan proses yang sedang berlangsung. Dengan adanya ilmu getaran yang mempelajari mengenai kerusakan suatu peralatan, maka dari itu dapat diminimalisir atau bahkan diatasi. (Setiono *et al.*, 2020). Getaran adalah gerak bolak balik atau gerak osilasi suatu benda yang mempunyai massa dan mempunyai elastisitas seperti sistem pegas massa. Getaran terjadi akibat gerak karena adanya perbedaan tekanan dan frekuensi.

Dalam *DSP*, sinyal non-stasioner seperti getaran *bearing* yang mengandung impuls bersifat sementara dan muncul tak terduga memerlukan analisis waktu-frekuensi (*time-frequency analysis*). Teknik seperti *Short-Time Fourier Transform (STFT)*, *Continuous Wavelet Transform (CWT)*, *Hilbert-Huang Transform (HHT)*, dan *Discrete Wavelet Transform (DWT)* telah banyak digunakan. Salah satu kelemahan *STFT* adalah adanya *trade-*

off tetap antara resolusi waktu dan frekuensi, sedangkan *HHT* sering menghadapi masalah mode-mixing dan efek pinggir (*end effects*) (Gougam *et al.*, 2020). Penelitian ini tidak menggunakan data primer dari eksperimen langsung, melainkan menggunakan data sekunder yang bersumber dari *NSF I/UCR on Center Intelligent Maintenance System (IMS) dan Rexnord Corp.* yang berlokasi di *Milwaukee, USA*. Tipe bearing yang digunakan dalam data ini adalah *rexnord ZA-2115 double row bearing* dengan beban Maximum 26,7 kN dan kecepatan putar sebesar 2000 RPM.

2. METODE

Data sinyal getaran *bearing* yang digunakan dalam penulisan ini disediakan oleh *NSF I/UCR Center on Intelligent Maintenance Systems (IMS)* dengan dukungan dari *Rexnord Corp.* di *Milwaukee, WI* di Amerika Serikat. Lokasi pengolahan pada Fakultas Teknik Universitas Pattimura Ambon.

A. Variabel Penelitian

- a. Variabel bebas pada penelitian ini Adalah jumlah data sinyal getaran (1-984).
- b. Variabel terikat pada penelitian ini Adalah Energi sinyal hasil dekomposisi wavelet pada tiap sub-band (*level of energy*).

B. Jenis Penelitian

Penelitian ini merupakan penelitian kuantitatif. Penelitian dilakukan untuk menganalisis karakteristik sinyal getaran akibat kerusakan pada *double row bearing* menggunakan metode *Wavelet Packet Transform (WPT)* berbasis *level of energy*. Data yang digunakan berupa data sekunder getaran bearing dari repositori *NSF I/UCR Center on Intelligent Maintenance Systems (IMS)* dengan kondisi operasi konstan pada kecepatan 2000 RPM dan beban 2,7 ton. Proses analisis dilakukan melalui tahapan filtering, dekomposisi wavelet hingga level 5, serta perhitungan distribusi energi pada setiap sub-band menggunakan perangkat lunak *GNU Octave*. Hasil analisis digunakan untuk mengidentifikasi perubahan pola energi sinyal sebagai indikator kondisi bearing dari keadaan normal hingga mengalami kerusakan.

a. Prosedur penelitian

Prosedur penelitian diawali dengan pengumpulan data sekunder sinyal getaran bearing yang diperoleh dari repositori *NSF I/UCR Center on Intelligent Maintenance Systems (IMS)* dan *Rexnord Corp.* Data getaran kemudian dipilih dan diolah menggunakan perangkat lunak *GNU Octave* melalui tahapan preprocessing yang meliputi normalisasi sinyal, filtering, dan denoising untuk mengurangi pengaruh noise. Selanjutnya sinyal getaran dianalisis menggunakan metode *Wavelet Packet Transform (WPT)* dengan dekomposisi hingga level 5 sehingga diperoleh 16 sub-band frekuensi. Pada setiap sub-band dilakukan perhitungan *level of energy* berdasarkan koefisien wavelet untuk mengetahui distribusi energi sinyal. Hasil perhitungan energi kemudian dianalisis secara komparatif untuk mengidentifikasi perubahan karakteristik getaran dari kondisi normal, awal kerusakan, perkembangan kerusakan, hingga kerusakan parah pada *double row bearing*. Tahap akhir penelitian dilakukan dengan interpretasi hasil analisis berdasarkan teori getaran dan mekanisme kerusakan bearing guna memperoleh kesimpulan mengenai efektivitas metode *Digital Signal Processing (DSP)* berbasis *level of energy* dalam mendeteksi kerusakan bearing secara dini.

b. Alat bahan penelitian

Alat dan bahan yang digunakan untuk menganalisa data menggunakan :

1) Alat Penelitian :

- a) Komputer/Laptop
- b) Perangkat lunak *GNU Octave*
- c) Sensor akselerometer tipe *PCB 353B33 High Sensitivity Quartz ICP Accelerometer*

- d) Motor listrik penggerak
- e) Data logger National Instrument NI DAQ 6062E
- 2) Bahan Penelitian :
 - a) Data sinyal getaran bearing
 - b) Bearing tipe Rexnord ZA-2115 Double Row Bearing
 - c) Dataset Kondisi Bearing

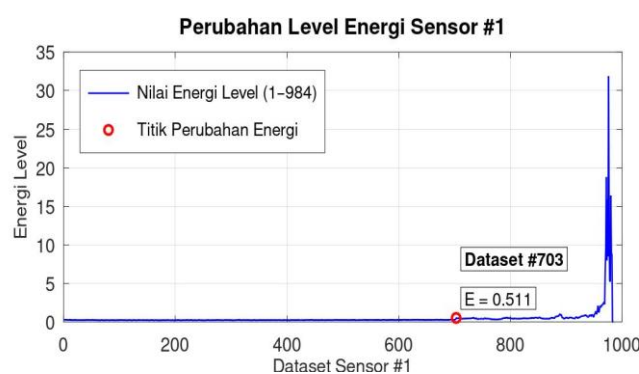
3. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Hasil

Berdasarkan data level energi pada Sub-Band 1 hingga Sub-Band 8, terlihat adanya fluktuasi distribusi energi sinyal getaran pada setiap sub-band. Nilai energi tertinggi cenderung muncul pada Sub-Band 5 dan Sub-Band 6, yang menunjukkan konsentrasi energi pada rentang frekuensi tertentu akibat impuls getaran kerusakan bearing. Sementara itu, Sub-Band lainnya menunjukkan energi yang relatif lebih rendah dan stabil. Hasil ini menunjukkan bahwa metode Wavelet Packet Transform mampu mengidentifikasi perubahan karakteristik getaran bearing melalui distribusi energi pada masing-masing sub-band.

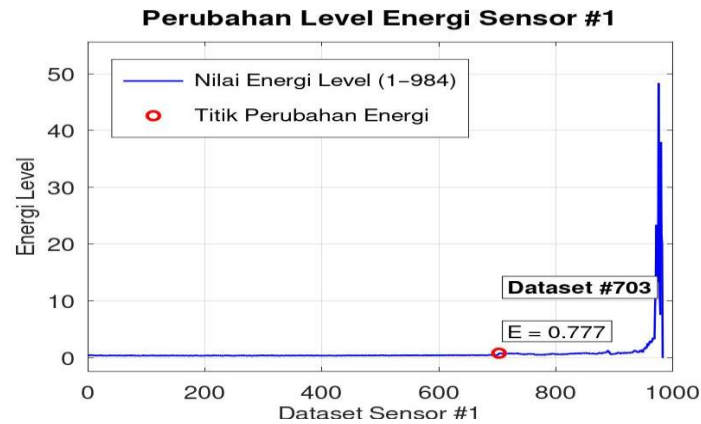
Tabel 1. Data Getaran

No.	SB- 1	SB- 2	SB- 3	SB- 4	SB- 5	SB- 6	SB- 7	SB- 8
1	0.25702	0.32986	0.52067	0.46179	0.90512	0.90338	0.5936	0.78249
2	0.26587	0.37953	0.60542	0.53601	1.0985	1.13207	0.85144	0.89154
3	0.29357	0.50764	0.59545	0.67867	0.88291	0.89179	0.70257	0.97204
4	0.27937	0.42526	0.61914	0.65746	0.89608	0.96937	0.77301	0.85004
5	0.25254	0.38762	0.56129	0.54378	1.01719	1.12206	0.73658	0.88011
6	0.24787	0.41395	0.6177	0.71418	0.97421	1.07531	0.77037	0.8849
7	0.31148	0.45506	0.68828	0.60408	0.83027	0.91457	0.65506	0.8465
8	0.24607	0.37305	0.58167	0.56079	0.83715	0.99236	0.78918	0.7704
9	0.26225	0.39498	0.61591	0.60416	0.89604	1.02055	0.73014	0.88195
10	0.22646	0.36948	0.53897	0.54693	0.69908	0.92595	0.6282	0.83633
11	0.29524	0.37536	0.546	0.6077	0.78588	0.90356	0.67409	0.78695
12	0.25948	0.34547	0.61178	0.55921	0.77918	0.89295	0.75746	0.78085
13	0.22392	0.36062	0.60383	0.50108	0.75679	0.89458	0.64712	0.77693
14	0.26094	0.37288	0.5781	0.57754	0.74906	0.83052	0.69973	0.90158
15	0.25605	0.36831	0.604	0.59935	0.73398	1.02621	0.8039	0.8287
16	0.23274	0.3335	0.7065	0.49145	0.72067	0.8623	0.79169	0.73761
17	0.22233	0.35062	0.63765	0.50657	0.88593	0.84397	0.67142	0.83139
18	0.22763	0.36788	0.49649	0.54406	0.73418	0.98102	0.7469	0.67961
19	0.25928	0.35076	0.50044	0.51921	0.72945	0.86516	0.65976	0.74191
20	0.25796	0.43766	0.63924	0.57004	0.78011	0.92364	0.81995	0.86373



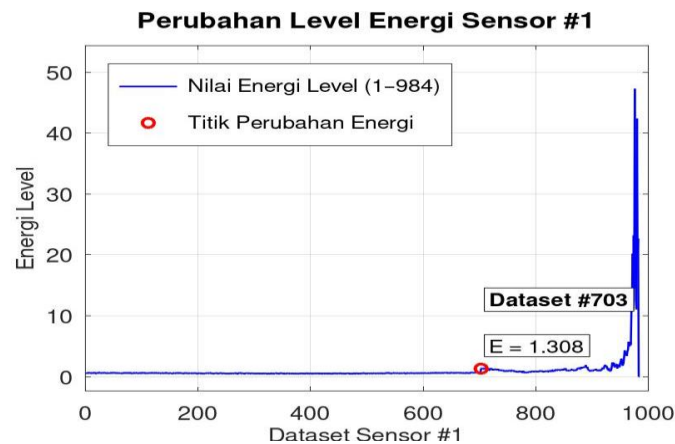
Gambar 1: Energi Sub-band 1

Gambar 1. menunjukkan level energi sinyal getaran cenderung rendah dan stabil dari dataset 1–950 yang menandakan kondisi bearing masih normal. Peningkatan energi pada dataset 703 sebesar $E = 0,511$ menunjukkan awal terjadinya kerusakan sebelum kegagalan total. Hasil ini membuktikan bahwa metode level of energy mampu mendeteksi kerusakan dini pada double row bearing.



Gambar 2 : Energi Sub-band 2

Gambar 2. menunjukkan level energi sinyal getaran yang relatif stabil hingga dataset 950, menandakan kondisi bearing masih normal. Namun, pada dataset 703 terjadi peningkatan energi sebesar $E = 0,777$ yang mengindikasikan awal kerusakan pada bearing. Kondisi ini diperkuat oleh lonjakan energi yang sangat tinggi pada dataset akhir (984), yang menunjukkan perkembangan kerusakan hingga mendekati kegagalan total.



Gambar 3 : Energi Sub-band 3

Gambar 3 menunjukkan level energi sinyal getaran yang stabil hingga mendekati dataset 950, menandakan kondisi bearing masih normal. Pada dataset 703 terdeteksi peningkatan energi sebesar $E = 1,308$ yang mengindikasikan awal kerusakan pada bearing. Selanjutnya, terjadi lonjakan energi yang sangat tinggi pada dataset 984, menunjukkan perkembangan kerusakan hingga mencapai kegagalan total.

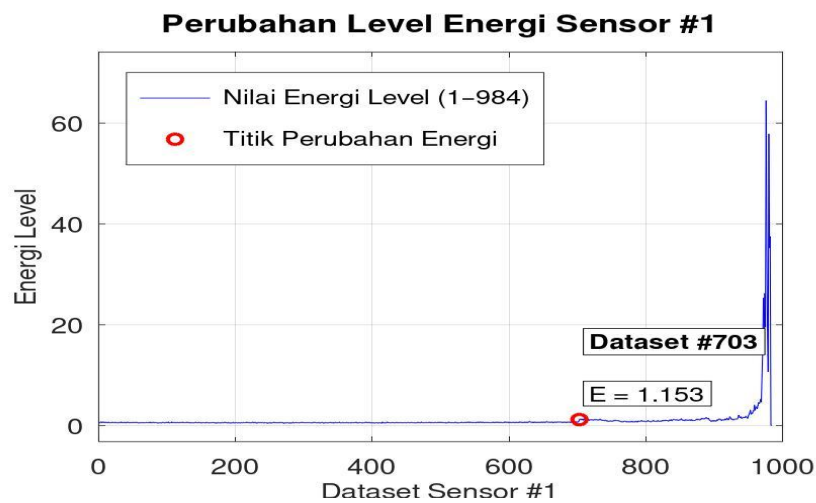
B. Pembahasan

Berdasarkan data dataset 965–984, terlihat adanya peningkatan level energi yang sangat signifikan pada seluruh sub-band, khususnya mulai dataset 970 hingga 982. Lonjakan energi tertinggi terjadi pada dataset 976 dan 980, terutama pada Sub-Band 5 dan Sub-Band 6 dengan nilai energi mencapai di atas 90, yang menunjukkan kondisi kerusakan bearing sudah memasuki tahap parah atau mendekati kegagalan total. Peningkatan energi ini menandakan

munculnya impuls getaran yang semakin besar akibat perkembangan cacat pada bearing. Sementara itu, pada dataset 983–984 nilai energi turun mendekati nol yang mengindikasikan sistem telah mengalami kegagalan akhir atau penghentian operasi pengujian.

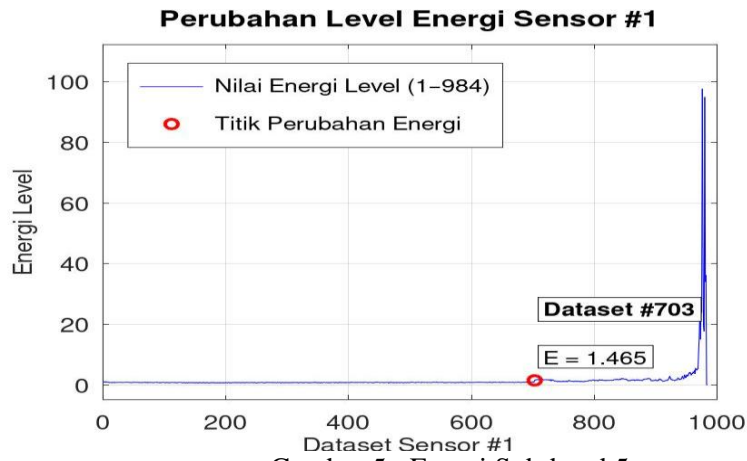
Tabel 2. Data Perubahan Getaran

No.	SB-1	SB-2	SB-3	SB-4	SB-5	SB-6	SB-7	SB-8
965	2.2445	2.86193	5.69724	4.52538	5.43543	5.04189	6.86486	6.00746
966	2.19605	3.44461	5.07287	4.30234	4.98145	6.07885	4.98335	7.23372
967	2.50795	3.22987	4.99114	4.59339	4.86181	5.03933	4.83187	5.90446
968	2.49758	3.49558	5.6684	5.19086	5.24946	4.735	7.32832	6.36431
969	2.29354	3.28996	5.2003	4.58649	5.27171	5.66747	5.85656	5.70768
970	6.56943	9.3079	10.66651	9.84103	10.97081	11.83529	9.43083	11.51733
971	9.58131	12.13606	12.401	14.6411	15.4281	16.48365	14.31678	18.08311
972	18.75189	23.35147	20.16606	25.2367	24.15653	21.04738	19.24772	25.9277
973	7.97867	14.12863	11.01177	17.79971	14.99012	16.77643	11.23694	14.19846
974	15.86207	23.20068	23.16491	26.13506	26.6912	28.18153	24.60879	21.79221
975	8.52854	13.32404	14.54218	19.48105	23.84615	24.08119	13.38542	21.33103
976	31.85138	48.32949	47.26832	64.37045	97.62298	76.2893	59.41905	68.90555
977	12.27337	21.27219	25.37965	35.61212	46.45478	44.3972	27.29411	37.17982
978	5.34192	10.73314	12.61282	19.02949	19.32365	23.95712	12.41819	22.21646
979	5.23304	7.53416	11.044	10.67392	17.71713	17.20398	12.50402	15.4971
980	16.38719	37.99293	42.37324	57.80869	94.90691	81.42136	52.3219	74.26003
981	8.98437	21.61729	19.81381	35.24612	33.95488	25.80972	17.96479	24.59169
982	8.71514	20.0163	22.69327	37.43026	36.19364	32.98351	24.47599	31.09296
983	0.00059	0.00069	0.0003	0.00047	0.00033	0.00035	0.00029	0.00033
984	0.0003	0.0004	0.00017	0.00028	0.00021	0.00018	0.0002	0.0002



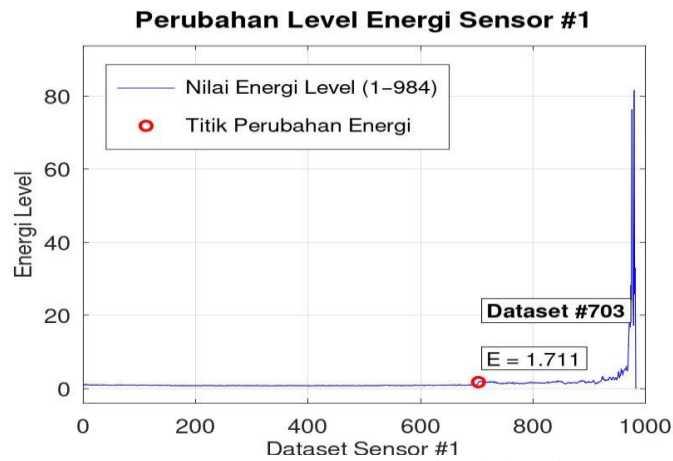
Gambar 4: Energi Sub-band 4

Gambar 4 menunjukkan level energi sinyal getaran pada sub-band 4 yang relatif stabil pada awal pengujian, menandakan kondisi bearing masih normal. Pada dataset 703 terdeteksi peningkatan energi sebesar $E = 1,153$ yang mengindikasikan awal kerusakan pada bearing. Selanjutnya, pada dataset 984 terjadi lonjakan energi ekstrem hingga melampaui 60 yang menunjukkan perkembangan kerusakan menuju kegagalan total.



Gambar 5 : Energi Sub-band 5

Gambar 5 menunjukkan level energi sinyal getaran pada sub-band 5 yang relatif stabil pada kondisi awal pengujian, menandakan bearing masih beroperasi normal. Pada dataset 703 terdeteksi peningkatan energi sebesar $E = 1,465$ yang mengindikasikan awal terjadinya kerusakan pada bearing akibat munculnya energi transien dari cacat bantalan.



Gambar 6 : Energi Sub-band 6

Gambar 6 menunjukkan level energi sinyal getaran pada sub-band 6 yang relatif stabil pada sebagian besar periode pengujian, menandakan kondisi bearing masih normal. Namun, pada dataset 703 terdeteksi peningkatan energi sebesar $E = 1,711$ yang mengindikasikan awal terjadinya kerusakan pada bearing akibat munculnya impuls energi dari cacat mikro pada elemen bantalan.

4. SIMPULAN

Penelitian ini menyimpulkan bahwa hasil analisis menunjukkan bahwa kenaikan energi pada dataset 703, sehingga level of energy dapat digunakan sebagai indikator kerusakan dini. Temuan ini secara langsung menjawab rumusan masalah mengenai besarnya nilai energi sinyal getaran bearing serta membuktikan bahwa tujuan penelitian, yaitu mengidentifikasi kerusakan lebih awal menggunakan GNU Octave, telah tercapai secara sistematis dan konsisten.

DAFTAR PUSTAKA

Bendjama, H. (2022). Bearing fault diagnosis based on optimal Morlet wavelet filter and Teager-Kaiser energy operator. *Journal of the Brazilian Society of Mechanical Sciences and Engineering*, 44(9), 392. <https://doi.org/10.1007/s40430-022-03688-4>

- Cao, L., & Sun, W. (2024). Research on Bearing Fault Identification of Wind Turbines' Transmission System Based on Wavelet Packet Decomposition and Probabilistic Neural Network. *Energies*, 17(11), 2581. <https://doi.org/10.3390/en17112581>
- Gougam, F., Rahmoune, C., Benazzouz, D., Afia, A., & Zair, M. (2020). Bearing faults classification under various operation modes using time domain features, singular value decomposition, and fuzzy logic system. *Advances in Mechanical Engineering*, 12(10). <https://doi.org/10.1177/1687814020967874>
- Goyal, D., Mongia, C., & Sehgal, S. (2021). Applications of Digital Signal Processing in Monitoring Machining Processes and Rotary Components: A Review. *IEEE Sensors Journal*, 21(7), 8780–8804. <https://doi.org/10.1109/JSEN.2021.3050718>
- Harris, T. A., & Kotzalas, M. N. (2006). *Rolling Bearing Analysis - 2 Volume Set*. CRC Press. <https://doi.org/10.1201/9781482275148>
- Imane, M., Rahmoune, C., Zair, M., & Benazzouz, D. (2024). Multi-fault bearing diagnosis under time-varying conditions using Empirical Wavelet Transform, Gaussian mixture model, and Random Forest classifier. *Advances in Mechanical Engineering*, 16(8). <https://doi.org/10.1177/16878132241275787>
- Immovilli, F., Cocconcelli, M., Bellini, A., & Rubini, R. (2009). Detection of generalized-roughness bearing fault by spectral-kurtosis energy of vibration or current signals. *IEEE Transactions on Industrial Electronics*, 56(11), 4710–4717. <https://doi.org/10.1109/TIE.2009.2025288>
- Maladzi, R., Prahasto, T., & Widodo, A. (2017). Analisis Kerusakan Bantalan Gelinding Dengan Variasi Kecepatan Putar Berdasarkan Pola Getaran Menggunakan Metoda Envelope Analysis. *Semarang*, 5(1), 32–41.
- Naibaho, W., Siahaan, S., & Naibaho, R. (2021). Analisa Perbandingan Putaran Mesin Untuk Kompresor Air Condition Pada Mobil Daihatsu Taruna Terhadap Karakteristik Getaran Berdasarkan Time Domain. *Jurnal MESIL (Mesin Elektro Sipil)*, 2(1), 25–35. <https://doi.org/10.53695/jm.v2i1.229>
- Oppenheim, A. V., & Schafer, R. W. (2010). No Title. In *Discrete-time signal processing (3rd ed.)*.
- Peng, Z. K., Tse, P. W., & Chu, F. L. (2005). A comparison study of improved Hilbert–Huang transform and wavelet transform: Application to fault diagnosis for rolling bearing. *Mechanical Systems and Signal Processing*, 19(5), 974–988. <https://doi.org/10.1016/j.ymssp.2004.01.006>
- Qu, J., Cheng, X., Liang, P., Zheng, L., & Ma, X. (2023). Fault Diagnosis of Bearings Using Wavelet Packet Energy Spectrum and SSA-DBN. *Processes*, 11(7), 1875. <https://doi.org/10.3390/pr11071875>
- Randall, R. B. (2011). *Vibration-based Condition Monitoring*. Wiley. <https://doi.org/10.1002/9780470977668>
- Rao, S. S. (2017). Mechanical Vibrations (6th ed.). In *Mechanical Vibrations (6th ed.)*.
- Romdhoni, Mardiansyah, & Kusnadi, H. (2023). Bearing Fault Detection Menggunakan Metode Wavelet Berbasis Labview. *Techné: Jurnal Ilmiah Elektroteknika*, 22(1), 49–58. <https://doi.org/10.31358/techne.v22i1.340>

ANALISIS KEBUTUHAN AIR BERSIH WARGA DESA PULAU RHUN KECAMATAN BANDA KABUPATEN MALUKU TENGAH

Dewi Apriliah M. Djamal¹⁾, Stevianus Titaley²⁾, Rafael M. Osok³⁾

¹⁾S1 Teknik Perencanaan Wilayah dan Kota, Fakultas Teknik, Universitas Pattimura

Email:dewiapriliyah17@gmail.com,

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

Email:stevy_74@yahoo.com,

³⁾Program Studi Ilmu Tanah, Fakultas Pertanian, Universitas Pattimura

Email:Rafael.osok@lecturer.unpatti.ac.id,

Abstrak Keberadaan Pulau Rhun dengan karakteristik sebagai pulau kecil memiliki kendala atas tersedianya sumberdaya air yang sedikit. Minimnya penyediaan sarana air bersih didesa sehingga masyarakat dalam menggunakan air bersih bagi kebutuhan setiap hari hanya bersumber dari air hujan yang digunakan untuk air minum. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kebutuhan air bersih di Desa Pulau Rhun, menghitung kebutuhan air bersih berdasarkan peningkatan jumlah penduduk sampai 20 tahun yang akan datang. Untuk menjawab tujuan penelitian ini digunakan analisa Kebutuhan Air Bersih Dan Analisa Proyeksi Jumlah Penduduk. Berdasarkan hasil perhitungan air bersih rata-rata pada tahun 2043 adalah 3.894 lt/hari. Tersedianya air yang ditampung pada musim penghujan pada bak penampung akan selaman ini dianggap tidak cukup karena hanya memenuhi kebutuhan sampai 3-5 bulan kedepan dan menunggu musim hujan selanjutnya oleh karenanya Masyarakat sampai saat ini masih menggunakan bantuan air payau yang tersedia pada sumur-sumur di dekat Pantai yang digunakan seperlunya selain air minum. Masyarakat Desa Pulau Rhun sampai saat ini hanya mengandalkan air hujan untuk air bersih yang ditampung dalam bak penampung di setiap rumah di pulau ini dengan ukuran bervariasi dan untuk menghemat air bersih atau air hujan tersebut masyarakat masih menggunakan air payau yang bersumber dari sumur galian yang tersebar di pemukiman sekitar pantai.

Kata kunci: Air Bersih, Kebutuhan, Ketersediaan, Pulau Kecil

1. PENDAHULUAN

Permasalahan air bersih di Indonesia merupakan hal kompleks dan mendesak. Salah satu tantangan utama dalam menjaga ketersediaan air bersih di Indonesia adalah pertumbuhan penduduk yang pesat. Setiap tahunnya, jumlah penduduk Indonesia terus bertambah. Pertumbuhan ini meningkatkan permintaan akan air bersih secara signifikan. Dengan populasi yang terus tumbuh, tekanan terhadap sumber daya air alami semakin besar baik di kota-kota besar juga sampai berdampak di pulau-pulau kecil. Pulau kecil memiliki keterbatasan dalam penyediaan sumber daya air tawar. Dengan wilayah tangkapan yang terbatas, sehingga kapasitas atau daya tampung pulau-pulau kecil dalam penyimpanan air hujan juga sangat terbatas. Isu perubahan iklim dan peningkatan muka air laut semakin mengancam keberadaan sumber daya air tawar di pulau-pulau kecil.

Keberadaan Pulau Rhun dengan karakteristik sebagai pulau kecil memiliki kendala ketersediaan sumberdaya air yang sedikit. Minimnya penyediaan sarana air bersih didesa sehingga masyarakat dalam menyediakan air bersih bagi kebutuhan setiap hari bersumber dari air hujan yang digunakan untuk air minum. Air hujan ditadah dan ditampung dalam bak-bak air pada masing-masing rumah penduduk. Untuk kebutuhan hidup, sebanyak 1.803 dengan presentase rata-rata laju penduduk 4,18% jiwa penduduk Run selama 10 Tahun terakhir

mengandalkan hujan sebagai sumber utama air bersih. Saat kemarau panjang, seperti yang terakhir dialami pada tahun 2002 warga mesti mendatangkan air dari Naira (Jalur Rempah ,2017). Warga di Desa ini rata-rata memiliki bak tampungan di rumah masing-masing untuk menampung air hujan jika musim penghujan tiba dan digunakan seperlunya untuk kebutuhan sehari-hari dengan ukuran beragam mulai berkisar dari 2,5 m x 2,5 m

Air hujan merupakan salah satu alternatif bagi pemenuhan kebutuhan air rumah tangga apabila terjadi musim kemarau yang berkepanjangan di Desa Pulau Rhun Kabupaten Banda. Berdasarkan Data Klimatologi Bulanan Stasiun Meteorologi Banda Neira, Curah hujan di Pulau Banda sendiri bervariasi berkisar antara 5.103 mm/tahun, dengan jumlah hari hujan paling tinggi pada bulan Juli adalah 31 hari/bulan dan yang paling rendah adalah di bulan Maret yaitu 9 hari/bulan. Dilihat dari kebutuhan penduduk dan penyediaan sumber daya air yang minim dan masih bergantung kepada air hujan dalam memenuhi kebutuhan warga maka 3 menjadi penting untuk dilakukan kajian bagaimana strategi peningkatan kapasitas Air Bersih dengan mendorong judul penelitiannya “Analisis Kebutuhan Air Bersih Warga Desa Pulau Rhun Kecamatan Banda Kabupaten Maluku Tengah”

2. METODE

A. Prosedur Penelitian dan Persamaan

Penelitian ini dilaksanakan di Desa Pulau Rhun Kecamatan Banda Kabupaten Maluku Tengah dengan jumlah penduduk 1.803 dan memiliki luas wilayah 13,16 km² Negeri administrasi Pulau Rhun merupakan salah satu pulau karang yang berada di gugusan pulau kecil Di Kecamatan Banda Naira, Kabupaten Maluku Tengah Provinsi Maluku. Dengan jarak 20,00 km dan waktu yang ditempuh yaitu 1 jam 45 menit menggunakan motor laut dari pusat kecamatan. Waktu yang digunakan peneliti dalam penelitian ini dilakukan sejak bulan Februari 2023 sampai dengan bulan Mei 2023.

Metode pengambilan sampel dalam penelitian ini menggunakan dasar pengambilan sampel *Non probability sampling*, dengan cara *purposive sampling*. Menurut Sugiono (2008) Purposive sampling yaitu teknik penentuan sampel dengan pertimbangan-pertimbangan tertentu atau kriteria-kriteria tertentu. Dalam penelitian ini jumlah sampel yang diambil adalah sebanyak 80 responden, dimana angka 80 itu ditentukan dengan acuan dari teori Sugiono (2012) yang mana penentuan jumlah sampel minimal 30 responden dan untuk selebihnya akan lebih baik. Dari kriteria tersebut peneliti menggunakan standar minimal lebih dari 30 responden lebih baik agar penelitian yang dilakukan valid

Untuk memperoleh data baik data primer maupun data sekunder, teknik pengumpulan data yang digunakan penelitian ini meliputi Observasi Lapangan, Angket dan Wawancara serta studi literatur. Metode analisis ini digunakan untuk menjawab tujuan penelitian adalah untuk mengetahui kondisi sumber dan sarana air bersih dan kebutuhan air bersih warga desa pulau rhun digunakan analisa kebutuhan air bersih. Langkah-langkah perhitungan kebutuhan air bersih adalah Perhitungan jumlah kebutuhan air bersih dan Kebutuhan air domestik. Sedangkan untuk menentukan kebutuhan air bersih pada masa mendatang pada masing – masing zona perlu terlebih dahulu diperhatikan keadaan pertumbuhan penduduk yang ada pada saat ini dan proyeksi jumlah penduduk pada masa mendatang. Adapun analisis yang akan dilakukan, yaitu Analisa Proyeksi Jumlah Penduduk dengan 3 metode:

1) Metode Eksponensial

$$P = P_0 \cdot e^{r \cdot n} \cdot b.$$

2) Metode Aritmatik

$$P_t = P_0 (1+rt) \cdot c.$$

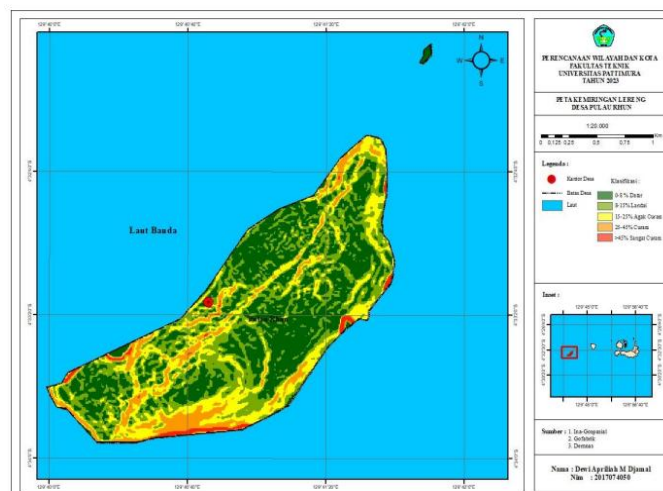
- 3) Metode Geometrik
- 4) $P_t = P_o (1+r)^t$

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Air Bersih di Desa Pulau Rhun Kecamatan Banda

Sumber air bersih di Pulau Rhun masih mengandalkan air hujan untuk memenuhi kebutuhan masyarakat sehari-hari. Air bersih yang digunakan untuk minum merupakan air hujan yang tampung oleh masyarakat saat musim hujan. Dalam pemanfaatan hujan sebagai sumber dari air bersih, masyarakat membangun bak penampung air hujan di setiap rumah untuk menyimpan air bersih di saat bulan-bulan musim hujan. Selain itu terdapat sumber air tanah yang juga digunakan masyarakat untuk kebutuhan domestik lainnya selain air minum. Dari dulu hingga saat ini masyarakat hanya bergantung pada pemanfaatan air hujan. Air sumur digunakan untuk keperluan domestik lainnya saat musim kemarau datang. Jika musim panas berkepanjangan maka masyarakat membeli air bersih dari Neira untuk di konsumsi. Berdasarkan wawancara dengan responden diketahui bahwa sumber air yang digunakan oleh masyarakat desa Pulau Rhun sampai saat ini berdasarkan kebutuhan domestik warga antara lain adalah air hujan dan air sumur (Air Payau).

Berdasarkan Peta Kemiringan Lereng Desa Pulau Rhun pada gambar 1 dapat dianalisis bahwa Pulau Rhun merupakan pulau terumbu karang, sehingga kemampuan menyimpan air sangat rendah (karang bersifat porous atau mempunyai tingkat kelolosan yang tinggi). Pada umumnya memiliki morfologi landai dan datar. Dari total luas pulau 352,806506 ha pulau ini di dominasi memiliki kemiringan landai dengan luas kemiringan berdasarkan klasifikasi datar (136,010801 ha), landai (110,575207 ha), agak curam (68,972277 ha), curam (32,383494 ha) dan sangat curam (4,864727) ha.



Gambar 1. Peta Kemiringan Lereng Desa Pulau Rhun

B. Sarana air bersih di Desa Pulau Rhun

Beberapa sarana air di Pulau Rhun berdasarkan sumber air di atas dijelaskan sebagai berikut

a. Penampung Air Hujan (PAH)

Penampungan Air Hujan merupakan sarana utama air bersih yang digunakan masyarakat Pulau Rhun. Masyarakat memanfaatkan untuk pengadaan air rumah tangga. Air hujan yang jatuh di atas atap rumah melalui saluran atau pipa kemudian dialirkan dan ditampung di dalam tempat penampungan berupa bak. Ukuran bak bervariasi memiliki panjang 3, 5 Meter dan Lebar 2,5 – 3 Meter. Masyarakat memasang talang air sepanjang sisi atap dan mengalirkan air hujan ke bak penampung yang berada di dalam rumah. Talang air yang digunakan biasanya

menggunakan pipa paralon dengan ukuran diameter $\frac{3}{4}$ inch atau sekitar 19 mm.

b. Sumur gali

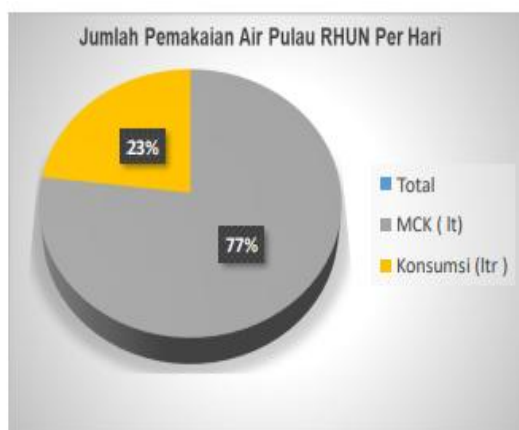
Salah satu sarana yang digunakan masyarakat Pulau Rhun digunakan sebagai sumber air untuk kebutuhan sehari-hari seperti mencuci adalah sumur gali yang lokasinya berada di area pemukiman sekitar pantai yang menyebabkan air sumur ini payau. Sumur gali sangat di Pulau Rhun sendiri dipengaruhi oleh musim. Pada musim kemarau kemungkinan airnya berkurang bahkan kering. Masyarakat desa Pulau Rhun menggunakan sumur gali untuk kebutuhan selain minum yaitu mencuci, mandi untuk menghemat kebutuhan air bersih masyarakat berupa air hujan yang ditampung di bak penampung karena sumber air ini merupakan air payau dan kadang kering jika musim panas yang Panjang

c. Embung

Embung adalah bendungan buatan yang dibuat untuk menampung air hujan dan mengalirkannya ke daerah yang membutuhkan. Embung serbaguna yang dibangun Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat (PUPR) melalui Balai Wilayah Sungai Maluku pada 2016. Namun, saat ini embung itu hanya digunakan warga untuk menyirami tanaman pala mereka saat musim kemarau. Sementara untuk kebutuhan air minum atau air bersih, warga masih harus mengandalkan air dari bak penampungan di masing-masing rumah. Kondisi embung yang dibangun saat ini sudah bocor di beberapa bagian di dasar embung dan mengakibatkan air dalamnya juga ikut tercemar.

C. Kondisi eksisting kebutuhan air di Pulau Rhun

Kebutuhan air yang digunakan masyarakat saat ini jumlahnya sesuai kebutuhan masing-masing orang dalam 1 Rumah. Dari 80 Kepala keluarga yang di wawancarai kebutuhan air yang digunakan baik dari sumur dan dari bak penampung air hujan digunakan untuk kebutuhan domestik terbagi i menjadi kebutuhan konsumsi (Minum) dan Pemakaian untuk Mandi, Cuci dan Kakus. Diketahui dari 80 Responden total pemakaian per hari beragam tergantung dari banyaknya jumlah anggota Keluarga semakin banyak anggota keluarga maka 77% 23% Total MCK (lt) Konsumsi (ltr) 56 semakin banyak pula jumlah air yang digunakan. Dari total responden diketahui pemakaian harian masyarakat Pulau Rhun sebanyak 5060 atau sebesar 77% untuk kegiatan seperti mandi, cuci dan kakus. Sedangkan untuk kebutuhan konsumsi (air minum) sebanyak 1450 atau 23% untuk kebutuhan minum setiap harinya



Gambar 2. Diagram jumlah pemakaian air Pulau Rhun per hari

Diketahui bahwa rata-rata kebutuhan air yang digunakan warga Desa Pulau Rhun dalam satu hari adalah sebanyak 81 lt/org. Maka jumlah Kebutuhan Air Domestik Warga Desa Pulau Rhun dapat dihitung sebagai berikut: Kebutuhan Air Domestik. Berdasarkan perhitungan di atas diketahui jumlah kebutuhan air domestik warga desa pulau rhun pada tahun 2023 dengan jumlah penduduk 1803 jiwa adalah 2.434 lt/hari.

D. Analisa proyeksi jumlah penduduk

Dalam Permen PU Tentang Penyelenggaraan Pengembangan SPAM No. 18/PRT/M/2007, proyeksi penduduk dilakukan dalam jangka waktu 15-20 tahun ke depan. Perhitungan proyeksi penduduk pada penelitian ini dilakukan sampai dengan 20 tahun ke depan mulai dari tahun 2024 sampai dengan tahun 2043. Adapun data jumlah penduduk 10 tahun terakhir perkiraan penduduk Pulau Rhun merupakan patokan proyeksi jumlah penduduk tahun mendatang dapat dilihat pada tabel 1 dibawah ini:

Tahun	Total Jiwa	Pertumbuhan per tahun	
		jiwa	%
2014	1324		
2015	1328	4	0,003
2016	1332	4	0,003
2017	1277	-55	-0,041
2018	1365	88	0,068
2019	1443	78	0,057
2020	1594	151	0,104
2021	1572	-22	-0,013
2022	1680	110	0,069
2023	1803	141	0,083

Gambar 3. Jumlah Penduduk 10 Tahun Terakhir Desa P. Rhun

E. Uji kesesuaian metode proyeksi korelasi

Perhitungan standar deviasi Pada proyeksi penduduk Desa Pulau Rhun Kecamatan Banda Standar Deviasi, dihitung dengan rumus:

$$Stdv = \sqrt{\frac{y_i - y_{mean}}{n}}$$

a. Metode Aritmatika:

Tahun	Jumlah Penduduk	Proyeksi Aritmatik	$y_i - y_{mean}$	$(y_i - y_{mean})^2$
2014	1324	1364	-110	12100
2015	1328	1408	-66	4356
2016	1332	1452	-22	484
2017	1277	1430	-44	1936
2018	1365	1570	96	9216
2019	1443	1703	229	52441
2020	1594	1929	455	207025
2021	1572	1949	475	225625
2022	1680	2134	660	435600
2023	1803	2344	870	756900
Ymean	1474			1705683

Gambar 4. Perhitungan Standar Deviasi Metode Aritmatik

$$\begin{aligned} \text{Stdv} &= \sqrt{\frac{1705683}{10}} \\ &= \sqrt{170568,3} \\ &= 412 \end{aligned}$$

Berdasarkan perhitungan standar deviasi menggunakan metode Aritmatik pada Tabel 2 mulai dari 10 Tahun berdasarkan data awal sejak 2014-2023 nilai rata-rata pada standar deviasi adalah metode arirmatik adalah 412

b. Metode Geometrik

Tahun	Jumlah Penduduk	Proyeksi Geometrik	yi - ymean	(yi - ymean) ²
2014	1324	1364	-110	12100
2015	1328	2736	1262	1592644
2016	1332	4116	2642	6980164
2017	1277	5261	3787	14341369
2018	1365	7030	5556	30869136
2019	1443	8918	7444	55413136
2020	1594	11493	10019	100380361
2021	1572	12953	11479	131767441
2022	1680	15574	14100	198810000
2023	1803	18571	17097	292307409
Ymean	1474			832473760

Gambar 5. Perhitungan Standar Deviasi Metode Geometrik

$$\begin{aligned} \text{Stdv} &= \sqrt{\frac{832473760}{10}} \\ &= \sqrt{83247376} \\ &= 9124 \end{aligned}$$

Berdasarkan perhitungan standar deviasi menggunakan metode Geometrik pada Tabel 3 mulai dari 10 Tahun berdasarkan data awal sejak 2014-2023 nilai rata-rata pada standar deviasi adalah metode Geometrik adalah 9124 jika dibandingkan dengan hasil perhitungan pada standar deviasi menggunakan metode Aritmatika maka ada penambahan sebesar 8712.

c. Metode Eksponensial

Tahun	Jumlah Penduduk	Proyeksi Eksponensial	yi - ymean	(yi - ymean) ²
2014	1324	1364	-110	12100
2015	1328	2737	1263	1595169
2016	1332	4118	2644	6990736
2017	1277	5264	3790	14364100
2018	1365	7033	5559	30902481
2019	1443	8922	7448	55472704
2020	1594	11498	10024	100480576
2021	1572	12959	11485	131905225
2022	1680	15581	14107	199007449
2023	1803	18579	16776	281434176
Ymean	1474			822164716

Gambar 6. Perhitungan Standar Deviasi Metode Eksponensial

$$\begin{aligned} \text{Stdv} &= \sqrt{\frac{822164716}{10}} \\ &= \sqrt{82216471,6} \\ &= 9067 \end{aligned}$$

Berdasarkan perhitungan standar deviasi menggunakan metode Ekspoenensial pada Tabel 4 mulai dari 10 Tahun berdasarkan data awal sejak 2014-2023 nilai rata-rata pada standar deviasi adalah metode Ekspoenensial adalah 9067 jika dibandingkan dengan hasil perhitungan pada standar deviasi 2 metode 65 senelumnya nilai pada perhitungan ini lebih besar dibandingkan ketuda metode yang sebelumnya. Berikut ini adalah hasil perhitungan standar deviasi dari tiga metode yang digunakan.

Tabel 4. 17 Perbandingan Nilai Standar Deviasi

Metode	Standar Deviasi
Aritmatik	412
Geometrik	9124
Ekspoenensial	9067

Gambar 7. Perbandingan Nilai Standar Deviasi

Berdasarkan perhitungan standar deviasi pada Tabel 5 maka diketahui metode proyeksi yang mempunyai nilai standar deviasi yang terkecil adalah Metode Aritmatik yaitu 412. Metode proyeksi penduduk dengan nilai standar deviasi terkecil yaitu metode aritmatik akan dipilih sebagai proyeksi jumlah penduduk untuk perhitungan kebutuhan air bersih di Desa Pulau Rhun Kecamatan Banda.

F. Proyeksi kebutuhan air bersih

Berikut ini adalah perhitungan proyeksi kebutuhan air bersih di Desa Pulau Rhun Kecamatan Banda tahun 2023 dengan presentasi penduduk sesuai dengan proyeksi penduduk yang telah dihitung sampai dengan 2043 seperti pada tabel. Perhitungan kebutuhan air akan dijelaskan tiap jangka waktu 5 Tahun dan akan disajikan pada table sebagai berikut:

No.	Uraian	Satuan	Tahun				
			2024	2028	2033	2038	2043
1	Jumlah penduduk total	jiwa	1857	2073	2344	2614	2885
2	Kebutuhan air untuk tiap 1 orang per hari	lt/hari	81	81	81	81	81
3	Kebutuhan air domestik	lt/hari	2.506	2.798	3.164	3.528	3.894

Gambar 8. Perhitungan Kebutuhan Air Bersih di Pulau Rhun Kecamatan Banda.

4. SIMPULAN

- 1) Sumber air bersih yang terdapat di Desa Pulau Rhun adalah air hujan dan air sumur

sedangkan sarana air bersih yang ada adalah Penampung air hujan, Sumur Gali dan juga embung

- 2) Kebutuhan air untuk tiap 1 orang per hari berdasarkan kebutuhan warga Desa Pukau Rhun Kecamatan Banda adalah 81 Lt/ hari.
- 3) Kebutuhan air bersih domestik eksisting warga Desa Pulau Rhun adalah 2.434 ltr/hari dan pada tahun 2043 Kebutuhan air domestik adalah 3.894 lt/hari

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih tak terhingga Keluarga Besar Program Studi Perencanaan Wilayah dan Kota Universitas Pattimura, Khususnya Angkatan 2017 atas segala bantuan dan dukungan selama masa perkuliahan. Keluarga besar, Ayah dan ibu terima kasih atas segala doa yang mengiringi perjalanan ini juga Rinaldi Eka Saputra Sarabiti, yang senantiasa mendengarkan keluh kesah penulis, memberi dukungan juga pengingat agar dapat menyelesaikan segala yang telah dimulai.

DAFTAR PUSTAKA

- Arikunto, S. (2010). *Metode Penelitian*. Jakarta: Bumi Aksara.
- AQUA, S. P. (2017). *Peraturan menteri kesehatan republik indonesia nomor 32 tahun 2017 tentang standar baku mutu kesehatan lingkungan dan persyaratan kesehatan air untuk keperluan higiene sanitasi, kolam renang*.
- Creswell, J. W. 2015. *Penelitian Kualitatif Dan Desain Riset*. (S. Z. Qudsy, Ed.) (Edisi Ke-3). Celeban Timur UH III/548 Yogyakarta 55167
- Chaerunnissa, C. 2015. *Partisipasi Masyarakat Dalam Program Penyediaan Air Minum Dan Sanitasi Berbasis Masyarakat (Pamsimas) Di Kabupaten Brebes*, 5(2).
- Djula, S. N. (2019). *Studi Ketersediaan Air Bersih dan Penyediaan Air Minum Rumah Tangga Di Kelurahan Oebobo Kecamatan Oebobo Tahun 2019*. Disertasi Doktor. Poltekkes Kemenkes Kupang.
- Fathurrahman, F., & Hendra Cahyadi, H. C. (2022). *Analisis Kebutuhan Air Bersih Di Kecamatan Teweh Tengah Kabupaten Barito Utara*. Seminar Nasional Teknik (SENASTIKA 2022). Universitas Islam Kalimantan MAB.
- Hatuina, A. (2015). *Studi Pemenuhan Kebutuhan Air Bersih Di Permukiman Nelayan Kelurahan Kampung Baru Kecamatan Rumbia Tengah Kabupaten Bombana*. Plano Madani: Jurnal Perencanaan Wilayah dan Kota, 4(1), 81- 90.
- Husaini, K. (2023). *Analisa Penggunaan Air Bersih Rumah Tangga Di Kelurahan Siderejo Hilir Kecamatan Medan Tembung Kota Medan*. Disertasi. Fakultas Teknik, Universitas Islam Sumatera Utara.
- Jaya, D., & Tamelan, P. G. (2022). *Kajian Ketersediaan dan Kebutuhan Air Bersih di Desa Compang Tenda Kabupaten Manggarai Timur*. Batakarang, 3(1), 19-23.
- LYLYANTO, A. (2012). *Analisis Penyediaan Air Bersih Di Desa Babalan, Kecamatan Gabus, Kabupaten Pati, Provinsi Jawa Tengah*. Disertasi Doktor. Universitas Atma Jaya Yogyakarta (UAJY).
- Pemerintah Indonesia. 2014. *Peraturan Pemerintah Nomor 66 Tahun 2014 tentang Kesehatan Lingkungan, kualitas lingkungan*. Standar Baku Mutu Kesehatan. Jakarta
- Setiyanto, I. (2017). *Analisa Kebutuhan Air Bersih (Studi Kasus Instalasi Pengolahan Air Kutoarjo)*. Disertasi Doktor. Teknik Sipil-Teknik
- Rosa, Y. (2014). *Penerimaan Masyarakat Terhadap Modul Sosialisasi Standar, Pedoman dan Manual (SPM)(Studi Kasus Sosialisasi Standar, Pedoman dan Manual (SPM) Sertifikat Laik Fungsi (SLF) Bangunan Gedung di Provinsi Sumatera Barat dan Daerah Istimewa Yogyakarta)*. Jurnal Sosial Ekonomi Pekerjaan Umum, 6(1).
- Sugiyono. 2016. *Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif, R&D*. Bandung
- Zuhrina, M. (2020). *Analisis Kebutuhan Dan Ketersediaan Air Bersih Di Kecamatan Gangga Kabupaten Lombok Utara* (Doctoral dissertation,



ISOMETRI

Program Studi Teknik Mesin,
Teknik Sistem Perkapalan Planologi
Fakultas Teknik Universitas Pattimura
Jl. Ir. M. Putuhena, Kampus Poka - Ambon
e-mail :
Website : <https://ojs3.unpatti.ac.id/index.php/isometri>

ISSN 2963-2501

