

ISSN (p) : 2460 – 3384

ISSN (e) : 2686 – 3693

Volume 11 Nomor 1

# MEKANIKA

---

# JURNAL

## Teknik Mesin



Published by Prodi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya  
Available online at <https://jurnal.untag-sby.ac.id/index.php/MEKANIKA>

## DAFTAR ISI

- |    |   |       |
|----|---|-------|
| 01 | Pengaruh Besar Kecepatan Aliran Gas Pelindung Dan Temperatur Air Pada Pengelasan Mig Terhadap Cacat Pengelasan Dan Kekuatan Tarik Baja Keylos 50 Untuk Aplikasi Shell Feed Water Tank<br><b>Moh. Nor Ali Aziz, Harjo Seputro, Edi Santoso, Ismail, Vincent Kristian, Putra Pratama, Daffa Abiyyu Shidqi</b> | 1-12  |
| 02 | Analisa Performansi Dan Karakteristik Mesin Pendingin AC Split R-32 Dengan Variasi Alat Ekspansi<br><b>Royyan Firdaus, Supardi, Ninik Martini, Gatut Prijo Utomo, Shifa Hiamul Avillah, Muhamad Achmal Triaditya</b>  | 13-20 |
| 03 | Pengaruh Perlakuan Serat Dan Fraksi Serat Sisal (Agave Sisalana) Terhadap Kekuatan Tarik Pada Komposit Epoxy/ Serat Sisal<br><b>Zainun, Moh Mufti, Ichlas Wahid, Maula Nafi, Ramadhan, Mubarak Fawwas</b>   | 21-32 |
| 04 | Kinerja Turbin Gas Mikro Berbahan Bakar Lpg Dengan Variasi Nilai Air Fuel Ratio (AFR)<br><b>Elisna Tirta Cahyani, Nasrul Ilminnafik, Fransiscus Xaverius Kristianta</b>   | 33-42 |
| 05 | Simulasi Pengaruh Posisi Exhaust Fan Terhadap Temperatur Ruangan Akibat Paparan Panas Matahari<br><b>Parngongo Turnip</b>   | 43-52 |
| 06 | Analisis Dampak Penggunaan Energi Fosil Terhadap Kualitas Udara Dan Peluang Implementasi Energi Terbarukan Di Indonesia<br><b>Baithul Maqdis, Agung Pranata, Mhd. Dwi Adi Putra</b>   | 53-58 |
| 07 | Analisa Pengaruh Saluran Udara Masuk (Burner) Terhadap Temperatur Pembakaran Pada Kompor Berbahan Minyak Jelantah Dan Oli Bekas<br><b>Refandi Anwar Pratama, Iswanto, Mulyadi</b>   | 59-70 |
| 08 | Review: Optimasi Plasticizer Untuk Peningkatan Kinerja Bioplastik Berbasis Kitosan<br><b>Eka Cahya Muliawati, Ayu Pupu, Setiya Eko Nurkawso, Yudistira Kusferianto, Moch. Agil Soeharja, Hasibur Rasyid Juniawan, dan Alfonsius Firman Amsalino</b>   | 71-88 |



## PENGARUH BESAR KECEPATAN ALIRAN GAS PELINDUNG DAN TEMPERATUR AIR PADA PENGELASAN MIG TERHADAP CACAT PENGELASAN DAN KEKUATAN TARIK BAJA KEYLOS 50 UNTUK APLIKASI SHELL FEED WATER TANK

**Moh. Nor Ali Aziz<sup>1</sup>, Harjo Seputro<sup>2</sup>, Edi Santoso<sup>3</sup>, Ismail<sup>4</sup>, Vincent Kristian<sup>5</sup>, Putra Pratama<sup>6</sup>, Daffa Abiyyu Shidqi<sup>7</sup>**

Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya

email: [aliaziz@untag-sby.ac.id](mailto:aliaziz@untag-sby.ac.id)

### ABSTRAK

Pengaruh pengelasan Metal Inert Gas (MIG) pada baja Keylos 50 terhadap cacat pengelasan dan kekuatan tarik material. Kebocoran sering kali terjadi akibat struktur martensit yang terbentuk selama quenching, yang meskipun keras, bersifat getas dan mudah retak. Selain itu, pemilihan media pendingin yang tidak tepat dan minimnya perlakuan pasca-pengelasan, seperti stress relieving, semakin memperparah risiko kegagalan sambungan las. Baja Keylos 50 merupakan baja karbon sedang yang sering digunakan dalam aplikasi struktural berkat sifat mekaniknya yang unggul. Tujuan penelitian ini adalah variasi kecepatan aliran gas pelindung (10 L/min, 15 L/min dan 20 L/min) dan temperatur media pendingin (5°C - 8°C, 25°C - 28°C dan 50°C - 53°C) pada proses quenching. Teknik uji tarik (ASTM E8) dan uji radiografi (NDT RT) digunakan untuk mengevaluasi sifat mekanik dan cacat pengelasan, seperti incomplete penetration, porosity, cluster porosity dan slag inclusion. Hasil penelitian menunjukkan bahwa variasi parameter pengelasan signifikan memengaruhi jumlah dan jenis cacat, serta kekuatan tarik material. Temperatur pendingin yang rendah menghasilkan struktur martensit yang keras namun getas, meningkatkan risiko cacat. Sementara itu, aliran gas pelindung yang optimal mencegah kontaminasi atmosfer, meminimalkan cacat seperti porosity. Pengujian tarik menunjukkan tegangan maksimum tertinggi pada variasi 10L/min terdapat pada spesimen A1 senilai 63,98 Kg/mm<sup>2</sup> dengan regangan maksimum 6,61%, pada variasi 15L/min terdapat pada spesimen B3 senilai 64,31Kg/mm<sup>2</sup> dengan regangan maksimum 6,4% dan pada variasi 20L/min terdapat pada spesimen C1 senilai 64,69Kg/mm<sup>2</sup> dengan regangan maksimum 7,1%. Penelitian ini memberikan wawasan penting bagi optimasi pengaruh pengelasan untuk meningkatkan kualitas sambungan baja Keylos 50, serta berkontribusi pada pengembangan standar pengelasan yang lebih efektif dan aman.

Kata Kunci: Baja Keylos 50, Metal Gas Inert, Cacat Pengelasan, Quenching, Uji Tarik, Feed Water Tank.

### ABSTRACT

*Effect of Metal Inert Gas (MIG) welding of Keylos 50 steel on welding defects and tensile strength of the material. Leakage often occurs due to the martensite structure formed during quenching, which although hard, is brittle and easily cracked. In addition, improper selection of cooling media and lack of post-weld treatment, such as stress relieving, further exacerbate the risk of weld joint failure. Keylos 50 steel is a medium carbon steel that is often used in structural applications due to its superior mechanical properties. The objective of this study was to vary the shielding gas flow velocity (10 L/min, 15 L/min and 20 L/min) and cooling*

*media temperature (5°C - 8°C, 25°C - 28°C and 50°C - 53°C) in the quenching process. Tensile testing techniques (ASTM E8) and radiographic testing (NDT RT) were used to evaluate mechanical properties and welding defects, such as incomplete penetration, porosity, cluster porosity and slag inclusion. The results showed that variations in welding parameters significantly affected the number and type of defects, as well as the tensile strength of the material. Low cooling temperatures produce a hard but brittle martensite structure, increasing the risk of defects. Meanwhile, optimal shielding gas flow prevents atmospheric contamination, minimizing defects such as porosity. Tensile testing showed the highest maximum stress at 10L/min variation was found in specimen A1 worth 63.98 Kg/mm<sup>2</sup> with a maximum strain of 6.61%, at 15L/min variation was found in specimen B3 worth 64.31Kg/mm<sup>2</sup> with a maximum strain of 6.4% and at 20L/min variation was found in specimen C1 worth 64.69Kg/mm<sup>2</sup> with a maximum strain of 7.1%. This research provides important insights for optimizing welding effects to improve the joint quality of Keylos 50 steel, as well as contributing to the development of more effective and safe welding standards.*

**Keywords:** Keylos 50 steel, Inert Gas Metal, Welding Defects, Quenching, Tensile Test, Feed Water Tank

## PENDAHULUAN

Material Baja Keylos 50 adalah baja berkekuatan tarik tinggi yang digunakan pada feed water tank, khususnya untuk aplikasi yang memerlukan kekuatan mekanis tinggi dan ketahanan jangka panjang. Baja ini juga memiliki ketahanan terhadap korosi, menjadikannya pilihan tepat untuk struktur yang berhadapan dengan tekanan air. Dalam pembuatan feed water tank, proses pengelasan menjadi tahap krusial. Kualitas pengelasan menentukan kemampuan tank untuk menahan tekanan, sebab kesalahan atau cacat pengelasan dapat menyebabkan kebocoran pada sambungan. Pengelasan merupakan proses penting di industri logam, di mana sambungan antara dua logam diuji kelayakannya sebelum digunakan secara luas. Salah satu teknik yang digunakan dalam pengelasan adalah quenching, yakni pendinginan cepat sambungan menggunakan media seperti air, oli, atau larutan garam. Teknik ini memengaruhi sifat sambungan, terutama dalam hal kekuatan tarik dan potensi cacat las. Menurut penelitian Maghfiroh & Yunus (2022), temperatur media quenchant berdampak signifikan pada karakteristik las. Pendinginan dengan media bertemperatur rendah dapat memicu pembentukan struktur martensit yang keras namun getas, meningkatkan risiko retakan dan tegangan sisa. Perbedaan kekuatan tarik antara material yang memiliki cacat pengelasan dan yang tidak menjadi dasar penelitian ini. Teknik uji tarik digunakan untuk memperoleh data kekuatan material secara valid. Proses quenching dan pengelasan, bila tidak dilakukan dengan benar, dapat mengurangi kekuatan sambungan, sehingga penting untuk memahami faktor-faktor yang berkontribusi terhadap cacat dan cara mengatasinya. Penelitian ini bertujuan memberikan pemahaman lebih mendalam mengenai pengaruh teknik pengelasan, media pendingin, dan cacat terhadap kekuatan sambungan las. Proses pengelasan dalam produksi sering menyebabkan kecacatan atau keretakan pada material, yang disebabkan oleh faktor seperti kurangnya keahlian sumber daya manusia dan sarana prasarana yang tidak memadai. Untuk mendeteksi cacat tersebut, digunakan metode NDT (Non-Destructive Test), yaitu pengujian material tanpa merusaknya. Salah satu teknik NDT yang praktis adalah pengujian radiografi, yang memanfaatkan radiasi elektromagnetik, seperti sinar X atau sinar Gamma, untuk mendeteksi kecacatan halus pada permukaan atau bagian dalam material, seperti slag inclusion, porosity, atau sejenisnya, tanpa merusak material tersebut.

## PROSEDUR EKSPERIMENT

### Persiapan Alat dan Bahan

Tahapan ini adalah tahapan pertama sebelum dilaksanakan proses pembuatan komposit. Pada penelitian ini ada berapa alat maupun bahan sebelum melakukan proses pembuatan spesimen. Berikut ini adalah peralatan dan bahan-bahan yang digunakan dalam proses pembuatan komposit sisak pada penelitian ini :

1. Mesin Las
2. Elektroda Las MIG ER70S-6 3,2mm
3. Tang jepit
4. Meteran
5. Jangka sorong
6. Sarung Tangan & Masker
7. Mesin *Radiography*
8. Baja keylos 50
9. Es batu dan Kompor

### Persiapan Spesimen

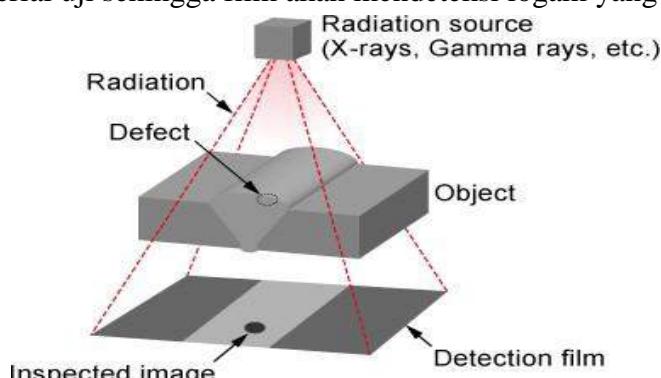
Baja keylos 50 yang sudah di potong sesuai ukuran dan di fit-up sesuai bentuk, di las menggunakan pengelasan mig dengan variasi besar keepatan gas pelindung 10L/min, 15L/min dan 20L/min. Ketika selesai pengelasan dengan jarak waktu selesai las kurang lebih 1-2 detik langsung di celupkan ke air pendingin dengan variasi temperatur 5°C - 8°C, 25°C - 28°C, dan 50°C - 53°C. hingga temperatur material mampu di pegang dengan tangan kosong.

### Proses Pengelasan

Material Baja Keylos 50 di las dengan menggunakan jenis pengelasan GMAW/MIG dengan menggunakan besar aliran gas yaitu : 10L/min, 15L/min, dan 20L/min dengan menggunakan kuat arus 100 A dan 15 volt dengan posisi pengelasan 1G serta menggunakan Elektroda ER70S-6 dan bentuk kampuh nya yaitu V-groove back weld.

### Pengujian NDT Radiography

Material baja keylos 50 yang sudah jadi, akan di test cacat las nya dengan menggunakan NDT *Radiography*, dimana saat pelaksanaan NDT *Radiography* material uji di letakkan diantara/salah satu sumber radiasi dan film/detektor, kemudian sinar X atau gama akan memancar ke material uji sehingga film akan mendeteksi logam yang berada di dekatnya.

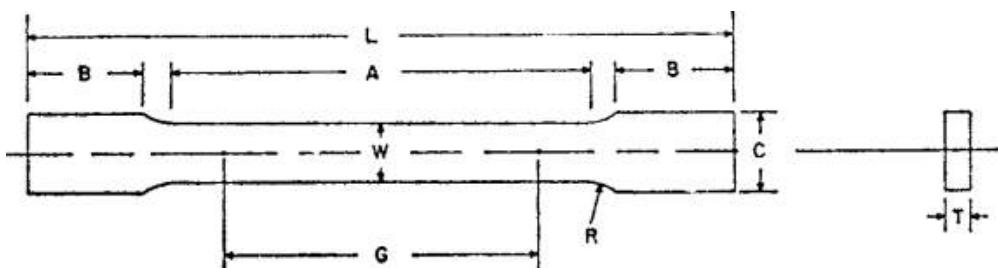


Gambar 1 Radiography Test

(Sumber : <https://www.matsusada.com/2022/03/Non-Destructive-Testing-Types-and-Applications>)

### Pengujian Kekuatan Tarik

Uji tarik merupakan pengujian material dengan memberikan gaya dan tegangan tarik kepada material yang bertujuan untuk mengetahui kekuatan material. Sebelum pengujian kekuatan tarik pada material baja keylos 50, material uji dipotong menggunakan mesin frais untuk dibentuk menjadi spesimen uji tarik, dengan standar acuan ukuran dari ASTM E8. Pengujian tarik dilakukan menggunakan alat uji tarik. Satuan kuat tarik yang digunakan adalah Kg.



Gambar 2 Standart Ukuran Spesimen Uji Tarik

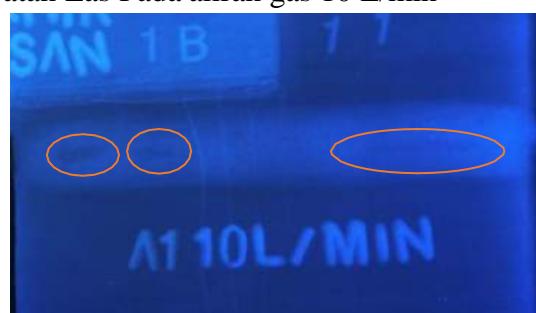
(Sumber : ASTM E8/E8M)

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### *Hasil NDT Radiografi*

Pengujian NDT Radiografi jenis pengujian material untuk mengetahui kecacatan pada material tertentu tanpa merusak material yang di uji. Pengujian radiography merupakan suatu teknik uji Non Destructive Test (NDT) yang cukup sederhana dan praktis. Teknik ini sering digunakan untuk mendeteksi kecacatan halus pada permukaan material, seperti retakan, lubang, atau kebocoran. Dibawah ini adalah salah satu hasil gambar cacat yang paling banyak dan tidak ada cacatnya pada sambungan pengelasan.

- Pengujian Kecacatan Las Pada aliran gas 10 L/min



Gambar 3 Spesimen Uji A1 Radiography Test (Aliran gas 10 L/min dan temperatur pendingin air 5°C - 8°C)



Gambar 4 Spesimen Uji A *Radiography Test* (Aliran gas 10 L/min dan tanpa pendinginan)

- Pengujian Kecacatan Las Pada aliran gas 15 L/min



Gambar 5 Spesimen Uji A2 *Radiography Test* (Aliran gas 15 L/min dan temperatur pendingin air 5°C - 8°C)



Gambar 6 Spesimen Uji B *Radiography Test* (Aliran gas 15 L/min dan tanpa pendinginan)

- Pengujian Kecacatan Las Pada aliran gas 20 L/min



Gambar 7 Spesimen Uji B3 *Radiography Test* (Aliran gas 20 L/min dan temperatur pendingin air 25°C - 28°C)



Gambar 8 Spesimen Uji C *Radiography Test* (Aliran gas 20 L/min dan tanpa pendinginan)

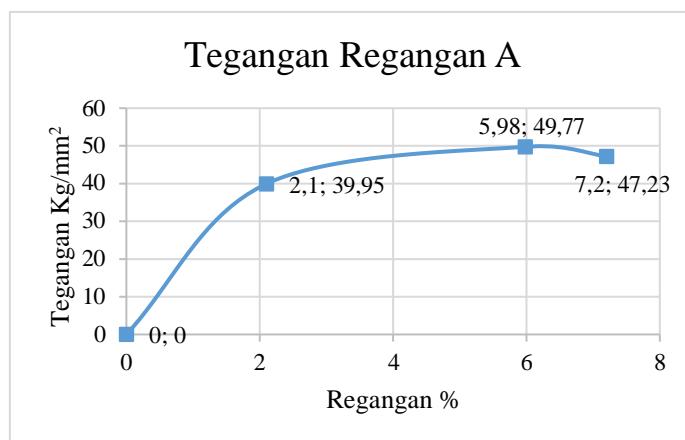
*Hasil Uji Tarik*

Uji tarik merupakan pengujian material dengan memberikan gaya dan tegangan tarik kepada material yang bertujuan untuk mengetahui kekuatan material. Pada pengujian tarik dengan material Baja Keylos 50 (S45C) untuk mengetahui hasil nilai dari kekuatan tarik bahan uji, sehingga didapatkan nilai rata-rata dari semua benda uji dengan menggunakan ukuran standard benda uji dari ASTM E8. Data pada penelitian ini merupakan data hasil uji tarik untuk spesimen tanpa media pendingin dan dengan media pendingin, hasil data sebagai berikut :

**Data Hasil Tegangan dan Regangan Variasi Pengelasan 10L/min, 15L/min, 20L/min  
Tanpa Pendingin**

Tabel 1 Data tegangan regangan hasil perhitungan di atas

Spesimen	Tegangan (Kg/mm <sup>2</sup> )			Regangan (%)		
	Yield	Maximum	Putus	Yield	Maximum	Putus
<b>A (10L/min)</b>	39,95	49,77	47,23	2,1	5,98	7,2
<b>B (15L/min)</b>	37,56	61,35	59,6	2,07	5,24	6,8
<b>C (20L/min)</b>	40,81	63,90	60,37	2,03	8,77	9,17

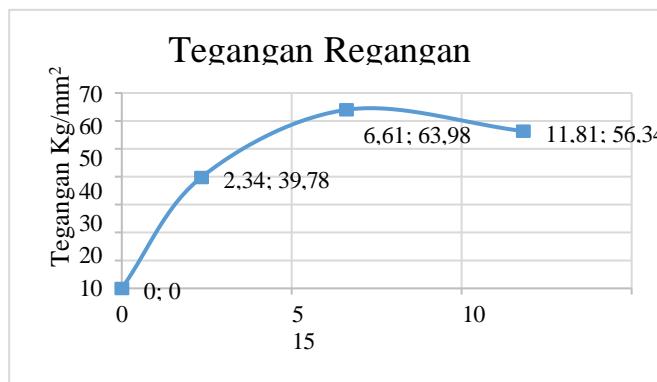


Gambar 9 Grafik Tegangan Regangan Maksimal

**Perhitungan dan Data Hasil Tegangan dan Regangan Variasi Pengelasan 10L/min  
Dengan Media Pendingin 5°C - 8°C, 25°C - 28°C, 50°C - 53°C**

Tabel 2 Data tegangan regangan hasil perhitungan di atas

Spesimen	Tegangan (Kg/mm <sup>2</sup> )			Regangan (%)		
	Yield	Maximum	Putus	Yield	Maximum	Putus
<b>A1 (5°C - 8°C)</b>	39,78	63,98	56,34	2,34	6,61	11,81
<b>B1 (25°C - 28°C)</b>	36,8	63,8	58,3	2,05	7,3	12,02
<b>C1 (50°C - 53°C)</b>	35,71	63,05	61,02	1,91	7,1	9,75

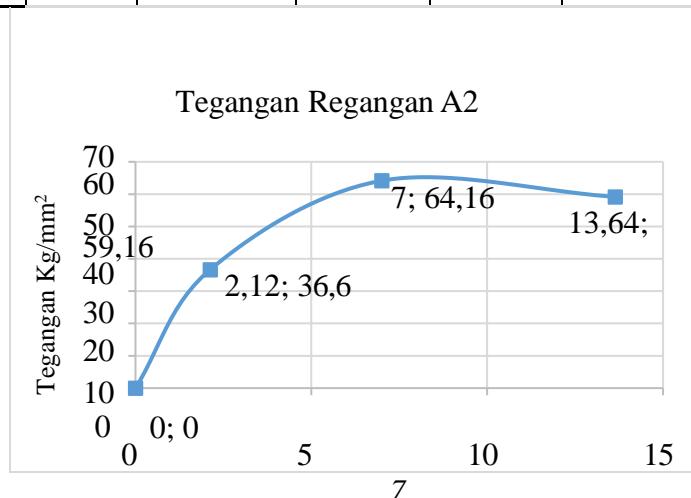


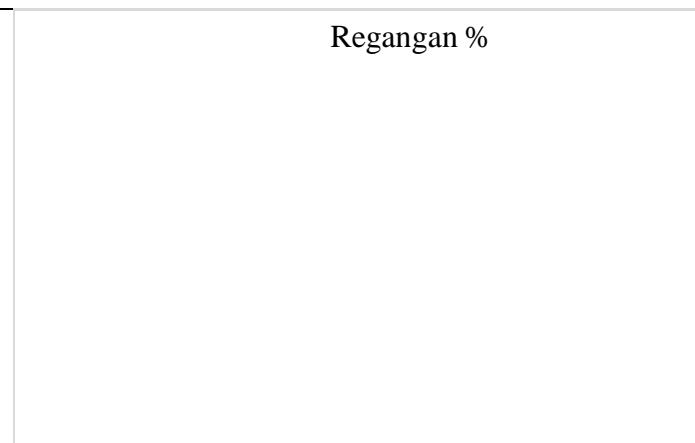
Gambar 10 Grafik Tegangan Regangan Maksimal

**Perhitungan dan Data Hasil Tegangan dan Regangan Variasi Pengelasan 15L/min  
Dengan Media Pendingin 5°C - 8°C, 25°C - 28°C, 50°C - 53°C**

Tabel 3 Data tegangan regangan hasil perhitungan di atas

Spesimen	Tegangan (Kg/mm <sup>2</sup> )			Regangan (%)		
	Yield	Maximum	Putus	Yield	Maximum	Putus
<b>A2 (5°C - 8°C)</b>	36,6	64,16	59,16	2,12	7	13,64
<b>B2 (25°C - 28°C)</b>	36,04	63,85	58,21	1,96	6,71	15,22
<b>C2 (50°C - 53°C)</b>	37,74	64,31	57,54	2,13	6,82	16,85



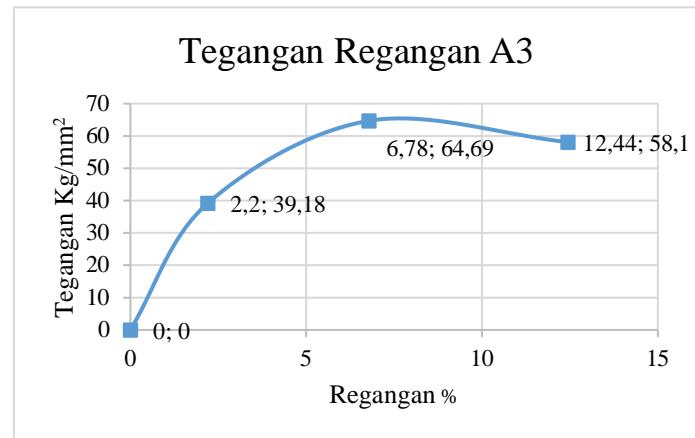


Gambar 11 Grafik Tegangan Regangan Maksimal

**Perhitungan dan Data Hasil Tegangan dan Regangan Variasi Pengelasan 20L/min  
Dengan Media Pendingin 5°C - 8°C, 25°C - 28°C, 50°C - 53°C**

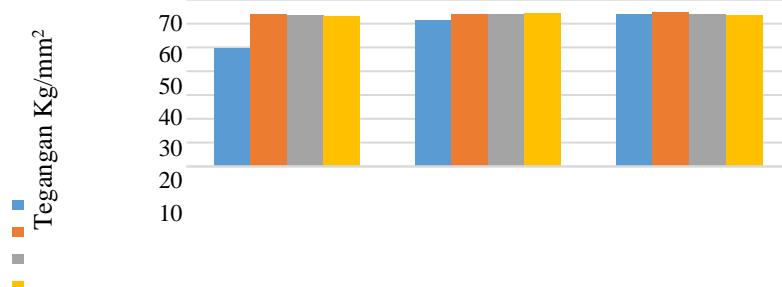
Tabel 4 Data tegangan regangan hasil perhitungan di atas

Spesimen	Tegangan (Kg/mm <sup>2</sup> )			Regangan (%)		
	Yield	Maximum	Putus	Yield	Maximum	Putus
<b>A3 (5°C)</b>	39,18	64,69	58,1	2,2	6,78	12,44
<b>B3 (25°C)</b>	38,55	64,11	59,68	2,13	6,4	13,85
<b>C3 (50°C)</b>	35,44	63,73	58,68	2,05	6,96	12,1



Gambar 12 Grafik Tegangan Regangan Maksimal

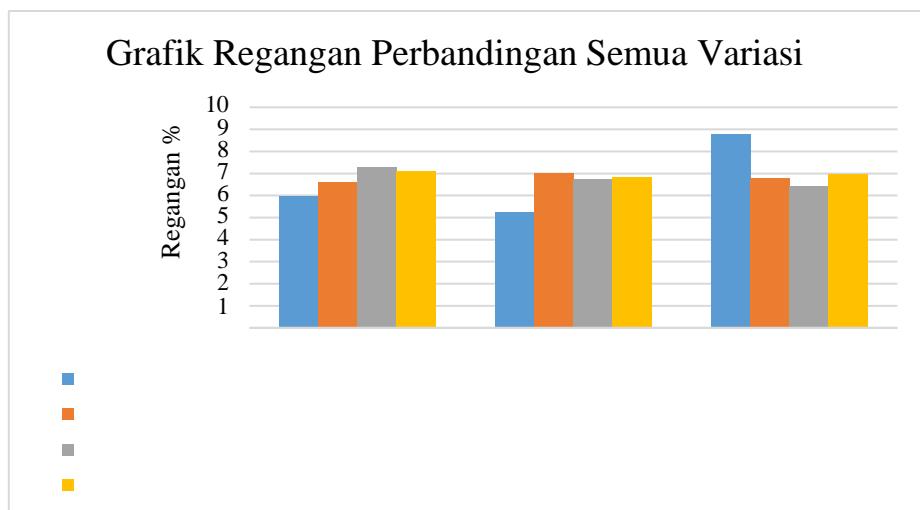
Grafik Tegangan Perbandingan Semua Variasi



<sup>U</sup>	10L/min	15L/min	20L/min
Tanpa Pendingin	49,77	61,35	63,9
5°C - 8°C	63,98	64,16	64,69
25°C - 8°C	63,8	63,85	64,11
50°C - 53°C	63,05	64,31	63,73

Gambar 13 Nilai Tegangan Maksimal Keseluruhan

Dari grafik diatas menunjukkan bahwa proses pengelasan dengan variasi kecepatan besar aliran gas pelindung las mig dapat mempengaruhi hasil uji tarik terhadap material, dari data tersebut nilai tegangan paling tinggi di pegang oleh spesimen A3 dengan nilai tegangan  $64,69 \text{ Kg/mm}^2$ . Dan untuk nilai tegangan paling rendah diperoleh dari spesimen A dengan nilai tegangan  $49,77 \text{ Kg/mm}^2$ .

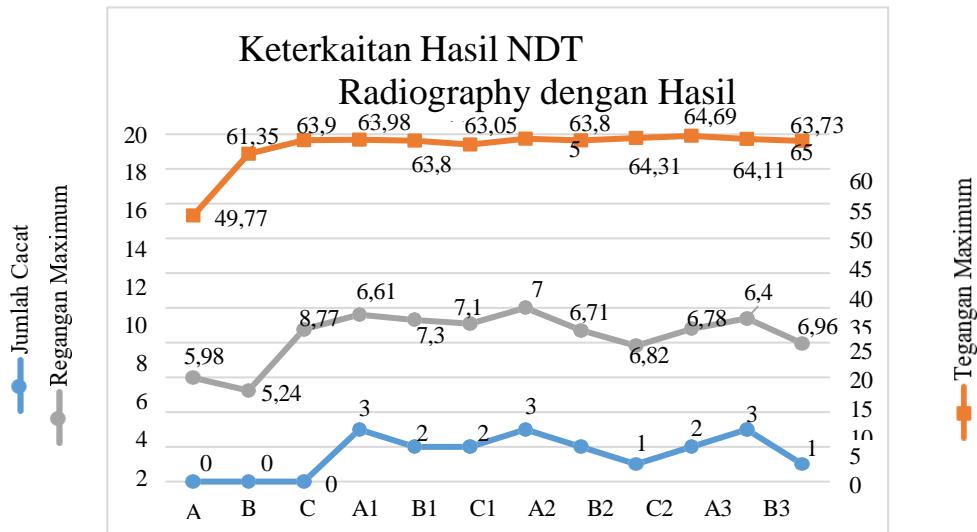


0	10L/min	15L/min	20L/min
Tanpa Pendingin	5,98	5,24	8,77
5°C - 8°C	6,61	7	6,78
25°C - 28°C	7,3	6,71	6,4
50°C - 53°C	7,1	6,82	6,96

Gambar 14 Nilai Regangan Maksimum Keseluruhan

Dari grafik diatas menunjukkan bahwa proses pengelasan dengan variasi kecepatan besar aliran gas pelindung las mig dapat mempengaruhi hasil uji tarik terhadap material, dari data tersebut nilai regangan paling tinggi di pegang oleh spesimen C dengan nilai regangan 8,77% Dan untuk nilai regangan paling rendah diperoleh dari spesimen A dengan nilai regangan 5,98%

### Data Keterkaitan Hasil NDT *Radiography* dengan Hasil Tegangan Regangan Uji Tarik.



Gambar 15. Grafik Keterkaitan hasil NDT *Radiography* dengan hasil Uji Tarik

Dengan cacat yang terdapat pada material uji dan pengaruh variabel yang diberikan. Didapatkan grafik diatas, dimana semakin tinggi temperatur pendinginan maka regangan akan semakin tinggi nilainya dibandingkan dengan temperatur pendingin yang lebih rendah. Begitupun terhadap hasil tegangan, dimana temperatur pendinginan semakin rendah maka nilai tegangannya meningkat dibandingkan dengan temperatur pendinginan yang tinggi. Dikarenakan terjadinya pendinginan cepat dan temperatur yang rendah pada material uji setelah pengelasan, sehingga terbentuknya struktur martensit yang memiliki sifat getas dan keras namun mudah patah, berbeda dengan pendinginan cepat dengan temperatur tinggi.

### KESIMPULAN DAN SARAN

Dari hasil analisa dari data yang di dapat pengaruh besar kecepatan aliran gas pelindung dan temperatur quenching air pada pengelasan MIG baja keylos 50, dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Dari hasil pengujian NDT (*Radiography*), jumlah cacat yang paling banyak terdapat pada spesimen C3 dengan variasi pengelasan 10L/min & 50°C - 53°C sebanyak 3 titik dengan jenis cacat las *Slag Inclusion* dan *Incomplete Penetration*, dan spesimen B3 dengan variasi pengelasan 15L/min & 50° - 53°C sebanyak 3 titik dengan jenis cacat las *Incomplete Penetration* dan *Porosity*. disebabkan besar kecepatan aliran gas pelindung yang terlalu rendah sehingga mengakibatkan filler tidak terlindungi dengan sempurna saat proses pengelasan. Sedangkan untuk jumlah cacat las yang paling sedikit terdapat pada spesimen A, B & C dengan variasi aliran gas pelindung pengelasan tanpa pendinginan dengan tidak adanya cacat pengelasan yang terjadi.
2. Dari hasil pengujian tarik, nilai kekuatan tarik tertinggi terdapat pada spesimen A3 dengan variasi pengelasan 20L/min & 5°C - 8°C dengan nilai tegangan maksimum sebesar

64,69Kg/mm<sup>2</sup> dan nilai regangan sebesar 6,78%. Dan untuk nilai kekuatan tarik terendah terdapat pada spesimen A dengan variasi pengelasan 10L/min & 5° - 8°C dengan nilai tegangan maksimum sebesar 49,77Kg/mm<sup>2</sup> dan nilai regangan sebesar 5,98%.

- Semakin tinggi temperatur air maka semakin tinggi nilai regangan yang dihasilkan dan semakin rendah temperatur air, maka semakin tinggi nilai tegangan yang dihasilkan.
- Dengan tingginya besar kecepatan aliran gas pelindung maka semakin terlindungi filler yang digunakan sehingga memungkinkan untuk menghasilkan pengelasan yang matang dan rendah cacat las lebih tinggi. Berbeda dengan besar kecepatan aliran gas pelindung rendah, dimana filler tidak terlindungi dengan baik sehingga memungkinkan menghasilkan cacat las yang lebih banyak di bandingkan dengan besar kecepatan aliran gas yang tinggi.

## REFERENSI

ASME (*American Society of Mechanical Engineering*) IX

Structural Welding Code – Steel, AWS D1.1/D1.1M:2004, 15 Oktober 2003

Aljufri dan Reza Putra 2018. "PENGARUH POROSITAS LAS TERHADAP KEKUATAN TARIK PADA MATERIAL AISI 1050 YANG MENGGUNAKAN KAMPUH LAS V 90°": 3-4

W, Harsono. T. Okumura, (2000) *Teknik Pengelasan Logam*. PT. Pradnya Paramitha, Jakarta  
ASTM E8/E8M – 13a, standard test methods for tension testing of metallic materials.

Ubah Pandapotan, Mulyadi Mulyadi 2024. "Pengaruh media Pendingin Terhadap porositas dan kekuatan tarik menggunakan pengelasan SMAW DCSP pada material pipa baja karbon sch40." : Vol 3, No 3, Page 1-8.

Endro Rianto, Suharno, Budi Harjanto. "Pengaruh temperatur quenching terhadap kekerasan dan ketangguhan hasil pengelasan material baja keylos 50"

Arya Aji Priamata, Suharno, Ranto. "Pengaruh Temperatur Quench Terhadap Laju Korosi dan Struktur Mikro Hasil Pengelasan Baja Keylos 50"

Alfian Amin Tohari, Yunus. "Pengaruh Kecepatan Aliran Gas Pelindung Pada Proses Las Mig Material Baja SS-540 Terhadap Kekuatan Tarik dan Struktur Mikro." Vol : 09 No.01, 2021, Hal 117-122.

Aris Januar, Djoko Suwito 2016. " Kajian Hasil Proses Pengelasan Mig dan Smaw Pada Material ST41 Dengan Variasi Media Pendingin ( air, collent, dan es) Terhadap Kekuatan Tarik.

Hendri Nurdin, Purwantono, Khairul Umurani 2021. "Tensile strength of welded joint in low carbon steel using metal inert gas (MIG) welding." Vol. 21, No. 3

Maghfiroh Rughsi Rohman Nanda, Yunus 2022. "Pengaruh Proses Quenching Media Air Dengan Variasi Temperatur Terhadap Struktur Mikro Dan Kekerasan Hasil Las Mig (Metal Inert Gas) Baja Keylos 50." Vol : 10, No. 03, Hal 15-24.

Red.D.Arc, (2023, 02 October) welding position and joint types:1G, 2G, 3G, 4G, 5G, and 6G. Diakses pada 19-11-2024, dari <https://blog.red-d-arc.com/welding/welding-positions-joint-types>

Indraloka Ghustia, S.T.,M.T. (2023, 27 September) Memahami Tentang on Destructive Test (Pengujian Tak Merusak). Diakses pada 19-11-2024, dari <https://www.garudasystrain.co.id/memahami-tentang-non-destructive-test-pengujian-tidak-merusak/>

Silm Sild (2022, 10 Oktober) <https://fractory.com/2022/10/welding-Defect-Types-Causes-Prevention>. Diakses pada 23-11-2024, dari <https://fractory.com/welding-defects-types-causes-prevention/>

Tier, Sebastian. 2003. *Steam Turbine Technology 2<sup>nd</sup> Edition*. Helsinki: Helsinki University of Technology Department of Mechanical Engineering.



## **ANALISA PERFORMANSI DAN KARAKTERISTIK MESIN PENDINGIN AC SPLIT R-32 DENGAN VARIASI ALAT EKSPANSI**

**Royyan Firdaus<sup>1</sup>, Supardi<sup>2</sup>, Ninik Martini<sup>3</sup>, Gatut Prijo Utomo<sup>4</sup>, Shifa Hiamul Avillah<sup>5</sup>,  
Muhamad Achmal Triaditya<sup>6</sup>**

Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya

email: [royyanf@untag-sby.ac.id](mailto:royyanf@untag-sby.ac.id)

### **ABSTRAK**

Meningkatnya suhu global akibat perubahan iklim semakin mendesak kebutuhan solusi pendingin yang efisien dan ramah. Seiring meningkatnya perubahan gaya hidup, penggunaan AC (Air Conditioner) sangat dibutuhkan untuk kondisi dan era modern sekarang. AC split dengan refrigeran R-32 dilakukan pengujian dengan memvariasikan alat ekspansi dan kecepatan kipas kondensor. Pengujian dilakukan dengan menambah panjang pipa kapiler 0,5m, 1m, 1,5m dan penggunaan sistem TXV. Nilai performansi (COP) yang tertinggi didapatkan pada pipa kapiler 0,5m yaitu 8,26.

**Kata kunci:** *air conditioning, expansion device, R-32, COP (Coefficient Of Performance)*

### **ABSTRACT**

The rising global temperatures due to climate change are increasingly urgent in demanding efficient and eco-friendly cooling solutions. Along with changing lifestyles, the use of air conditioners (AC) has become essential for modern living conditions and the current era. A split AC using R-32 refrigerant was tested by varying the expansion device and condenser fan speed. The tests involved increasing capillary tube lengths by 0.5m, 1m, 1.5m and using a TXV system. The highest performance value (COP) was achieved with a 0.5m capillary tube reaching 8,26.

**Kata kunci:** *air conditioning, expansion device, R-32, COP (Coefficient Of Performance)*

### **PENDAHULUAN**

Meningkatnya panas global akibat perubahan cuaca mendorong kebutuhan akan solusi pendinginan yang efisien dan ramah lingkungan. Air Conditioner (AC) telah menjadi kebutuhan pokok di berbagai sektor, terutama di negara tropis seperti Indonesia. AC bekerja dengan menyerap panas dari dalam ruangan dan membuangnya ke luar, namun proses ini dapat meningkatkan suhu lingkungan. Sistem AC terdiri dari kompresor, kondensor, alat ekspansi, dan evaporator. Alat ekspansi berperan penting dalam menurunkan tekanan refrigeran, mengubahnya menjadi campuran cairan dan gas sebelum masuk ke evaporator. Variasi jenis katup ekspansi dan kecepatan putaran kipas kondensor secara signifikan memengaruhi tekanan, suhu refrigeran, serta efisiensi termal sistem.

Berbagai penelitian telah dilakukan untuk mengoptimalkan kinerja AC. Penelitian oleh [1] menunjukkan bahwa variasi katup ekspansi dan laju perpindahan panas kondensor sangat

memengaruhi performa AC. Mereka menemukan bahwa penggunaan pipa kapiler sepanjang 0,5 meter dengan kecepatan kipas kondensor 6,1 m/s menghasilkan laju aliran massa refrigeran yang lebih besar (0,026 kg/s) dan *Coefficient of Performance (COP)* aktual yang lebih tinggi (6,4). Ini menunjukkan bahwa aliran udara yang lebih besar untuk mendinginkan kondensor mengurangi konsumsi daya kompresor, meningkatkan efisiensi.

Sebaliknya, penelitian oleh [2] membandingkan COP antara pipa kapiler dan *Thermostatic Expansion Valve (TXV)* pada sistem pendingin York Water Chiller 2 PK. Hasilnya menunjukkan bahwa TXV menghasilkan COP yang lebih tinggi (3,86-4,01) dibandingkan pipa kapiler (3,59-3,74). Selain itu, TXV mampu mendinginkan air hingga 10°C, sementara pipa kapiler hanya mencapai 12°C, mengindikasikan performa TXV yang lebih baik pada sistem water chiller.

Studi lain oleh [3] fokus pada variasi putaran kipas kondensor menggunakan refrigeran R-22. Mereka menyimpulkan bahwa semakin cepat aliran udara, semakin tinggi COP sistem karena pelepasan kalor yang lebih tinggi, yang menurunkan suhu kondensor. Penurunan suhu ini memungkinkan sistem mencapai suhu evaporator yang lebih rendah dan meringankan kerja kompresor.

Berdasarkan latar belakang ini, studi eksperimen yang akan dilakukan bertujuan untuk memodifikasi AC split ¾ PK yang menggunakan refrigeran R-32. Modifikasi akan dilakukan dengan memvariasikan jenis komponen katup ekspansi, yaitu *Thermostatic Expansion Valve (TXV)* dan pipa kapiler

## **TINJAUAN PUSTAKA**

### *Sistem Refrigerasi*

Siklus refrigerasi adalah siklus yang merubah panas dari media yang memiliki temperatur rendah ke media yang memiliki temperatur lebih tinggi dengan menggunakan kerja dari luar sistem[4]. Dalam sistem pendingin udara panas yang diserap dari udara harus bersentuhan dengan material yang suhunya lebih rendah[5]. Sistem refrigerasi kompresi uap adalah jenis sistem pendinginan yang bekerja dengan menggunakan kompresor untuk menaikkan tekanan dan suhu refrigeran yang berfase gas setelah keluar dari evaporator (suction line). Dalam proses ini, refrigeran yang awalnya memiliki tekanan dan suhu rendah dikompresi sehingga tekanannya menjadi lebih tinggi, menyebabkan kenaikan suhu yang signifikan. Sistem ini banyak digunakan dalam aplikasi pendinginan seperti AC, lemari es, dan freezer. Sistem ini terdiri dari beberapa komponen utama, yaitu kompresor, kondensor, alat ekspansi, dan evaporator, yang bekerja secara bersinergi dalam siklus tertutup[6].

### *Refrigerant R-32*

Refrigeran R-32 yang juga dikenal sebagai *difluoromethane* memiliki karakteristik kinerja yang mirip dengan R-410A, namun dengan *Coefficient of Performance (COP)* yang lebih tinggi. Hal ini disebabkan oleh suhu kritis R-32 yang sedikit lebih tinggi dibandingkan R-410A. R-32 dianggap sebagai salah satu refrigeran terbaik di antara alternatif lainnya karena memiliki nilai *Global Warming Potential (GWP)* yang paling rendah serta *Ozone Depletion Potential (ODP)* sebesar nol.[7]

Berdasarkan klasifikasi ISO 8187, R-32 termasuk dalam kategori A2L, yang berarti memiliki tingkat toksitas rendah dan sifat mudah terbakar yang rendah pula. Hal ini memungkinkan refrigeran ini untuk digunakan secara luas. Selain itu, R-32 dapat didaur ulang dan digunakan kembali dengan mudah. Bahkan jika terjadi kebocoran, tidak akan terjadi perubahan komposisi gas karena R-32 merupakan refrigeran dengan satu komponen (*single component refrigerant*)[8].

Dalam studi yang dilakukan oleh NIT Surathkal, analisis termodinamika menunjukkan bahwa R-32 memiliki COP yang lebih tinggi, yaitu hingga 15,92%, sementara R-134a menunjukkan peningkatan COP sebesar 11,71% dalam perbandingan terhadap enam refrigeran lain, yaitu R-22, R-152a, R-290, R-600a, R-1234yf, dan R-513a. Evaluasi dilakukan menggunakan sistem *Vapor Compression System (VCS)* standar[9].

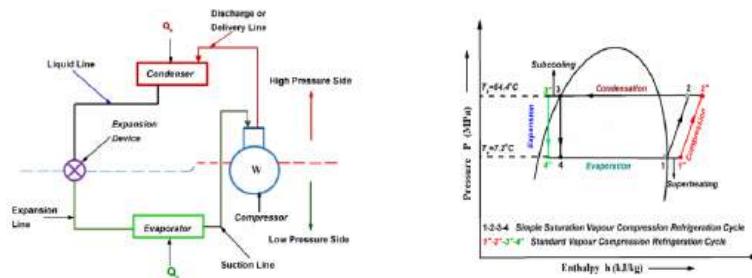
Keunggulan Penggunaan Refrigeran R-32:

- Tidak merusak ozon (ODP = 0) dan GWP-nya hanya sekitar sepertiga dari GWP R-410A.
- Memerlukan muatan refrigeran yang lebih sedikit karena kapasitas pendinginan volumetrik R-32 sekitar 22% lebih tinggi.
- Mudah dikembangkan sebagai pengganti R-410A karena tekanan jenuhnya yang serupa.
- COP lebih tinggi dibandingkan R-410A karena suhu kritis yang lebih tinggi.
- Jumlah muatan yang dibutuhkan lebih kecil karena densitasnya yang rendah.
- Lebih mudah diproduksi dan ditangani karena merupakan refrigeran tunggal (bukan campuran).
- Enthalpy penguapan R-32 yang lebih tinggi menyebabkan kebutuhan laju aliran massa lebih kecil untuk menghasilkan kapasitas pendinginan yang sama, sehingga meningkatkan efisiensi sistem (COP).
- Kapasitas pendinginan volumetrik yang lebih tinggi memungkinkan penggunaan pipa berdiameter lebih kecil dan meningkatkan efisiensi desain sistem.
- Meskipun R-32 termasuk refrigeran yang mudah terbakar, tingkat kemudahannya masih lebih rendah dibandingkan hidrokarbon, sehingga tetap aman untuk aplikasi industri dan rumah tangga dengan penanganan yang tepat.

Tabel 1 Perbandingan Spesifikasi Jenis Refrigerant

No.	Jenis Refrigeran	ODP	GWP	Molecular mass	Critical Temperatur (C)	Critical Pressure (Kpa)
1	R11	10.820	4750	137.4	197.96	4408
2	R12	0.055	10680	120.9	111.97	4136
3	R22	0	1810	86.5	96.14	4990
4	R134a	0	1430	102	101.06	4059
5	R410a	0	2088	72.6	70.17	4770
6	R32	0	675	52	78.11	5782

Sumber: *Jurnal R-32 The Future Refrigerants (2020)*[7]



Gambar 1 Siklus refrigrasi kompresi uap standar dan Diagram P-h

Sumber: *NITK Surathkal International Jurnal* [9]

### *Siklus Kompresi Uap Standar*

Siklus kompresi uap standar terdiri dari empat proses utama yang saling berurutan ditunjukkan pada gambar 1, Pendingin udara bekerja berdasarkan prinsip sistem pendingin kompresi uap.

- Proses 1–2: Kompresi Isentropik

Refrigeran dalam bentuk uap jenuh dihisap oleh kompresor dan dikompresi secara isentropik menjadi uap superpanas (*superheated vapor*) bertekanan tinggi. Proses ini meningkatkan temperatur dan tekanan refrigeran tanpa pertukaran panas dengan lingkungan, sesuai asumsi proses adiabatik reversibel yang dijelaskan dalam ASHRAE Fundamentals[10].

- Proses 2–3: Kondensasi Isobarik

Proses kondensasi terjadi pada tekanan yang sama (Isobarik). Dalam proses ini terjadi pelepasan kalor mengakibatkan terjadi penurunan suhu dan enthalpy refrigeran sampai dengan saturasi gas[11]. Selama proses ini, panas dilepaskan ke media pendingin (udara atau air), menyebabkan refrigeran berubah dari fasa uap menjadi fasa cair jenuh.

- Proses 3–4: Ekspansi Isoentalpi

Refrigeran cair jenuh melewati alat ekspansi dan mengalami penurunan tekanan secara isoentalpi. Proses ini menghasilkan campuran fasa cair dan uap dengan temperatur lebih rendah, sesuai prinsip throttling yang dikemukakan dalam [10].

- Proses 4–1: Evaporasi Isobarik

Campuran uap-cair masuk ke evaporator dan menyerap panas dari udara ruangan. Proses ini menyebabkan refrigeran menguap sepenuhnya menjadi uap jenuh pada tekanan konstan. Udara yang melewati evaporator mengalami pendinginan. Uap jenuh yang dihasilkan kemudian dihisap kembali oleh kompresor, dan siklus berulang

### *Persamaan yang digunakan*

- ## 1. Laju aliran massa refrigeran ( $\dot{m}_{ref}$ )

$$\begin{aligned}Q_{lepas} &= Q_{terima} \\ \dot{m}_{ref} \cdot (h_2 - h_3) &= Q_{udara} \\ \dot{m}_{ref} \cdot (h_2 - h_3) &= \dot{m}_{udara} \cdot Cp \cdot \Delta T \\ \dot{m}_{ref} &= \frac{(\rho_{udara} \cdot V \cdot A) \cdot Cp \cdot (T_{out} - T_{in})}{(h_2 - h_3)} \dots \dots \dots (1.1)\end{aligned}$$

## 2. Kerja Nyata Kompressor (W)

### 3. Kalor yang dilepas kondensor (Qe)

#### 4. Kalor yang diserap evaporator (Qe)

## 5. Heat Rejection Ratio (HRR)

## 6. COP Aktual sistem refrigerasi COP (*Coefficient Of Performance*)

## **HASIL DAN PEMBAHASAN**

## Hasil Data Perhitungan Enthalpi dan Karakteristik

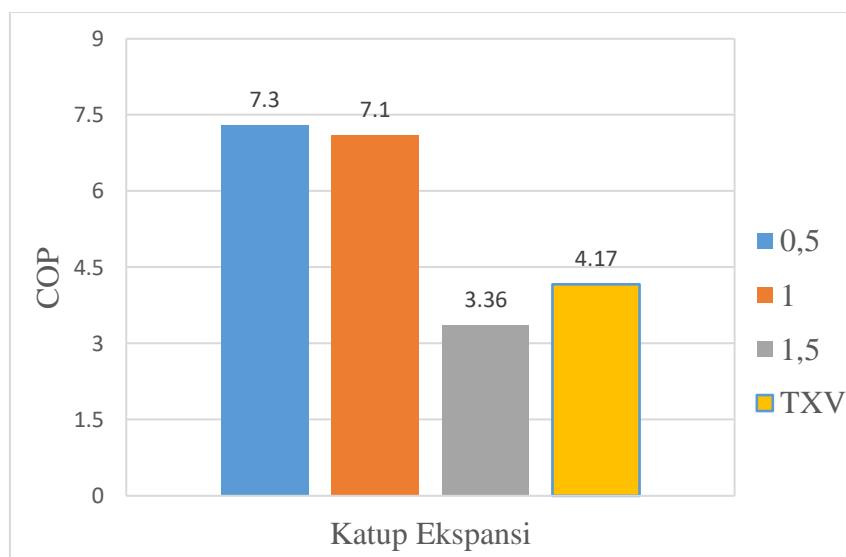
Pengujian pada mesin pendingin telah dilakukan dengan mengukur *pressure* dan *temperatur* dengan R-32 sebagai fluida kerja. Data hasil pengujian dapat dilihat pada tabel 2.

Tabel 2. Hasil Parameter kinerja Mesin pendingin R-32 Siklus Kompresi Uap

Katup Ekspansi	Enthalpi (kJ/kg)			W (kW)	Qe (kW)	Qc (kW)	HRR	COP
	$h_1$	$h_2$	$h_3 = h_4$					
0,5 m	516,631	552,861	283,283	0,405	2,974	3,435	1,155	7,3
1 m	516,631	552,872	288,399	0,408	2,908	3,370	1,159	7,1
1,5 m	515,110	582,049	316,556	0,752	2,530	3,383	1,337	3,36
TXV	515,110	574,251	297,360	0,665	2,775	3,529	1,272	4,17

## Pembahasan

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui performa dan karakteristik sistem pendingin tipe AC split yang menggunakan refrigeran R-32. Fokus utama penelitian adalah membandingkan kinerja sistem dengan menggunakan berbagai variasi alat ekspansi, yaitu pipa kapiler dengan beberapa panjang berbeda dan katup ekspansi termostatik (TXV), dikombinasikan dengan variasi kecepatan kipas kondensor. Pendekatan ini bertujuan untuk memperoleh pemahaman yang lebih spesifik mengenai konfigurasi sistem mana yang memberikan efisiensi terbaik serta kinerja termal paling optimal.

*Coeffisient Of Performance (COP)*

Gambar 2 Grafik COP Mesin Pendingin

Grafik yang disajikan menunjukkan tren nilai Coefficient of Performance (COP) yang cenderung stabil untuk berbagai kondisi pembebanan, baik pada sistem dengan alat ekspansi *Thermostatic Expansion Valve* (TXV) maupun pipa kapiler terjadi tren kenaikan seiring bertambahnya kecepatan kipas kondensor. Nilai COP tertinggi terdapat pada katup ekspansi jenis pipa kapiler dengan panjang 0,5m sebesar 8,26 pada kecepatan kipas 6,2m/s, sedangkan nilai terendah terdapat pada katup ekspansi jenis pipa kapiler dengan panjang 1,5m sebesar 2,95 pada kecepatan kipas 4,8m/s.

**KESIMPULAN DAN SARAN**

Berdasarkan hasil pengujian dan analisis terhadap sistem refrigerasi dengan variasi alat ekspansi (pipa kapiler 0,5 m, 1 m, 1,5 m dan TXV, diperoleh beberapa temuan utama sebagai berikut:

- Coefficient of Performance (COP)* menunjukkan tren penurunan seiring penambahan panjang pipa kapiler. COP tertinggi terjadi pada sistem dengan pipa kapiler 0,5 m dengan nilai 7,3. Nilai terendah terdapat pada pipa kapiler 1,5m dan sistem TXV dengan nilai 3,36 dan 4,17.
- Secara umum, sistem refrigerasi dengan pipa kapiler 0,5 m memberikan kinerja termal terbaik dalam hal kapasitas pendinginan dan efisiensi energi, ditandai dengan COP yang meningkat saat laju aliran udara lebih besar

Saran kedepannya adalah pada penggunaan pipa kapiler perlu diperhatikan kondisi agar sistem sirkulasi berjalan dengan baik dan alkukan proses flushing untuk membersihkan bekas pengelasan. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut dengan mengoptimalkan diameter pipa kapiler yang sesuai dengan AC split yang asli dan sistem TXV dengan variasi orifice yang lainnya. Dan dilakukan analisis lebih lanjut pada aspek durabilitas sistem, variasi beban termal, serta pengaruh jenis refrigeran lain (misalnya R-1234yf atau R-290) terhadap performa sistem, agar diperoleh pemahaman yang lebih menyeluruh dalam pengembangan sistem pendingin yang efisien dan ramah lingkungan

---

## REFERENSI

- [1] M. R. Fatchurahman, M. C. Sakti, and R. Firdaus, "Publikasi Online Mahasiswa Teknik Mesin STUDI EKSPERIMENT PENGARUH VARIASI KATUP EKSPANSI DAN KARAKTERISTIK DAN PERFORMANSI MESIN PENDINGIN AC SPLIT R-22," vol. 5, no. 2, pp. 1–10, 2024.
- [2] A. Fazri and B. Maryanti, "Analisa Karakteristik Katup Ekspansi Termostatik Dan Pipa Kapiler Pada Sistem Pendingin Water Chiller," *JTT (Jurnal Teknol. Terpadu)*, vol. 4, no. 1, pp. 18–25, 2016, doi: 10.32487/jtt.v4i1.124.
- [3] S. Siagian, "ANALISIS KARAKTERISTIK UNJUK KERJA KONDENSOR PADA SISTEM PENDINGIN (AIR CONDITIONING) YANG MENGGUNAKAN FREON R-134 a BERDASARKAN PADA VARIASI PUTARAN KIPAS PENDINGIN," *Bina Tek.*, vol. 11, no. 2, p. 124, 2017, doi: 10.54378/bt.v11i2.104.
- [4] T. Pipit Mulyah, Dyah Aminatun, Sukma Septian Nasution, Tommy Hastomo, Setiana Sri Wahyuni Sitepu, "No Title No Title No Title," *J. GEEJ*, vol. 7, no. 2, 2020.
- [5] F. A. Pratama, W. H. Mitrakusuma, Muhamad Anda Falahuddin, and W. S. Ayu, "Kajian kinerja sistem refrigerasi menggunakan refrigeran R32, R22 dan R1270 menggunakan REFPROP," *Pros. 12th Ind. Res. Work. Natl. Semin.*, pp. 472–477, 2021.
- [6] S. M. Irsyad and A. B. K. Putra, "Studi Eksperimen Unjuk Kerja Sistem Refrigerasi Single State Dengan Variasi Expansion Device," *J. Tek. ITS*, vol. 7, no. 1, pp. B112–B116, 2018.
- [7] A. Pawar, R. Patil, and U. Shah, "R32 the Future Refrigerant R32-THE FUTURE REFRIGERANT," 2020.
- [8] F. O. R. Standardization and D. E. Normalisation, "International Standard Iso," vol. 1987, 1987.
- [9] S. V. Shaik and T. P. A. Babu, "Thermodynamic performance analysis and flammability study of various new ozone friendly non azeotropic refrigerant mixtures as alternatives to replace R22 used in residential air conditioners," *Int. J. Heat Technol.*, vol. 36, no. 4, pp. 1470–1481, 2018, doi: 10.18280/ijht.360441.
- [10] ASHRAE, "ASHRAE Fundamental Handbook," *Atlanta*, p. 30, 2001.
- [11] C. Syahri Romadhon, "Analisis Coeffisient Of Peformance (COP) Dan Energy Efficiency Ratio (EER) Pada AC Split Inverter Kapasitas ½ PK Dengan Menggunakan Freon R-22 dan Freon R-32," vol. 7, no. 1, 2023.
- [12] A. Amrullah, Z. Djafar, and W. H. Piarah, "Analisa Kinerja Mesin Refrigerasi Rumah Tangga Dengan Variasi Refrigeran," *JTT (Jurnal Teknol. Ter.*, vol. 3, no. 2, pp. 7–11, 2017, doi: 10.31884/jtt.v3i2.55.

HALAMAN INI SENGAJA DIKOSONGKAN



## **Pengaruh Perlakuan Serat Dan Fraksi Serat Sisal (Agave Sisalana) Terhadap Kekuatan Tarik Pada Komposit Epoxy/ Serat Sisal**

**Zainun<sup>1</sup>, Moh Mufti<sup>2</sup>, Ichlas Wahid<sup>3</sup>, Maula Nafi<sup>4</sup>, Ramadhan<sup>5</sup>, Mubarak Fawwas<sup>6</sup>**

Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya

email: zainun@untag-sby.ac.id

### **ABSTRAK**

Industri penguatan struktur menghadapi tantangan yang besar yang berkaitan dengan penerapan konsep bangunan ramah lingkungan. Bangunan ramah lingkungan adalah bangunan yang aspek konstruksi, desain, dan operasinya didasarkan pada keamanan lingkungan dan alam sebagai tujuan utama. Sisal adalah salah satu serat alami yang dapat dimanfaatkan untuk memperkuat struktur. Serat ini berasal dari serat kelopak daun tanaman sisal yang telah melalui proses pemisahan. Sisal termasuk dalam kategori serat alami yang dapat digunakan sebagai penguat dalam komposit. Kekuatan dan kekakuan serat alami dipengaruhi oleh kandungan selulosanya. Perlakuan dengan NaOH dapat meningkatkan kandungan selulosa pada serat dengan cara menghilangkan hemiselulosa dan lignin. Proses ini secara tidak langsung berdampak pada kekuatan tarik dan kekuatan lentur komposit serat alami. Pengujian tarik dilakukan pada spesimen untuk mengukur kekuatan mekanik komposit serat sisal sesuai dengan standar ASTM D-638. Metode VARI (Vacuum Assisted Resin Infusion) digunakan untuk mengurangi void atau cetakan yang terperangkap saat resin epoxy mengalir ke dalam spesimen atau cetakan. Metode VARI bertujuan untuk mengetahui pengaruh dari variasi antara proses alkali NaOH 5% dan air PDAM dengan lama perendaman 1, 2 jam dan fraksi volume serat 15, 20%. Uji tarikan menunjukkan bahwa kekuatan tarik terbesar ditemukan pada komposit yang telah menjalani proses pengolahan serat perendaman alkali NaOH selama 2 jam, dan nilai tersebut adalah sekitar 45,2 MPa. Pengujian porositas dilakukan untuk mengetahui perbandingan volume pori dengan volume total suatu material. Nilai porositas yang tinggi menyebabkan ruang kosong dalam material tersebut akan semakin banyak sehingga terjadi penurunan kuat tekanan. Hasil uji porositas tertinggi pada variasi selama 2 jam dengan perendaman alkali-20% memiliki nilai tertinggi yaitu 15,11% dan terendah pada variasi selama 2 jam dengan perendaman air PDAM-15% memiliki nilai terendah yaitu 8,21%. Pengujian SEM (*Scanning Electron Microscope*) dilakukan sebagai penunjang bahwa variasi perendaman selama 2 jam dengan air PDAM-15% yang memiliki nilai terendah yaitu 34,8 Mpa dan variasi selama 2 jam dengan perendaman alkali-20% memiliki nilai tertinggi yaitu 45,2 Mpa.

**Kata kunci:** *Epoxy, Fraksi Volume, Lama perendaman, Perlakuan alkali, Serat sisal, uji Tarik, uji Porositas, uji SEM.*

### **ABSTRACT**

*The structural reinforcement industry is facing great challenges related to the application of the green building concept. Green buildings are buildings whose construction, design and operation aspects are based on environmental and natural safety as the main goal. Sisal is one of the natural fibers that can be used to strengthen structures. This fiber comes from the fibers of the sisal plant petals that have gone through a separation process. Sisal belongs to the category of natural fibers that can be used as reinforcement in composites. The strength and stiffness of natural fibers are influenced by their cellulose content. Treatment with NaOH can*

increase the cellulose content of the fiber by removing hemicellulose and lignin. This process indirectly impacts the tensile strength and flexural strength of natural fiber composites. Tensile testing was conducted on specimens to measure the mechanical strength of sisal fiber composites in accordance with ASTM D-638 standards. The VARI (Vacuum Assisted Resin Infusion) method is used to reduce voids or trapped molds when epoxy resin flows into the specimen or mold. The VARI method aims to determine the effect of the variation between the 5% NaOH alkali process and PDAM water with a soaking time of 1, 2 hours and a fiber volume fraction of 15, 20%. The tensile test showed that the greatest tensile strength was found in the composite that had undergone the NaOH alkali immersion fiber treatment process for 2 hours, and the value was about 45.2 MPa. Porosity testing was conducted to determine the ratio of pore volume to the total volume of a material. A high porosity value causes more empty space in the material so that there is a decrease in pressure strength. The highest porosity test results in the variation for 2 hours with alkali-20% immersion has the highest value of 15.11% and the lowest in the variation for 2 hours with PDAM-15% water immersion has the lowest value of 8.21%. SEM (Scanning Electron Microscope) testing was carried out as support that the variation of immersion for 2 hours with PDAM-15% water had the lowest value of 34.8 Mpa and the variation for 2 hours with alkali-20% immersion had the highest value of 45.2 Mpa.

**Keywords:** Epoxy, sisal fiber, volume fraction, alkali treatment, soaking time, tensile test, porosity test, SEM test.

## PENDAHULUAN

Industri perkuatan struktur menghadapi tantangan dalam mendukung konsep bangunan hijau yang berfokus pada keberlanjutan lingkungan. Material utama seperti baja dan serat sintetis kurang ramah lingkungan. Komposit berbasis serat alam dapat digunakan sebagai alternatif karena menawarkan solusi yang lebih berkelanjutan untuk mendukung rekayasa perkuatan struktur.

Sisal termasuk dalam kategori serat alami yang dapat digunakan sebagai penguat dalam komposit. Kekuatan dan kekakuan serat alami dipengaruhi oleh kandungan selulosanya. Perlakuan dengan NaOH dapat meningkatkan kandungan selulosa pada serat dengan cara menghilangkan hemiselulosa dan lignin. Proses ini secara tidak langsung berdampak pada kekuatan tarik dan kekuatan lentur komposit serat alami. (Bintarto dkk., 2021).

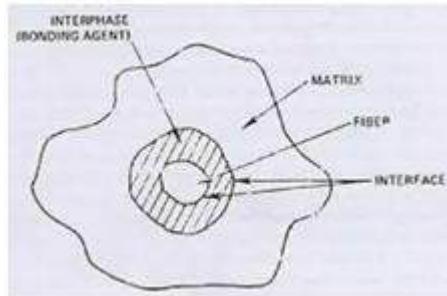
Serat sisal belum secara menyeluruh digunakan atau dimanfaatkan secara maksimal. Biasanya hanya digunakan dalam memenuhi industri kapal laut, tali tembaku, dan industri pemolesan logam, sebab jumlah kebutuhan yang tinggi serat kini banyak dikembangkan dibeberapa daerah di indonesia salah satunya di Sumbawa yang berpotensi membudidayakan tanaman sisal (Fajrin & Anshari, 2020).

Berdasarkan penjelasan sebelumnya, peneliti berencana melakukan penelitian tentang komposit berbasis serat sisal dengan matriks epoxy. Penelitian ini akan mengeksplorasi pengaruh perlakuan serat menggunakan aquades saja serta proses alkalisasi. Variabel yang digunakan meliputi variasi fraksi volume serat sebesar 15% dan 20%, serta durasi perendaman serat selama 1 jam dan 2 jam. Pembuatan komposit melewati proses dengan dilakukan menggunakan metode VARI untuk memastikan hasil yang optimal.

### *Pengertian Komposit*

Komposit adalah jenis bahan yang terbentuk dari penggabungan dua atau lebih material yang berbeda, sehingga menciptakan bahan baru dengan sifat dan karakteristik mekanik yang lebih unggul dibandingkan dengan bahan penyusunnya. Komposit sendiri terdiri dari dua bahan dasar, matriks dan serat; Serat biasanya fleksibel dan kuat tarik, tetapi tidak dapat digunakan pada suhu tinggi. Perekat dan matriks adalah dua jenis bahan komposit yang umum. (Susanti, 2018).

Bahan komposit, yang terdiri dari lebih dari satu tipe material, memiliki banyak keuntungan dibandingkan dengan material konvensional, seperti kekuatan yang dapat diatur dan berat yang lebih ringan. Bahan komposit dibuat untuk menggabungkan karakteristik terbaik dari setiap penyusunnya, dan interaksi antara penyusun meningkatkan sifat komposit. Karakteristik komposit dipengaruhi oleh bentuknya (dimensi) dan strukturnya, dan interaksi antara penyusun meningkatkan sifat komposit. (Dedi M, 2016).



**Gambar 1** Komposit

(Sumber : Tamba, 2009)

#### *Serat Sisal*

Sisal, juga dikenal sebagai Agave Sisalana, adalah jenis tanaman yang termasuk dalam keluarga “Asparagaceae” penghasil serat alam yang sangat potensial. Serat sisal salah satu jenis serat alam yang potensial untuk material komposit sebab terdapat banyak serat, tahan terhadap garam, dapat diperbarui, dan ramah lingkungan serta serat sisal mudah tumbuh liar dan dapat dibudidayakan. Karena kekuatan impak yang tinggi, kekuatan tarik dan lentur yang tinggi, serat sisal adalah penguat yang baik untuk komposit polimer. Serat sisal, yang dapat dibudidayakan dengan mudah di berbagai negara, adalah salah satu serat alam yang paling sering digunakan dalam konstruksi. Manfaat tumbuhan dari serat sisal termasuk rasio berat yang lebih tinggi, lebih ramah lingkungan daripada serat sintetis, dan lebih mudah digunakan. Serat alami memiliki banyak keunggulan, tetapi juga banyak kekurangannya. Serat alami lemah terhadap beban kejut, tidak andal, mudah menyerap air, dan tidak tahan panas (Zainun A dkk, 2020).

#### *Resin Epoxy*

Komposit ini terdiri dari matriks resin organik yang berfungsi sebagai perekat; partikel pengisi anorganik; bahan pengikat silan; sistem aktivator-inisiator; penghambat dan penstabil; dan perubahan optik. Ini akan menggunakan resin epoxy yang dibuat melalui proses polimerisasi epoxy. Epoxy resins dapat berinteraksi dengan berbagai jenis kimia lainnya, seperti phenolic acid, alcohol, dan polyfunctional amines. (Tri WP & Ilham MSU, 2023)

Resin epoxy umumnya memiliki modulus, kekuatan, dan ketahanan yang tinggi terhadap keretakan serta keausan. Selain itu, resin ini dapat diproses dengan berbagai jenis termoset tanpa mengurangi kualitasnya dan tidak mudah menguap selama proses pengawetan. Ada bukti bahwa mekanika yang digunakan oleh sistem epoxy sangat dipengaruhi oleh rasio epoxy (Sri R, 2017).

#### *Metode VARI (Vacuum Assisted Resin Infusion)*

Proses pengantongan vakum Proses Pengantongan Vakum adalah proses cetakan tertutup yang mampu memproduksi bagian polimer yang diperkuat serat kaca berkinerja tinggi dan skala besar dengan biaya perkakas rendah. Pengantongan vakum pada awalnya dikembangkan untuk pembuatan komponen komposit berkualitas tinggi dan besar. Keunggulan vacuum bagging adalah pemilihan bahan cetakan dan desain perkakas cetakan yang fleksibel, yang memungkinkan pembuatan bagian komposit yang besar dan kompleks dengan kualitas yang baik. Pengantongan vakum mirip dengan cetakan terbuka dari proses lay-up tangan, dapat dengan mudah dimodifikasi untuk pembuatan geometri bagian yang berbeda. Kerugian kantong vakum adalah kantong vakum, media distribusi aliran, peel ply, sealing tape dan tabung resin mungkin tidak dapat digunakan kembali. Peluang kebocoran udara tinggi dan sangat tergantung pada keterampilan, pengalaman pekerja. Tekanan injeksi resin terbatas antara tekanan lingkungan (misalnya, tekanan atmosfer) dan vakum. (Abdurohman dkk., 2018).

### Pengujian Tarik

Dalam uji tarik, tegangan maksimum, tegangan luluh, dan regangan dihitung dengan menerapkan beban secara perlahan hingga material komposit pecah. Suhu mempengaruhi kekuatan tarik komposit. Kelembaban juga meningkatkan penyerapan air, meningkatkan ketegangan fraktur. Setelah itu, tegangan dan modulus elastisitas menurun, yang menyebabkan penurunan laju tegangan. Tingkat tegangan rendah menghasilkan perpanjangan, yang mengakibatkan kurva tegangan-regangan menjadi miring. Sebaliknya, tingkat tegangan tinggi meningkatkan modulus elastisitas dan beban fraktur, tetapi mengurangi regangan.. (Prasetyo & Masyrukan, 2015).

### Pengujian Porositas

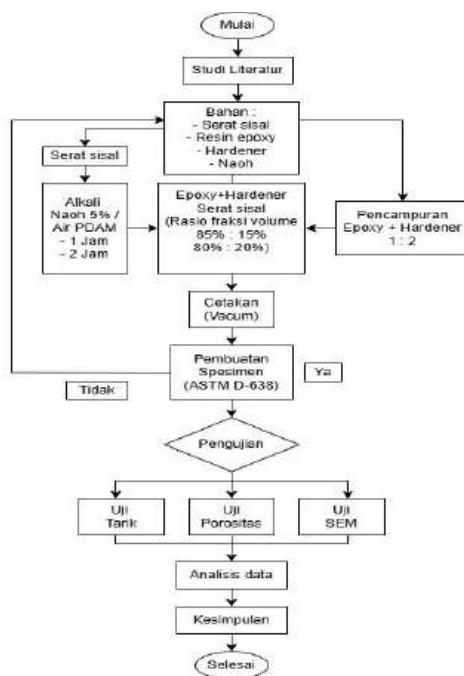
Porositas umumnya didefinisikan sebagai rasio antara volume pori dengan volume teoritis. Volume teoritis ditentukan oleh berat dan kepadatan teoritis. Porositas muncul akibat adanya pori terbuka dan tertutup, serta ruang di antara partikel. Pori terbuka terdiri dari kapiler, retakan retakan halus, dan ketidakrataan serta berhubungan dengan cairan disekitarnya (Puji KP dkk, 2015).

### Pengujian SEM (Scanning Electron Microscope)

SEM (Scanning Electron Microscopy) atau analisis SEM merupakan suatu metode yang dapat digunakan untuk menginspeksi dan menampilkan detail struktur permukaan contoh dengan resolusi yang sangat tinggi, bahkan bisa mencapai perbesaran sekitar satu juta kali lipat. Teknik ini menggunakan medan elektromagnetik sebagai lensa dan elektron sebagai sumber pencitraan. Dengan menggunakan SEM, peneliti dapat mengamati detail-detail kecil pada permukaan material, termasuk kekasaran, porositas, dan distribusi partikel (Y Rianita dkk, 2014).

## PROSEDUR EKSPERIMENT

### Diagram Alir Penelitian



Keterangan proses-proses pada diagram alir sebagai berikut :

### Studi Literatur

Salah satu cara untuk melakukan penelitian literatur ini adalah dengan membaca dan mengumpulkan sebanyak mungkin informasi tentang teori yang relevan dengan penelitian yang akan dilakukan. Pada penelitian ini literatur yang dipahami dan dipelajari dapat menjadi acuan dan bahan pertimbangan dalam proses penggerjaan penelitian ini. Berikut adalah berapa

sumber informasi dan teori yang digunakan antara lain yaitu penelitian sebelumnya, standar buku yang relevan.

## METODOLOGI PENELITIAN

Studi ini menggunakan metode eksperimen murni dengan tiga variabel. Jumlah benda uji yang digunakan untuk penelitian ini mencakup tiga variabel bebas: fraksi volume, perlakuan serat, dan lama perendaman. Variabel fraksi volume adalah VF 15% dan VF 20%, dan variabel perlakuan serat adalah NaOH dan air PDAM. Variabel terikat adalah tiga parameter pengujian sifat mekanis: tarik, porositas, dan SEM.

**Tabel 1. Model rancangan rasio pembuatan spesimen**

Fraksi volume / Proses alkali (NaOH 5%) + Air PDAM	15%-20%
1 Jam (Hanya Air PDAM)	A.1 (15%)
2 Jam (Hanya Air PDAM)	A.2 (20%)
1 Jam + NaOH	AN.1 (15%)
2 Jam + NaOH	AN.1 (20%)

**Tabel 2. Model rancangan hasil pengujian tarik dengan variabel fraksi volume, perlakuan serat, dan lama perendaman.**

Perlakuan Serat	Lama perendaman	Fraksi Vserat	Tegangan (Mpa)	Regangan (%)	Modulus Elastisitas (GPa)
Air PDAM	1 Jam	15%			
	2 Jam	20%			
NaOH	1 Jam	20%			
	2 Jam	15%			

## Persiapan Alat dan Bahan

Tahapan ini adalah tahapan pertama sebelum dilaksanakan proses pembuatan komposit. Pada penelitian ini ada berapa alat maupun bahan sebelum melakukan proses pembuatan spesimen.

Dalam proses pembuatan komposit sisal dalam penelitian ini, peralatan berikut digunakan :

- Vacuum compressor
- Cetakan akrilik spesimen
- Timbangan
- Gelas ukur
- Infusion tube
- Resin trap
- Resin epoxy
- Serat sisal
- Hardener
- NaOH kristal dan air
- Air PDAM

## Persiapan Spesimen

Serat sisal yang telah disikat baja dan kemudian dibersihkan dengan air. Serat yang telah bersih direndam NaOH 5% dan air PDAM selama 1 jam dan 2 jam kemudian. Setelah itu, air bersih digunakan untuk membersihkan serat dari lendir NaOH yang tersisa, sedangkan untuk rendaman Air PDAM tetap dibersihkan dengan air bersih. Serat kemudian dikeringkan dengan oven sampai kering. Selanjutnya serat yang sudah kering dipotong menyesuaikan dengan cetakan spesimen.

Dengan metode VARI (Vaccum Assisted Resin Infusion), komposit dibuat dengan fraksi volume serat 15% dan 20%. Komposit yang sudah jadi dipotong menggunakan mesin frais sesuai dengan ukuran ASTM D-638 dan dilakukan pengamplasan untuk menghilangkan efek pemotongan. Alat uji tarik digunakan untuk melakukan pengujian tarik. Gpa adalah satuan kuat tarik yang digunakan.

Hasil patahan spesimen diamati menggunakan uji SEM dengan pembesaran 400x dan 600x. Porositas dilakukan untuk melihat persentase penyusutan material dengan direndam menggunakan cairan Aquades selama seminggu.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

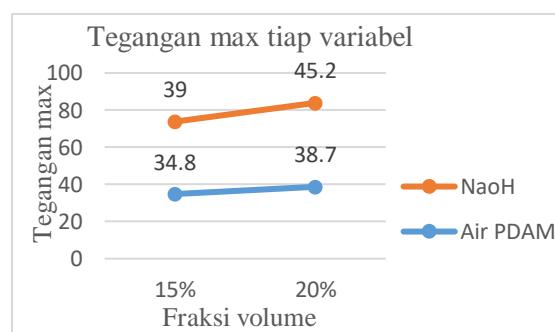
### Hasil Pengujian Tarik

Pengujian tarik dilakukan untuk menilai kekuatan dan karakteristik material komposit. Variasi yang digunakan fraksi volume serat sebesar 15%, 20%, dan lama perendaman sebanyak 1 jam dan 2 jam menggunakan perlakuan pada serat alkali 5% dan air PDAM.

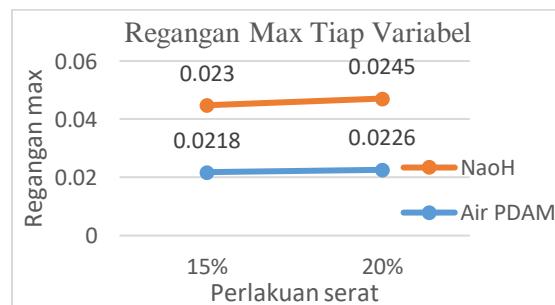
**Tabel 3. Hasil pengujian tarik komposit dengan fraksi volume, perlakuan serat, dan lama perendaman.**

Perlakuan Serat	Lama perendaman	Fraksi Vserat	Tegangan (Mpa)	Regangan (%)	Modulus Elastisitas (GPa)
Air PDAM	1 Jam	15%	38,7	0,0226	1,7
	2 Jam	20%	34,8	0,0218	1,5
NaOH	1 Jam	20%	39	0,0230	1,6
	2 Jam	15%	45,2	0,0245	1,8

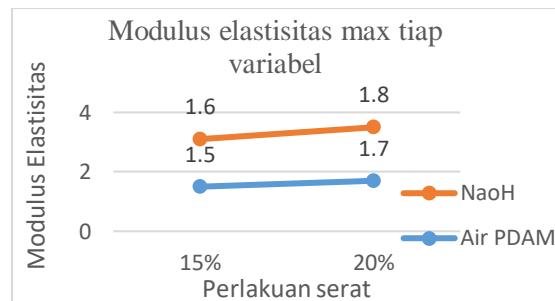
Dari hasil penelitian menghasilkan grafik sebagai berikut :



**Gambar 2** Grafik tegangan maximal tiap variabel



**Gambar 3** Grafik regangan maximal tiap variabel



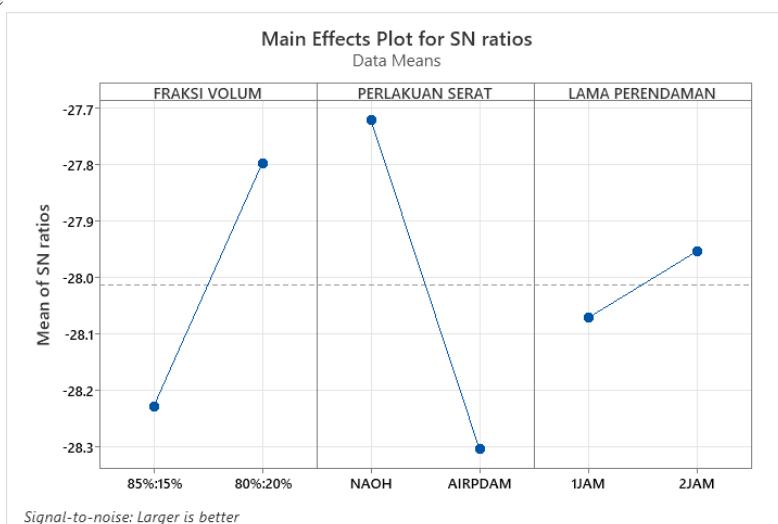
**Gambar 4** Grafik modulus elastisitas maximal tiap variabel

Hasil uji tarik menunjukkan nilai tegangan terendah pada fraksi serat 20% dengan perlakuan air PDAM (34,8 MPa) dan tertinggi pada fraksi serat 20% dengan perlakuan alkali NaOH (45,2 MPa). Peningkatan fraksi serat tanpa perlakuan yang tepat menurunkan kekuatan komposit. NaOH meningkatkan kekuatan serat dengan menghilangkan lignin dan kotoran, sedangkan air PDAM hanya melembabkan serat tanpa efek signifikan.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa komposit serat sisal memiliki nilai regangan tertinggi sebesar 0,0245% pada fraksi volume serat 15% yang telah menjalani perlakuan alkalisasi dengan larutan NaOH. Sebaliknya, nilai regangan terendah tercatat sebesar 0,0218% pada komposit dengan fraksi volume serat 20% yang diberi perlakuan menggunakan air PDAM. Nilai regangan ini memiliki pengaruh signifikan terhadap modulus elastisitas komposit, di mana regangan yang lebih tinggi umumnya berkontribusi pada peningkatan elastisitas material.

Berdasarkan grafik dan data, komposit dengan fraksi volume serat 20% yang diperlakukan dengan NaOH memiliki modulus elastisitas tertinggi, yaitu 1022,9 N/mm<sup>2</sup>. Sebaliknya, komposit dengan fraksi volume serat 15% yang diperlakukan dengan air PDAM memiliki modulus elastisitas terendah, yaitu 679,1 N/mm<sup>2</sup>. Seperti yang ditunjukkan oleh peningkatan modulus elastisitas ini, semakin besar fraksi volume serat dalam komposit, modulus elastisitasnya cenderung meningkat. Hal ini mengindikasikan bahwa komposit dengan modulus elastisitas tinggi memiliki kemampuan lebih baik untuk menahan deformasi dan mempertahankan bentuknya saat menerima tekanan atau beban.

#### Metode Taguchi



**Gambar 5** Hasil grafik metode taguchi

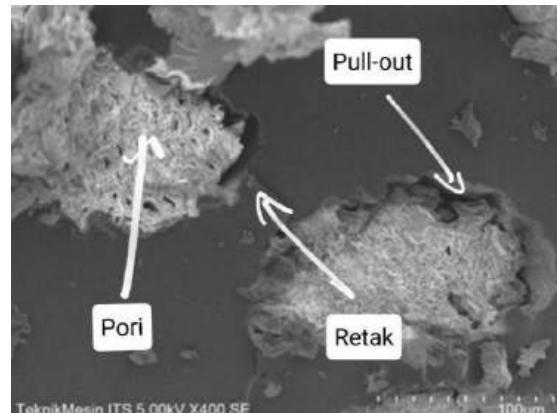
Dari grafik yang didapatkan bahwa "Main Effects Plot for SN ratios," perlakuan serat dengan NaOH menghasilkan nilai signal-to-noise ratio yang lebih tinggi dibandingkan dengan Air PDAM, menunjukkan bahwa NaOH lebih efektif. Lama perendaman selama 2 jam juga lebih optimal daripada 1 jam, sementara fraksi volume 85%:15% memberikan hasil terbaik dibandingkan 80%:20%. Kombinasi terbaik untuk respons maksimal adalah perlakuan serat dengan NaOH, perendaman selama 2 jam, dan fraksi volume 85%:15%.

#### Hasil Uji Porositas

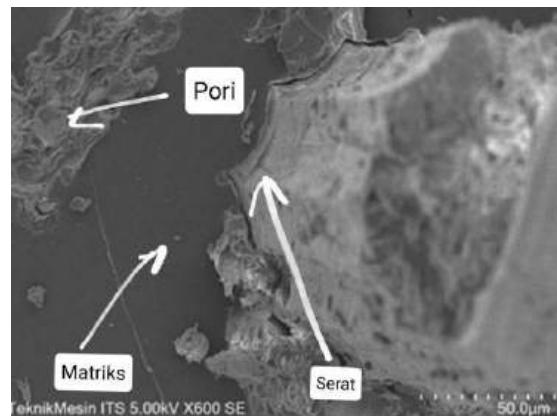
PARAMETER	Test Results (%)
AN1	15.11
AN2	17.11
A1	8.46
A2	8.21

Ditemukan bahwa sampel yang direndam dalam larutan alkali (AN1 dan AN2) memiliki porositas yang lebih tinggi daripada sampel yang direndam dalam air PDAM (A1 dan A2). Hal ini disebabkan oleh sifat larutan alkali yang lebih agresif dan reaktif terhadap material komposit, yang memungkinkan peningkatan pori-pori yang sudah ada atau pembentukan pori-pori baru. Perbedaan antara AN1 dan AN2 mungkin berkaitan dengan durasi perendaman; AN2, yang direndam lebih lama, memiliki waktu lebih banyak untuk bereaksi, sehingga meningkatkan porositas. Sebaliknya, sampel yang direndam dalam air PDAM menunjukkan nilai porositas yang lebih rendah, yaitu 8,46% untuk A1 dan 8,21% untuk A2.

#### Hasil Uji SEM



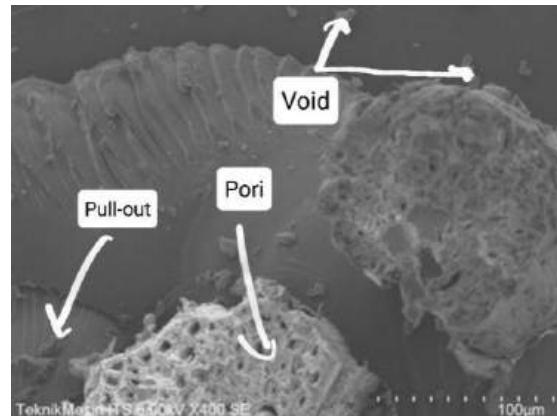
**Gambar 6** Hasil uji SEM x400 pada variabel Air PDAM perendaman selama 2 jam-fraksi volume 15%



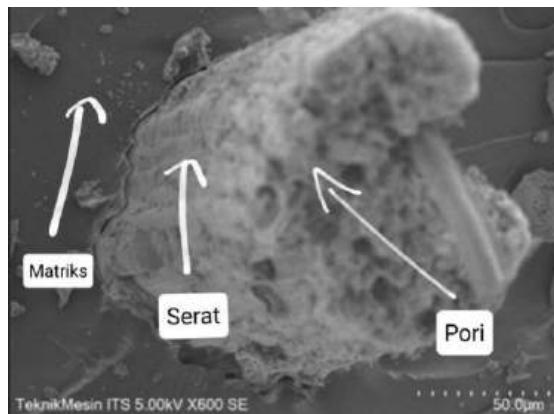
**Gambar 7** Hasil uji SEM x600 pada variabel Air PDAM perendaman selama 2 jam-fraksi volume 15%

Hasil uji tarik pada spesimen dengan perlakuan serat yang berbeda, direndam dalam air PDAM selama dua jam dengan fraksi volume serat 15%, menunjukkan pengurangan jumlah serat. Hasil pengamatan menggunakan Scanning Electron Microscope (SEM) pada komposit serat sisal dengan matriks resin epoxy menunjukkan bahwa matriks berfungsi sebagai pengikat yang mendominasi struktur komposit. Jumlah serat yang terbatas ini berdampak negatif pada kekuatan keseluruhan komposit. Selain itu, gambar juga memperlihatkan adanya retakan kecil di permukaan atau ujung serat, yang dapat menjadi indikasi kelemahan struktural pada komposit tersebut. Retakan ini mungkin timbul akibat tekanan mekanis atau proses SEM itu sendiri. Terdapat pula void atau rongga udara dalam struktur komposit, yang berkontribusi lebih lanjut pada penurunan kualitas material.

Kondisi ini menunjukkan bahwa keberadaan serat yang lebih sedikit dan adanya kerusakan pada permukaan serat dapat mengurangi kekuatan tarik komposit secara signifikan. Penurunan kekuatan tarik dapat dihubungkan dengan ikatan yang lemah antara matriks dan serat, yang menyebabkan kerusakan saat spesimen diuji. Oleh karena itu, penting untuk mempertimbangkan perlakuan dan fraksi volume serat agar dapat meningkatkan sifat mekanik dari komposit ini secara keseluruhan.



**Gambar 8** Hasil uji SEM x400 pada variabel alkali NaOH perendaman selama 2 jam-fraksi volume 20%



**Gambar 9** Hasil uji SEM x600 pada variabel alkali NaOH perendaman selama 2 jam-fraksi volume 20%

Hasil pengamatan menggunakan Scanning Electron Microscope (SEM) pada komposit serat sisal dengan matriks resin epoxy setelah uji tarik menunjukkan bahwa spesimen yang diperlakukan dengan larutan alkali 5% dan fraksi volume serat 20% memiliki jumlah serat yang lebih banyak serta kekuatan tarik yang lebih tinggi. Perlakuan NaOH ini meningkatkan ikatan antara matriks dan serat, sehingga mengurangi kemungkinan terjadinya debonding antara keduanya.

Analisis SEM pada kedua sampel menunjukkan bahwa serat mengisi bagian matriks dengan baik. Namun, pada komposit yang direndam dalam air PDAM selama dua jam dengan fraksi volume serat 15%, ditemukan jumlah serat yang lebih sedikit disertai dengan adanya debonding dan void, yang berkontribusi pada penurunan nilai uji tarik. Sebaliknya, komposit dengan perlakuan alkali 5% selama dua jam dan fraksi volume 20% menunjukkan jumlah serat yang lebih banyak tanpa adanya debonding, menghasilkan nilai uji tarik yang lebih tinggi. Hal ini menegaskan bahwa perlakuan serat dan lama perendaman memiliki peran krusial dalam meningkatkan kekuatan komposit.

Perendaman dalam larutan alkali seperti NaOH membersihkan serat dengan menghilangkan lignin dan hemiselulosa. Selain itu, permukaan serat menjadi lebih kasar, yang meningkatkan adhesi antara serat dan matriks. Kondisi ini umumnya menghasilkan kekuatan tarik yang lebih tinggi setelah pengujian, seperti yang terlihat dari hasil SEM yang menunjukkan serat yang lebih terlihat, sedikit void, dan ikatan yang baik. Sebaliknya, perendaman dalam air PDAM menyebabkan pembengkakan dan pelengkungan pada serat, yang berdampak negatif pada kekuatan tarik komposit. Dengan demikian, perendaman dalam larutan alkali terbukti secara signifikan meningkatkan sifat mekanik komposit serat.

Secara keseluruhan, perlakuan alkali memperbaiki ikatan antara serat dan matriks serta mengurangi laju penyerapan air karena berkurangnya lapisan lilin pada permukaan serat. Ini menunjukkan bahwa perendaman dalam larutan alkali dapat meningkatkan performa komposit serat secara keseluruhan, terutama dalam konteks kekuatan tarik.

## KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil pengujian uji tarik terhadap pengaruh penambahan fraksi volume serat sisal dan perlakuan NaOH serta Air PDAM, dapat disimpulkan bahwa variasi fraksi volume serat dan lama perendaman berpengaruh signifikan terhadap sifat fisik dan mekanik komposit. Tegangan, modulus elastisitas, dan kekuatan komposit meningkat seiring dengan penurunan fraksi volume serat dan durasi perendaman dalam larutan NaOH. Nilai tertinggi dicapai pada fraksi volume 15% yang direndam dalam larutan NaOH 5% selama 2 jam, dengan hasil mencapai 45,2 MPa. Sebaliknya, nilai terendah ditemukan pada fraksi volume 20% yang direndam Air PDAM selama 2 jam, yaitu sebesar 34,8 MPa. Hasil ini menunjukkan bahwa

semakin sedikit volume serat dan semakin lama direndam dalam NaOH, semakin tinggi kekuatan komposit yang dihasilkan.

Saran kedepannya adalah penelitian selanjutnya diharapkan proses pembersihan serat sampai proses pembuatan spesimen lebih teliti. Untuk mendapatkan hasil yang lebih baik dalam mengurangi jumlah udara yang terperangkap dalam proses vacuum, studi masa depan diharapkan dilakukan dengan cara yang berbeda dari penelitian ini.

## REFERENSI

- Abdurohman, K., Satrio, T., Muzayadah, N. L., & Teten. (2018). A comparison process between hand lay-up, vacuum infusion and vacuum bagging method toward e-glass EW 185/lycal composites.
- Bintarto, R., Syamsul Ma'arif, Moch., Gayuh Utami Dewi, F., Sugiarto, S., Hamidi, N., & Heryana, P. (2021). Pengaruh Daya Pemanasan Microwave Oven Terhadap Kekuatan Tarik Komposit Serat Daun Nanas Bermatrik Epoxy.
- Dedi, M (2016). Analisa Kekuatan Tarik Komposit Dengan Penguat Serat Pelepas Kelapa Sawit
- Fajrin, J., & Anshari, B. (2020). Analisis Sifat Mekanis Komposit Polyester Sisal Menggunakan Metode Anova.
- Hasil Karya Ilmiah, J., Chaerul Rizqi Siregar, I., & Yudo, H. (2017). Analisa Kekuatan Tarik dan Tekuk Pada Sambungan Pipa Baja dengan Menggunakan Kanpe Clear NF Sebagai Pengganti Las. *Jurnal Teknik Perkapalan*.
- Irfan Soenjanto (2019). Desain Eksperimen dengan Metode Taguchi. Graha Ilmu. Yogyakarta
- Meidina F,T (2018) Pengaruh Perlakuan Alkali (Naoh) Pada Permukaan Serat Sisal Terhadap Peningkatan Kekuatan Ikatan Interface Komposit Serat Sisal-Epoxy
- Prasetyo, S. E., & Masyrukan, N. (2015). Pengaruh Waktu Rendam Bahan Kimia Naoh Terhadap Sifat Fisis Dan Mekanis Komposit Serat Bulu Kambing Sebagai Fiber Dengan Matrik Polyester.
- Purbasari, A., Darmaji, A. C., Sary, C. N., & Kusumayanti, H. (2019). Metana : Media Komunikasi Rekayasa Proses dan Teknologi Tepat Guna Pembuatan dan Karakterisasi Komposit dari Styrofoam Bekas dan Serat Ijuk Aren.
- Puji Kumala Pertiwi, Agustin Leny, Khoirotul Yusro dan Gonjtag Prajitno M.Si (2015) *Uji Densitas dan Porositas pada Batuan dengan Menggunakan Neraca O Houss dan Neraca Pegas*
- Susanti, D. N. (2018). Pengaruh Variasi Panjang Serat Nanas Terhadap Kekuatan Tarik dan Impact Komposit Polyester-Serat Nanas.
- Tri Wahyu P., Achmad Maulana S.U (2023) Kaji Eksperimental Sifat Mekanik Komposit Resin Epoxy Berpenguat Serat Alam.
- Y. Rianita, Chomsin S. Widodo, and Masruroh, "Studi Identifikasi Komposisi Obat dan Limbah Balur Benzoquinon (BQ) Hasil Terapi Pembaluran dengan Scanning ELectrone Microscopy (SEM)," FMIPA Univ. Brawijaya, pp. 1–4, 2014
- Zainun, Emran Ismail (2020), Potential Applications of Fly Ash and Sisal Hybrid Fibre Reinforced Plastic Composites, International Journal of Engineering Trends and Technology (IJETT), Volume-68 Issue-7, pp 34-41, DOI. 10.14445/22315381/IJETT-V68I7P206S

HALAMAN INI SENGAJA DIKOSONGKAN

## **KINERJA TURBIN GAS MIKRO BERBAHAN BAKAR LPG DENGAN VARIASI NILAI AIR FUEL RATIO (AFR)**

**Elisna Tirta Cahyani<sup>1</sup>, Nasrul Ilminnafik<sup>2</sup>, Fransiscus Xaverius Kristianta<sup>3</sup>**

Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Jember, Indonesia

email: [nasrul.teknik@unej.ac.id](mailto:nasrul.teknik@unej.ac.id)

### **ABSTRAK**

*The demand for electrical energy is expected to increase annually, making it necessary to reduce reliance on the main power grid. One solution is the use of micro gas turbines, which have a smaller power capacity and require fewer components compared to general gas turbines. In an experimental study, the impact of variations in air fuel ratio on the performance of micro gas turbines was investigated. The results showed that higher air fuel ratios led to an increase in the turbine's performance. The highest values recorded were 0.10 kJ/s for compressor work, 2.81 kJ/s for turbine work, 2.77 kJ/s for net work, 26.25 kJ/s for incoming heat, 8.54% for back work ratio, and 22.3% for thermal efficiency. This indicates that the air fuel ratio indeed influences the performance of micro gas turbines.*

**Kata kunci:** *air fuel ratio, micro gas turbine, LPG fuel, micro gas turbine performance.*

### **PENDAHULUAN**

Salah satu teknologi yang sangat bermanfaat bagi masyarakat Indonesia adalah pembangkit energi skala mikro, contoh dari pembangkit energi skala mikro adalah mikro gas turbin (MGT). MGT adalah prototipe mesin turbin gas, diklasifikasikan sebagai mikro gas turbin karena kemampuan daya listriknya di bawah 200 kW [1]. MGT terdiri dari beberapa komponen utama, termasuk ruang bakar, rangkaian sistem pelumasan, dan rakitan kompresor dan turbin *turbocharger* [2]. Kelebihan turbin gas mikro yaitu mudah diaplikasikan pada berbagai jenis bahan bakar, densitas energi yang tinggi, dan mudah dalam pengoperasian [3] serta cocok untuk diaplikasikan dalam unit pembangkitan pada daerah terpencil dan memiliki akses lokasi yang susah [4].

*Air fuel ratio (AFR)* adalah faktor penting dalam mengatur pembakaran yang efisien dan ekonomis dalam operasional turbin gas mikro. *AFR* mengacu pada perbandingan antara jumlah udara dan bahan bakar yang masuk ke dalam ruang bakar sehingga variasi *AFR* dapat memengaruhi karakteristik pembakaran seperti suhu dan tekanan ruang bakar serta jumlah emisi yang dihasilkan.

Penelitian Qardhawi dkk [5] meneliti tentang Analisis Kinerja Mikro Turbin Gas Bahan Bakar LPG (*Liquified Petroleum Gas*). Penelitian ini dilakukan dengan melakukan pembuatan alat, identifikasi desain yang dibuat, dan pengujian kerja alat serta analisa simulasi. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mendapatkan hasil pengujian kinerja serta analisis perbandingan perancangan dan pengujian alat turbin gas mikro. Hasil penelitiannya menunjukkan bahwa kinerja turbin gas mikro yang dihasilkan relatif rendah, hal ini dikarenakan beberapa faktor yang mempengaruhi salah satunya adalah bagian ruang bakar yang masih sederhana sehingga proses pemampatan udara dan bahan bakarnya tidak termampatkan dengan baik.

Penelitian Puspawan dkk. [6] meneliti tentang Pengaruh *Air fuel ratio (AFR)* Terhadap Efisiensi Turbin Gas Pada Pltgu Unit 2 PT. PLN (Persero) Keramasan Palembang-Provinsi

Sumatera Selatan. Penelitian dilakukan pada PLTGU unit 2 dengan melakukan pengamatan, wawancara, pengukuran, dan pengolahan data. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh *air fuel ratio (AFR)* terhadap efisiensi turbin gas. Hasil penelitian menunjukkan bahwa nilai *load* turbin gas yang dihasilkan berbanding lurus dengan nilai *AFR* dan efisiensi turbin gas yang didapat. Selain itu juga didapat bahwa nilai efisiensi turbin gas yang dihasilkan semakin meningkat saat nilai *AFR* naik. Yang membuktikan bahwa nilai *AFR* juga berbanding lurus dengan efisiensi turbin gas yang dihasilkan.

Parameter-parameter yang dibutuhkan untuk menghitung efisiensi termal dalam kerja kompresor dari turbin gas mikro adalah sebagai berikut:

#### 1. Kerja Netto

Kerja netto dapat ditentukan menggunakan persamaan sebagai berikut [7]:

$$W_{net} = W_t - W_k \quad (2.1)$$

Keterangan:

$W_t$ : Kerja turbin (kJ/s)

$W_k$ : Kerja kompresor (kJ/s)

#### 2. Kerja Kompresor

Kerja kompresor dapat ditentukan menggunakan persamaan sebagai berikut [8]:

$$W_k = \dot{m}_{udara} \times (h_2 - h_1) \quad (2.2)$$

Keterangan:

$\dot{m}_{udara}$ : Laju massa udara (kg/s)

$h_2$ : Entalpi udara keluar kompresor (kJ/kg)

$h_1$ : Entalpi udara masuk kompresor (kJ/kg)

#### 3. Kerja Turbin

Kerja turbin dapat ditentukan menggunakan persamaan sebagai berikut [8]:

$$W_t = (\dot{m}_{udara} + \dot{m}_{bahan bakar}) \times (h_3 - h_4) \quad (2.3)$$

Keterangan:

$\dot{m}_{udara}$ : Laju massa udara (kg/s)

$\dot{m}_{bahan bakar}$ : Laju massa bahan bakar (kg/s)

$h_3$ : Entalpi udara masuk turbin (kJ/kg)

$h_4$ : Entalpi udara keluar turbin (kJ/kg)

#### 4. Kalor Masuk

Panas masuk dapat ditentukan menggunakan persamaan sebagai berikut [9]:

$$Q_{in} = LHV \times \dot{m}_{bahan bakar} \quad (2.4)$$

Keterangan:

$LHV$ : Lower Heating Value

$\dot{m}_{bahan bakar}$ : Laju massa bahan bakar (kg/s)

#### 5. Efisiensi Termal

Efisiensi termal dapat ditentukan menggunakan persamaan sebagai berikut [8]:

$$\eta_{th} = \frac{W_{net}}{Q_{in}} \times 100\% \quad (2.5)$$

Keterangan:

$W_{net}$ : Kerja netto (kJ/s)

$Q_{in}$ : Kalor masuk (kJ/s)

#### 6. Back work ratio (BWR)

Kerja kompresor dapat ditentukan menggunakan persamaan sebagai berikut [8]:

$$BWR = \frac{W_k}{W_t} \times 100\% \quad (2.6)$$

Keterangan:

$W_t$ : Kerja turbin (kJ/s)

$W_k$ : Kerja kompresor (kJ/s)

### 7. Equivalence Ratio

Ekivalensi rasio merupakan perbandingan antara nilai rasio udara–bahan bakar (*Air fuel ratio*) stoikiometri dengan nilai rasio udara–bahan bakar (*Air fuel ratio*) aktual dan sebaliknya [10].

Persamaan ekivalensi rasio dapat ditentukan menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$\Phi = \frac{AFR_{stoikiometri}}{AFR_{aktual}} \quad (2.7)$$

Keterangan:

$AFR_{stoikiometri}$  : Rasio udara dan bahan bakar dalam kondisi stoikiometri

$AFR_{aktual}$  : Rasio udara dan bahan bakar dalam kondisi aktual

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mempelajari dan menganalisis pengaruh variasi *air fuel ratio (AFR)* terhadap kinerja sistem turbin gas mikro. Bagian dari penelitian ini akan melakukan sejumlah eksperimen yang dirancang dengan cermat untuk mengukur dampak perubahan *AFR* pada berbagai parameter kinerja, seperti kerja turbin dan efisiensi termal.

### PROSEDUR EKSPERIMENT

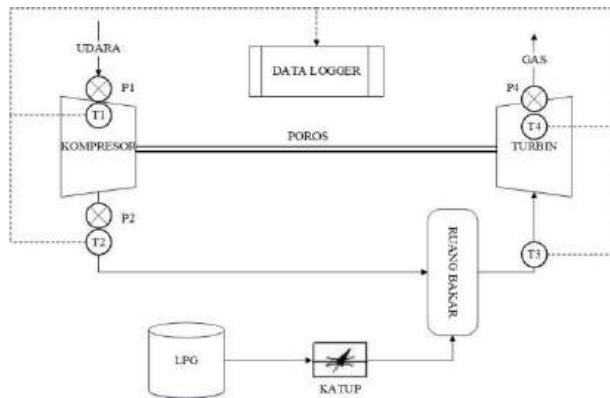
Penelitian ini dilakukan dengan metode penelitian eksperimental, yaitu dengan melakukan pengamatan serta pengukuran langsung guna mendapatkan data penelitian yang dapat digunakan melakukan perhitungan. Data penelitian kemudian diolah dengan perhitungan sehingga menghasilkan data akhir untuk perbandingan analisis.

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah seperangkat turbin gas mikro yang terdiri dari kompresor, ruang bakar, dan turbin, kemudian termokopel, blower, sensor tekanan, dan data *logger*.



Gambar 1. Alat penelitian

Sedangkan untuk bahan penelitian yang digunakan adalah *liquefied petroleum gas (LPG)* 3 kg.



Gambar 2. Skema turbin gas mikro

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### 4.1 Data Hasil Penelitian

Dalam menghitung kinerja turbin gas mikro maka diperlukan data seperti pada tabel di bawah ini yang merupakan hasil pengukuran pada air fuel ratio 9.30; 11.75; dan 19.22. Nilai *LHV LPG* adalah sebesar 47089.29 kJ/kg [11].

Tabel 1. Data hasil penelitian AFR 9.30

No	Hasil Pengujian	Nilai
		AFR 9.30
1	Laju massa udara (kg/s)	0.0052
2	Laju massa bahan bakar (kg/s)	0.00056
3	Temperature <i>inlet</i> kompresor (T1) (K)	300.97
4	Temperature <i>outlet</i> kompresor (T2) (K)	319.46
5	Temperature <i>inlet</i> turbin (T3) (K)	1087.82
6	Temperature <i>outlet</i> turbin (T4) (K)	915.56
7	Tekanan <i>inlet</i> kompresor (P1) (kPa)	193.348
8	Tekanan <i>outlet</i> kompresor (P2) (kPa)	195.706
9	Tekanan <i>outlet</i> turbin (P4) (kPa)	186.83
10	Rasio kompresi kompresor	1.012
11	Entalpi <i>inlet</i> kompresor (h1) (kJ/kg)	301.1358
12	Entalpi <i>outlet</i> kompresor (h2) (kJ/kg)	319.7478
13	Entalpi <i>inlet</i> turbin (h3) (kJ/kg)	1146.953
14	Entalpi <i>outlet</i> turbin (h4) (kJ/kg)	950.3967

Tabel 2. Data hasil penelitian AFR 11.75

No	Hasil Pengujian	Nilai
		AFR 11.75
1	Laju massa udara (kg/s)	0.0047
2	Laju massa bahan bakar (kg/s)	0.00040
3	Temperature <i>inlet</i> kompresor (T1) (K)	302.21
4	Temperature <i>outlet</i> kompresor (T2) (K)	313.825
5	Temperature <i>inlet</i> turbin (T3) (K)	1153.63
6	Temperature <i>outlet</i> turbin (T4) (K)	932.94
7	Tekanan <i>inlet</i> kompresor (P1) (kPa)	191.502
8	Tekanan <i>outlet</i> kompresor (P2) (kPa)	193.432
9	Tekanan <i>outlet</i> turbin (P4) (kPa)	191.054
10	Rasio kompresi kompresor	1.010
11	Entalpi <i>inlet</i> kompresor (h1) (kJ/kg)	302.4132

12	Entalpi <i>outlet</i> kompresor (h2) (kJ/kg)	314.0879
13	Entalpi <i>inlet</i> turbin (h3) (kJ/kg)	1223.483
14	Entalpi <i>outlet</i> turbin (h4) (kJ/kg)	969.9633

Tabel 3. Data hasil penelitian AFR 19.22

No	Hasil Pengujian	Nilai
		AFR 19.22
1	Laju massa udara (kg/s)	0.0051
2	Laju massa bahan bakar (kg/s)	0.00024
3	Temperature <i>inlet</i> kompresor (T1) (K)	301.89
4	Temperature <i>outlet</i> kompresor (T2) (K)	310.15
5	Temperature <i>inlet</i> turbin (T3) (K)	1120.01
6	Temperature <i>outlet</i> turbin (T4) (K)	648.1
7	Tekanan <i>inlet</i> kompresor (P1) (kPa)	186.052
8	Tekanan <i>outlet</i> kompresor (P2) (kPa)	188.604
9	Tekanan <i>outlet</i> turbin (P4) (kPa)	196.026
10	Rasio kompresi kompresor	1.012
11	Entalpi <i>inlet</i> kompresor (h1) (kJ/kg)	302.0913
12	Entalpi <i>outlet</i> kompresor (h2) (kJ/kg)	310.3905
13	Entalpi <i>inlet</i> turbin (h3) (kJ/kg)	1184.3
14	Entalpi <i>outlet</i> turbin (h4) (kJ/kg)	657.8

## 4.2 Pembahasan

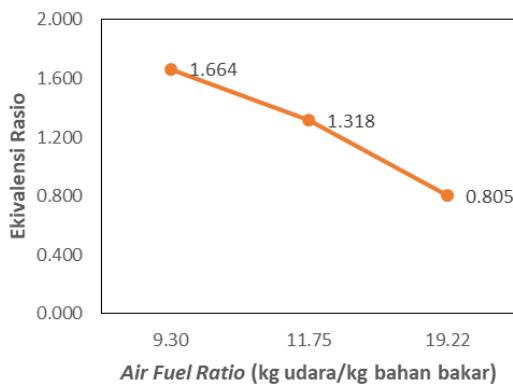
Dengan menggunakan persamaan 2.1-2.7 maka didapatkan hasil seperti pada Tabel 4.

Tabel 4. Data hasil perhitungan

No	Kinerja Turbin Gas Mikro	Nilai		
		AFR 9.30	AFR 11.75	AFR 19.22
1	<i>Equivalence ratio</i>	1.664	1.318	0.805
2	Kerja Kompresor (kJ/s)	0.10	0.06	0.04
3	Kerja Turbin (kJ/s)	1.13	1.30	2.81
4	Kerja Netto (kJ/s)	1.03	1.24	2.77
5	Kalor Masuk (kJ/s)	26.25	18.91	12.44
6	<i>Back work ratio</i> (%)	8.54	4.24	1.50
6	Efisiensi Termal (%)	3.9	6.6	22.3

### 1. Pengaruh *Air fuel ratio* Terhadap *Equivalence ratio*

Pengaruh *air fuel ratio* terhadap kerja kompresor dapat dilihat seperti pada Gambar 3.

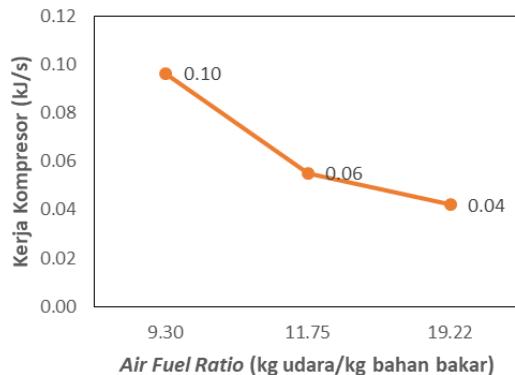
Gambar 3. Pengaruh *air fuel ratio* terhadap *equivalence ratio*

Nilai *equivalence ratio* tertinggi didapatkan pada variasi *air fuel ratio* 9.30 sebesar 1.664 dan nilai *equivalence ratio* terendah didapatkan pada variasi *air fuel ratio* 19.22 sebesar

0.805. Karena nilai *equivalence ratio* pada *afr* 19.22 menunjukkan nilai 0.805 berarti *equivalence ratio* tersebut termasuk ke dalam rasio yang miskin karena kurang dari satu  $<1$ . Sedangkan pada *afr* 9.30 dan 11.75, masing-masing *equivalence rationya* adalah 1.664 dan 1.318, maka rasio ini termasuk ke dalam campuran bahan bakar dan udara yang kaya, karena menunjukkan lebih dari satu  $>1$ .

## 2. Pengaruh *Air fuel ratio* Terhadap Kerja Kompresor

Pengaruh *air fuel ratio* terhadap kerja kompresor dapat dilihat seperti pada Gambar 4.

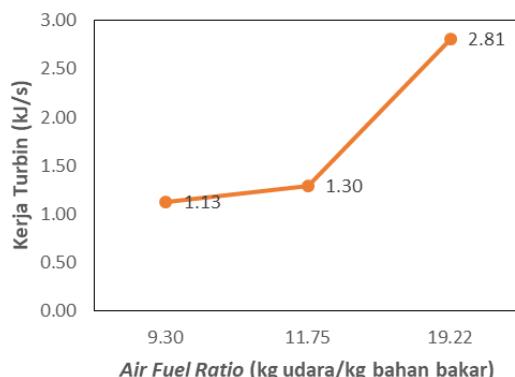


Gambar 4. Pengaruh *air fuel ratio* terhadap kerja kompresor

Nilai kerja kompresor tertinggi didapatkan pada variasi *air fuel ratio* 9.30 sebesar 0.10 kJ/s dan nilai kerja kompresor terendah didapatkan pada variasi *air fuel ratio* 19.22 sebesar 0.04 kJ/s. Menurunnya nilai kerja kompresor dikarenakan terjadinya perubahan nilai laju aliran massa udara dan nilai entalpi kerja kompresor.

## 3. Pengaruh *Air fuel ratio* Terhadap Kerja Turbin

Pengaruh *air fuel ratio* terhadap kerja turbin dapat dilihat seperti pada Gambar 5.

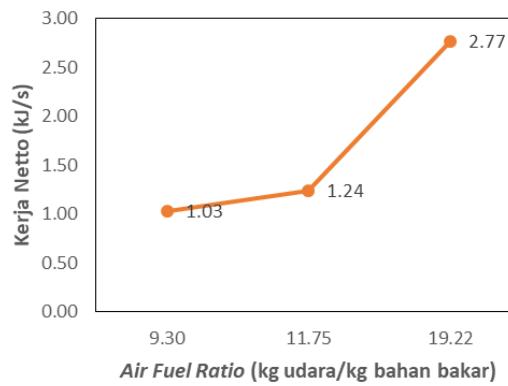


Gambar 5. Pengaruh *air fuel ratio* terhadap kerja turbin

Nilai kerja turbin tertinggi didapatkan pada variasi *air fuel ratio* 19.22 sebesar 2.81 kJ/s dan nilai kerja turbin terendah didapatkan pada variasi *air fuel ratio* 9.30 sebesar 1.13 kJ/s. Kenaikan nilai kerja turbin dikarenakan oleh nilai laju aliran massa udara dan laju aliran massa bahan bakar yang masuk ke dalam ruang bakar seiring dengan meningkatnya nilai *air fuel ratio*. Serta dikarenakan selisih entalpi udara masuk turbin dan entalpi udara keluar turbin.

## 4. Pengaruh *Air fuel ratio* Terhadap Kerja Netto

Pengaruh *air fuel ratio* terhadap kerja netto dapat dilihat seperti pada Gambar 6.

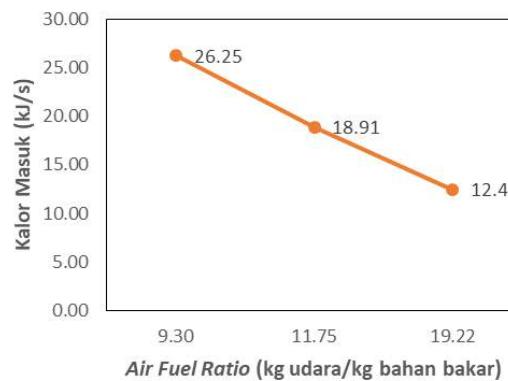


Gambar 6. Pengaruh *air fuel ratio* terhadap kerja netto

Nilai kerja netto tertinggi didapatkan pada variasi *air fuel ratio* 19.22 sebesar 2.76 kJ/s dan nilai kerja netto terendah didapatkan pada variasi *air fuel ratio* 9.30 sebesar 1.02 kJ/s. Nilai kerja netto dipengaruhi oleh nilai kerja turbin dan nilai kerja kompresor. Kerja netto meningkat saat terjadi peningkatan laju aliran massa bahan bakar yang masuk, menyebabkan temperatur ruang bakar dan entalpi meningkat [12].

##### 5. Pengaruh *Air fuel ratio* Terhadap Kalor Masuk

Pengaruh *air fuel ratio* terhadap kalor masuk dapat dilihat seperti pada Gambar 7.

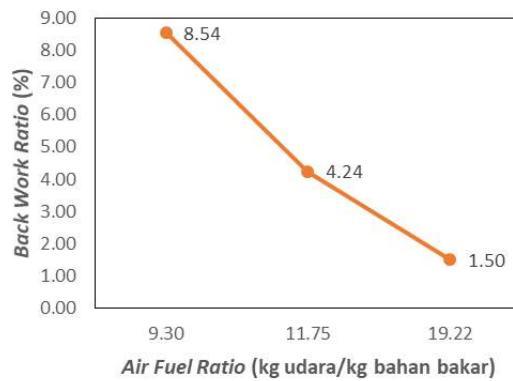


Gambar 7. Pengaruh *air fuel ratio* terhadap kalor masuk

Nilai kalor masuk tertinggi didapatkan pada variasi *air fuel ratio* 9.30 sebesar 27.61 kJ/s dan nilai kalor masuk terendah didapatkan pada variasi *air fuel ratio* 19.22 sebesar 19.22 kJ/s. Nilai kalor masuk dipengaruhi oleh nilai laju aliran massa bahan bakar.

##### 6. Pengaruh *Air fuel ratio* Terhadap *Back work ratio*

Pengaruh *air fuel ratio* terhadap *back work ratio* dapat dilihat seperti pada Gambar 8.

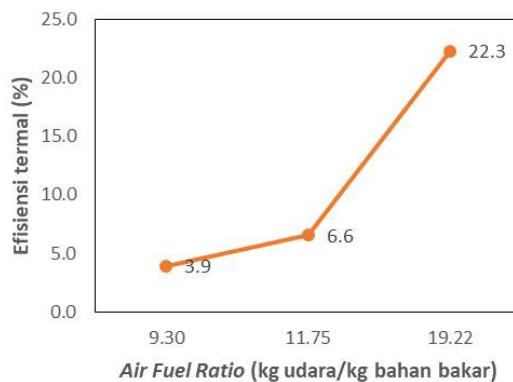


Gambar 8. Pengaruh *air fuel ratio* terhadap *back work ratio*

Nilai *back work ratio* tertinggi didapatkan pada variasi *air fuel ratio* 9.30 sebesar 8.60 % dan nilai *back work ratio* terendah didapatkan pada variasi *air fuel ratio* 19.22 sebesar 1.50 %. Nilai *back work ratio* dipengaruhi oleh perbandingan antara nilai kerja kompresor dan nilai kerja turbin.

#### 7. Pengaruh *Air fuel ratio* Terhadap Efisiensi Termal

Pengaruh *air fuel ratio* terhadap efisiensi termal dapat dilihat seperti pada Gambar 9.



Gambar 9. Pengaruh *air fuel ratio* terhadap efisiensi termal

Nilai efisiensi termal tertinggi didapatkan pada variasi *air fuel ratio* 19.22 sebesar 24.0 % dan nilai efisiensi termal terendah didapatkan pada variasi *air fuel ratio* 9.30 sebesar 4.2 %. Nilai efisiensi termal dipengaruhi oleh perbandingan antara nilai kerja netto dan nilai kalor masuk. Rasio kompresi udara mempengaruhi efisiensi termal pada turbin gas, semakin besar rasio kompresi yang dihasilkan oleh kompressor menyebabkan efisiensi termal meningkat [13].

## KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilaksanakan dan hasil perhitungan yang telah dilakukan, maka dapat diambil kesimpulan bahwa:

1. Pada penelitian pengaruh *air fuel ratio* 9.30; 11.75; dan 19.22 terhadap kerja kompresor, semakin tinggi nilai *air fuel ratio* menyebabkan nilai kerja kompresor semakin menurun sedangkan nilai kerja turbinnya meningkat. Sehingga nilai kerja nettonya akan meningkat seiring dengan meningkatnya nilai *air fuel ratio* dikarenakan selisih nilai kerja turbin dan kerja kompresor yang besar.
2. Semakin tinggi nilai *air fuel ratio* maka semakin turun nilai *back work ratio* yang dihasilkan.

3. Semakin tinggi nilai *air fuel ratio* maka nilai efisiensi termalnya akan semakin meningkat.

Adapun saran yang diberikan setelah melakukan penelitian adalah sebagai berikut:

1. Melakukan *maintenance* alat turbin gas mikro agar hasil yang didapatkan bisa maksimal.
2. Membuat turbin gas bertingkat sehingga kalor yang terbuang dapat dimanfaatkan kembali.
3. Menambahkan *cooler* pada turbin gas mikro agar tidak terjadi *overheat*.

## REFERENSI

- [1] Lee, J. J., Yoon, J. E., Kim, T. S., & Sohn, J. L. (2007). Performance test and component characteristics evaluation of a micro gas turbine. *Journal of Mechanical Science and Technology*, volume 21, 141–152. <https://doi.org/10.1007/BF03161720>
- [2] Hermawan, R., Prasetyo, E., Rhakasywi, D., Artanto, A., & Pane, E. (2017). Analisa Perancangan Ruang Bakar Pada Pembangkit Listrik Mikro Turbin Gas Bahan Bakar LPG. *Prosiding Seminar Nasional Sains Dan Teknologi, TM-008*, 1–12.
- [3] Renzi, M., Caresana, F., Pelagalli, L., & Comodi, G. (2014). Enhancing micro gas turbine performance through fogging technique: Experimental analysis. *Applied Energy*, volume 135, 165–173. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2014.08.084>
- [4] Prasetyo, E., Hermawan, R., Putra, A. L., & Zariatin, D. L. (2017). Fluid Flow Analysis of Micro Gas Turbine using Computational Fluid Dynamics (CFD). *Journal Online Jaringan COT POLIPD*, Volume 11, 576–582. <https://www.researchgate.net/publication/323308364>
- [5] Qardhawi, Y., Ghaffar, N., Prasetyo, E., Hermawan, R., & Pane, E. A. (2021). Analisis Kinerja Mikro Turbin Gas Bahan Bakar LPG (*Liquefied Petroleum Gas*). *Rekayasa*, 14(3), 393–400. <https://doi.org/10.21107/rekayasa.v14i3.12230>
- [6] Puspawan, A., Sulthan, R., Suandi, A., & Witanto, Y. (2023). Pengaruh *Air fuel ratio* (*Afr*) Terhadap Efisiensi Turbin Gas Pada Pltgu Unit 2 PT. PLN (Persero) Keramasan Palembang-Provinsi Sumatera Selatan. *Teknosia*, 17(1), 56–62. <https://ejournal.unib.ac.id/index.php/teknosia>
- [7] Kusnadi, Arifin, M., Darussalam, R., & Rajani, A. (2016). Rancangan Mikro Gas Turbin Berbahan Bakar Biogas Untuk Pembangkit Tenaga Listrik Biomass Berkapasitas 2,5 Kw, Studi Kasus:Ciparay Bandung. *Prosiding Seminar Nasional Fisika*, 67–72. <https://doi.org/10.21009/0305020613>
- [8] Moran, M. J., Shapiro, H. N., Boettner, D. D., & Bailey, M. B. (2014). Fundamentals of Engineering Thermodynamics (L. Ratts, H. Ellis, W. Ashenberg, T. Lindner, & K. Pepper, Eds.; 8th ed.). Don Fowley.
- [9] Annur, M. N. (2017). Pengaruh Variasi Beban Terhadap Performa Turbin Gas di PLTGU GT 1.3 PT. Indonesia Power Grati, Pasuruan. Tugas Akhir. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Noverember.
- [10] Raman, P., Ram, N. K., & Gupta, R. (2013). A dual fired downdraft gasifier system to produce cleaner gas for power generation: Design, development and performance analysis. *Energy*, volume 54, 302–314. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2013.03.019>
- [11] Mallombasang, A., Djafar, Z., & Piarah, W. H. (2021). Utilization of Gasoline Fuel as an Alternative Fuel for LPG Substitution. *EPI International Journal of Engineering*, 3(2), 138–142. <https://doi.org/10.25042/epi-ije.082020.08>.
- [12] Khan, M. N. 2020. Energy And Exergy Analyses Of Regenerative Gas Turbine Air-Bottoming Combined Cycle: Optimum Performance. *Arabian Journal for Science and Engineering*. 45(7):5895–5905.
- [13] Shukla, A. K. dan O. Singh. 2014. Effect of compressor inlet temperature & relative humidity on gas turbine cycle performance. *International Journal of Science and Engineering*. 5(5):664–671.

- [14] Capata, R., Kylykbashi, K., Calabria, A., & Veroli, M. di. (2016). Experimental Tests on a Pre-Heated Combustion Chamber for Ultra Micro Gas Turbine Device: Air/Fuel Ratio Evaluation. *Engineering*, 08(11), 789–805. <https://doi.org/10.4236/eng.2016.811071>.
- [15] Cengel, Y. A., & Boles, M. A. (2015). Thermodynamics an Engineering Approach (B. Stenquist, Ed.; Eighth Edition). McGraw-Hill Education.

## **SIMULASI PENGARUH POSISI EXHAUST FAN TERHADAP TEMPERATUR RUANGAN AKIBAT PAPARAN PANAS MATAHARI**

**Parngongo Turnip**

Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Tridinanti

### **ABSTRAK**

Peningkatan temperatur dalam ruangan akibat paparan panas matahari merupakan tantangan signifikan dalam manajemen kenyamanan termal. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis efektivitas posisi penempatan exhaust fan dalam mengendalikan temperatur ruangan menggunakan Prototype. Studi dilakukan dengan tiga posisi variasi katub exhaust fan: dekat sumber panas, tengah, dan pangkal pada Prototype berukuran 30 cm x 30 cm x 25 cm. Parameter yang dikendalikan meliputi temperatur ruang Prototype 38°C. Hasil menunjukkan bahwa posisi exhaust fan memiliki pengaruh signifikan terhadap temperatur ruangan. Analisis pola aliran udara mengungkapkan bahwa penempatan exhaust fan pada posisi dekat sumber panas menghasilkan yang lebih optimalkan yang lebih stabil. Penelitian ini memberikan panduan praktis untuk optimasi penempatan exhaust fan dalam sistem ventilasi ruangan.

**Kata kunci:** *exhaust fan, distribusi temperatur, ventilasi mekanis*

### **PENDAHULUAN**

Permasalahan temperatur tinggi dalam ruangan merupakan salah satu tantangan yang sering dihadapi oleh masyarakat yang tinggal di daerah tropis, termasuk Indonesia. Paparan panas matahari yang intensif pada dinding dan atap bangunan meningkatkan suhu udara di dalam ruangan, menyebabkan ketidaknyamanan bagi penghuni. Menurut SNI 03-6572-2001 tentang Tata Cara Perancangan Sistem Ventilasi dan Pengkondisian Udara pada Bangunan Gedung, kenyamanan termal dalam ruangan idealnya berada pada kisaran suhu 24–27°C dengan kelembaban relatif 60–70%. Namun, dalam kondisi tanpa pengkondisian udara (AC), suhu ruangan yang terpapar matahari langsung sering kali melebihi ambang batas tersebut.

Exhaust fan merupakan salah satu solusi ventilasi mekanis yang dapat membantu mengurangi suhu ruangan dengan mengeluarkan udara panas dan menggantinya dengan udara segar dari luar. Prinsip kerja exhaust fan adalah menciptakan tekanan negatif di dalam ruangan. Namun efektivitas *exhaust fan* dalam menurunkan suhu ruangan sangat bergantung pada berbagai faktor, salah satunya adalah posisi pemasangan. Posisi yang tidak optimal dapat menyebabkan sirkulasi udara menjadi tidak efisien, sehingga udara panas tetap terperangkap di dalam ruangan (Sarkar dan Bhattacharjee, 2020). Berdasarkan uraian latar belakang diatas, maka penulis tertarik melakukan penelitian dengan judul **“Pengaruh Posisi Exhaust Fan Terhadap Temperatur Ruangan Akibat Paparan Panas Matahari”**.

#### **1. Exhaust Fan**

Alat mekanis yang disebut *exhaust fan* digunakan untuk mengeluarkan udara dari suatu ruangan. *exhaust fan* ini meningkatkan sirkulasi udara, menghilangkan udara panas, dan menurunkan kelembaban. Alat ini mendukung tugas penting untuk memastikan kualitas udara dan menciptakan lingkungan yang sehat di berbagai jenis bangunan, termasuk fasilitas perumahan, komersial, dan industri. Tugas utama *exhaust fan* adalah menghilangkan udara

pengap dan menggantinya dengan udara luar. Menjaga kualitas udara interior sangatlah penting, terutama di area yang mengeluarkan polutan atau bau. Udara dapat menjadi pengap dan lembap di banyak ruangan, terutama yang memiliki tingkat kelembapan tinggi seperti kamar mandi dan dapur. Kelembapan yang berlebihan dapat menimbulkan berbagai masalah, seperti pertumbuhan bakteri dan jamur yang dapat mempengaruhi kesehatan. Dengan menggunakan *exhaust fan*, udara lembap dapat diturunkan sehingga mengurangi risiko gangguan kesehatan tersebut di atas Selain mengontrol kelembapan, exhaust fan juga efektif mencegah bau berlebih. (Sahabuddin Latif 2021).

## 2. Aliran Udara

Udara bertindak seperti cairan partikel secara alami berpindah dari daerah bertekanan tinggi ke daerah bertekanan rendah. Karena adanya variasi tekanan udara lokal dan rotasi bumi yang menggeser tekanan udara dari tinggi ke rendah, maka angin merupakan udara yang mengalir dengan kecepatan tertentu. Sinar matahari juga mempengaruhi perbedaan udara.

## 3. Parameter tanpa dimensi

Bilangan tanpa satuan dalam mekanika fluida yang ditentukan dengan membandingkan berbagai kombinasi faktor fisik yang bersangkutan. Faktor-faktor ini membantu dalam penelitian kemiripan, memudahkan studi fenomena fluida, dan memudahkan membandingkan teori dan eksperimen. Karakteristik ini sering digunakan untuk memfasilitasi analisis dan menjamin perbandingan dinamis dan geometris dalam eksperimen dan simulasi. (Rachmat, Subagyo , aqli mursadin 2020) fenomena fluida yang kompleks Berikut adalah beberapa parameter tanpa dimensi yang sering digunakan:

### a. Koefisien kerugian

analisis mekanika fluida, gesekan, perubahan bentuk saluran, dan hambatan lokal lainnya dapat menyebabkan hilangnya energi atau tekanan dalam aliran fluida, yang digambarkan dengan koefisien kerugian tak berdimensi. Koefisien ini, yang sering dilambangkan dengan simbol K, sering digunakan untuk menghitung kerugian kecil dalam saluran fluida atau sistem pipa.

$$K = \frac{h_L}{\frac{v^2}{2g}}$$

Dimana:

K = koefisien kerugian (tak berdimensi),

$h_L$  = tinggi kerugian tekanan (m atau J/kg),

v = kecepatan aliran fluida (m/s),

g = percepatan gravitasi (9,81 m/s<sup>2</sup>)

## 4. Bilangan Reynolds

Indikator utama perilaku aliran adalah bilangan Reynolds. Ketika partikel-partikel fluida bergerak secara teratur dan lapisan-lapisan yang tidak dapat bercampur, suatu aliran dikatakan laminar jika nilai Reynoldsnya kurang dari 2000 Sebaliknya, aliran yang mempunyai bilangan Reynolds lebih dari 4000 sering kali bersifat turbulen, artinya aliran tersebut bervariasi dan menjadi tidak beraturan.

$$Re = \frac{\rho \cdot u \cdot L}{\mu}$$

Dimana:

$\rho$  = massa jenis fluida.

$u$  = kecepatan aliran,

L = panjang karakteristik, termasuk diameter pipa.

$\mu$  = viskositas dinamis fluida.

## 5. Bilangan Froude

Rasio gaya inersia terhadap gaya gravitasi dalam aliran fluida dijelaskan dengan bilangan Froude yang tidak berdimensi. Dinamika fluida yang melibatkan permukaan bebas, termasuk aliran di saluran terbuka, gelombang air, atau pergerakan kapal di permukaan udara, dianalisis menggunakan angka ini.

$$Fr = \frac{V}{\sqrt{g\ell}}$$

Dimana:

Fr = Bilangan Froude (Tak berdimensi)

V = kecepatan m/s

g = gaya gravitasi m/s<sup>2</sup>

ℓ = panjang m

### 6. Bilangan Euler

Rasio gaya tekanan terhadap gaya inersia dalam aliran fluida dijelaskan dengan bilangan Euler, suatu besaran tak berdimensi dalam mekanika fluida. Angka ini sering digunakan untuk memeriksa aliran fluida yang melibatkan fluktuasi tekanan, termasuk yang terjadi di dalam pipa atau di sekitar benda.

$$Eu = \frac{p}{\rho \cdot V^2} \quad (\text{Lit. 2 hal.6})$$

Dimana:

p = Tekanan karakteristik dalam sebuah bidang aliran m

ρ = massa jenis kg/m<sup>3</sup>

V = kecepatan m/s

### 7. Bilangan Cauchy

Dalam mekanika fluida, pengaruh gaya inersia terhadap gaya elastis pada suatu bahan fluida atau elastis dijelaskan dengan bilangan Cauchy yang tidak berdimensi. Dalam analisis aliran fluida termasuk gelombang elastis, seperti pada fluida kompresibel, bahan padat elastis, atau bahan elastis lainnya, angka ini sering digunakan.

$$Ca = \frac{p \cdot V^2}{E}$$

Dimana:

P = Massa jenis medium (kg/m<sup>2</sup>)

V = kecepatan karakteristik (m/s)

E = Modulus elastisitas

### 8. Bilangan Mach

Rasio kecepatan suatu benda atau fluida terhadap kecepatan suara dalam medium tersebut dinyatakan dengan besaran tak berdimensi dalam mekanika fluida. Dalam analisis aliran fluida, angka ini yang diambil dari nama ilmuwan Austria Ernst Mach sangat penting, khususnya untuk aliran kompresibel.

$$M_a = \frac{V}{a}$$

Dengan :

a = kecepatan suara (m/s)

V = kecepatan objek (m/s)

### 9. Bilangan Strouhal

Adalah parameter tanpa dimensi yang penting digunakan dalam aliran tidak tunak (unsteady), soal aliran yang berosilasi yang frekuensinya  $\omega$ . Bilangan ini menunjukkan ukuran dari rasio inersia akibat ketidak tunakan aliran (percepatan lokal) terhadap gaya inersia akibat perubahan kecepatan dari satu titik ke titik lain dalam aliran kecepatan konvektif. Dirumuskan sebagai:

$$ST = \frac{\omega l}{v}$$

Dimana:

$\omega$  = frekensi osilasi (Hz)

$l$  = Panjang karakteristik

$v$  = Kecepatan aliran

### 10. Bilangan Weber

Dampak gaya inersia terhadap gaya permukaan dalam aliran fluida dijelaskan dengan bilangan Weber (We), suatu besaran non-dimensi dalam mekanika fluida. Analisis aliran cairan dan proses pembentukan tetesan sering kali menggunakan Persamaannya adalah :

$$we = \frac{\rho U^2 L}{\sigma}$$

Dimana:

$\rho$  = destinitas fluida ( kg/m<sup>2</sup> )

$U$  = Kecepatan aliran (m/s)

$L$  = Panjang karakteristik (m)

$\sigma$  = tegangan permukaan (N/m)

### Perhitungan Tentang Ventilasi

Pada penelitian ini, perhitungan dilakukan untuk menganalisis distribusi temperatur dalam ruangan akibat paparan panas matahari. Perhitungan ini menggunakan pendekatan perpindahan panas dan prinsip. Dengan menggunakan asumsi bahwa ruangan bersifat homogen, simulasi dilakukan untuk mengevaluasi peran posisi exhaust fan dalam mengatur sirkulasi udara.

### 1 . Kecepatan rata-rata

$$v = \frac{\dot{v}}{A}$$

Dimana:

$\dot{v}$  = kecepatan udara m<sup>3</sup>/s

$A$  = luas penampang (m<sup>2</sup>)

### 2. Reduced Scale

$$Re = \frac{p \cdot u \cdot L}{\mu}$$

Dimana:

$u$  = Kecepatan fluida (m/s)

$p$  = Densitas fluida (kg/m<sup>3</sup>)

$L$  = dimensi panjang karakteristik.(m)

$\mu$  = Viskositas udara (pa.s)

### 3. Kecepatan aliran fluida pada prototype

$$v = \frac{Re \mu}{\rho L}$$

Dimana:

$Re$  = Bilangan Reynolds

$\mu$  = Viskositas udara (pa.s)

$p$  = Densitas fluida (kg/m<sup>3</sup>)

$L$  = dimensi panjang karakteristik.(m)

### 4. Volume aliran udara (flow Rate)

$$Q = \frac{A}{v}$$

Dimana:

$A$  = Luas penampang (m<sup>2</sup>)

$v$  = kecepatan aliran udara (m/s)

### 5. Energi termal yang masuk pada prototype secara konduksi

$$Q = K \cdot \frac{dT}{dX}$$

Dimana :

$Q$  = laju aliran energi termal ( watt, atau Joule per detik J/s)

$K$  = Konduktivitas termal ( W/m·K)

$dT$  = Perbedaan suhu antara dua titik  $T_1 - T_2$  (derajat celsius)

$dX$  = Jarak antara dua titik yang memiliki perbedaan suhu( m )

## 6. Perubahan Entalpi

$$\Delta H = m \cdot c_p \cdot \Delta T$$

Dimana:

$m$  = massa zat (kg)

$c_p$  = Kapasitas panas (Joule/Kg)

$\Delta T$  = Perubahan Suhu ( °C )

## 7. Perpindahan Panas Konveksi

$$q = h \cdot A \cdot (T_w - T_{\infty})$$

Dimana:

$q$  = Laju perpindahan Panas (J/det atau W)

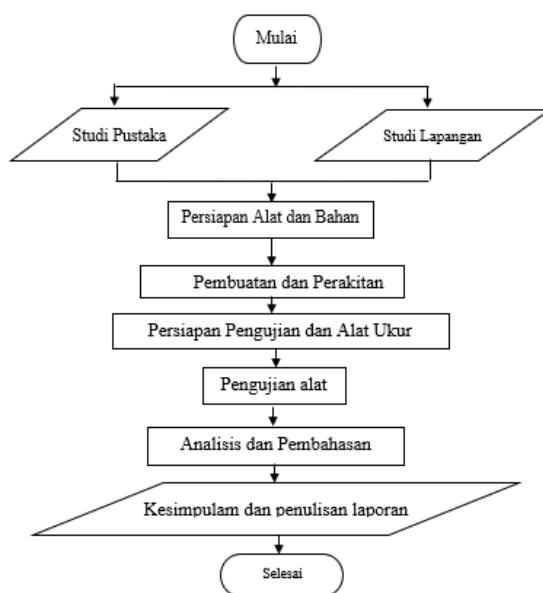
$h$  = Koefisien Perpindahan Panas Konveksi (W/m<sup>2</sup>·°C)

$A$  = Luas Penampang Perpindahan Panas (m<sup>2</sup>)

$T_w$  = Temperatur Dinding (°C)

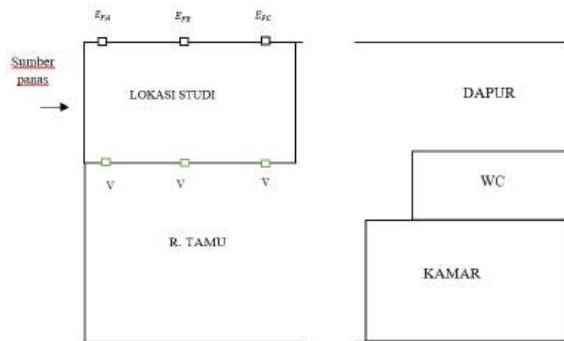
$T_{\infty}$  = Temperatur Sekeliling (°C)

## PROSEDUR EKSPERIMENT



**Gambar 1. Diagram Alir**

Lokasi studi ini diambil dari perumahan subsidi dengan tipe 36 dan luas tanah 84 m<sup>2</sup> memiliki sebuah kamar dimana kamar tersebut mendapatkan sumber panas dari matahari terutama pada sore hari sehingga mempengaruhi tingkat kenyamanan didalam kamar tersebut adapun kondisi kamar ditunjukan dengan denah rumah ini.

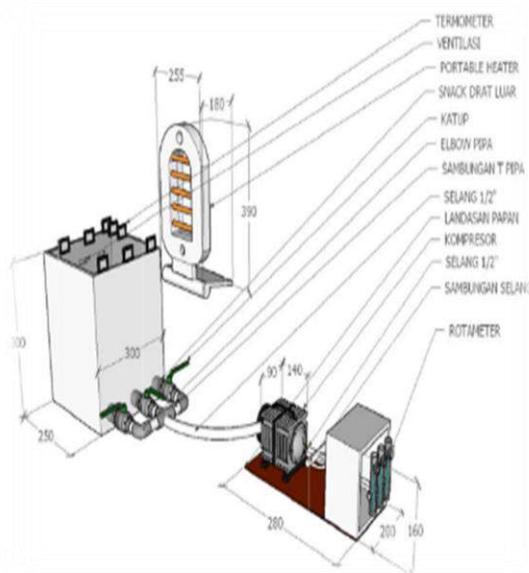


Gambar 2. Denah Penelitian

Keterangan: v = Lubang Ventilasi

$E_F$  = Exhaust fan

Penelitian ini menggunakan *prototype* secara skala kecil dalam perancangan desain sumber panas yang digunakan adalah *portabel heater* dengan temperatur 40°C.

Gambar 3.3 Desain *protoype* Posisi *exhaust fan*

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui efektifitas pengaruh posisi *exhaust fan* terhadap temperatur ruangan akibat paparan panas matahari. Pengujian ini di lakukan dengan variasi posisi *exhaust fan* serta sumber panas berupa dinding dengan suhu yang diakibatkan panas sinar matahari dengan suhu 40°C dan ketinggian sensor temperatur ruang 0,5 m dan 1,5 m. Gambar 4.1 dan 4.2 menunjukkan posisi titik pengukuran sementara tabel Serta 4.1- tabel 4.6 menunjukkan hasil pengukuran waktu penelitian di setiap variasi katup *exhaust fan* interval 2 menit selama 20 menit. Hasil pengukuran dan pengujian adalah sebagai berikut.

laju aliran udara pada ventilasi ruangan

Dalam desain ini sistem ventilasi udara yang efektif penting untuk mempertimbangkan variasi posisi *exhaust fan* agar dapat memenuhi kebutuhan sirkulasi udara terutama pada kamar tidur

biasanya memerlukan 0,5 – 1,0 dalam hal ini diambil sirkulasi udara sebesar 0,8 ACH dengan menggunakan *exhaust fan*, dan perhitungan pergantian udara adalah :

$$\dot{V} = 0,8 \text{ ACH} \cdot \text{Volume Ruangan}$$

$$= 0,8 \text{ m ACH} \times 22,5 \text{ m}^3$$

$$= 18 \text{ m}^3/\text{jam}$$

$$= 0,005 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$= 5 \text{ l/s}$$

Penelitian ini menggunakan prototype ruangan sederhana yang di rancang untuk mensimulasikan kondisi nyata. Prototype ini dilengkapi dengan exhaust fan yang berbeda posisi untuk mengamati efeknya terhadap kestabilan temperatur ruangan. Salah satu parameter penting yang digunakan dalam analisis adalah kecepatan rata – rata yang dihitung dengan sebagai berikut :

$$v = \frac{\dot{V}}{A}$$

Dimana :

$$\dot{V} = 0,005 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$A = 3 \times 3 = 9 \text{ m}^2$$

$$u = \frac{0,005 \text{ m}^3/\text{s}}{9 \text{ m}^2}$$

$$u = 0,00055556 \text{ m/s}$$

Bilangan tanpa dimensi seperti Reynolds Number (Re) memiliki peran penting dalam menganalisis karakteristik aliran fluida, bilangan Reynolds Number digunakan untuk menggambarkan sifat aliran apakah pola aliran laminer atau turbulen yang pada akhirnya memengaruhi efisiensi perpindahan panas dalam sebuah sistem ventilasi, berikut ini perhitungan yang digunakan.

$$Re = \frac{\rho \cdot u \cdot L}{\mu}$$

Dimana

$$\rho = \text{massa jenis udara} = 1,225 \text{ kg/m}^3$$

$$u = \text{Kecepatan rata-rata} = 0,00055556 \text{ m/s}$$

$$L = \text{Dimensi Panjang Karakteristik} = \frac{3+3}{2} = 3 \text{ m}$$

$$\mu = \text{Viskositas udara} = 3,178 \times 10^{-5} \text{ Pa.S}$$

$$Re = \frac{1,225 \text{ kg/m}^3 \cdot 0,00055556 \text{ m/s} \cdot 3 \text{ m}}{3,178 \times 10^{-5} \text{ Pa.S}}$$

$$Re = 1,225 \cdot 0,00055556 \cdot 3$$

$$Re = \frac{0,00003178}{3,178 \times 10^{-5}}$$

$$Re = 64,24$$

#### 4.2.2 Kecepatan aliran fluida pada prototype

Aliran udara atau fluida dalam suatu ruangan memaikan peran penting dalam menciptakan kenyamanan dan efisiensi sirkulasi udara salah satu faktor yang mempengaruhi kenyamanan penghuni ruangan adalah distribusi temperatur yang merata, yang dapat dipengaruhi oleh cara udara bergerak dalam ruangan tersebut kecepatan aliran fluida pada prototype dapat dihitung menggunakan rumus sebagai berikut :

$$v = \frac{Re \cdot \mu}{\rho \cdot L}$$

$$L = \frac{0,3+0,3}{2} = 0,3$$

$$v = \frac{64,24375918 \cdot 3,178 \times 10^{-5}}{1,225 \cdot 0,3}$$

$$v = \frac{1,683 \times 10^{-10}}{0,336875}$$

$$v = 0,00556 \text{ m/s}$$

#### 4.2.3 Volume aliran udara ( flow rate )

Sistem ventilasi udara memiliki peranan penting dalam menjaga kenyamanan dan kualitas udara di dalam ruangan. Salah satu komponen utama dalam sistem ventilasi adalah exhaust fan, yang berfungsi untuk mengalirkan udara dari satu ruang ke ruang lainnya atau ke luar bangunan. Untuk mengoptimalkan kinerja exhaust fan, diperlukan penghitungan debit aliran udara ( $Q$ ), yang dipengaruhi oleh kecepatan aliran udara ( $v$ ) dan luas penampang ( $A$ ) dapat dihitung menggunakan rumus sebagai berikut :

$$Q = A \times v \quad (\text{lit 5 hal 23})$$

$$Q = 0,3m^2 \cdot 0,00556 \text{ m/s}$$

$$Q = 0,0005 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q = 0,0005 \text{ m}^3/\text{s} \cdot 1000$$

$$Q = 0,5 \text{ l/s}$$

$$Q = 30 \text{ l/m}$$

#### 4.4 Perubahan Entalpi

pada studi ini, kita akan menghitung entalpi udara dalam sebuah prototipe berukuran 30 cm x 25 cm x 30 cm. Massa jenis udara diberikan sebesar  $6,125 \times 10^{-4} \text{ kg/s}$  sedangkan standar kalor jenis udara ( $c_p$ ) adalah 1,005 kJ/kg°C. Langkah-langkah perhitungan mencakup penentuan massa udara di dalam prototipe, diikuti dengan perhitungan entalpi berdasarkan perubahan suhu.

$$\Delta H = m \cdot c_p \cdot \Delta T$$

Dimana:

$$m = p \cdot \dot{v}$$

$$= 1,225 \text{ kg/m}^3 \cdot 0,0005 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$m = 6,125 \times 10^{-4} \text{ kg/s}$$

$$\Delta T = 29,1 \text{ }^\circ\text{C} - 25,31 \text{ }^\circ\text{C} = 3,79 \text{ }^\circ\text{C}$$

Maka :

$$\Delta H = 6,125 \times 10^{-4} \text{ kg/s} \cdot 1,005 \text{ J/kg.K} \cdot 23,79 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$\Delta H = 14,644 \text{ J/s}$$

#### 4.5 Perpindahan Panas Konveksi

Perpindahan panas melalui konveksi adalah mekanisme di mana panas ditransfer antara permukaan padat dan fluida. Dalam konteks desain prototipe ruangan, memahami dan menganalisis perpindahan panas konveksi sangat penting untuk memastikan kenyamanan termal, efisiensi energi yang optimal. Rumus yang digunakan untuk menghitung laju perpindahan panas konveksi adalah:

Variasi A

$$Q = h \cdot A \cdot (T_w - T_\infty)$$

**Table A-5** | Properties of air at atmospheric pressure.<sup>†</sup>

The values of $\mu$ , $k$ , $c_p$ , and $Pr$ are not strongly pressure-dependent and may be used over a fairly wide range of pressures							
T, K	$\rho$ kg/m <sup>3</sup>	$c_p$ kJ/kg · °C	$\mu \times 10^5$ kg/m · s	$\nu \times 10^6$ m <sup>2</sup> /s	$k$ W/m · °C	$\alpha \times 10^4$ m <sup>2</sup> /s	Pr
100	3.6010	1.0266	0.6924	1.923	0.009246	0.02501	0.770
150	2.3675	1.0099	1.0283	4.343	0.013735	0.05745	0.753
200	1.7684	1.0061	1.3289	7.490	0.01809	0.10165	0.739
250	1.4128	1.0053	1.5990	11.31	0.02227	0.15675	0.722
300	1.1774	1.0057	1.8462	15.69	0.02624	0.22160	0.708
350	0.9980	1.0090	2.075	20.76	0.03003	0.2983	0.697
400	0.8826	1.0140	2.286	25.90	0.03365	0.3760	0.689
450	0.7833	1.0207	2.484	31.71	0.03707	0.4222	0.683
500	0.7048	1.0295	2.671	37.90	0.04038	0.5564	0.680
550	0.6423	1.0392	2.848	44.34	0.04360	0.6532	0.680
600	0.5879	1.0551	3.018	51.34	0.04659	0.7512	0.680
650	0.5430	1.0635	3.177	58.51	0.04953	0.8578	0.682
700	0.5030	1.0752	3.332	66.25	0.05230	0.9672	0.684
750	0.4709	1.0856	3.481	73.91	0.05509	1.0774	0.686
800	0.4405	1.0978	3.625	82.29	0.05779	1.1951	0.689
850	0.4149	1.1095	3.765	90.75	0.06028	1.3097	0.692
900	0.3925	1.1212	3.899	99.3	0.06279	1.4271	0.696
950	0.3716	1.1321	4.023	108.2	0.06525	1.5510	0.699
1000	0.3524	1.1417	4.152	117.8	0.06752	1.6779	0.702
1100	0.3204	1.160	4.44	138.6	0.0732	1.969	0.704
1200	0.2947	1.179	4.69	159.1	0.0782	2.251	0.707
1300	0.2707	1.197	4.93	182.1	0.0837	2.583	0.705
1400	0.2515	1.214	5.17	205.5	0.0891	2.920	0.705
1500	0.2355	1.230	5.40	229.1	0.0946	3.262	0.705
1600	0.2211	1.248	5.63	254.5	0.100	3.609	0.705
1700	0.2082	1.267	5.85	280.5	0.105	3.977	0.705
1800	0.1970	1.287	6.07	308.1	0.111	4.379	0.704
1900	0.1858	1.309	6.29	338.5	0.117	4.811	0.704
2000	0.1762	1.338	6.50	369.0	0.124	5.260	0.702
2100	0.1682	1.372	6.72	399.6	0.131	5.715	0.700
2200	0.1602	1.419	6.93	432.6	0.139	6.120	0.707
2300	0.1538	1.482	7.14	464.0	0.149	6.540	0.710
2400	0.1458	1.574	7.35	504.0	0.161	7.020	0.718
2500	0.1394	1.688	7.57	543.5	0.175	7.441	0.730

## Variasi A

Dimana :

Re = 64

A = 0,275 m<sup>2</sup>

L = 0,3 m<sup>2</sup>

T = 28,85 ° C – 25,34 ° C = 3,51 ° C b ( 276,66 ° K )

K = 0,22 w/m K

M = 1,59 10<sup>5</sup> kg m/s

Pr = 0,722

Nu<sub>x</sub> = 0,664  $Re_x^{1/2} Pr^{1/3}$

Nu = 0,664 (64)<sup>1/2</sup> (0,722)1/3

Nu = 0,664 . 8 . 0,882

Nu = 4,68

Nu =  $\frac{h L}{K} \rightarrow h = \frac{Nu K}{L} = \frac{4,68 \cdot 0,22}{0,3} = 3,432$

Maka :

Q = h . A . (Tw – T<sub>∞</sub>)

= 3,432 . 0,275 . 3

= 2,83 watt

## Variasi B

Q = h . A . (Tw – T<sub>∞</sub>)

= 3,432 . 0,275 . ( 28 ° C – 25 ° C )

= 3,432 . 0,275 . 3

= 2,83 waat

**Variasi C**

$$\begin{aligned}
 Q &= h \cdot A \cdot (T_w - T_{\infty}) \\
 &= 3,432 \cdot 0,275 \cdot (29 - 25) \\
 &= 3,432 \cdot 0,275 \cdot 4 \\
 &= 3,77 \text{ watt}
 \end{aligned}$$

**4.8 Perpindahan Panas Radiasi**

Perpindahan panas radiasi merupakan salah satu mekanisme transfer energi yang terjadi tanpa memerlukan medium perantara. Energi panas dipancarkan melalui gelombang elektromagnetik, terutama dari permukaan dengan suhu tinggi ke permukaan yang lebih dingin. Dalam konteks prototype ruangan, radiasi termal menjadi salah satu penyebab utama peningkatan suhu ruangan akibat paparan sinar matahari. Pemahaman mengenai proses perpindahan panas radiasi sangat penting untuk mengendalikan suhu dalam ruangan. Fenomena perpindahan panas radiasi dapat dianalisis menggunakan rumus berikut:

$$Q = \epsilon \cdot \sigma \cdot A (T_1^4 - T_2^4)$$

$$T_1^4 = 302^4$$

$$T_1^4 = 9,167,704$$

$$T_2^4 = 298^4$$

$$T_2^4 = 8,937,804$$

$$T_1^4 - T_2^4 = 9,167,704 - 8,937,804 = 0,2299$$

$$Q = 0,90 \times 5,67 \times 10^{-8} \cdot 0,275 \cdot 0,2299$$

$$Q = 0,90 \times 5,67 \times 10^{-8} \cdot 0,275 \cdot 0,0632225$$

$$Q = 0,001129 \text{ watt}$$

**KESIMPULAN DAN SARAN**

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan mengenai pengaruh posisi exhaust fan terhadap temperatur ruangan akibat paparan panas matahari, diperoleh kesimpulan bahwa pada level ketinggian 0,5 m dari lantai posisi variasi A Memberikan penurunan suhu rata-rata sebesar 0,7 °C, pada posisi variasi B Memberikan penurunan suhu rata-rata sebesar 0,6 °C, dan pada posisi variasi C Memberikan penurunan suhu rata-rata sebesar 0,8 °C. Sedangkan pada level ketinggian 1,5 m dari lantai posisi variasi A Memberikan penurunan suhu rata-rata sebesar 0,1 °C, pada posisi variasi B Memberikan penurunan suhu rata-rata sebesar 0,7 °C, dan posisi variasi C Memberikan penurunan suhu rata-rata sebesar 0,8 °C.

**REFERENSI**

- [1] Sarumaha, Yonathan KA, and Amelia Sugondo. "Optimasi Penempatan Exhaust Fan dalam Rumah Dengan CFD." *Jurnal Teknik Mesin* 18.1 (2021): 12-19.
- [2] Subagyo Rachmat, mursadin aqli. MEKANIKA FLUIDA II. Lambung Mangkurat: universitas lambung Mangkurat, 2017.
- [3] Armansyah, A., Husna, J., & Harahap, K. I. (2023). Penggunaan SistemSolar Sel Pada Rumah Sederhana Sebagai Penerangan. *JET (Journal of Electrical Technology)*, 8(3), 106–111.
- [4] Munson, r, bruce, young, f donald & okiishi theodore MEKANIKA FLUIDA jakarta : erlangga 2004
- [5] Mursandi aqli, , subagyo rachmat, perpindahan panas I Lambungan Mangkurut universitas lambung Mangkurat, 2016
- [6] Alan erica ega, wijaya hadi wahyu pabrik formaldehid dari methanol dengan proses silver catalyst. Surabaya: sepuluh nopember of technology 2017

## Analisis Dampak Penggunaan Energi Fosil Terhadap Kualitas Udara Dan Peluang Implementasi Energi Terbarukan Di Indonesia

Baithul Maqdis<sup>1</sup>, Agung Pranata<sup>2</sup>, Mhd. Dwi Adi Putra<sup>3</sup>

Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Al-azhar Medan

e-mail: [baithulmaqdis@gmail.com](mailto:baithulmaqdis@gmail.com)

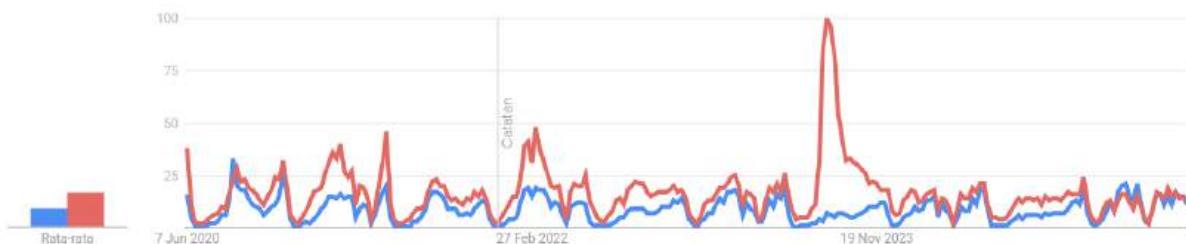
### Abstrak

Sumber energi utama di Indonesia, khususnya dalam sektor industri dan transportasi, masih berasal dari sumber energi fosil seperti gas alam, batubara, dan minyak bumi. Ketergantungan ini menyebabkan peningkatan emisi gas rumah kaca, termasuk  $\text{CO}_2$ ,  $\text{NO}_x$ , dan partikel  $\text{PM}_{2.5}$ . Hal ini berdampak langsung pada kualitas udara dan kesehatan masyarakat. Studi deskriptif kualitatif menggunakan data sekunder yang diperoleh dari sumber resmi seperti Badan Pusat Statistik. Analisis menunjukkan bahwa konsumsi bahan bakar fosil yang tinggi menyebabkan penurunan kualitas udara di kota-kota besar Indonesia. Energi terbarukan, seperti bioetanol dan biogas yang diperoleh dari biomassa dan limbah pertanian, memiliki potensi besar untuk menjadi solusi alternatif yang berkelanjutan dan ramah lingkungan.

**Kata Kunci:** Energi fosil, emisi gas rumah kaca, kualitas udara, energi terbarukan

### PENDAHULUAN

Meningkatnya permintaan energi untuk bisnis dan transportasi di Indonesia telah menyebabkan peningkatan penggunaan bahan bakar fosil. Bahan bakar seperti gas alam, minyak bumi, dan batu bara masih menjadi sumber energi utama negara karena ketersediaan yang berlimpah dan biaya produksi yang lebih rendah daripada energi terbarukan. [1]. Namun, penyebab utama emisi gas rumah kaca seperti karbon dioksida ( $\text{CO}_2$ ), nitrogen oksida ( $\text{NO}_x$ ), dan partikel  $\text{PM}_{2.5}$  adalah penggunaan energi fosil. Emisi ini berdampak langsung pada kesehatan masyarakat dan polusi udara. Gangguan pernapasan dan stres oksidatif pada sel-sel tubuh adalah beberapa masalah kesehatan yang disebabkan oleh polusi udara yang berasal dari emisi industri dan kendaraan bermotor. [2].



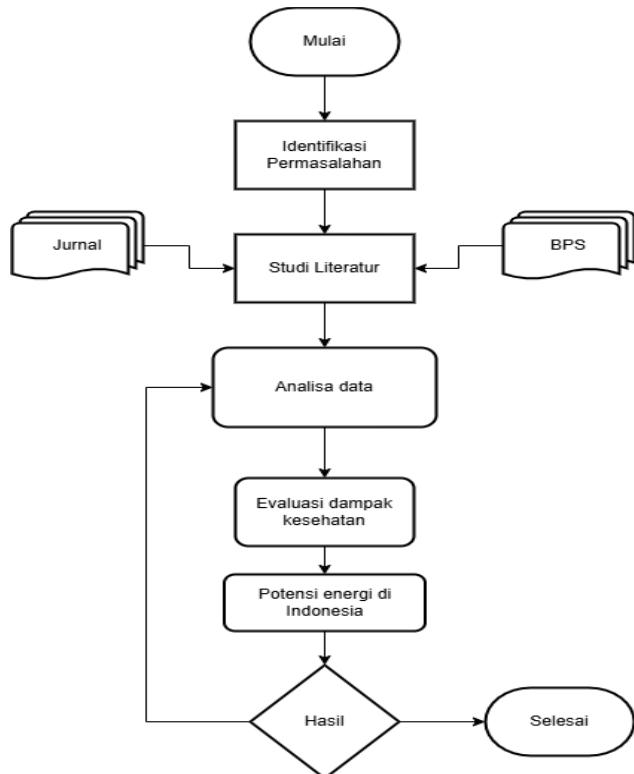
Gambar 1. Trends Bahan Bakar Fosil dan Polusi Udara

Kota-kota besar di Indonesia seperti Jakarta, Bandung, dan Semarang memiliki tingkat polusi udara tertinggi karena padatnya lalu lintas dan konsumsi energi berbasis fosil yang tinggi. [3], [4] Semakin banyak orang yang menyadari masalah perubahan iklim di seluruh dunia, maka sangat penting untuk beralih ke energi terbarukan. Energi surya, angin, dan bioenergi dianggap

lebih ramah lingkungan dan memiliki potensi besar untuk dikembangkan di Indonesia, yang memiliki banyak sumber daya alam. [5], [6].

## METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan pendekatan deskriptif kualitatif yang berbasis pada studi literatur. Data sekunder berasal dari berbagai sumber yang dapat dipercaya, seperti laporan lembaga pemerintahan, jurnal ilmiah nasional dan internasional, dan data statistik dari lembaga resmi seperti Badan Pusat Statistik (BPS). Tujuan dari penggunaan teknik ini adalah untuk mendapatkan pemahaman yang lebih mendalam tentang subjek penelitian ini.



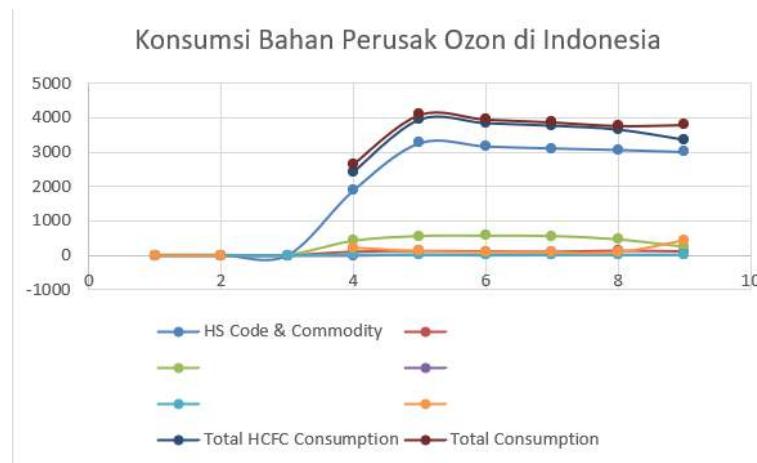
Gambar 2. Flowchart Penelitian

Dimulai dengan identifikasi masalah, Studi ini bertujuan untuk menunjukkan dampak energi fosil pada kualitas udara Indonesia. Untuk melakukan ini, peninjauan kebijakan energi dan kondisi lingkungan terbaru di Indonesia dilakukan. Selanjutnya, data dikumpulkan untuk mencakup tren konsumsi energi bahan bakar, tingkat emisi gas rumah kaca, kualitas udara di berbagai daerah, dan potensi dan kemajuan energi terbarukan. Hasil analisis ini mendorong pelestarian menuju sistem energi yang lebih berkelanjutan di Indonesia. Penelitian ini diharapkan akan membantu proses pengambilan keputusan energi dan lingkungan, khususnya yang berkaitan dengan polusi udara dan perubahan iklim di Indonesia.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Dampak Penggunaan Energi Fosil Terhadap Kualitas Udara

Di Indonesia, emisi gas rumah kaca (GRK) yang paling signifikan berasal dari penggunaan bahan bakar fosil seperti gas alam, minyak bumi, dan batu bara. Laporan Kementerian Perindustrian menunjukkan bahwa emisi karbon dioksida (GRK) dari sektor industri saja akan mencapai 238,1 juta ton CO<sub>2</sub>e pada tahun 2022. Penggunaan energi industri menyumbang 64% dari total ini. [7].



Gambar 3. Perkembangan Konsumsi Bahan Perusak Ozon

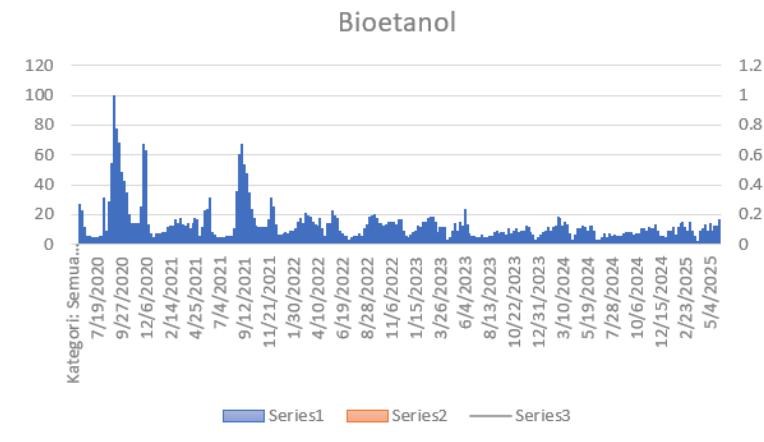
Menurut data global, Indonesia menempati peringkat ke-6 penghasil emisi karbon terbesar di dunia dengan 728,88 juta ton CO<sub>2</sub>e. Jika konsumsi bahan bakar fosil terus meningkat, akumulasi gas rumah kaca seperti CO<sub>2</sub> dan NO<sub>x</sub> di atmosfer akan meningkat. Gas-gas ini meningkatkan efek rumah kaca, yang pada bagiannya menyebabkan pemanasan global. Kota-kota besar seperti Jakarta dan Surabaya, antara lain, mengalami peningkatan suhu rata-rata bumi, gangguan ekosistem, dan penurunan kualitas udara. [8] Studi lain menunjukkan bahwa faktor transportasi memegang peranan penting dalam emisi gas rumah kaca, terutama di kota-kota besar seperti Bogor. [9].

Tabel 1. Emisi (GRK) Menurut Jenis dan Sektor

Sektor						Jumlah
Energi	Ippu	Pertanian	Folu	Kebakaran Hutan	Limbah	
531,142	47,489	112,801	215,318	499,389	102,834	1,508,973
536,306	49,297	117,160	742,843	822,736	106,061	2,374,403
538,025	55,307	122,185	417,385	90,267	112,352	1,335,521
562,244	55,395	127,503	476,005	12,512	120,191	1,353,850
595,665	59,262	110,055	602,188	121,322	127,077	1,615,569
638,808	60,175	108,598	468,425	456,427	134,119	1,866,552

### Potensi Bioetanol sebagai Solusi Energi Terbarukan

Bioetanol tampaknya menjadi alternatif yang menjanjikan untuk bahan bakar fosil. Menurut penelitian yang dilakukan oleh Wiratmaja dan Elisa (2020), bioetanol dapat menurunkan emisi CO dan CO<sub>2</sub> secara signifikan dan juga dapat meningkatkan kinerja mesin pada putaran tinggi. [10] Namun, korosivitas bioetanol terhadap logam tertentu dan persaingan bahan baku dengan industri pangan masih menjadi masalah.



Gambar 4. Trends Bioetanol

Untuk mengatasi masalah ini, beberapa pendekatan telah diambil. Salah satunya adalah menggunakan lignoselulosa atau biomassa non-pangan, seperti rumput laut *Ulva reticulata*. Studi yang dilakukan oleh. [11] menunjukkan bahwa menggunakan metode hidrolisis dan fermentasi, rumput laut *Ulva reticulata* dapat menghasilkan bioetanol dengan kadar hingga 5,02%. Keunggulan lain adalah rumput laut ini tersebar luas di wilayah pesisir Indonesia dan tidak bersaing dengan sumber pangan. Nira batang kelapa sawit juga dipelajari sebagai alternatif.[12] melakukan penelitian yang menghasilkan 4,86% (v/v) bioetanol menggunakan *Saccharomyces cerevisiae* tanpa nitrogen, yang menunjukkan efisiensi biaya dan potensi skala industri.

### Mitigasi Emisi Melalui Perubahan Teknologi Transportasi

Kendaraan di Indonesia selalu menggunakan bahan bakar minyak. Di Indonesia, banyak perusahaan pengolahan bahan bakar yang memproduksi berbagai jenis bahan bakar, termasuk pertalite premium, pertamax, pertamax turbo, dan solar. [13] Jumlah kendaraan yang digunakan akan sebanding dengan penggunaan bahan bakar fosil. Selain itu, pertumbuhan kendaraan bermotor terus meningkat setiap tahunnya. [14]

Meskipun pertumbuhan ekonomi bermanfaat bagi masyarakat, kerusakan lingkungan seperti emisi karbon dioksida dan polusi udara akan terus meningkat dan merugikan masyarakat. Menurut Kebijakan Energi Nasional, pengelolaan energi Indonesia masih menghadapi banyak masalah, terutama dalam mencapai target pemanfaatan Energi Baru Terbarukan (EBT). Ketergantungan pada energi fosil, khususnya minyak dan gas bumi, akan terus berlanjut akibat lambatnya realisasi EBT dan meningkatnya kebutuhan energi. Situasi semakin memburuk karena menurunnya produksi, eksplorasi yang tidak efektif, infrastruktur dan faktor ekonomi yang kompleks. [15]

Dengan munculnya konsep ekonomi hijau yang mendorong pembangunan berkelanjutan melalui sektor energi, termasuk pengembangan pembangkit listrik tenaga air (PLTA) sebagai salah satu upaya diversifikasi energi bersih, biogas memiliki potensi besar sebagai sumber energi terbarukan untuk aplikasi industri dan domestik serta sebagai solusi efisien terhadap krisis energi global. [16], [17]

Sebagian besar peningkatan emisi gas rumah kaca di kota adalah akibat dari sektor transportasi. Sangat disarankan untuk menggunakan strategi mitigasi seperti meremajakan kendaraan dengan teknologi berbasis listrik dan menggunakan bahan bakar alternatif seperti bioetanol. [9] Strategi ini efektif untuk menekan emisi di Kota Bogor dan dapat diterapkan di seluruh negeri untuk mendukung target penurunan emisi Indonesia sebesar 31,89% pada tahun 2030.

## KESIMPULAN

Karena ketergantungannya yang besar pada energi fosil, Indonesia menghadapi masalah besar dalam bidang energi. Ketergantungan ini menyebabkan peningkatan pencemaran udara dan emisi gas rumah kaca, terutama dari sektor industri dan transportasi. Meskipun Energi Nasional (KEN) telah menetapkan target bauran Energi Baru Terbarukan (EBT) sebesar 23 persen pada tahun 2025 dan 31 persen pada tahun 2050, pencapaiannya hanya 11,3 persen pada tahun 2020. [15] Hal ini disebabkan oleh masalah struktural seperti regulasi yang buruk, keterbatasan Kebijakan infrastruktur, dan daya saing harga yang rendah. Penurunan produksi migas, kesulitan eksplorasi, dan penurunan cadangan energi fosil telah membantu target ini.

Dalam situasi seperti ini, pengembangan sumber energi terbarukan seperti bioetanol dan biogas dari biomassa dan limbah pertanian merupakan alternatif yang bijaksana. Alternatif ini tidak hanya ramah lingkungan tetapi juga sesuai dengan prinsip ekonomi sirkular. Oleh karena itu, untuk menjamin ketahanan dan kemandirian energi nasional di masa depan, percepatan transisi energi memerlukan pendekatan lintas sektor yang kolaboratif.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Z. H. Siregar, Mawardi, R. Alhadi, and A. C. Sembiring, "Uji Karakteristik Briket Serbuk Kayu Terhadap Laju Pembakaran," *Jurnal Mekanova*, vol. 9, no. 2, pp. 69–77, 2023, doi: <https://doi.org/10.35308/jmkn.v9i2.8445>.
- [2] K. Kusmiyati, N. T. Kambuno, P. Selasa, and F. W. F. Waangsir, "Pengaruh Paparan Pencemar Udara Terhadap Stres Oksidatif: Sistematik Review," *Jurnal Ilmu Lingkungan*, vol. 20, no. 3, pp. 628–636, Jul. 2022, doi: 10.14710/jil.20.3.628-636.
- [3] W. N. Salsabila, Yushardi, and Sudarti, "Analisis Perkembangan Penanggulangan Pencemaran Udara Yang Disebabkan Oleh Bahan Bakar Fosil," *Jurnal Pendidikan, Sains Dan Teknologi*, vol. 2, pp. 1010–1014, Dec. 2023, doi: <https://doi.org/10.47233/jpst.v2i4.1331>.
- [4] Elsa Sulistiani and Ageng Saepudin Kanda S, "Fenomena Pencemaran Lingkungan: Dampak Pencemaran Udara Terhadap Kesehatan," *JURNAL MANAJEMEN DAN BISNIS EKONOMI*, vol. 2, no. 2, pp. 301–305, Feb. 2024, doi: 10.54066/jmbe-itb.v2i2.1599.
- [5] T. I. Khoirunnisa, N. Hidayah, and D. A. Febrianti, "Energi terbarukan dan emisi karbondioksida: Studi kasus Indonesia tahun 1990-2020," *Journal of Economics Research and Policy Studies*, vol. 4, no. 3, pp. 591–604, Dec. 2024, doi: 10.53088/jerps.v4i3.1355.
- [6] Halim Tjiwidjaja and Rianti Salima, "Dampak Energi Fosil Terhadap Perubahan Iklim Dan Solusi Berbasis Energi Hijau," *JURNAL WILAYAH, KOTA DAN LINGKUNGAN BERKELANJUTAN*, vol. 2, no. 2, pp. 166–172, Dec. 2023, doi: 10.58169/jwikal.v2i2.625.
- [7] Aulya Putri, Suwardi, H. Widjaja, D. T. Suryaningtyas, P. Oktariani, and O. Randrikasari, "Perhitungan Emisi Gas Rumah Kaca Dalam Kawasan Pertambangan," *Jurnal Pengelolaan Lingkungan Pertambangan*, vol. 1, no. 1, pp. 21–28, Jul. 2024, doi: 10.70191/jplp.v1i1.55151.
- [8] R. Syafitri and E. Putri, "Masalah Global Warming Dan Hubungannya Dengan Penggunaan Bahan Bakar Fosil," *Jurnal Bakti Sosial*, vol. 1, no. 1, pp. 14–22, 2022, [Online]. Available: <https://jurnal.asrypersadaquality.com/index.php/baktisosial>
- [9] R. Prihartono, A. Faroby Falatehan, and Widyastutik, "Strategi Adaptasi Dan Mitigasi Penurunan Emisi Gas Rumah Kaca (GRK) Melalui Sektor Transportasi Di Kota Bogor," *Jurnal*

*Risalah Kebijakan Pertanian dan Lingkungan*, vol. 11, no. 3, pp. 244–263, Dec. 2024, doi: <https://doi.org/10.29244/jkebijakan.v11i3.60430>.

- [10] I. G. Wiratmaja and E. Elisa, “Kajian Peluang Pemanfaatan Bioetanol Sebagai Bahan Bakar Utama Kendaraan Masa Depan Di Indonesia,” *Jurnal Pendidikan Teknik Mesin Undiksha*, vol. 8, no. 1, pp. 1–8, Jul. 2020, doi: 10.23887/jptm.v8i1.27298.
- [11] S. M. D. Kolo, J. Presson, and P. Amfotis, “Produksi Bioetanol sebagai Energi Terbarukan dari Rumput Laut *Ulva reticulata* Asal Pulau Timor,” *ALCHEMY Jurnal Penelitian Kimia*, vol. 17, no. 2, pp. 159–167, Sep. 2021, doi: 10.20961/alchemy.17.2.45476.159-167.
- [12] K. Ulum, I. Purwantiningrum, R. D. Yustina, U. Murdiyatmo, and A. K. Wardani, “Studi Komparasi: Produksi Bioetanol Nira Batang Kelapa Sawit oleh Flokulasi dan Non- Flokulasi *Saccharomyces cerevisiae*,” *agriTECH*, vol. 40, no. 4, p. 322, Feb. 2021, doi: 10.22146/agritech.40938.
- [13] Indriyani, Z. H. Siregar, Apollo, and M. Andika, “Uji kinerja mesin bensin genset dengan campuran bahan bakar RON 90 dan 92 dengan mempergunakan Rem Cakram,” *Jurnal Mekanova*, vol. 9, no. 1, pp. 242–249, Apr. 2023, doi: <https://doi.org/10.35308/jmkn.v9i1.7588>.
- [14] Z. H. Siregar, “Analysis of Yamaha Scorpio Engine Performance with Variation of Ethanol Fuel and Shell V Power,” *International Journal of Research in Vocational Studies (IJRVOCAS)*, vol. 2, no. 4, pp. 135–144, Jan. 2023, doi: 10.53893/ijrvocas.v2i4.179.
- [15] A. E. Setyono and B. F. T. Kiono, “Dari Energi Fosil Menuju Energi Terbarukan: Potret Kondisi Minyak dan Gas Bumi Indonesia Tahun 2020 – 2050,” *Jurnal Energi Baru dan Terbarukan*, vol. 2, no. 3, pp. 154–162, Oct. 2021, doi: 10.14710/jebt.2021.11157.
- [16] S. Allifah, Y. Syaukat, and P. Wijayanti, “Dampak Tenaga Air dan Bahan Bakar Fosil terhadap Implementasi Ekonomi Hijau di Indonesia,” *Jurnal Sumberdaya Alam dan Lingkungan*, vol. 9, no. 3, pp. 102–112, Dec. 2022, doi: 10.21776/ub.jsal.2022.009.03.3.
- [17] N. C. Fitri and H. Hamdi, “Systematic Literature Review (SLR): Sumber Energi Terbarukan: Potensi Kotoran Ternak Dan Limbah Pertanian Untuk Produksi Biogas Berkelanjutan,” *Jurnal Energi Baru dan Terbarukan*, vol. 5, no. 1, pp. 57–69, Mar. 2024, doi: 10.14710/jebt.2024.21961.

## **Analisa Pengaruh Saluran Udara Masuk (Burner) Terhadap Temperatur Pembakaran Pada Kompor Berbahan Minyak Jelantah Dan Oli Bekas**

**Refandi Anwar Pratama<sup>1</sup>, Iswanto<sup>2</sup>, Mulyadi<sup>3</sup>**

<sup>1</sup> Program Studi Teknik Mesin, Universitas Muhammadiyah Sidoarjo, Indonesia

E-mail: [Iswanto@umsida.ac.id](mailto:Iswanto@umsida.ac.id)

### **Abstract**

*In the period 2015 to 2020, Indonesia experienced an increase in the consumption of used cooking oil and used oil by 2.32% per year, along with consumptive lifestyles and the sustainability of culinary culture. These used cooking oils can generate harmful free radicals that have the potential to cause health problems such as cancer and neurological disorders. The utilization of used cooking oil and used oil as alternative fuels can reduce waste and environmental impacts, but these uses are still limited and less efficient. This research method evaluates the stove fueled by used cooking oil and used oil with burner variations to determine its effect on flame temperature. The results showed that the maximum combustion temperature of used cooking oil reached 531.62°C at a burner hole variation of 20, while used oil had different temperature ranges between 518.37°C at a burner hole of 22, 533.16°C at a burner hole of 22, 541.55°C at a burner hole of 16. The use of appropriate technology and fuel purification is needed to increase efficiency and reduce negative impacts on the environment.*

**Keywords:** *Used Cooking Oil, Used Oil, Burner Variations, Maximum Burning Temperature*

### **Abstrak**

*Pada periode 2015 hingga 2020, Indonesia mengalami peningkatan konsumsi minyak goreng bekas (jelantah) dan oli bekas sebesar 2,32% per tahun, seiring dengan gaya hidup konsumtif dan keberlanjutan budaya kuliner. Minyak goreng bekas ini dapat menimbulkan radikal bebas berbahaya yang berpotensi menyebabkan masalah kesehatan seperti kanker dan gangguan neurologis. Pemanfaatan jelantah dan oli bekas sebagai bahan bakar alternatif dapat mengurangi limbah dan dampak lingkungan, namun penggunaan ini masih terbatas dan kurang efisien. Metode penelitian ini mengevaluasi kompor berbahan bakar jelantah dan oli bekas dengan variasi burner untuk mengetahui pengaruhnya terhadap temperatur nyala api. Hasil penelitian menunjukkan bahwa suhu maksimum pembakaran minyak jelantah mencapai 531,62°C pada variasi lubang burner sebanyak 20, sedangkan oli bekas memiliki rentang suhu berbeda antara 518,37°C pada lubang burner sebanyak 22, 533,16°C pada lubang burner sebanyak 22, 541,55°C pada lubang burner sebanyak 16. Penggunaan teknologi yang tepat dan pemurnian bahan bakar diperlukan untuk meningkatkan efisiensi dan mengurangi dampak negatif terhadap lingkungan.*

**Kata kunci:** *Minyak Goreng Bekas, Oli Bekas, Variasi Pembakar, Suhu Pembakaran Maksimum*

## Pendahuluan

Pada tahun 2015 hingga 2020, Indonesia mengalami peningkatan konsumsi sumber daya biomassa, khususnya minyak goreng bekas (jelantah) dan oli bekas sebesar 2,32% setiap tahun. Gaya hidup yang cenderung konsumtif dan keberlanjutan budaya kuliner mengakibatkan terbentuknya limbah minyak goreng bekas (jelantah) atau Waste Cooking Oil (WCO) yang kemudian dibuang ke lingkungan. Minyak goreng yang telah dipakai akan mengalami oksidasi, menghasilkan molekul radikal bebas yang bersifat berbahaya. Pada tingkat tertentu, hal ini dapat menimbulkan kondisi seperti kanker, masalah neurologis, dan penyumbatan pembuluh darah [1].

Pemanfaatan minyak oli bekas dan minyak goreng bekas (jelantah) sebagai bahan bakar merupakan strategi yang dapat diadopsi untuk mengatasi dampak pencemaran lingkungan tersebut, gangguan hipertensi merupakan konsekuensi kesehatan manusia akibat pengaruh dari minyak oli bekas [2]. Namun, penggunaan minyak oli bekas saat ini terbatas pada keperluan spesifik dan tidak diperuntukkan untuk dikonsumsi oleh masyarakat umum. Contohnya, digunakan sebagai bahan bakar dalam proses peleburan aluminium dan pembakaran batu kapur [3]. Di samping itu, seiring dengan pertumbuhan jumlah penduduk dan kendaraan, terjadi peningkatan volume sampah rumah tangga dan limbah B3 dari minyak oli bekas [4].

Oli bekas yang dihasilkan dari pelumas kendaraan bermotor dapat mencemari lingkungan. Salah satu alternatif yang dapat dilakukan untuk mencegah terjadinya pencemaran lingkungan yaitu dengan pemanfaatan oli bekas sebagai bahan bakar. Dari kedua jenis bahan bakar tersebut, terdapat pengaruh suhu minimum yang diperlukan untuk penciptaan percikan api agar bahan bakar dapat terbakar. Ketika suhu di sekitar kompor meningkat dan mencapai titik pengapian yang diperlukan, bahan bakar dapat menyala dan menghasilkan api [5].

Sedangkan bahan bakar yang memiliki nilai kalor yang tinggi dapat mempersingkat waktu memasak karena menghasilkan panas lebih banyak dan lebih cepat [6]. Sedangkan bahan bakar yang memiliki nilai kalor yang tinggi dapat mempersingkat waktu memasak karena menghasilkan panas lebih banyak dan lebih cepat [7].

Proses alternatif untuk memanfaatkan limbah cair adalah dengan membuat kompor berbahan bakar minyak jelantah dan oli bekas serta terdapat sebuah *blower* untuk pendorong udara agar bahan bakar tersebut lebih cepat terbakar. Sehingga, pada penelitian ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh variasi saluran udara masuk (*burner*) pada kompor berbahan bakar minyak jelantah dan oli bekas terhadap temperatur nyala api dan nilai kalor.

## Metode

### 2.1 Diagram Alir Penelitian

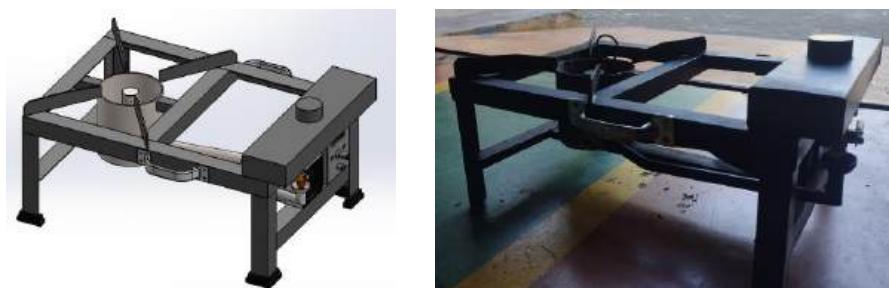
Diagram alir ini disusun untuk memastikan penelitian ini berjalan sesuai dengan tahapan yang diinginkan dan mencapai hasil yang optimal. Berikut adalah *flowchart* dari penelitian "Analisa Pengaruh Saluran Udara Masuk (*Burner*) Pada Kompor Berbahan Minyak Jelantah Dan Oli Bekas" yang ditampilkan pada Gambar 2.1.

**Gambar 2.1.** Flowchart Penelitian

## 2.2 Pengumpulan Data

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Sidoarjo, dimulai dari tahap perencanaan hingga pengujian terhadap kompor yang dikembangkan. Pengujian mencakup tes performa untuk mengevaluasi daya panas yang dihasilkan, efisiensi pembakaran, dan keamanan penggunaan. Dalam proses pengujian, bahan bakar yang digunakan mencakup oli bekas dengan berbagai kekentalan seperti 10W-40, 15W-40, dan 20W-40, serta minyak jelantah yang sudah tidak terpakai. Alat ukur yang digunakan adalah Thermogun untuk memantau suhu hasil dari proses pembakaran.

## 2.3 Desain dan Hasil Manufaktur

**Gambar 2.2.** Hasil Desain dan Manufaktur Kompor

## 2.4 Prinsip Kerja Uji Peforma Kompor

- **Pengukuran Suhu Permukaan**

Untuk mengetahui suhu permukaan suatu benda atau material, digunakan alat seperti

*Thermogun (pyrometer)* yang dapat mengukur suhu permukaan tanpa kontak fisik.

## Hasil Dan Pembahasan

### 3.1 Persiapan Alat dan Bahan

Pada penelitian ini sebelum melakukan analisa pada kompor *burner*, maka harus mempersiapkan alat dan bahan terlebih dahulu agar mendapatkan hasil yang efisien dan lebih maksimal seperti dibawah ini :

#### 1. Material Uji

##### a. Minyak Jelantah

Minyak jelantah atau minyak goreng bekas adalah minyak yang telah digunakan untuk menggoreng makanan dan tidak lagi cocok untuk digunakan ulang dalam memasak [8].



**Gambar 3.1.** Minyak Jelantah

##### b. Oli Bekas

Oli bekas atau minyak bekas adalah oli mesin yang telah digunakan dalam kendaraan atau mesin dan tidak lagi cocok untuk digunakan sebagai pelumas dalam kondisi operasional. Dalam penelitian ini menggunakan 3 tipe oli bekas yaitu 10W-40, 15W-40, dan 20W-40 [9].



**Gambar 3.2.** Oli Bekas

#### 2. Alat Ukur yang Digunakan

##### a. *Thermogun*

*Thermogun* atau juga dikenal sebagai *pyrometer*, adalah alat pengukur suhu non-kontak yang digunakan untuk mengukur suhu permukaan benda dengan

cara mendeteksi radiasi inframerah yang dipancarkan oleh benda tersebut [10].



**Gambar 3.3. Thermogun**

### 3.2 Proses Pengujian

Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi performa tiga variasi *burner* dengan menggunakan bahan bakar oli bekas dan minyak jelantah. Proses evaluasi meliputi pengukuran suhu pembakaran dari masing-masing *burner* yang ditunjukkan pada Tabel 3.1.

**Tabel 3.1. Proses Pengujian**

Tipe <i>Burner</i>	Proses Pengujian
<i>Burner</i> Lubang 16	 
<i>Burner</i> Lubang 20	 

**Burner Lubang 22**

Setelah proses pengujian selesai, dilanjutkan dengan pengumpulan hasil temperatur dari setiap *burner* yang digunakan ditunjukkan pada Tabel 2. Setiap *burner* menghasilkan suhu yang berbeda-beda, yang nantinya akan dianalisis lebih lanjut untuk menentukan efisiensi dan performa masing-masing.

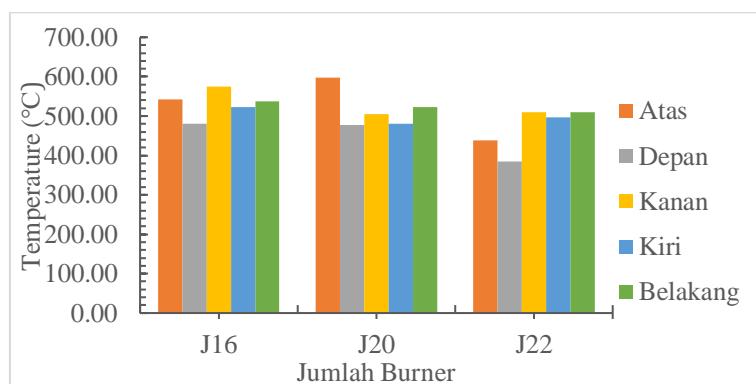
**Tabel 3.2. Hasil Pengujian**

<b>Sampel</b>	<b>Suhu Burner Tampak</b>					<b>Rata-rata</b>
	<b>Atas</b> (°C)	<b>Depan</b> (°C)	<b>Kanan</b> (°C)	<b>Kiri</b> (°C)	<b>Belakang</b> (°C)	
LPG	300,20	257,05	274,30	231,85	312,75	275,23
J16	541,92	480,73	574,60	523,47	537,37	531,62
J20	597,87	477,53	505,67	481,20	522,60	516,97
J22	438,17	384,50	510,30	496,23	509,60	467,76
10W16	484,27	474,03	563,00	487,33	547,43	511,21
10W20	529,73	416,80	492,97	476,70	537,37	490,71
10W22	498,80	509,57	527,20	532,50	523,77	518,37
15W16	485,73	490,10	564,13	534,70	577,53	530,44
15W20	497,50	460,77	519,27	485,30	481,90	488,95
15W22	474,57	514,70	516,87	581,83	577,83	533,16
20W16	523,97	516,27	519,37	575,13	573,00	541,55
20W20	438,33	481,77	545,00	555,33	556,87	515,46
20W22	451,70	480,00	542,33	520,37	548,30	508,54

Keterangan : J: Minyak Jelantah, W: Kekentalan Oli Bekas

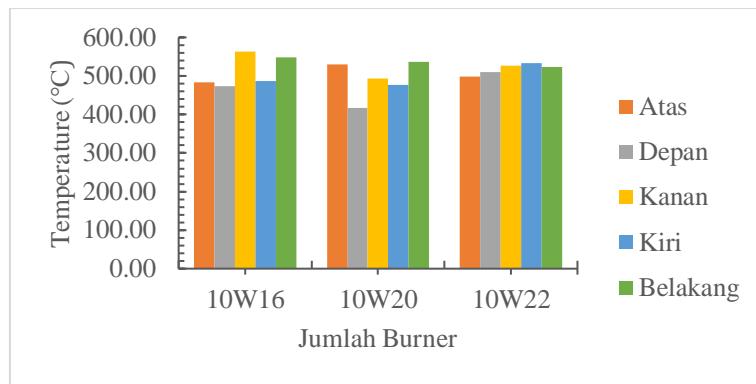
Temperatur api yang dihasilkan oleh oli bekas dan minyak jelantah memiliki perbedaan sekitar 200°C dibandingkan dengan gas elpiji yang merupakan bahan bakar murni. Api yang dihasilkan dari oli bekas dan minyak jelantah dominan berwarna jingga, sedangkan elpiji menghasilkan api berwarna biru. Hal ini disebabkan oleh elpiji yang mengalami pembakaran sempurna. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kompor dengan bahan bakar oli bekas dan minyak jelantah memerlukan pemanasan bahan bakar sebelum terjadi proses pembakaran maksimal. Hal ini terjadi karena oli bekas dan minyak jelantah adalah bahan yang sulit terbakar. Saat pembakaran dengan kondisi bahan bakar yang sudah panas, nyala api yang dihasilkan oleh kompor dengan bahan bakar oli bekas dan minyak jelantah dapat berlangsung secara kontinyu. Oli bekas dan minyak jelantah memiliki titik nyala yang berbeda, yaitu 109°C untuk oli bekas dan 240°C untuk minyak jelantah [11].

Pada penelitian sebelumnya, diketahui bahwa laju aliran udara berpengaruh pada komposisi campuran udara dan bahan bakar [12]. Penggunaan blower dengan kecepatan sekitar 500 rpm berguna untuk menghasilkan udara bertekanan tinggi, sehingga mempengaruhi kerapatan udara yang digunakan untuk pembakaran. Nyala api yang dihasilkan dari minyak jelantah lebih besar dibandingkan dengan oli bekas. Konsumsi bahan bakar minyak jelantah lebih boros dibandingkan dengan oli bekas. Asap yang dihasilkan saat penyalaan oli bekas dan minyak jelantah cukup banyak, namun lama-kelamaan berangsur-angsur berkurang. Temperatur pembakaran maksimal pada kompor oli bekas dan minyak jelantah dengan variasi jumlah lubang *burner* dijelaskan pada gambar berikut.

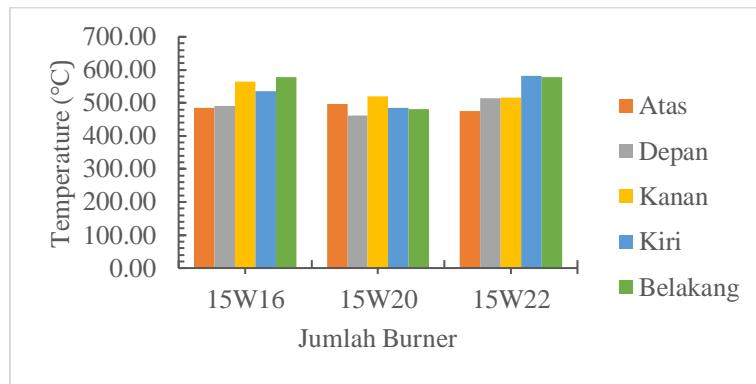


**Gambar 3.4.** Grafik Minyak Jelantah

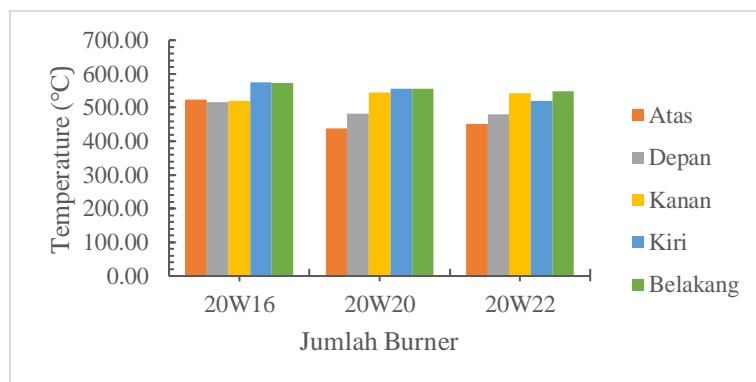
Berdasarkan Gambar 3.4, temperatur pembakaran maksimal dari bahan bakar minyak jelantah adalah 597,87°C, sedangkan suhu terendahnya adalah 384,50°C. Minyak jelantah, yang merupakan minyak goreng bekas dapat didaur ulang dan dimanfaatkan sebagai bahan bakar alternatif. Sehingga mengurangi limbah dan dampak lingkungan. Namun, untuk mencapai pembakaran yang optimal, diperlukan kontrol yang ketat terhadap suhu pembakaran. Selain itu, penggunaan minyak jelantah sebagai bahan bakar memerlukan pemurnian terlebih dahulu untuk menghilangkan kotoran dan zat pengotor lainnya, sehingga dapat menghasilkan pembakaran yang lebih bersih dan efisien [13].

**Gambar 3.5.** Grafik Oli 10W - 40

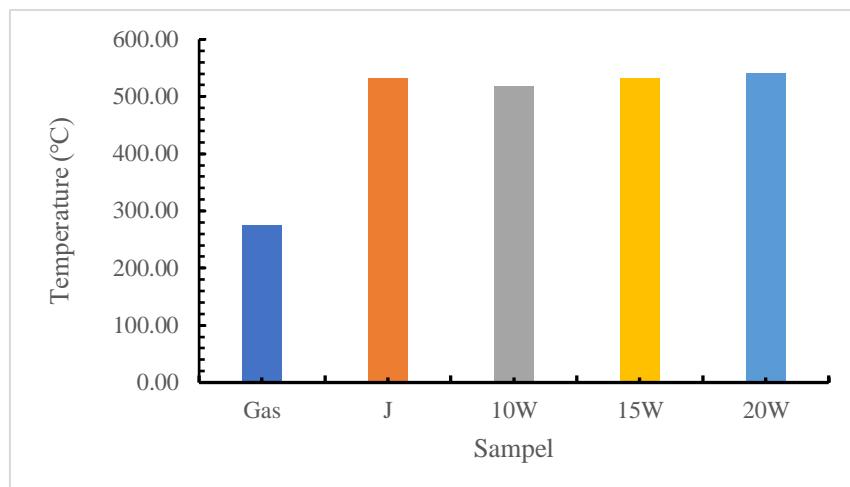
Berdasarkan Gambar 3.5, temperatur pembakaran maksimal dari bahan bakar oli bekas 10W- 40 yaitu 563.00°C dan suhu terendahnya yaitu 416.80°C.

**Gambar 3.6.** Grafik SAE 15W - 40W

Berdasarkan Gambar 3.6, temperatur pembakaran maksimal dari bahan bakar oli bekas 15W- 40 yaitu 581°C dan suhu terendahnya yaitu 384.50°C.

**Gambar 3.7.** Grafik Oli 20W - 40W

Berdasarkan Gambar 3.7, temperatur pembakaran maksimal dari bahan bakar oli bekas 20W- 40 yaitu  $575.13^{\circ}\text{C}$  dan suhu terendah yaitu  $438.33^{\circ}\text{C}$ . Proses pembakaran oli bekas dapat berlangsung dengan efisiensi dan optimal sehingga menghasilkan panas yang cukup. Namun, penting untuk memperhatikan kualitas oli bekas yang digunakan, karena dapat mempengaruhi suhu pembakaran. Selain itu, penggunaan oli bekas sebagai bahan bakar memerlukan sistem pembakaran yang dirancang khusus untuk menangani variasi dalam karakteristik bahan bakar tersebut [14]. Pemantauan suhu secara konstan juga diperlukan untuk memastikan keamanan dan efisiensi proses pembakaran, sehingga dampak negatif terhadap lingkungan dapat diminimalkan.



**Gambar 3.8.** Grafik Suhu Tertinggi BB

Berdasarkan Gambar 3.8, Sumbu vertikal grafik dilabeli “Temperature (°C)” berkisar dari 0 hingga 700 derajat celsius, dengan penanda setiap 100 derajat. Sumbu horizontal dilabeli “Sampel” dan menunjukkan kelima sampel tersebut. Sampel 'Gas' direpresentasikan dengan batang berwarna merah dan menunjukkan suhu derajat 275,23 celsius. Sampel 'J' dengan batang berwarna kuning menunjukkan suhu 531,62 derajat celsius. Batang berwarna abu-abu yang mewakili '10W' mencapai suhu 518,37 derajat celsius. Batang berwarna hijau untuk '15W' menunjukkan suhu 533,16 derajat celsius, sementara batang berwarna biru untuk '20W' menunjukkan suhu 541,55 derajat celsius [15].

Suhu rata-rata yang dihasilkan oleh kompor gas umumnya berkisar antara  $150^{\circ}\text{C}$  hingga  $2000^{\circ}\text{C}$ , tergantung pada jenis *burner* dan pengaturan nyala api. Pada pengaturan *low heat* suhu berkisar antara  $150^{\circ}\text{C}$  hingga  $200^{\circ}\text{C}$ , yang cocok untuk memasak makanan yang membutuhkan pemanasan lambat dan stabil. *Medium heat* menghasilkan suhu sekitar  $200^{\circ}\text{C}$  hingga  $300^{\circ}\text{C}$  ideal untuk kegiatan memasak sehari-hari. Sedangkan untuk *high heat*, suhu dapat mencapai  $300^{\circ}\text{C}$  hingga  $400^{\circ}\text{C}$  dimana cocok digunakan untuk kegiatan memasak dengan cepat. Dari hasil pengujian saya, kompor gas memiliki suhu  $275,23^{\circ}\text{C}$  yang cocok untuk kegiatan masak sehari-hari *medium heat*.

Faktor-faktor yang mempengaruhi suhu kompor gas meliputi efisiensi pembakaran, kontrol pengaturan, dan karakteristik gas. Gas LPG atau gas alam adalah bahan bakar yang efisien,

menghasilkan nyala api biru yang menandakan pembakaran sempurna dengan sedikit residu. Desain *burner* yang baik memungkinkan distribusi api yang merata dan stabil. Pengatur nyala api pada kompor gas memungkinkan pengguna mengatur intensitas panas sesuai kebutuhan untuk mencapai suhu yang diinginkan dengan cepat.

### Kesimpulan

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Sidoarjo untuk mengevaluasi performa kompor berbahan bakar minyak jelantah dan oli bekas dengan berbagai variasi *burner*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa suhu maksimum pembakaran minyak jelantah mencapai 531,62°C pada variasi lubang *burner* sebanyak 20, sedangkan oli bekas memiliki rentang suhu berbeda antara 518,37°C pada lubang *burner* sebanyak 22, 533,16°C pada lubang *burner* sebanyak 22, 541,55°C pada lubang *burner* sebanyak 16. Perbedaan suhu ini menunjukkan bahwa minyak jelantah dapat menghasilkan nyala api yang lebih tinggi dibandingkan dengan oli bekas. Penggunaan kedua bahan bakar ini dapat mengurangi limbah dan dampak lingkungan, namun memerlukan pemanasan awal untuk mencapai efisiensi pembakaran yang optimal. Selain itu, pemurnian bahan bakar diperlukan untuk menghasilkan pembakaran yang lebih bersih. Hasil pengujian juga mengungkapkan bahwa kompor gas memiliki suhu pembakaran yang lebih tinggi dan lebih stabil dibandingkan dengan kompor berbahan bakar minyak jelantah dan oli bekas.

### Referensi

- [1] K. Sekaran and G. Semarang, “PENGOLAHAN MINYAK GORENG BEKAS (JELANTAH) SEBAGAI PENGGANTI BAHAN BAKAR MINYAK TANAH (BIOFUEL) BAGI PEDAGANG GORENGAN DI SEKITAR FMIPAUNNES Natalia Erna S, Wasi Sakti Wiwit P”.
- [2] Z. Akmal *et al.*, “Untuk Pemicu Berupa Bensin Atau Minyak Tanah , Kemudian Bahan Bakar Di Dalam Tangki Yang,” vol. 7, no. 1, pp. 25–28, 2023.
- [3] A. Kusnadi, R. Djafar, and M. Mustofa, “Pemanfaatan Oli Bekas Sebagai Bahan Bakar Alternatif Kompor Yang Ramah Lingkungan,” *J. Teknol. Pertan. Gorontalo*, vol. 5, no. 2, pp. 49–55, 2020, doi: 10.30869/jtpg.v5i2.681.
- [4] A. Bakhori, “Perbaikan Metode Pengelasan Smaw (Shield Metal Arc Welding) Pada Industri Kecil Di Kota Medan,” *Bul. Utama Tek.*, vol. 13, no. 1, pp. 14–21, 2017.
- [5] G. W. Ramadhan and B. Basyirun, “Pengaruh Tekanan Udara Terhadap Temperatur Pembakaran Oli Bekas pada Kompor,” *J. Din. Vokasional Tek. Mesin*, vol. 5, no. 2, pp. 163–168, 2020, doi: 10.21831/dinamika.v5i2.34804.
- [6] M. A. Aljarwi, D. Pangga, and S. Ahzan, “Uji Laju Pembakaran Dan Nilai Kalor Briket Wafer Sekam Padi Dengan Variasi Tekanan,” *ORBITA J. Kajian, Inov. dan Apl. Pendidik. Fis.*, vol. 6, no. 2, p. 200, 2020, doi: 10.31764/orbita.v6i2.2645.
- [7] D. Pangga and S. Ahzan, “UJI LAJU PEMBAKARAN DAN NILAI KALOR BRIKET WAFER SEKAM PADI,” vol. 6, no. November, pp. 200–206, 2020.
- [8] K. Cisalak and J. Barat, “Penyuluhan dan Pelatihan Pemanfaatan Minyak Jelantah menjadi,” vol. 2, no. 2, pp. 142–148, 2022.

- [9] A. Pratama, Y. W. Atmojo, and G. W. Ramadhan, “Rancang Bangun Kompor ( Burner ) Berbahan Bakar Oli Bekas,” vol. 19, no. September, pp. 95–103, 2020.
- [10] I. Febriana, Y. F. Saputra, and N. N. Alfarabi, “Uji Kinerja Prototype Kompor Oli Bekas Ditinjau Dari Komposisi Oli Terhadap Laju Alir Bahan Bakar,” vol. 9, pp. 62–68, 2024.
- [11] A. S. Nugroho, A. T. Rahayu, and N. A. Rubiandana, “STUDI EKSPERIMENTAL PENGARUH DIAMETER NOZZLE TERHADAP PEMBAKARAN BAHAN BAKAR Experimental Study of The Effect of Nozzle Diameter on Fuel Combustion,” vol. 2, no. December, pp. 21–26, 2021.
- [12] N. B. P. Mafruddin<sup>1\*</sup>, Kemas Ridhuan<sup>2</sup>, Eko Budiyanto<sup>3</sup>, Kurniawan<sup>4</sup>, Muhammad Atiq Mubarak<sup>5</sup>, “Pengaruh laju aliran udara dan lubang uap air terhadap kinerja kompor dengan bahan bakar oli bekas,” vol. 11, 2022.
- [13] A. R. Tuzzahra, R. F. Iskandar, F. T. Elektro, U. Telkom, and T. U. D. Gasifier, “PENGARUH UKURAN Lubang Udara Pada Tungku Pembakaran Serta Gasifikasi Updraft Dengan Optimasi BAHAN BAKAR KAYU SENGON THE INFLUENCE OF SIZE OF AIR HOLES AT GASIFIER WITH AIR FLOW VELOCITY VARIATIONS AGAINST BIOMASS SENGON WOOD FUEL GASIFICATION,” vol. 7, no. 1, pp. 1237–1244, 2020.
- [14] I. Tazi, “Uji kalor bakar bahan bakar campuran bioetanol dan minyak goreng bekas,” vol. 3, no. 2, pp. 163–174, 2020.
- [15] S. P. Amalia, “Perengkahan Termal ( Thermal Cracking ) Campuran Oli Bekas dan Minyak Jelantah Untuk Menghasilkan Bahan Bakar Minyak Sebagai Bahan Ajar Pada Mata Kuliah Kinetika Kimia,” vol. 2, no. 3, pp. 75–79, 2021, doi: 10.37251/ijoer.v2i3.531.

HALAMANINI SENGAJA DIKOSONGKAN



## **REVIEW: OPTIMASI PLASTICIZER UNTUK PENINGKATAN KINERJA BIOPLASTIK BERBASIS KITOSAN**

**Eka Cahya Muliawati<sup>1</sup>, Ayu Pupu<sup>2</sup>, Setiya Eko Nurkaswoto<sup>3</sup>, Yudistira Kusferianto<sup>4</sup>, Moch. Agil Soeharja<sup>5</sup>, Hasibur Rasyid Juniawan<sup>6</sup>, dan Alfonsius Firman Amsalino<sup>7</sup>**

Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Adhi Tama Surabaya

email: [ekacahya@itats.ac.id](mailto:ekacahya@itats.ac.id)

### **ABSTRAK**

Limbah plastik menjadi salah satu isu lingkungan terbesar dunia modern, karena sifat plastik konvensional yang sulit terurai. Penelitian ini mengulas potensi pembuatan plastik *biodegradable* dari berbagai macam kombinasi kitosan dari limbah kulit udang dengan bahan lainnya. Kombinasi ini bertujuan untuk meningkatkan sifat mekanik, biodegradabilitas, dan ketahanan kelembapan plastik. Metode review literatur digunakan untuk mengidentifikasi formulasi terbaik melalui analisis bahan, metode, dan hasil pengujian dari berbagai penelitian. Penelitian yang menunjukkan hasil uji terbaik pada kombinasi kitin dan gliserol yang memiliki nilai kuat tarik 38 Mpa, % elongasi 30%, dan lama degradasi 25 hari. Hasil menunjukkan bahwa kitosan mampu meningkatkan kekuatan tarik dan mempercepat biodegradasi plastik. Tantangan seperti rendahnya fleksibilitas plastik tetap memerlukan optimasi formulasi, termasuk penambahan *plasticizer* dari gliserol. Kajian ini memberikan wawasan komprehensif tentang potensi bioplastik berbasis sumber daya lokal Indonesia sebagai alternatif plastik konvensional.

**Kata kunci:** *biodegradable, kitosan, dan plasticizer*

### **PENDAHULUAN**

Permasalahan limbah plastik menjadi salah satu tantangan terbesar yang dihadapi dunia modern saat ini. Plastik konvensional, yang umumnya berbasis petrokimia, membutuhkan waktu puluhan hingga ratusan tahun untuk terurai di lingkungan. Penggunaan plastik di Indonesia masih sangat tinggi, terutama dalam aktivitas sehari-hari. Plastik dipilih karena sifatnya yang praktis, mudah diperoleh, dan tahan lama. Sebagian besar limbah plastik akhirnya mencemari laut, dengan proporsi sekitar 60-80% dibandingkan limbah kaca, logam, gelas, dan kertas[1]. Berbagai upaya telah dilakukan untuk mengatasi masalah ini, salah satunya adalah pengembangan plastik *biodegradable*, yaitu plastik yang dapat terurai secara alami oleh mikroorganisme dalam waktu yang relatif singkat.

Salah satu bahan alami yang berpotensi mendukung pengembangan plastik *biodegradable* adalah kitosan. Kitosan tergolong polisakarida alami dengan sifat biodegradabilitas dan kompatibilitas yang baik dengan pati. Kitosan berasal dari limbah kulit udang menjadi salah satu bahan pengisi yang potensial untuk diaplikasikan dalam plastik *biodegradable*[2]. Kitosan merupakan turunan kitin yang bersifat hidrofobik [3]. Pemanfaatan kitosan tidak hanya memberikan nilai tambah pada limbah perikanan, tetapi juga membantu mengurangi pencemaran lingkungan. Kombinasi kitosan dengan pati dan bahan lainnya diharapkan dapat menghasilkan plastik *biodegradable* dengan sifat mekanik yang lebih baik. Pati dalam pembuatan plastik *biodegradable* memiliki keterbatasan, seperti sifat mekanik

yang kurang baik, mudah menyerap air, dan daya tahan yang rendah terhadap kelembaban [2]. Oleh karena itu, diperlukan penambahan bahan pengisi untuk meningkatkan kualitas plastik berbasis pati seperti kitosan.

Berbagai jenis pati, seperti pati biji alpukat, pati jagung dan pati umbi-umbian memiliki karakteristik yang berbeda sehingga dapat memengaruhi sifat akhir plastik yang dihasilkan. Penelitian tentang kombinasi berbagai macam pati dengan kitosan sebagai bahan pengisi menjadi penting untuk menentukan formulasi terbaik yang menghasilkan plastik dengan performa optimal. Oleh karena itu, *review* ini bertujuan untuk mengkaji berbagai penelitian terkait pembuatan plastik *biodegradable* berbahan dasar berbagai macam pati dengan bahan pengisi kitosan dari kulit udang. Fokus utama meliputi analisis formulasi, karakteristik fisik dan mekanik plastik. Kajian ini diharapkan dapat memberikan wawasan bagi pengembangan plastik *biodegradable* yang lebih ramah lingkungan dan aplikatif di masa mendatang.

### **Biodegradable Plastik**

*Biodegradable* plastik merupakan jenis plastik yang dapat terurai secara alami melalui aktivitas mikroorganisme, sehingga lebih ramah lingkungan dibandingkan plastik konvensional. Jenis plastik ini umumnya berasal dari bahan yang dapat diperbarui, seperti pati, selulosa, atau asam polilaktat. Salah satu potensi bahan dasar yang menarik adalah pati yang melimpah di Indonesia. Untuk meningkatkan karakteristik mekanis dan fungsionalitasnya dapat dikombinasikan dengan kitosan yang berasal dari limbah kulit udang dapat digunakan. Keunggulan utama plastik *biodegradable* ini adalah kemampuannya untuk mengurangi akumulasi limbah plastik yang sulit terurai sehingga dapat mengatasi permasalahan lingkungan global [4].

### **Kitosan**

Kitosan tergolong biopolimer dari proses deasetilasi kitin yang terdapat pada eksoskeleton krustasea cangkang udang [5]. Material ini dikenal memiliki berbagai keunggulan, seperti sifat antimikroba, biodegradabilitas, dan kompatibilitas tinggi dengan berbagai bahan lain, sehingga menjadikannya bahan pengisi yang ideal dalam pembuatan bioplastik. Sebagai bahan pengisi, kitosan mampu meningkatkan sifat mekanik, seperti kekuatan tarik dan elastisitas, serta menambah stabilitas termal dan ketahanan terhadap kelembapan [6]. Di Indonesia, potensi penggunaan kitosan sangat besar karena melimpahnya limbah kulit udang yang belum dimanfaatkan secara optimal. Dengan pemanfaatan kitosan dapat menjadi solusi sumber bahan baku pembuatan plastik ramah lingkungan dengan performa yang unggul.

### **Pati**

Penggunaan pati sebagai bahan dalam pembuatan plastik *biodegradable* menjadi alternatif ramah lingkungan untuk menggantikan plastik konvensional. Indonesia memiliki sumber pati yang melimpah dan beragam, seperti sagu, jagung, ubi kayu, serta ubi jalar. Sehingga menjadi peluang besar dalam mengembangkan plastik berbahan dasar alami. Bahan ini memiliki sifat termoplastik. Namun, dalam penggunaannya, pati memiliki beberapa keterbatasan, seperti sifat mekanik yang kurang baik dan kerentanannya terhadap kelembapan. Hal ini menyebabkan bioplastik dari pati cenderung rapuh dan kurang stabil dalam kondisi tertentu. Untuk mengatasi kendala ini, kombinasi dengan bahan lain, seperti kitosan yang diekstraksi dari kulit udang, menjadi salah satu solusi efektif [2].

### **Plasticizer**

*Plasticizer* menjadi komponen penting dalam pengembangan bioplastik yang meningkatkan fleksibilitas, memperlemah kekakuan dan mengurangi sifat rapuh bahan baku

[7]. Penggunaan *plasticizer* memberikan peningkatan kompatibilitas antara matriks pati dan bahan pengisi. Hal ini disebabkan *plasticizer* bertindak sebagai agen perantara yang dapat meningkatkan kohesi antar komponen dalam formulasi bioplastik. Dengan penambahan *plasticizer*, bioplastik yang dihasilkan cenderung memiliki struktur yang lebih homogen, fleksibel, dan ramah lingkungan. Penelitian lebih lanjut perlu dilakukan untuk mengevaluasi konsentrasi optimal *plasticizer*, seperti gliserol dan sorbitol. Dalam kombinasi dengan kitosan dari kulit udang untuk menghasilkan bioplastik dengan performa terbaik dalam berbagai aplikasi.

### **Uji Kuat Tarik**

Proses pengujian kuat tarik berfungsi untuk mengukur kemampuan material plastik dalam menahan gaya tarik sebelum mengalami deformasi permanen atau patah. Uji ini memberikan informasi penting tentang sifat mekanik plastik, seperti kekuatan, elastisitas, dan batas regangannya. Berdasarkan Nilai kuat tarik dirumuskan sebagai berikut:

$$\sigma = \frac{F}{A} [8]$$

Dimana:

$\sigma$  = tegangan tarik ( $\text{N/mm}^2$ )

$F$  = gaya yang dihasilkan (N)

$A$  = luas alas ( $\text{mm}^2$ )

### **Uji Elongasi**

Analisa uji elongasi merupakan pengujian untuk mengukur kemampuan suatu material, seperti plastik, logam, atau karet, untuk meregang atau memanjang di bawah tegangan tarik sebelum akhirnya putus. Hasil pengujian elongasi memberikan informasi penting tentang elastisitas dan ketangguhan material. Nilai elongasi dirumuskan sebagai berikut:

$$\text{Elongasi (\%)} = \frac{I - I_0}{I_0} \times 100\% [8]$$

Dimana:

$I$  = panjang akhir (mm)

$I_0$  = panjang awal (mm)

### **Uji Biodegradasi**

Uji Biodegradasi merupakan proses pengujian untuk menentukan sejauh mana suatu bahan, terutama bahan organik, dapat terurai secara alami oleh mikroorganisme seperti bakteri, jamur, atau organisme lain di lingkungan. Uji ini penting untuk menilai dampak lingkungan dari suatu produk, khususnya dalam konteks limbah, plastik, dan bahan kimia. Nilai biodegradasi dirumuskan sebagai berikut:

$$\text{Biodegradasi (\%)} = \frac{W_0 - W_1}{W} \times 100\% [8]$$

Dimana:

$W_1$  = berat akhir bahan(gram)

$W_0$  = berat awal bahan (gram)

## PROSEDUR EKSPERIMEN

Penelitian ini dilakukan dengan pendekatan studi literatur (literature review) untuk mengkaji berbagai hasil penelitian yang relevan mengenai pembuatan *biodegradable* plastik dari bahan dasar berbagai macam pati dengan bahan pengisi kitosan dari kulit udang. Data dikumpulkan melalui penelusuran jurnal-jurnal ilmiah yang diterbitkan dalam kurun waktu tertentu, terutama dari sumber terpercaya seperti *Science Direct*, *Springer*, *ResearchGate*, dan database akademik lainnya. Tahapan penelitian meliputi:

1. Penentuan Kriteria Literatur
2. Pengumpulan Data
3. Analisis Data

Data dianalisis dengan cara membandingkan metode, material, dan hasil dari berbagai penelitian untuk menemukan pola, kelebihan, kekurangan, serta potensi pengembangan dari teknologi bioplastik berbasis kitosan dengan *plasticizer*. Hasil studi literatur ini diharapkan memberikan gambaran yang komprehensif tentang metode, tantangan, dan prospek pengembangan *biodegradable* plastik berbasis pati dengan kitosan dari kulit udang.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Pembuatan bioplastik dengan bahan baku kitosan kulit udang. Kitosan memiliki sifat yang kompatibel, biodegradable, dan non-toksik. Bahan ini banyak digunakan sebagai pengisi yang ditujukan agar bioplastik memiliki nilai kuat tarik yang baik. Metode pembuatan bioplastik berbasis kitosan melibatkan serangkaian langkah utama yang mencakup sintesis bahan baku, pembuatan larutan campuran, pencetakan *film bioplastic* dan pengeringan. Penambahan *plasticizer* seperti sorbitol dan gliserol ke dalam campuran untuk meningkatkan fleksibilitas bioplastik. Beberapa penelitian menggunakan teknologi canggih seperti ultrasonikasi untuk menghasilkan nano-kitosan, meningkatkan homogenitas dan sifat mekanik bioplastik yang dihasilkan. Setelah homogen, larutan dituangkan ke dalam cetakan dan dikeringkan menggunakan oven atau bantuan sinar matahari. Berikut, adalah tabel data yang berisi informasi bahan baku, metode pembuatan *biodegradable* plastik dan hasil analisa yang dijadikan sebagai literatur penelitian:

Tabel 1. *Review* Hasil Uji Kuat Tarik, % Elongasi, dan Biodegradasi dalam Pembuatan *Biodegradable* Plastik

No	Bahan	Metode	Kuat Tarik	Pustaka
1	Kitosan, pati singkong karet, selulosa darikertas koran, dan sorbitol.	Interkalasi leleh, Pencampuran,Pencetakan Pengeringan	15,72	[9]
2.	Kitosan, pati batang umbut kelapa sawit, alginat, dan gliserol.	Pencampuran ,Pencetakan dan Pengeringan.	0,94	[10]
3.	Kulit udang, pektin pepaya, <i>aquadest</i> , asam klorida, asam asetat 1%, NaOH, dan gliserol.	Pencampuran, Pencetakan, dan Pengeringan.	0,392	[11]

No	Bahan	Metode	Kuat Tarik	Pustaka
4.	Kitosan, pati porang, gliserol, dan sorbitol.	Pencampuran, Pemanasan, Pencetakan, dan Pengeringan	0,634	[7]
5.	Kulit Udang, Pelelah nipah, HCl, NaOH, Aquades, H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> , H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	Sintesis nanoselulosa, Pencampuran, Pemanasan, Pencetakan, dan Pengeringan.	27,12	[12]
6.	Kitosan Udang Windu, Karagenan, Asam Asetat, Pemlastis Polietilen Glikol.	Pelarutan semua bahan, Sentrifugasi, Pencetakan, dan Pengeringan.	39,3± 5.79	[13]
7.	Limbah Nasi, Kitosan, dan Plasticizer Gliserol	Penghalusan, Pencampuran, Pencetakan, dan Pengeringan	6,689	[14]
8.	Nasi aking, Kitosan, Sorbitol, dan Asam Asetat	Pencampuran, Pencetakan, dan Pengeringan	5,716	[15]
9.	Nasi aking, Kitosan, Sorbitol, Selulosa Asetat	Sintesis dan Pemurnian Selulosa Asetat dalam Serat Kapuk, Pencampuran, Pencetakan, dan Pengeringan	0,845	[16]
10.	Kulit udang, NaOH, HCl, dan H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> .	Demineralisasi, Deastilasi kitin menjadi Kitosan, Deproteinasi, Pelapisan dengan Adatif Asap Cair, Pelarutan hingga homogen.	-	[17]
11.	Jerami Nangka, Asam asetat, Gliserol, Kitosan, dan Air	Ekstraksi Pati Jerami Nangka, Pelarutan, Pemanasan, Pencetakan, dan Pengeringan.	25,78 MPa	[18]
12	<i>Nata de coco</i> , Aquadest, Sorbitol, dan Kitosan	Penghalusan, Pencampuran, Pemanasan, Pencetakan, dan Pengeringan.	9,4395	[8]

No	Bahan	Metode	Kuat Tarik	Pustaka
13.	Nasi Aking, Sorbitol, Kitosan, Aquadest, Ekstrak Jeruk Nipis, dan Asam Asetat.	Ekstraksi Jeruk Nipis, Penghalusan Nasi Aking, Pencampuran, Pemanasan, Pencetakan, dan Pengeringan	6,9	[19]
14.	Kitosan, Glycerin, air, filler, HCl 2N, aquades, asam asetat 1%, NaOH 2N.	Isolasi, Ekstraksi, <i>Centrifuge</i> , dan Pengeringan	2,12	[20]
15.	Kitosan, pucuk tebu, aquades, etanol, NaClO <sub>2</sub> , HCl, Asam Asetat, dan NaOH	Ekstraksi, Eliminasi Zat Lilin, Bleaching, dan Delignifikasi.	39,2	[21]
16.	Biji alpukat (pati 80,1%), kitosan (0,5–2,5 g), glicerol (7–10 mL), asam asetat 1%, aquades 40 mL.	Ekstraksi, Pencampuran, Pencetakan dan Pengeringan	4	[22]
17.	Nano kitosan (0,7 $\mu$ m), pati biji alpukat, glicerol, sodium metabisulfite, asam asetat, air distilasi.	Sintesis Sonifikasi, Pencampuran, Pencetakan, dan Pengeringan	-	[23]
18.	Pati jagung, kitosan (0,5 1,5%), glicerol, NaOH, HCl.	Pemanasan, Pencampuran, Pencetakan, dan Pengeringan	15,9	[24]
19.	Pati jagung (2,5–10% berat), kitosan (0–20% berat), glicerol (40–80% berat), asam asetat 1%, air distilasi	Pencampuran, Gelatinisasi, Pencetakan, dan Pengeringan	5,19	[25]
20.	Sekam padi, metanol, NaOH 17,5%, aquadest, HCl 5%, minyak jelantah, KOH, Kitosan dan Asam Asetat 1%	Pencampuran Gliserol (Penyaringan, Pemanasan, dan Pengadukan Minyak Jelantah) dan Selulosa (Hidrolisis Sekam Padi), Pencetakan, dan Pengeringan.	-	[26]
21.	Limbah Kulit Udang, NaOH, Asam Klorida, dan Asam Asetat.	Ekstraksi Kulit Udang Menjadi Kitin, Pencampuran, Pemanasan, Pencetakan, dan Pengeringan.	-	[27]

No	Bahan	Metode	Kuat Tarik	Pustaka
22.	Limbah Udang, Asam Asetat Glasial, Pati Jagung, Minyak Jarak, dan Air Suling	Ekstraksi Kitosan Kulit Udang, Gelatinasi Pati Jagung, Pencampuran Kitosan, Pati Jagung, dan Minyak Jarak, Pemanasan, Pencetakan, Pengeringan.	5,88	[28]
23.	Kulit Udang, Kulit Durian, Air Suling, <i>Nutrient Agar</i> , Kaldu Nutrisi, Isolat Bakteri, NaOH, HCl, Aseton, Natrium Sulfat, Hidrogen Peroksida, Gliserol, NaCl, dan Asam Asetat.	Sintesis Kitosan, Sintesis Selulosa, Pencampuran, Pencetakan, dan Pengeringan.	14,85	[29]
24.	Kulit udang, Dedak Padi, Kitin murni, Pati singkong, Gliserol, Akuades, Air Demineralisasi, HCl, NaOH, Reagen Iodin.	Ekstraksi Kulit Udang, Pencampuran, Pemanasan, Pendinginan, Pengeringan, Ekstraksi Dedak Padi, Pencampuran, Pemanasan, Gelatinisasi, Pencetakan, dan Pengeringan.	0,062	[30]
25	Asam trifluoroasetat (TFA), trifluoroasetat anhidrida (TFAA), gliserol, kitin, radikal 2,2-difenil-1-pikrilhidrazil (DPPH <sup>•</sup> ), dan etanol, minyak jarak, toluena, dan heptana.	Pencampuran, Pencetakan, dan Pengeringan,	38	[31]
26	Ubi jalar putih, Kitosan, Plasticizer gliserol, Asam asetat 1%, dan Aquadest	Ekstraksi, Gelatinisasi, Pencampuran, Pemanasan, Pencetakan, dan Pengeringan.	-	[32]
27	Beras merah, beras putih, beras hitam, beras ketan hitam, beras ketan putih, aquadest, kitosan, cangkang udang, asam sitrat 3%, gliserol, dan kasein.	Ekstraksi pati, Pencampuran, Pemanasan, Pencetakan, dan Pengeringan	0,689	[33]
28.	Kitosan, tepung agar, sorbitol, asam asetat 1%, akuades, campuran tanah dan sekam padi.	Sintesis bioplastik berbasis agar dan kitosan.	18,83±2,93	[34]
29.	Karagenan <i>Eucheuma Cottoni</i> , <i>Pulp</i> Batang Sorgum, H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> , NaOH, Gliserol, aquades, EM4	Sintesis Nanoselulosa, Pencampuran, Pemanasan, Pencetakan, dan Pengeringan.	9,132	[35]
30.	Ampas Tebu, DMAc, Sorbitol, Asam Asetat Glasial 98%, kitosan, aquadest, H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> , H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> , NaOH, NaOCl, etil eter, tanah kompos.	Sintesis Selulosa, Sintesis Selulosa Asetat, Pencampuran, Pemanasan, Pencetakan, dan Pengeringan	6,309	[36]

Tabel 2. Review Hasil Uji % Elongasi Biodegradable Plastik

No	Bahan	Metode	%Elongasi	Pustaka
1	Kitosan, pati singkong karet, selulosa darikertas koran, dan sorbitol.	Interkalasi leleh, Pencampuran, Pencetakan Pengeringan	29,76%;	[9]
2.	Kitosan, pati batang umbut kelapa sawit, alginat, dan gliserol.	Pencampuran, Pencetakan dan Pengeringan.	31,58	[10]
3.	Kulit udang, pektin pepaya, aquadest, asam klorida, asam asetat 1%, NaOH, dan gliserol.	Pencampuran, Pencetakan, dan Pengeringan.	9,5	[11]
4.	Kitosan, pati porang, gliserol, dan sorbitol.	Pencampuran, Pemanasan, Pencetakan, dan Pengeringan	96,96	[7]
5.	Kulit Udang, Pelepas nipah, HCl, NaOH, Aquades, $H_2O_2$ , $H_2SO_4$	Sintesis nanoselulosa, Pencampuran, Pemanasan, Pencetakan, dan Pengeringan.	9	[12]
6.	Kitosan Udang Windu, Karagenan, Asam Asetat, Pemlastis Polietilen Glikol.	Pelarutan semua bahan, Sentrifugasi, Pencetakan, dan Pengeringan.	$18,50a \pm 1,13$	[13]
7.	Limbah Nasi, Kitosan, dan Plasticizer Gliserol	Penghalusan, Pencampuran, Pencetakan, dan Pengeringan	6	[14]
8.	Nasi aking, Kitosan, Sorbitol, dan Asam Asetat	Pencampuran, Pencetakan, dan Pengeringan	22,1	[15]
9.	Nasi aking, Kitosan, Sorbitol, Selulosa Asetat	Sintesis dan Pemurnian Selulosa Asetat dalam Serat Kapuk, Pencampuran, Pencetakan, dan Pengeringan	1,75	[16]

No	Bahan	Metode	%Elongasi	Pustaka
10.	Kulit udang, NaOH, HCl, dan H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> .	Demineralisasi, Deastilasi kitin menjadi Kitosan, Deproteinasi, Pelapisan dengan Adatif Asap Cair, Pelarutan hingga homogen.	-	[17]
11.	Jerami Nangka, Asam asetat, Gliserol, Kitosan, dan Air	Ekstraksi Pati Jerami Nangka, Pelarutan, Pemanasan, Pencetakan, dan Pengeringan.	17,51%	[18]
12	<i>Nata de coco</i> , Aquadest, Sorbitol, dan Kitosan	Penghalusan, Pencampuran, Pemanasan, Pencetakan, dan Pengeringan.	12	[8]
13.	Nasi Aking, Sorbitol, Kitosan, Aquadest, Ekstrak Jeruk Nipis, dan Asam Asetat.	Ekstraksi Jeruk Nipis, Penghalusan Nasi Aking, Pencampuran, Pemanasan, Pencetakan, dan Pengeringan	19,85	[19]
14.	Kitosan, Glycerin, air, filler, HCL 2N, aquades, asam asetat 1%, NaOH 2 N.	Isolasi, Ekstraksi, <i>Centrifuge</i> , dan Pengeringan	1,7	[20]
15.	Kitosan, pucuk tebu, aquades, etanol, NaClO <sub>2</sub> , HCl, Asam Asetat, dan NaOH	Ekstraksi, Eliminasi Zat Lilin, Bleaching, dan Delignifikasi.	17,32	[21]
16.	Biji alpukat (pati 80,1%), kitosan (0,5–2,5 g), gliserol (7–10 mL), asam asetat 1%, aquades 40 mL.	Ekstraksi, Pencampuran, Pencetakan dan Pengeringan	54,5	[22]
17.	Nano kitosan (0,7 µm), pati biji alpukat, gliserol, sodium metabisulfite, asam asetat, air distilasi.	Sintesis Sonifikasi, Pencampuran, Pencetakan, dan Pengeringan	-	[23]
18.	Pati jagung, kitosan (0,5 1,5%), gliserol, NaOH, HCl.	Pemanasan, Pencampuran, Pencetakan, dan Pengeringan	17,4%	[24]

No	Bahan	Metode	%Elongasi	Pustaka
19.	Pati jagung (2,5–10% berat), kitosan (0–20% berat), gliserol (40–80% berat), asam asetat 1%, air distilasi	Pencampuran, Gelatinisasi, Pencetakan, dan Pengeringan	44,6	[25]
20.	Sekam padi, metanol, NaOH 17,5%, <i>aquadest</i> , HCl 5%, minyak jelantah, KOH, Kitosan dan Asam Asetat 1%	Pencampuran Gliserol (Penyaringan, Pemanasan, dan Pengadukan Minyak Jelantah) dan Selulosa (Hidrolisis Sekam Padi), Pencetakan, dan Pengeringan.	-	[26]
21.	Limbah Kulit Udang, NaOH, Asam Klorida, dan Asam Asetat.	Ekstraksi Kulit Udang Menjadi Kitin, Pencampuran, Pemanasan, Pencetakan, dan Pengeringan.	-	[27]
22.	Limbah Udang, Asam Asetat Glasial, Pati Jagung, Minyak Jarak, dan Air Suling	Ekstraksi Kitosan Kulit Udang, Gelatinasi Pati Jagung, Pencampuran Kitosan, Pati Jagung, dan Minyak Jarak, Pemanasan, Pencetakan, Pengeringan.	10,4	[28]
23.	Kulit Udang, Kulit Durian, Air Suling, <i>Nutrient Agar</i> , Kaldu Nutrisi, Isolat Bakteri, NaOH, HCl, Aseton, Natrium Sulfat, Hidrogen Peroksid, Gliserol, NaCl, dan Asam Asetat.	Sintesis Kitosan, Sintesis Selulosa, Pencampuran, Pencetakan, dan Pengeringan.	4,81	[29]
24.	Kulit udang, Dedak Padi, Kitin murni, Pati singkong, Gliserol, Akuades, Air Demineralisasi, HCl, NaOH, Reagen Iodin.	Ekstraksi Kulit Udang, Pencampuran, Pemanasan, Pendinginan, Pengeringan, Ekstraksi Dedak Padi, Pencampuran, Pemanasan, Gelatinisasi, Pencetakan, dan Pengeringan.	-	[30]
25	Asam trifluoroasetat (TFA), trifluoroasetat anhidrida (TFAA), gliserol, kitin radikal 2,2-difenil-1-pikrilhidrazil (DPPH <sup>•</sup> ), dan etanol, minyak jarak, toluena, dan heptana.	Pencampuran, Pencetakan, dan Pengeringan,	30	[31]
26	Ubi jalar putih, Kitosan, Plasticizer gliserol, Asam asetat 1%, dan Aquadest	Ekstraksi, Gelatinisasi, Pencampuran, Pemanasan, Pencetakan, dan Pengeringan.	-	[32]
27	Beras merah, beras putih, beras hitam, beras ketan hitam, beras ketan putih, aquadest, kitosan, cangkang udang, asam sitrat 3%, gliserol, dan kasein.	Ekstraksi pati, Pencampuran, Pemanasan, Pencetakan, dan Pengeringan	85	[33]

No	Bahan	Metode	%Elongasi	Pustaka
28.	Kitosan, tepung agar, sorbitol, asam asetat 1%, akuades, campuran tanah dan sekam padi.	Sintesis bioplastik berbasis agar dan kitosan.	95,89±12,62	[34]
29.	Karagenan <i>Eucheuma Cottoni</i> , <i>Pulp</i> Batang Sorgum, H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> , NaOH, Gliserol, aquades, EM4	Sintesis Nanoselulosa, Pencampuran, Pemanasan, Pencetakan, dan Pengeringan.	64,625	[35]
30.	Ampas Tebu, DMAc, Sorbitol, Asam Asetat Glasial 98%, kitosan, aquadest, H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> , H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> , NaOH, NaOCl, etil eter, tanah kompos.	Sintesis Selulosa , Sintesis Selulosa Asetat, Pencampuran, Pemanasan, Pencetakan, dan Pengeringan	19,9379	[36]

Tabel 3. Review Hasil Uji % Biodegradasi *Biodegradable Plastik*

No	Bahan	Metode	Lama Degradasi	Pustaka
1	Kitosan, pati singkong karet, selulosa darikertas koran, dan sorbitol.	Interkalasi leleh, Pencampuran,Pencetakan Pengeringan	32,74% dalam 5 minggu.	[9]
2.	Kitosan, pati batang umbut kelapa sawit, alginat, dan gliserol.	Pencampuran ,Pencetakan dan Pengeringan.	-	[10]
3.	Kulit udang, pektin pepaya, <i>aquadest</i> , asam klorida, asam asetat 1%, NaOH, dan gliserol.	Pencampuran, Pencetakan, dan Pengeringan.	84,12% dalam 14 hari	[11]
4.	Kitosan, pati porang, gliserol, dan sorbitol.	Pencampuran, Pemanasan, Pencetakan, dan Pengeringan	46,89% dalam 4 hari	[7]
5.	Kulit Udang, Pelepas nipah, HCl, NaOH, Aquades, H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> , H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	Sintesis nanoselulosa, Pencampuran, Pemanasan, Pencetakan, dan Pengeringan.	4 hari	[12]

No	Bahan	Metode	Lama Degradasi	Pustaka
6.	Kitosan Udang Windu, Karagenan, Asam Asetat, Pemelastis Polietilen Glikol.	Pelarutan semua bahan, Sentrifugasi, Pencetakan, dan Pengeringan.	10 hari	[13]
7.	Limbah Nasi, Kitosan, dan Plasticizer Gliserol	Penghalusan, Pencampuran, Pencetakan, dan Pengeringan	3 hari	[14]
8.	Nasi aking, Kitosan, Sorbitol, dan Asam Asetat	Pencampuran, Pencetakan, dan Pengeringan	45 hari	[15]
9.	Nasi aking, Kitosan, Sorbitol, Selulosa Asetat	Sintesis dan Pemurnian Selulosa Asetat dalam Serat Kapuk, Pencampuran, Pencetakan, dan Pengeringan	4 hari (39%)	[16]
10.	Kulit udang, NaOH, HCl, dan $\text{H}_2\text{SO}_4$ .	Demineralisasi, Deastilasi kitin menjadi Kitosan, Deproteinasi, Pelapisan dengan Adatif Asap Cair, Pelarutan hingga homogen.	7 hari	[17]
11.	Jerami Nangka, Asam asetat, Gliserol, Kitosan, dan Air	Ekstraksi Pati Jerami Nangka, Pelarutan, Pemanasan, Pencetakan, dan Pengeringan.	23 hari	[18]
12	<i>Nata de coco</i> , Aquadest, Sorbitol, dan Kitosan	Penghalusan, Pencampuran, Pemanasan, Pencetakan, dan Pengeringan.	9 hari	[8]
13.	Nasi Aking, Sorbitol, Kitosan, Aquadest, Ekstrak Jeruk Nipis, dan Asam Asetat.	Ekstraksi Jeruk Nipis, Penghalusan Nasi Aking, Pencampuran, Pemanasan, Pencetakan, dan Pengeringan	14 hari	[19]
14.	Kitosan, Glycerin, air, filler, HCL 2N, aquades, asam asetat 1%, NaOH 2 N.	Isolasi, Ekstraksi, <i>Centrifuge</i> , dan Pengeringan	14 hari	[20]

No	Bahan	Metode	Lama Degradasi	Pustaka
15.	Kitosan, pucuk tebu, aquades, etanol, NaClO <sub>2</sub> , HCl, Asam Asetat, dan NaOH	Ekstraksi, Eliminasi Zat Lilin, Bleaching, dan Delignifikasi.	4 hari	[21]
16.	Biji alpukat (pati 80,1%), kitosan (0,5–2,5 g), gliserol (7–10 mL), asam asetat 1%, aquades 40 mL.	Ekstraksi, Pencampuran, Pencetakan dan Pengeringan	16 Hari	[22]
17.	Nano kitosan (0,7 $\mu$ m), pati biji alpukat, gliserol, sodium metabisulfite, asam asetat, air distilasi.	Sintesis Sonifikasi, Pencampuran, Pencetakan, dan Pengeringan	4 Hari	[23]
18.	Pati jagung, kitosan (0,5 1,5%), gliserol, NaOH, HCl.	Pemanasan, Pencampuran, Pencetakan, dan Pengeringan	-	[24]
19.	Pati jagung (2,5–10% berat), kitosan (0–20% berat), gliserol (40–80% berat), asam asetat 1%, air distilasi	Pencampuran, Gelatinisasi, Pencetakan, dan Pengeringan	28	[25]
20.	Sekam padi, metanol, NaOH 17,5%, <i>aquadest</i> , HCl 5%, minyak jelantah, KOH, Kitosan dan Asam Asetat 1%	Pencampuran Gliserol (Penyaringan, Pemanasan, dan Pengadukan Minyak Jelantah) dan Selulosa (Hidrolisis Sekam Padi), Pencetakan, dan Pengeringan.	-	[26]
21.	Limbah Kulit Udang, NaOH, Asam Klorida, dan Asam Asetat.	Ekstraksi Kulit Udang Menjadi Kitin, Pencampuran, Pemanasan, Pencetakan, dan Pengeringan.	-	[27]
22.	Limbah Udang, Asam Asetat Glasial, Pati Jagung, Minyak Jarak, dan Air Suling	Ekstraksi Kitosan Kulit Udang, Gelatinasi Pati Jagung, Pencampuran Kitosan, Pati Jagung, dan Minyak Jarak, Pemanasan, Pencetakan, Pengeringan.	14	[28]
23.	Kulit Udang, Kulit Durian, Air Suling, <i>Nutrient Agar</i> , Kaldu Nutrisi, Isolat Bakteri, NaOH, HCl, Aseton, Natrium Sulfat, Hidrogen Peroksida, Gliserol, NaCl, dan Asam Asetat.	Sintesis Kitosan, Sintesis Selulosa, Pencampuran, Pencetakan, dan Pengeringan.	15	[29]

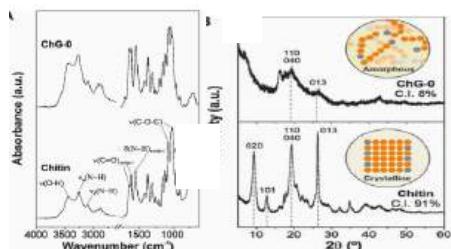
No	Bahan	Metode	Lama Degradasi	Pustaka
24.	Kulit udang, Dedak Padi, Kitin murni, Pati singkong, Gliserol, Akuades, Air Demineralisasi, HCl, NaOH, Reagen Iodin.	Ekstraksi Kulit Udang, Pencampuran, Pemanasan, Pendinginan, Pengeringan, Ekstraksi Dedak Padi, Pencampuran, Pemanasan, Gelatinisasi, Pencetakan, dan Pengeringan.	15	[30]
25	Asam trifluoroasetat (TFA), trifluoroasetat anhidrida (TFAA), gliserol, kitin, radikal 2,2-difenil-1-pikrilhidrazil (DPPH $\cdot$ ), dan etanol, minyak jarak, toluena, dan heptana.	Pencampuran, Pencetakan, dan Pengeringan,	25	[31]
26	Ubi jalar putih, Kitosan, Plasticizer gliserol, Asam asetat 1%, dan Aquadest	Ekstraksi, Gelatinisasi, Pencampuran, Pemanasan, Pencetakan, dan Pengeringan.	11	[32]
27	Beras merah, beras putih, beras hitam, beras ketan hitam, beras ketan putih, aquadest, kitosan, cangkang udang, asam sitrat 3%, gliserol, dan kasein.	Ekstraksi pati, Pencampuran, Pemanasan, Pencetakan, dan Pengeringan	-	[33]
28.	Kitosan, tepung agar, sorbitol, asam asetat 1%, akuades, campuran tanah dan sekam padi.	Sintesis bioplastik berbasis agar dan kitosan.	20	[34]
29.	Karagenan <i>Eucheuma Cottoni</i> , Pulp Batang Sorgum, H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> , NaOH, Gliserol, aquades, EM4	Sintesis Nanoselulosa, Pencampuran, Pemanasan, Pencetakan, dan Pengeringan.	25	[35]
30.	Ampas Tebu, DMAc, Sorbitol, Asam Asetat Glasial 98%, kitosan, aquadest, H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> , H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> , NaOH, NaOCl, etil eter, tanah kompos.	Sintesis Selulosa, Sintesis Selulosa Asetat, Pencampuran, Pemanasan, Pencetakan, dan Pengeringan	12	[36]

Sesuai tinjauan jurnal tentang bioplastik berbasis kitosan dari limbah kulit udang menunjukkan berbagai keunggulan. Kitosan, sebagai polimer alami yang diperoleh dari limbah kulit udang, menawarkan solusi yang berkelanjutan dalam pengelolaan limbah perikanan. Bioplastik berbasis kitosan memiliki biodegradabilitas yang baik, sehingga ramah lingkungan dan dapat terurai secara alami. Selain itu, kitosan memiliki sifat antimikroba, yang menjadikannya sangat cocok untuk digunakan dalam kemasan makanan. Dengan kekuatan mekanik yang tinggi, kitosan memungkinkan pembuatan bioplastik yang tahan lama. Hal ini ditunjukkan pada penelitian yang menghasilkan bioplastik kitosan dengan nilai kuat tarik 38 Mpa, elongasi 30%, dan masa degradasi 25 hari [31].

Bioplastik ini dibuat dengan melarutkan kitin dari cangkang udang menggunakan campuran asam trifluoroacetic (TFA) dan trifluoroacetic anhidride (TFAA). Gliserol

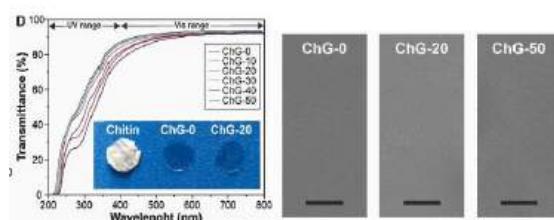
ditambahkan sebagai plasticizer, yang meningkatkan sifat mekanik dan transparansi film yang dihasilkan. Bioplastik ini menggunakan *plasticizer* gliserol yang memiliki beberapa kelebihan dan kekurangan. Kelebihannya mampu meningkatkan fleksibilitas dan elastisitas bioplastik yang mengurangi kekakuan struktur molekul. Namun kekurangan bioplastik yang menggunakan *plasticizer* gliserol adalah memiliki hidrofilik gliserol yang meningkatkan penyerapan air. Hal ini menyebabkan menurunnya kekuatan mekanik dan stabilitas bioplastik di lingkungan lembap. Kadar gliserol yang berlebihan menyebabkan bioplastik menjadi terlalu lunak atau lengket sehingga diperlukan formulasi yang tepat.

Penelitian tersebut memiliki hasil karakterisasi pada spektroskopi ATR-FTIR yang menampilkan pita khas polisakarida meliputi -OH ( $3483\text{ cm}^{-1}$ ), -NH ( $3258$  dan  $3102\text{ cm}^{-1}$ ), amida I ( $1654$  dan  $1625\text{ cm}^{-1}$ ), dan amida II ( $1554\text{ cm}^{-1}$ ), dan glikosida ( $1068$  dan  $1010\text{ cm}^{-1}$ ). Perlakuan TFA dan TFAA dalam struktur molekul polisakarida, kristalinitas kitin murni dan ChG-0 ditentukan dengan XRD. Setelah perlakuan TFA dan TFAA menunjukkan kitin murni dengan kristal tinggi, rantai polimer teratur dan berinteraksi dengan kuat. Sebaliknya, struktur ChG-0 tampak tidak teratur, dengan distribusi rantai polimer yang lebih kacau dan jumlah interaksi sekunder yang berkurang. Berikut merupakan hasil uji XRD bioplastik penelitian ini:



Gambar 1. Uji ATR-FTIR dan Pola XRD

Spektroskopi ATR-FTIR digunakan untuk mengkarakterisasi perubahan kimia yang disebabkan oleh penambahan gliserol ke kitin. Salah satu pita yang terpengaruh adalah -OH ( $3356\text{ cm}^{-1}$ ) dan -CO  $1037\text{ (cm}^{-1}\text{)}$  yang disebabkan adanya gugus hidroksil dalam gliserol. Selain itu pita yang terpengaruh adalah amida I ketika gliserol banyak digunakan maka intensitas amida I menjadi berkurang. Sehingga gliserol melemahkan ikatan hidrogen dan ikatan amida I. Matriks kitin yang dihasilkan menunjukkan struktur amorf, sebagaimana dikonfirmasi oleh analisis difraksi sinar-X. Perubahan struktural ini signifikan karena mempengaruhi sifat fisik bioplastik.



Gambar 2. Hasil Uji Transmitansi dan SEM

Bioplastik ini berwarna putih yang disebabkan daerah kristal dan kekasaran permukaan sehingga transparan. Spektrum UV-Vis digunakan untuk menentukan transparansi bioplastik ChG yang menunjukkan nilai sebesar  $600\text{ nm}$ . Penambahan gliserol tidak mempengaruhi nilai tersebut ditunjukkan dari hasil ChG-0 (91%) dengan ChG-20 dan ChG-50 (92%) hanya rentang 1%. Transparansi ChG-0 mendekati EC dan lebih tinggi dari pada polimer alami yang digunakan dalam pengemasan makanan seperti HPC, karagenan, CMC,

dan CA. Morfologi bioplastik ChG dianalisis dengan SEM yang menunjukkan permukaan halus dan datar.

Biodegradabilitas bioplastik penelitian ini dinilai dipengaruhi oleh penggunaan kitin yang memiliki sifat anti jamur. Variasi ChG-0 dan ChG-20 ditumbuhkan jamur pada hari ke-3. Kitin berfungsi mengganggu dinding sel jamur sehingga terjadi kematian sel. ChG-50 memiliki masa degradasi paling lama yaitu 25 hari. Melalui pengukuran kebutuhan oksigen biologis dalam air laut, mengungkapkan tingkat degradasi tinggi yang mirip dengan bahan lain yang dapat terdegradasi sepenuhnya. Aspek ini sangat penting untuk mengatasi masalah lingkungan yang terkait dengan limbah plastik.

### Ide Kontribusi

Berikut adalah beberapa ide kontribusi dalam pengembangan bioplastik dengan penggunaan plasticizer terbaik adalah mengembangkan kombinasi plasticizer, seperti gliserol dan sorbitol untuk menciptakan bioplastik kitosan kulit udang yang seimbang antara fleksibilitas, kekuatan mekanik, dan ketahanan terhadap kelembapan. Kombinasi kitosan kulit udang dengan bahan plasticizer dari bahan alami, seperti minyak nabati, ekstrak tumbuhan, atau senyawa organik alami, yang lebih ramah lingkungan dan aman untuk digunakan dalam aplikasi kemasan makanan. Selain itu menggabungkan plasticizer dengan nanopartikel atau pengisi lainnya (seperti nanokarbon atau silika) untuk meningkatkan stabilitas termal dan mekanik bioplastik. Kontribusi ini dapat memajukan inovasi bioplastik yang lebih ramah lingkungan dan lebih kompetitif dibandingkan dengan plastik konvensional.

## KESIMPULAN DAN SARAN

Hasil studi literatur ini menunjukkan bahwa:

1. Penelitian terbaik bioplastik berbahan kitosan sebagai bahan pengisi efektif yang menghasilkan bioplastik dengan kekuatan tarik tertinggi 38 MPa, elongasi 30%, dan biodegradasi dalam 25 hari.
2. Penambahan gliserol dalam formulasi menghasilkan material dengan sifat mekanik optimal, stabilitas biodegradasi tinggi, dan keunggulan lingkungan.
3. Kombinasi kitosan dan gliserol meningkatkan kekuatan tarik, elastisitas, dan biodegradasi bioplastik, meskipun fleksibilitas material masih menjadi tantangan.
4. Diperlukan optimasi lebih lanjut dalam metode produksi dan pengujian aplikasi nyata untuk menjadikan bioplastik sebagai solusi berkelanjutan dalam mengurangi dampak limbah plastik.

## REFERENSI

- [1] A. R. Aqilla, A. Razak, E. Barlian, N. Syah, and S. Diliarosta, “Pengaruh Sampah Plastik dalam Pencemaran Air,” *Desember*, vol. 1, pp. 275–280, 2023, doi: 10.59435/gjmi.v1i6.203.
- [2] Muhammad, R. Ridara, and Masrullita, “Sintesis Bioplastik dari Pati Biji Alpukat dengan Bahan Pengisi Kitosan,” *Jurnal Teknologi Kimia Unimal*, vol. 9, no. 2, pp. 1–11, 2020.
- [3] R. Syafri *et al.*, “Sintesis dan Karakterisasi Bioplastik Berbasis Pati Sagu-Kitosan Berisi Pelepah Sawit dan Plastizier Gliserol,” *Photon: Jurnal Sain dan Kesehatan*, vol. 12, no. 1, pp. 84–90, Nov. 2021, doi: 10.37859/jp.v12i1.3359.
- [4] S. Anggraini, A. M. Putra, S. F. G. Ryanto, S. F. Martahan, and I. E. D. Putra, “Design Thinking pada Perancangan Produk Eco Paving Block,” *Talenta Publisher*, vol. 7, no. 1, pp. 896–900, 2024, doi: 10.32734/ee.v7i1.2290.

- [5] N. R. Suparno, A. R. Mufida, and R. M. N. Sritomo, "Potensi Penambahan Kitosan Nanopartikel Ssebagai Bahan Antibakteri Terhadap Sifat Mekanis Resin Komposit," *Jurnal Ilmu Kedokteran Gigi*, vol. 5, no. 2, pp. 1–6, Dec. 2022, doi: 10.23917/jikg.v5i2.20568.
- [6] Asjun, Asnani, and R. H. F. Faradilla, "Pengaruh Formulasi Kitosan Udang Windu dan Karagenan Terhadap Sifat Bioplastik dengan Pemlastis Polietilen Glikol," *Jurnal Sains dan Inovasi Perikanan*, vol. 7, no. 1, pp. 50–62, 2023, doi: 10.33772/jsipi.v7i1.214.
- [7] A. Maghfirah, Sudiati, S. N. K. Br Sitepu, and M. W. Siambaton, "The Effect of Using a Combination of Sorbitol and Glycerol Plasticizers on The Characterization of Edible Film from Porang (*Amorphophallus oncophyllus*) Starch," *Journal of Technomaterial Physics*, vol. 5, no. 2, pp. 86–92, Aug. 2023, doi: 10.32734/jotp.v5i2.12397.
- [8] A. Melani, Robiah, and I. M. Siahaan, "BIOPLASTIC FROM NATA DE COCO USING THE MELT INTERCALATION METHOD (STUDY OF THE EFFECT OF VARIATION FILLER TYPES AND CONSENTRATION FILLER)," *Jurnal Teknik Patra Akademika*, vol. 15, no. 01, pp. 34–44, 2024.
- [9] A. P. Dewi, A. Mardhiyana, R. Manfaati, and U. Leoanggraini, "The Effect of Additional Chitosan and Cellulose on The Performance of Bioplastic from Manihot Glaziovii Starch," *Fluida*, vol. 16, no. 1, pp. 36–42, May 2023, doi: 10.35313/fluida.v16i1.4394.
- [10] M. I. Kodil, Ngatirah, and M. Syaflan, "Biodegradable Plastic Pati Umbut Batang Kelapa Sawit (*Elaeis guineensis* dengan Penambahan Alginat dan Kitosan Kulit Udang," *Jurnal Agro Tekno SE..*
- [11] N. M. Pribadi, P. M. Pramesti, and N. W. Kindriari, "Edible Film dari Pektin Kulit Pepaya dan Kitosan dari Kulit Udang Sebagai Pelapis Makanan," *Jurnal Teknik Kimia*, vol. 17, no. 1, pp. 1–5, 2022.
- [12] A. Kristiningsih, K. Wittriansyah, H. D. Hastuti, and J. Sodikin, "Karakteristik Fisik Bioplastik Kitosan dengan Penambahan Selulosa Kulit Nipah (*Nypa fruticans*)," *J Mar Res*, vol. 13, no. 4, pp. 721–730, Nov. 2024, doi: 10.14710/jmr.v13i4.47813.
- [13] Asjun, Asnani, and RH. F. Faradilla, "Pengaruh Formulasi Kitosan Udang Windu dan Karagenan Terhadap Sifat Bioplastik dengan Pemlastis Polietilen Glikol," *Jurnal Sains dan Inovasi Perikanan*, vol. 7, no. 1, pp. 50–62, 2023, doi: 10.33772/jsipi.v7i1.214.
- [14] D. Lidya, A. Syakdani, I. Purnamasari, and S. R. Salsabilah, "Pembuatan Bioplastik dengan Memanfaatkan Limbah Nasi Menggunakan Variasi Kitosan dan Plasticizir Gliserol," *Journal Education and Chemistry*, vol. 5, no. 2, pp. 116–123, 2023.
- [15] M. Dani Alim, A. Karangan, Suprihatin, and A. Nandini, "Pemanfaatan Limbah Nasi Aking Pada Pembuatan Bioplastik dengan Kitosan dan Plasticizer," *Jurnal Teknik Kimia*, vol. 17, no. 2, pp. 111–115, 2023.
- [16] Rahmatullah *et al.*, "Effects of Chitosan on the Characteristics of Sorbitol Plasticised Cellulose Acetate/Starch Bioplastics," *Chem Eng Trans*, vol. 106, pp. 259–264, 2023, doi: 10.3303/CET23106044.
- [17] H. Ardhiyahsyah *et al.*, "Aplikasi Edible Coating dari Limbah Kulit Udang dengan Aditif Asap Cair untuk Kemasan Sosis Sapi Antibakteri Ramah Lingkungan," *Jurnal Teknik Kimia USU*, vol. 13, no. 1, pp. 9–16, Mar. 2024, doi: 10.32734/jtk.v13i1.15484.
- [18] O. R. J. Qadri, F. H. Hamzah, and D. F. Ayu, "Variasi konsentrasi kitosan dalam pembuatan bioplastik berbahan baku jerami nangka," *Agrointek : Jurnal Teknologi Industri Pertanian*, vol. 17, no. 1, pp. 106–113, Feb. 2023, doi: 10.21107/agrointek.v17i1.14376.
- [19] H. S., S. Y., M. Z. B. F. A., D. A. A., and Muyassaroh, "Optimalisasi Pemanfaatan Nasi Aking Menjadi Plastik Biodegradable untuk Mengembangkan Budaya Eco Green pada Masyarakat di Kelurahan Mojolangu Kota Malang," *Jurnal Teknologi dan Manajemen Industri*, vol. 6, no. 2, pp. 18–23, 2020.
- [20] R. R. Suryani, A. Hakim, Yusrianti, S. W. Auvaria, and I. Mustika, "PENAMBAHAN CHITOSAN DAN PLASTICIZERGLYCERIN DALAM PEMBUATAN BIOPLASTIK BERBAHAN DASAR EKSTRAK PROTEIN AMPAS TAHU," *Jukung Jurnal Teknik Lingkungan*, vol. 7, no. 2, pp. 159–169, 2021.
- [21] E. Agustina, R. Purnamasari, N. F. Erfansyah, F. Andiarna, N. Lusiana, and I. Hidayati, "Pemanfaatan Limbah Pucuk Tebu sebagai Sumber Selulosa Bahan Baku Plastik

- Biodegradable," *Biotropic The Journal of Tropical Biology*, vol. 8, no. 1, pp. 39–54, 2024, [Online]. Available: <http://jurnalsaintek.uinsby.ac.id/index.php/biotropic>
- [22] Muhammad, R. Ridara, and Masrullita, "Sintesis Bioplastik dari Pati Biji Alpukat dengan Bahan Pengisi Kitosan," *Jurnal Teknologi Kimia Unimal*, vol. 9, no. 2, pp. 1–11, 2020.
- [23] Suhartini *et al.*, "SYNTHESIS AND CHARACTERIZATION OF NANO CHITOSAN-AVOCADO SEED STARCH AS EDIBLE FILMS," *Jurnal Kimia Riset*, vol. 8, no. 1, pp. 49–58, 2023.
- [24] D. R. Wicakso, D. Fortuna, I. A. Hernadin, Nuryoto, Y. Rumbino, and A. Damaryanti, "Characterization Of Corn Starch Edible Films by the Addition of Chitosan as a Vegetable Oil Packaging," *Konversi*, vol. 12, no. 2, pp. 62–65, Oct. 2023, doi: 10.20527/k.v12i2.15959.
- [25] S. X. Tan *et al.*, "Characterization and Parametric Study on Mechanical Properties Enhancement in Biodegradable Chitosan-Reinforced Starch-Based Bioplastic Film," *Polymers (Basel)*, vol. 14, no. 278, pp. 1–21, Jan. 2022, doi: 10.3390/polym14020278.
- [26] Cengristitama and G. A. Wulandari, "Variasi Penambahan Kitosan dalam Pembuatan Bioplastik dari Limbah Sekam Pado dan Minyak Jelantah," *TEDC*, vol. 15, no. 1, pp. 8–14, 2021.
- [27] M. Faisal, A. Elhussieny, K. A. Ali, I. Samy, and N. M. Everitt, "Extraction of degradable bio polymer materials from shrimp shell wastes by two different methods," in *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, Institute of Physics Publishing, Dec. 2018, pp. 1–11. doi: 10.1088/1757-899X/464/1/012004.
- [28] M. Mashuni, L. O. Ahmad, E. Sandalayuk, F. H. Hamid, M. Jahiding, and A. M. N. Khaeri, "Synthesis of Antibacterial and Biodegradable Bioplastic Based on Shrimp Skin Chitosan and Durian Skin Cellulose with the Microwave Assistance," *Jurnal Kimia Valensi*, vol. 8, no. 1, pp. 113–123, 2022, doi: 10.15408/jkv.v8i1.23233.
- [29] A. R. E. Feky, M. Ismaiel, M. Yilmaz, F. M. Madkour, A. E. Nemr, and H. A. H. Ibrahim, "Biodegradable Plastic Formulated from Chitosan of *Aristeus Antennatus* Shells with Castor Oil as a Plasticizer Agent and Starch as a Filling Substrate," *Nature Research*, Dec. 2024. doi: 10.1038/s41598-024-61377-9.
- [30] J. V. Setiawan, R. Adhitama, M. T. Goeltom, T. D. Askitosari, D. C. Yang, and J. Sukweenadhi, "The Potential of Rice Bran Waste (*Oryza Sativa L.*) and Shrimp Shell Waste as Chitin Nanowhisker with Glycerol Plasticizer in The Production of Bioplastic," *IOP Conf Ser Earth Environ Sci*, vol. 1083, no. 1, pp. 1–9, 2022, doi: 10.1088/1755-1315/1083/1/012045.
- [31] J. A. Heredia-Guerrero *et al.*, "Plasticized, greaseproof chitin bioplastics with high transparency and biodegradability," *Food Hydrocoll*, vol. 145, Dec. 2023, doi: 10.1016/j.foodhyd.2023.109072.
- [32] L. Marlina and N. T. F. Achmad, "Pengaruh Variasi Penambahan Kitosan dan Gliserol Terhadap Karakteristik Plastik Biodegradable dari Pati Ubi Jalar," *TEDC*, vol. 15, no. 2, pp. 125–133, 2021.
- [33] N. Pitaloka, D. A. B. Wibisono, and K. N. Wahyusi, "Karakterisasi Edible Film dari Berbagai Macam Pati Biji Beras dengan Penambahan Kitosan," *Jurnal Teknik Kimia*, vol. 16, no. 1, pp. 1–9, 2021.
- [34] S. D. Hardiningtyas, D. Winarsih, and B. Ibahim, "Efek Penambahan Sorbitol terhadap Karakteristik Film Bioplastik Berbasis Kitosan dan Agar," *Jurnal Pascapanen dan Bioteknologi Kelautan dan Perikanan*, vol. 19, no. 1, pp. 17–26, Jun. 2024, doi: 10.15578/jpbkp.v19i1.949.
- [35] S. A. Nurhabibah and W. B. Kusumaningrum, "Karakterisasi Bioplastik dari K-Karagenan *Eucheuma Cottonii* Terplastisasi Berpenguat Nanoselulosa," *Jurnal Kimia dan Kemasan*, vol. 43, no. 2, pp. 82–94, 2021, doi: 10.24817/jkk.v42i2.6808.
- [36] I. M. Z. Afidin, "Pengaruh Penambahan Kitosan dan Sorbitol Terhadap Bioplastik Berbasis Selulosa Asetat dari Ampas Tebu," 2021.

**MEKANIKA: JURNAL TEKNIK MESIN**

PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN - FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS 17 AGUSTUS 1945 SURABAYA

JL. SEMOLOWARU 45, SURABAYA

Telp. 031-5921516 ; Fax. 031-5921516

Email: [mekanika\\_mesin@untag-sby.ac.id](mailto:mekanika_mesin@untag-sby.ac.id)

**ISSN (Print): 2460-3384**



9 772460 338009

**ISSN (Online): 2686-3693**



9 772686 369009