

ISSN 2302 – 5182



TEKNIK DESAIN MEKANIKA

Jurnal Ilmiah Teknik Mesin

Volume 11 • Nomor 4 • OKTOBER • 2022 • Hal. 1846 - 1949



Program Studi Teknik Mesin – Fakultas Teknik
Universitas Udayana



Program Studi Teknik Mesin
Fakultas Teknik, Universitas Udayana
Kampus Bukit Jimbaran, Bali 80362
Telp./Fax.: +62 361 703321
<http://www.mesin.unud.ac.id>



JITM-TDM

Volume 11

Nomor 4

Hal. 1846-1949

Badung, Oktober 2022

ISSN 2302-5182

TEKNIK DESAIN MEKANIKA

Jurnal Ilmiah Teknik Mesin



Volume 11, Nomor 4, Oktober 2022, Hal. 1846 – 1949

Penanggung Jawab
Koordinator Program Studi Teknik Mesin UNUD

Ketua Dewan Redaksi
Ir. I Nengah Suarnadwipa, M.T.

Redaksi Pelaksana/Tim Validasi
I Gede Teddy Prananda Surya, S.T., M.T.
I Made Astika, ST., M.Erg, MT
Ir. A. A Adhi Suryawan, MT
Dr. I Gede Putu Agus Suryawan, S.T, M.T.
Dr. Ir. I Gusti Ngurah Nitya Santhiarsa, MT
Dr. Ir. I Ketut Suarsana, MT
Dr. Ir. I Made Suarda, M. Eng.

Editor Ahli
Dosen-dosen di Program Studi Teknik Mesin
Universitas Udayana

Jurnal Ilmiah Teknik Mesin **TEKNIK DESAIN MEKANIKA** diterbitkan oleh Program Studi Teknik Mesin - Universitas Udayana empat kali dalam setahun pada bulan Januari, April, Juli dan Oktober, berisi artikel hasil penelitian dan kajian teoritis-analitis di bidang Teknik Mesin. Dewan redaksi menerima tulisan yang belum pernah serta tidak sedang dipertimbangkan untuk diterbitkan atau dipublikasikan dalam media lain. Naskah diketik dalam Bahasa Indonesia atau bahasa Inggris dengan mengikuti pedoman yang dapat diunduh di halaman website Teknik Mesin UNUD atau web JITM-TDM.

Alamat Redaksi
Program Studi Teknik Mesin, Universitas Udayana
Kampus Bukit Jimbaran, Badung, Bali 80362
Telp. / Fax.: 62 361 703321
E-mail: jitm_tdm@me.unud.ac.id; t_desain_mekanika@yahoo.co.id
Info JITM-TDM: www.mesin.unud.ac.id

Kata Pengantar

Puji syukur tercurahkan kepada Tuhan Yang Maha Esa atas terbitnya Jurnal Ilmiah Teknik Mesin – TEKNIK DESAIN MEKANIKA, Universitas Udayana volume 11 Nomor 4, Oktober 2022 ini. Penerbitan jurnal ini bertujuan menyediakan media publikasi untuk hasil-hasil penelitian maupun kajian aplikasi di bidang Teknik Mesin, baik untuk peneliti di kalangan internal maupun eksternal kampus Universitas Udayana, baik dari kalangan mahasiswa maupun dosen.

Dewan redaksi mengucapkan terima kasih atas dukungan dan motivasi dari rekan-rekan di kampus serta pimpinan program studi dalam merealisasikan terbitnya jurnal ini. Dewan redaksi juga menyampaikan terima kasih atas partisipasi rekan-rekan peneliti yang mengirimkan naskahnya untuk dipublikasikan via Jurnal Teknik Mesin Universitas Udayana.

Dalam penerbitan JITM TEKNIK DESAIN MEKANIKA Volume 11 Nomor 4 ini, disajikan 17 artikel, dalam berbagai topik meliputi komposit, material, bahan bakar, sistem bahan bakar, gasifikasi, carbon aktif, sistem kontrol dan cooling.

Akhirnya, Dewan redaksi berharap semoga artikel-artikel dalam jurnal ini bermanfaat bagi pembaca dan memperkuat semangat untuk ikut dalam pengembangan ilmu dan teknologi terutama di bidang Teknik Mesin. Kami tunggu naskah-naskah untuk penerbitan berikutnya.

Dewan Redaksi

TEKNIK DESAIN MEKANIKA

Jurnal Ilmiah Teknik Mesin

Volume 11 • Nomor 4 • Oktober 2022 • Hal. 1846– 1949

Daftar Isi

Pengaruh Komposisi Matriks <i>Gypsum</i> Berserat Limbah Masker Medis Terhadap Kemampuan Bending Edo Andreas Sitorus, Ngakan Putu Gede Suardana, Cok Istri Putri Kusuma Kencanawati	1846-1849
Analisis Kenyamanan Termal Pada Ruang Produksi Gamelan Bali Di Desa Tihingan Benrio Marcelo, I Gusti Ngurah Priambadi, Wayan Nata Septiadi	1850-1855
Pengaruh Penggunaan Beban Lampu Terhadap Unjuk Kerja <i>Cooler Box Portable</i> Dicky Mahaputra Dewayana, I Made Astika, dan Made Sucipta	1856-1859
Analisis Penambahan Pre Filter Terhadap Penurunan Tekanan Dan Endapan Pada Filter Berbahan Bakar Campuran Diesel Biodiesel I Gede Bangsa Negara, Ainul Ghurri, I Ketut Gede Wirawan	1860-1865
Pengaruh Penambahan Etanol Pada Campuran Diesel-Biodiesel Terhadap Penurunan Tekanan Dan Endapan Pada <i>Fuel Filter</i> Dava Rizki Nur Alamsyah, Ainul Ghurri, I Ketut Gede Wirawan	1866-1871
Pengaruh Pemanasan Awal Dexlite dan Biodiesel Minyak Jelantah Terhadap Karakteristik Penyumbatan Pada <i>Fuel Filter</i> Rozy Mukrizal, Ainul Ghurri, dan I Ketut Gede Wirawan	1872-1878
Studi Eksperimental Karakteristik Laju Aliran Kalor Material Karbon Aktif Bambu Betung Dengan Holding Time 30 Menit Sebagai Material Pad Alternatif Novry F Palindangan, Hendra Wijaksana, I Gede Teddy Prananda Surya	1879-1887
Pengaruh Durasi Penyimpanan Dexlite Terhadap Penurunan Tekanan Dan Endapan Pada <i>Fuel Filter</i> Bahan Bakar Jeico Mauro Sibarani, Ainul Ghurri, I Ketut Gede Wirawan	1888-1892
Perlakuan Alkali Dan Variasi Fraksi Berat Serat Terhadap Karakteristik Kekuatan Tarik Komposit Polyester Berpenguat Serat Bambu Tabah I Made Dwi Pica Harsa Nadi, Tjokorda Gde Tirta Nindhia, I Wayan Bandem Adnyana	1893-1900
Pengaruh Variasi Temperatur Operasi Terhadap Kandungan <i>Syngas</i> DRFB Berbahan Bakar RDF I Putu Handika Maulana, I Nyoman Suprpta Winaya, I Wayan Arya Darma	1901-1903
Pengaruh Natrium Sulfat Terhadap Kekuatan Impact Dan Kerusakan Batu Tempel Plastik-Pasir Dan Batu Apung Jonathan Lasrio, Ngakan Putu Gede Suardana, Cok Istri Putri Kusuma Kencanawati	1904-1909
Rancang Bangun Pengukur Jumlah Denyut Jantung, Kadar Oksigen Dalam Darah Dan Suhu Tubuh Berbasis <i>Internet Of Things (Iot)</i> I Made Agus Adi Dwipayana, I Nyoman Pramaita, Widyadi Setiawan	1910-1917

Analisis Ukuran <i>Droplet</i> pada <i>Partially-Hydrogenated</i> Biodiesel Minyak Jelantah I N. G. A. Valerie , I K. G. Wirawan, A. Ghurri	1918-1924
Pengaruh Variasi <i>Bed Material</i> Terhadap Kandungan <i>Syngas</i> Pada <i>Dual Reactor Fluidized Bed</i> Berbahan Bakar RDF Farid Aziz Maulana Zen, I Nyoman Suprpta Winaya, I Wayan Arya Darma	1925-1928
Perancangan Sistem Kontrol Penerbangan Fuzzy untuk Stabilitas <i>Drone</i> Menggunakan Matlab/Simulink Muhammad Arif Rahman, I Wayan Widhiada dan Anak Agung Adhi Suryawan	1929-1935
Performansi <i>Green Inhibitor</i> Berbasis Ekstrak Propolis <i>Kele-Kele</i> Terhadap Laju Korosi Sambungan Las Pipa Sch 40 Pada Medium Korosif Nacl 3.5% I Made Suastika Jaya, I Nyoman Budiarsa, Dewa Ngakan Ketut Putra Negara	1936-1943
Kekuatan Sambungan Dan Ketahanan Korosi Melalui Penambahan <i>Filler Zinc</i> Pada Las Titik <i>Dissimilar</i> Antara Aluminium AL 1100 Dan Baja Tahan Karat SS 316 Gede Jovial Jumaniana Jaya, I Nyoman Budiarsa, Dewa Ngakan Ketut Putra Negara	1944-1949

Pengaruh Komposisi Matriks Gypsum Berserat Limbah Masker Medis Terhadap Kemampuan Bending

Edo Andreas Sitorus, Ngakan Putu Gede Suardana, Cok Istri Putri Kusuma Kencanawati

Program Studi Teknik mesin Universitas Udayana, Kampus Bukit Jimbaran Bali

Abstrak

Limbah medis infeksius menjadi permasalahan di masa pandemic covid-19 dimana terjadi peningkatan sampai dengan 30% sedangkan kapasitas pengolahannya masih terbatas. Salah satunya adalah limbah masker medis, sempat menjadi konflik dikarenakan banyaknya masker yang dibuang sembarangan dan mengakibatkan pencemaran lingkungan sekitar. Penelitian ini menggunakan gypsum sebagai matriks dan limbah masker medis yang sudah disterilisasi serta dicacah berukuran $\pm 1 \text{ cm}^2$ sebagai serat dengan variasi fraksi volume 0% limbah masker medis, 5% limbah masker medis, 10% limbah masker medis, 15% limbah masker medis, dicetak dengan metode hand lay up menggunakan cetakan akrilik dan serat disusun secara acak. Komposit dipotong sesuai acuan ASTM D790, diuji untuk mencari tahu tegangan, regangan, dan modulus elastisitas. Data pengujian bending mengalami penurunan, dimana tegangan tertinggi didapat pada fraksi 0% limbah masker medis dengan nilai rata-rata 5,448 MPa sedangkan yang terendah didapat pada fraksi 15% limbah masker medis dengan nilai rerata 0,842 MPa, regangan bending memiliki peningkatan dimana regangan tertinggi didapat pada fraksi 10% limbah masker medis dengan nilai rata-rata 0,695%, sedangkan yang terendahnya didapat pada fraksi 0% limbah masker medis dengan nilai rata-rata 0,103%, modulus elastisitas mengalami penurunan, dimana modulus elastisitas tertinggi didapat pada fraksi 0% limbah masker medis dengan nilai rata-rata 6472,858 MPa, sedangkan yang terendah didapat pada fraksi 15% limbah masker medis dengan nilai rata-rata 261,144 MPa.

Kata Kunci: gypsum, limbah masker medis, fraksi volume, kekuatan bending

Abstract

Wasted medical infectious becomes the problems during the Covid-19 pandemic. Occur enhancement until with 30% while capacity processing still limited. One of is them medical mask waste, becomes conflict for several because how many wasted masks are thrown away reckless and result in pollution environment around. This research used gypsum as matrix and waste medical masks sterilized as well as chopped sized $\pm 1 \text{ cm}^2$ as reinforcement with variation fraction volume 0%, 5%, 10%, and 15% medical mask waste, manufactured with hand lay up method implanted using an acrylic mold with disordered oriented reinforcement. Composite cut in accordance ASTM D790, tested looking stress, strain, and modulus of elasticity. Bending test data experienced decrease, where highest stress obtained in the 0% fraction of medical mask waste with the average value is 5,448 MPa while the lowest is obtained in the 15% fraction of medical mask waste with the average is 0.842 MPa, the bending strain has enhancement where strain highest obtained in the 10% fraction of medical mask waste with the average value is 0.695%, while the lowest is obtained in the 0% fraction of medical mask waste with average value 0.103%, modulus of elasticity experience decrease, where the modulus of elasticity highest obtained in the 0% fraction of medical mask waste with the average value is 6472.858 MPa, while the lowest obtained in the 15% fraction of medical mask waste with the average value is 261.144 MPa.

Keywords: Gypsum, medical mask waste, volume fraction, bending strength

1. Pendahuluan

Sampah adalah masalah yang selalu ada di kehidupan kita setiap harinya. Dimana-mana banyak sekali sampah yang tertimbun dan tidak dapat didaur ulang secara maksimal khususnya di Indonesia. Selain itu limbah masker juga menjadi perhatian di masa COVID-19 ini. Setiap hari kita beraktifitas wajib menggunakan masker dan setiap hari juga kita harus mengganti masker. Tercatat jumlah limbah medis meningkat 30% sedangkan kapasitas untuk mengolah limbah B3 medis masih terbatas diberbagai daerah khususnya di luar jawa. Gypsum sangat mudah ditemukan di Kalimantan dan Jawa Barat, namun selama ini pendayagunaannya belum

maksimal di Indonesia. Dari total penduduk Indonesia yang 260 juta jiwa, pengaplikasiannya saat ini sudah mencapai

1. Matriks yang digunakan merupakan gypsum casting dengan larutan air dan perbandingan 2:1.
2. Serat yang digunakan yaitu cacahan limbah masker dengan ukuran $\pm 1 \text{ cm}^2$.
3. Pengaruh suhu diabaikan.
4. Pengujian yang digunakan adalah bending (ASTM D790) dan uji mikrostruktur.

2.1. Uji Bending

Pengujian bending merupakan pengujian yang memberikan data kuat Bending dari material yang

diuji. Pada pengujian kali ini penelitian mengacu kepada ASTM D790. Pengujian *bending* memiliki dua metode pengolahan yaitu 3 titik bending dan 4 titik *bending*. Pengujian bending menghasilkan tegangan bending, regangan bending dan modulus elastisitas yang terjadi:



Gambar 1. Ukuran spesimen uji bending

Pengujian bending menghasilkan tegangan bending, regangan bending dan modulus elastisitas yang terjadi:

$$\sigma l = \frac{3PL}{2bd^2} \dots\dots\dots(1)$$

$$el = \frac{6\delta.d}{L^2} \dots\dots\dots(2)$$

$$El = \frac{l^3.m}{4bd^3} \dots\dots\dots(3)$$

Keterangan :

- σl = Tegangan bending (MPa)
- El = Modulus elastisitas bending (MPa)
- el = Regangan bending
- P = Beban (N)
- L = Jarak Point (mm)
- b = Lebar benda uji (mm)
- d = Ketebalan benda uji (mm)
- δ = Defleksi benda uji (mm)
- m = Tangen garis lurus pada *stress strain curve*(MPa)

2.2 Uji mikrostruktur

Foto mikrostruktur berfungsi untuk menentukan homogenitas dari spesimen. Foto mikro juga berfungsi sebagai penentu distribusi ikatan antara masing-masing bahan penyusun spesimen, yaitu distribusi serat limbah masker medis dan *gypsum*. Proses pengamatan mikro dilakukan di laboratorium Metalurgi Teknik Mesin Universitas Udayana.

3. Metode Penelitian

3.1 Proses Pembuatan Spesimen

Komposisi bahan berat spesimen dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 1. Tabel komposisi Bahan

fraksi volume	volume matriks (cm ³)	volume serat (cm ³)	berat matriks (gr)	berat serat (gr)	berat total (gr)
0%	900	0	2.079	0	2.079
5%	855	45	1.975,05	25,02	2.000,07
10%	810	90	1.871,1	50,04	1.921,14
15%	765	135	1.767,15	75,06	1.842,21

3.2 Pengujian bending

Pengujian komposit *gypsum*/limbah masker medis dilakukan di Laboratorium Metalurgi Teknik Mesin Universitas Udayana. Pengujian dilakukan mengacu pada ASTM D790 [1] dimana pengujian menggunakan alat uji mekanik Tensilon RTG 1250.

Penambahan defleksi sebesar 0,01 mm sampai spesimen mengalami deformasi. Pengujian bending menggunakan 6 spesimen setiap variasi fraksi volume dengan total spesimen uji adalah 24.

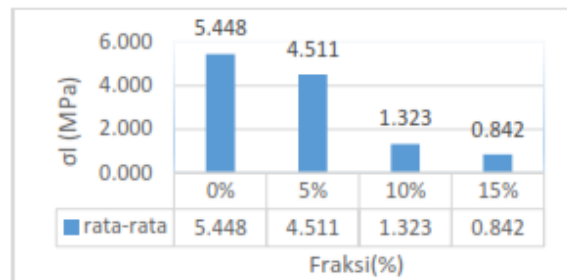


Gambar 2. Proses pengujian bending

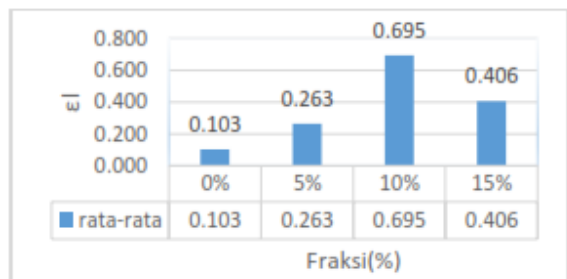
4. Hasil Dan Pembahasan

4.1. Hasil Uji Bending

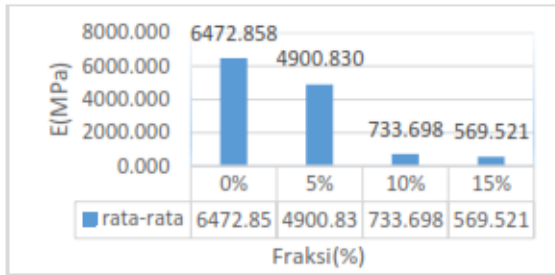
Data hasil uji bending merupakan hasil dari pengujian komposit *gypsum* berserat limbah masker medis. Setelah melakukan pengujian dan pengolahan data, hasil uji dirata-ratakan dan dapat dilihat pada gambar 4,5 dan 6.



Gambar 4. Grafik rata-rata tegangan bending komposit variasi 0%,5%,10%, dan 15%



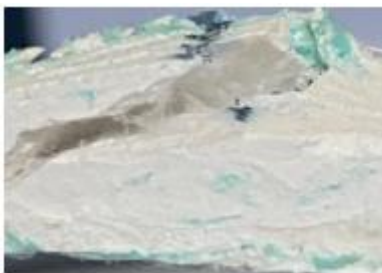
Gambar 5. Grafik rata-rata tegangan bending komposit variasi 0%,5%,10%, dan 15%



Gambar 6. Grafik rata-rata tegangan bending komposit variasi 0%,5%,10%, dan 15%

Fraksi volume mempengaruhi nilai tegangan bending dari komposit [2]. Tanpa penambahan serat, kemampuan komposit untuk menahan beban yang diberikan berkurang, sehingga dapat terlihat berupa patahan setelah tampak lebih getas akibat kurangnya penambahan serat. Terlalu banyak serat juga meningkatkan kemungkinan rongga dan celah terbentuk [3].

Seperti yang terlihat pada grafik tegangan semakin besar presentase serat limbah masker medis, semakin menurun tegangan bending dari komposit *gypsum* berserat limbah masker medis. Tegangan bending tertinggi ditunjukkan pada komposit variasi fraksi volume 0% serat yaitu sebesar 5,448MPa, sedangkan tegangan terendah ditunjukkan pada komposit variasi fraksi volume 15% serat yaitu sebesar 0,832 MPa. Hal ini menunjukkan bahwa penambahan serat berpengaruh pada tegangan, dimana adanya penurunan nilai tegangan seiring meningkatnya persentase serat. Hal ini mengindikasikan bahwa beban yang diterima pada pengujian bending berpusat searah seratnya sesuai patahan pada gambar 7 serta adanya distribusi serat yang kurang baik serta ikatan antara matriks dan serat yang lemah akan membuat nilai kekuatan bendingnya menurun seiring dengan penambahan komposisi seratnya.



Gambar 7. Visualisasi patahan fraksi volume 15%

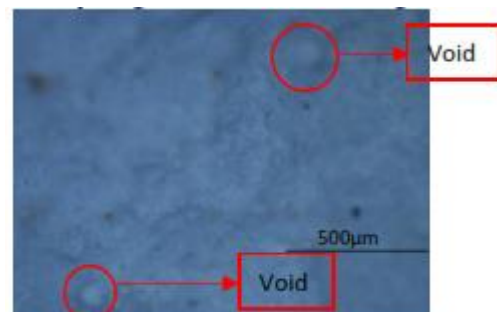
Seperti yang terlihat pada grafik regangan semakin besar presentase serat limbah masker medis, semakin meningkat regangan bending dari komposit. Regangan bending tertinggi ditunjukkan pada komposit variasi fraksi volume 10% serat yaitu sebesar 0,695, sedangkan regangan bending terendah ditunjukkan pada komposit variasi fraksi volume 0% serat yaitu sebesar 0,103. Peningkatan

regangan bending pada komposit *gypsum* berserat limbah masker medis tidak terlalu signifikan dari variasi fraksi volume 0% serat sampai variasi fraksi volume 10% serat. Hal ini terjadi dikarenakan terlalu banyak serat juga meningkatkan kemungkinan rongga dan celah terbentuk. Maka dapat dilihat pada fraksi variasi 15% ada penurunan dikarenakan ikatan matrik dan serat melemah karena serat lebih banyak daripada matriks. variasi fraksi volume 15% serat yaitu sebesar 569,521 MPa. Hal ini terjadi dikarenakan serat yang ditambahkan terlalu banyak maka serat juga meningkatkan kemungkinan rongga dan celah terbentuk. Maka dapat dilihat pada fraksi variasi 15% ada penurunan dikarenakan ikatan matrik dan serat melemah karena serat lebih banyak daripada matriks.

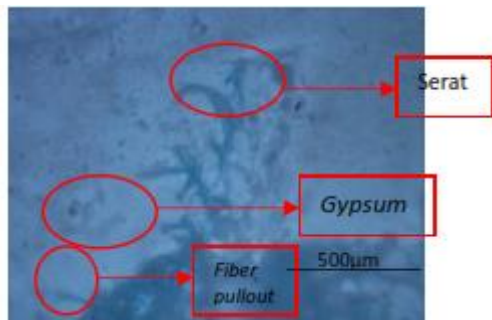
Seperti yang terlihat pada grafik diatas semakin besar presentase serat limbah masker medis, semakin menurun modulus elastisitasnya. Modulus elastisitas tertinggi dimiliki oleh komposit variasi fraksi 0% serat yaitu sebesar 6472,858 MPa, sedangkan modulus elastisitas terendah ditunjukkan pada komposit variasi fraksi volume 15% serat yaitu sebesar 569,521 MPa. Berdasarkan hasil pengujian, komposit variasi fraksi 0% serat memiliki sifat lebih getas dibandingkan dengan komposit variasi fraksi volume 15% serat. Dengan demikian penambahan serat berpengaruh pada tegangan, regangan serta modulus elastisitas.

4.2. Hasil Uji Mikrostruktur

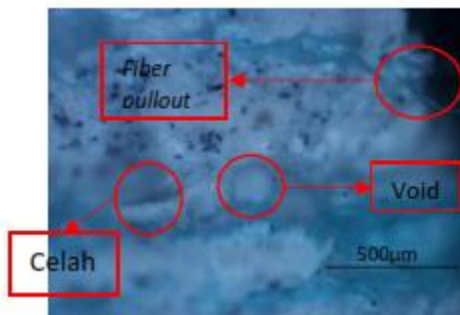
Pengamatan foto mikro dilakukan untuk mengetahui kondisi patahan dari material uji. Pengamatan yang dilakukan biasanya melibatkan batas butir dari fasa-fasa yang ada dalam suatu bahan atau material tersebut. Perbesaran yang digunakan adalah 5x. Uji foto mikro dilakukan di Laboratorium Metalurgi, Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Udayana dengan menggunakan alat uji microscope Nikon LV 150NL. Pengamatan dapat dilihat pada gambar dibawah ini sebagai berikut:



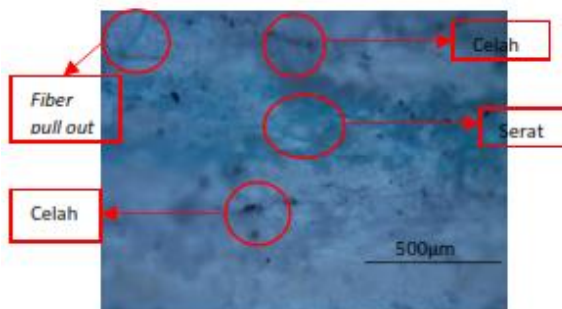
Gambar 8. Foto Mikrostruktur Fraksi Volume 0% Serat



Gambar 9. Foto Mikrostruktur Fraksi Volume 5% Serat



Gambar 10. Foto Mikrostruktur Fraksi Volume 10% Serat



Gambar 11. Foto Mikrostruktur Fraksi Volume 15% Serat

Berdasarkan pada gambar foto mikrostruktur patahan pada komposit dengan variasi fraksi volume 0% serat dapat dilihat adanya beberapa *void* yang terperangkap. Hal tersebut dapat terjadi karena kurangnya pembebanan pada saat proses pencetakan spesimen sehingga udara masih terperangkap. Pada komposit dengan variasi fraksi volume 5%, 10%, dan 15% serat dapat dilihat adanya *fiber pull-out*, celah antara serat dan matriks, Hal tersebut dapat terjadi karena orientasi serat acak dimana ikatan antara serat dan matriks melemah pada saat beban yang diberikan terus bertambah sehingga mengalami pelepasan serat pada komposit, namun matriks mengalami retak dan pecah atau yang disebut *delamination*. Pada saat matriks mengalami kegagalan, serat masih dapat menanggung beban, sehingga proses terjadinya patahan tidak berlangsung secara bersamaan. Celah terjadi dikarenakan banyaknya serat pada komposit tersebut serta sifat fisik serat yang berbahan dasar dari kain spunbond bersifat anti air, pada saat proses

manufaktur, serat tidak menyatu dengan matriks mengakibatkan ikatan antara matriks dan serat melemah *Fiber pull-out* terjadi karena ikatan antara serat dan matriks melemah pada saat beban meningkat [4]. Saat matriks tidak mampu lagi menanggung beban, serat masih dapat menanggung beban, sehingga proses terjadinya patahan tidak bersama.

5.Simpulan

Berdasarkan hasil penelitian terhadap pengaruh komposisi matriks *gypsum* berserat limbah masker medis dapat disimpulkan bahwa variasi fraksi volume serat (limbah masker medis) berpengaruh terhadap kekuatan bending. Kekuatan menurun seiring dengan meningkatnya persentase komposisi serat yang digunakan. Hal ini terjadi karena serat memiliki karakteristik anti air, pada saat proses pencetakan serat menolak untuk merekat pada matriks cair sehingga terjadi ikatan yang lemah antara matriks dan serat.

Daftar Pustaka

- [1] ASTM, D. 2002. ASTM D-790. *Standard Test Method for Bending Properties of Plastics*, ASTM Int
- [2] Lokantara I. P., Suardana N.P.G, Karohika I M.G.,2009, **Efek Fraksi Volume Serat dan Penyerapan Air Tawar Terhadap Kekuatan Bending Komposit Tapis Kelapa/Polyester**, Jurnal Ilmiah Teknik Mesin *CakraM* , Vol 3 No 2, 138-143
- [3] Dyah E., dkk,2012, **Pengaruh Panjang Serat dan Fraksi Volume terhadap Kekuatan Impact dan Bending Material Komposit Polyester-Fiberglass dan Polyester-Pandan Wangi**, *Dinamika Teknik Mesin*, Vol. 2 No 1.
- [4] Leiwakabessy A.Y., Purnowidodo A., Soenoko R.,2013, **Perubahan Sifat Mekanis Komposit Hibrid Polyester yang Diperkuat Serat Sabut Kelapa dan Ampas Empulur Sagu**, *Jurnal Rekayasa Mesin* Vol. 4, No. 3.

	<p>Edo Andreas Sitorus menyelesaikan studi program sarjana di Program Studi Teknik Mesin Universitas</p>
<p>Bidang penelitian yang diminati adalah topik-topik yang berkaitan dengan rekayasa manufaktur</p>	

Analisis Kenyamanan Termal Pada Ruang Produksi Gamelan Bali Di Desa Tihingan

Benrio Marcelo, I Gusti Ngurah Priambadi, Wayan Nata Septiadi
Program Studi Teknik Mesin Universitas Udayana, Bukit Jimbaran Bali

Abstrak

Penelitian ini dilatarbelakangi oleh ketidaknyamanan pekerja didalam ruang produksi gamelan saat melakukan kegiatan produksi. Hal ini disebabkan juga oleh iklim tropis yang ada di Indonesia. Dalam melakukan pengecoran gamelan masih dilakukan dengan cara tradisional yang dimana suhu ruang akan mengalami peningkatan dikarenakan untuk melelehkan material gamelan dibutuhkan suhu yang amat tinggi, sehingga akan mempengaruhi kenyamanan para pekerjanya. Penelitian ini dilakukan dengan cara simulasi menggunakan aplikasi CFD (Computational Fluid Dynamic). Dari hasil penelitian yang didapat dari simulasi menggunakan aplikasi CFD ini menunjukkan bahwa penyebaran suhu pada ruangan lebih banyak mengarah ke lokasi pekerja dikarenakan hasil dari turbulensi dari udara panas yang terjebak didalam ruangan. Hasil dari simulasi ini masih tergolong cukup tinggi dikarenakan pendinginan ruang produksi masih dilakukan secara konveksional yang memungkinkan sirkulasi suhu dan udara dalam ruangan tidak baik mengakibatkan para pekerja merasa tidak nyaman dengan suhu ruang yang berkisar 50-70 °C

Kata Kunci : Bilah Gamelan, Suhu, Kenyamanan Termal, Ruang Produksi

Abstract

In making this gamelan, it is still done in the traditional way, which is smelting and then casting and forging. The speed of gamelan production depends on the pressure, capacity and distribution of air flow so that it can influence workers to carry out production activities optimally. To overcome this problem, a research was conducted using the application of CFD (Computational Fluid Dynamic) to analyze the air flow and temperature distribution in the gamelan production room. The subject of this research is Pemade Utama's gamelan production room in Klungkung, which has a room temperature of 25 °C. The data in this study were obtained through direct observation, measurement and documentation. The results of this simulation are still quite high because the cooling of the production room is still carried out convectively which allows the circulation of temperature and air in the room is not good causing workers to feel uncomfortable with room temperatures ranging from 50-70 °C

Keywords: Gamelan Bars, Temperature, Thermal Comfort, Production Room

1. Pendahuluan

Gamelan Bali merupakan perangkat musik tradisional yang berasal dari Bali, dalam proses pembuatan gamelan bali masih dilakukan dengan cara tradisional dan dikerjakan pada ruang tertutup menyebabkan suhu pada ruang produksi menjadi sangat panas. Untuk mengurangi panas pada ruang produksi tidak bisa dilakukan dengan menambahkan alat pendingin ruangan, yang dapat dilakukan untuk menurunkan suhu ruangan dengan metode konveksi. Proses pembuatan gamelan pasti ada proses pengecorannya, proses pengecoran sendiri adalah proses produksi dengan cara meleburkan bahan baku (dalam hal ini menggunakan unsur Cu & Sn) di tungku peleburan (prapen), proses pengecoran, proses penempaan/pemadatan (forging), serta proses akhir (finishing) [1]. Kecepatan pembuatan gamelan ini tergantung dari tekanan, kapasitas serta distribusi aliran udara sehingga ruang atau tempat pembuatan menjadi panas sehingga pekerjaan yang dilakukan kurang maksimal. Paparan panas lingkungan kerja yang diterima tubuh secara berlebihan dapat menimbulkan masalah kesehatan dari sangat ringan seperti, *heat cramps*, *heat exhaust* hingga mengakibatkan *heat stroke*. Pada wilayah Indonesia memiliki suhu rata-rata 35°C dengan kelembapan tertinggi mencapai 80%. Keadaan ini

Korespondensi: Tel./Fax.:
E-mail:

terjadi akibat dari posisi Indonesia yang berada pada pertemuan dua iklim yang dimana posisi diantara 2 benua dan 2 samudra, perbandingan luas daratan dan lautnya, dan lain-lain. Kondisi kurang menguntungkan bagi manusia dalam melakukan aktivitasnya saat cuaca panas sebab produktivitas manusia cenderung menurun atau rendah pada kondisi udara yang tidak nyaman seperti halnya terlalu dingin atau panas [2].

Sistem ventilasi pada ruangan akan memperbaiki pergerakan udara dari luar ruangan masuk ke dalam ruangan, sehingga adanya pertukaran udara. Kurangnya ventilasi pada ruangan akan menyebabkan kurangnya oksigen di dalam ruangan yang menimbulkan akibat kadar karbon dioksida yang bersifat racun bagi penghuninya meningkat. Sistem sirkulasi udara yang banyak digunakan oleh masyarakat adalah ventilasi alami. Dengan penghawaan alami, udara yang masuk dan keluar akan bersirkulasi secara alami tanpa menggunakan alat-alat mekanis, sehingga sangat bergantung pada kecepatan angin, kondisi cuaca, dan variasi tentang tekanan dan temperatur udara di luar dan di dalam ruangan. [3].

2. Landasan Teori

2.1. Pengaruh Fisiologis Akibat Tekanan Panas

Pekerja Kondisi termal tempat kerja merupakan suatu kondisi lingkungan kerja yang dipengaruhi oleh beberapa aspek lingkungan kerja fisik. Adapun aspek-aspek tersebut dapat berupa temperatur, kelembaban relatif, pergerakan udara serta aspek personal seperti insulasi pakaian dan jenis kegiatan [5]. Kondisi termal dapat menciptakan kenyamanan dan ketidaknyamanan di tempat kerja. Paparan stres panas yang berkepanjangan juga meningkatkan risiko masalah kesehatan. Secara rinci gangguan kesehatan akibat suhu lingkungan yang berlebihan dapat dijelaskan sebagai berikut:

1. Masalah perilaku dan kinerja di tempat kerja seperti kelelahan, sering istirahat, kurang fokus dan tidak merasa nyaman.
2. Dehidrasi. Dehidrasi adalah hilangnya terlalu banyak cairan dalam tubuh karena rehidrasi yang tidak memadai atau masalah kesehatan. Dengan kehilangan 1,5% cairan tubuh, gejala tidak muncul, kelelahan dimulai lebih awal dan mulut mulai kering.
3. *Heat exhaustion*. Kondisi ini terjadi ketika tubuh kehilangan terlalu banyak cairan dan/atau garam. Gejalanya adalah mulut kering, haus yang ekstrem, lemas, dan kelelahan yang ekstrem. Gangguan ini sering dirasakan oleh pekerja yang belum beradaptasi dengan suhu udara yang panas.
4. *Heat cramps*. Ini adalah kejang otot tubuh bagian atas (lengan dan kaki) yang disebabkan oleh keringat yang kehilangan garam natrium dari tubuh, mungkin karena minum terlalu banyak alkohol dengan terlalu sedikit natrium.

2.2. Ambang Batas Kelembaban Suhu Ruang

Pengendalian suhu dan kelembaban ruangan merupakan upaya untuk mengurangi pengaruh yang berpotensi merugikan atau tidak nyaman agar tingkat kelembaban dan suhu yang ada tidak melebihi ambang batas yang telah ditentukan agar tidak mempengaruhi operasi gerak. Batas-batas kenyamanan untuk kondisi khatulistiwa adalah pada kisaran suhu udara 22,5°C - 29°C dengan kelembaban udara 20 – 50%. Selanjutnya dijelaskan bahwa nilai kenyamanan tersebut harus dipertimbangkan dengan kemungkinan kombinasi antara radiasi panas, suhu udara, kelembaban udara dan kecepatan udara [7].

2.3. Sistem Ventilasi

Ventilasi udara didefinisikan sebagai bukaan atau lubang udara dimana terjadisirkulasi udara yang keluar dan masuk. Ventilasi diperlukan untuk mengurangi konsentrasi polutan di udara dengan mengambil udara segar dan membuang

udara tercemar. Ada dua cara untuk membangun sistem ventilasi: ventilasi alami melalui bukaan seperti jendela, dan ventilasi mekanis yang menggunakan peralatan mekanis untuk mengontrol jumlah udara yang masuk dan keluar ruangan. [8].

3. Metode Penelitian

3.1. Rancangan Penelitian

Data penelitian ini dikumpulkan menggunakan metode eksperimen yang dimana data numerik diperoleh dari pengukuran di ruangan yang dipilih. Pengambilan data dilakukan dengan mengukur suhu ruangan, kelembaban udara, kecepatan udara, suhu pembakaran.

3.2. Metode Pengumpulan data

Dalam penelitian ini metode yang digunakan untuk mengumpulkan data yaitu melalui wawancara, pengamatan langsung, observasi dan pengukuran termal.

3.3. Variabel Penelitian

Variabel Dependen

- Suhu
- Waktu

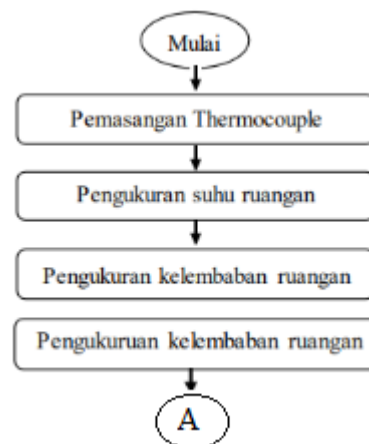
Variabel Independen

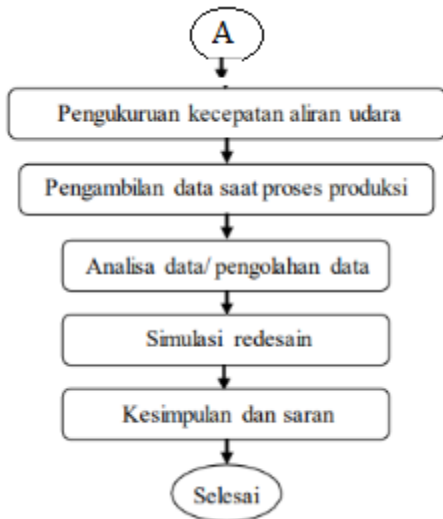
- Kelembapan udara.
- Waktu Pengerjaan

3.4. Alat dan Bahan Penelitian

Adapun alat-alat yang digunakan selama proses pengambilan data antara lain: Data logger, tungku, pengukur jarak, *thermocouple*, *stopwatch*, jangka sorong, anemometer, dan higrometer.

3.5. Diagram alir penelitian





Gambar 1. Diagram alir penelitian

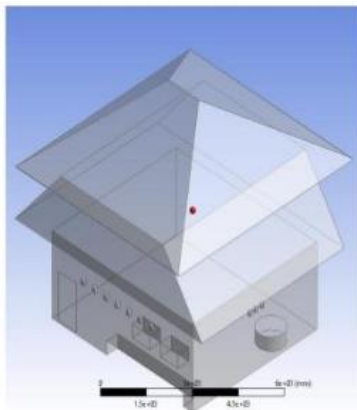
4. Hasil Dan Pembahasan

4.1. Simulasi Ruang Produksi

Dalam melakukan simulasi dengan aplikasi CFD terdapat dua jenis simulasi yaitu simulasi transient dan simulasi steady. Pada simulasi ini digunakan simulasi steady, simulasi steady merupakan simulasi yang ringan karena analisisnya di saat titik seimbang dan tidak terikat waktu sehingga dalam simulasi ini waktu diabaikan.

4.1.1. Penerapan Geometri Ruang

Tahap awal dalam pembuatan simulasi ini adalah membuat geometri. Geometri yang digunakan adalah geometri yang sama persis dengan geometri alat pengering. Desain geometri disajikan pada gambar berikut.



Gambar 2. Desain Geometri

Dari gambar dapat diketahui hasil design dari ruang produksi ini terdapat dua tungku pembakaran, 1 pintu, 10 ventilasi udara dan atap bertingkat yang berfungsi sebagai tempat pertukaran udara dan pencahayaan ruangan. Ukuran dari ruangsni ini memiliki Panjang 6m, lebar ruangan 5,5m, dan tinggi ruang 10m.

4.1.2. Pengolahandata Ruang Produksi Gamelan

Berikut adalah hasil simulasi CFD yang dilakukan menggunakan aplikasi Ansys Workbench. Hasil yang diperoleh dari simulasi berupa distribusi temperature ruang produksi. Untuk simulasi sendiri, dilakukan dengan beberapa tahap yaitu pembuatan geometri, meshing, set up, dan solution.

4.1.3. Input Data Ruang

Tahap yang paling awal dari simulasi yaitu import data geometri ke aplikasi Ansys Workbench.

4.1.4. Proses Meshing

Mesh atau meshing adalah proses membagi benda yang akan dianalisis menjadi area-area kecil. Meshing pada Ansys Workbench ada dua pilihan yaitu automatic meshing dan manual meshing. Pada Penelitian kali ini mesh yang digunakan adalah manual meshing.

Suppressed	No
Type	Element Size
<input type="checkbox"/> Element Size	Default (0.25 m)
Advanced	
<input type="checkbox"/> Defeature Size	Default (1.25e-003 m)
Behavior	Soft
<input type="checkbox"/> Growth Rate	Default (1.2)
Capture Curvature	No
Capture Proximity	No

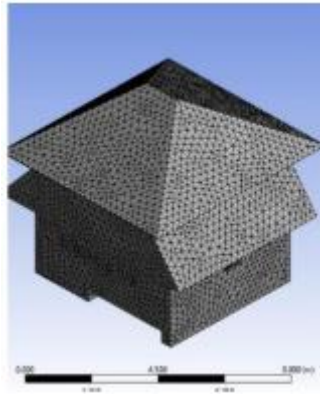
Gambar 3. Ukuran Mesh

Setelah tipe mesh ditentukan maka tahap selanjutnya adalah pengaturan ukuran mesh yang sesuai. Pada penelitian ukuran mesh di atur 0, 25. Penentuan elemen size ikut mempengaruhi hasil komputasi simulasi yang akan dilakukan. Semakin kecil ukuran mesh, semakin akurat juga hasil yang akan di dapat. Setelah ukuran mesh di atur, dilakukan juga penyesuaian pada beberapa kontrol mesh seperti gambar di bawah ini.

Sizing	
Use Adaptive Sizing	No
<input type="checkbox"/> Growth Rate	Default (1.2)
<input type="checkbox"/> Max Size	Default (0.5 m)
Mesh Defeaturing	Yes
<input type="checkbox"/> Defeature Size	Default (1.25e-003 m)
Capture Curvature	Yes
<input type="checkbox"/> Curvature Min Size	Default (2.5e-003 m)
<input type="checkbox"/> Curvature Normal Angle	Default (18.0°)
Capture Proximity	No
Bounding Box Diagonal	14.503 m
Average Surface Area	2.2381 m ²
Minimum Edge Length	8.878e-005 m

Gambar 4. Advance Meshing Control

Setelah semua tahap dilakukan akan dihasilkan bentuk mesh seperti gambar dibawah ini.



Gambar 5. Hasil Meshing

4.1.5 Proses Set-up

Tahap, ini dilakukan penentuan boundary condition berguna untuk mendefinisikan kondisi batas dari alat yang akan disimulasikan. Boundary condition ada beberapa tipe seperti wall, inlet, dan outlet. Kondisi ini diperlukan ketika fluida masuk atau keluar dari model. Pada boundary condition diinput temperatur.

4.1.6 Solving

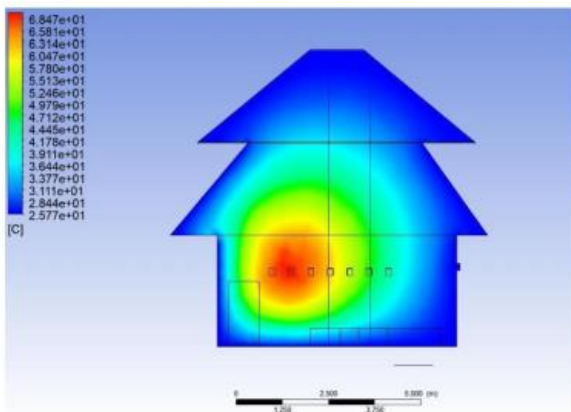
Dilakukan satu kali iterasi karena jenis simulasi yang dijalankan adalah simulasi steady yang berarti hasil dari simulasi ini didapat saat keadaan stabil atau seimbang.

4.2 Hasil Simulasi

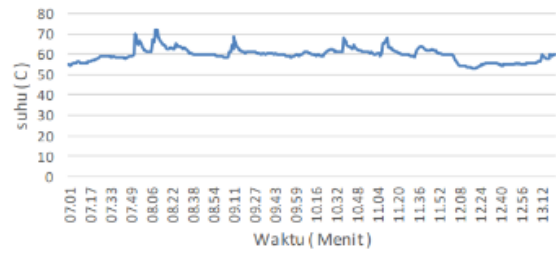
Hasil simulasi diinterpretasikan dalam bentuk gambar. Hasil simulasi terdiri dari persebaran temperatur. Berikut adalah hasil simulasi CFD dari ruang produksi gamelan. Hasil simulasi yang di dapat berupa persebaran temperatur.

4.2.1 Pesebaran Suhu Pada Hasil Simulasi

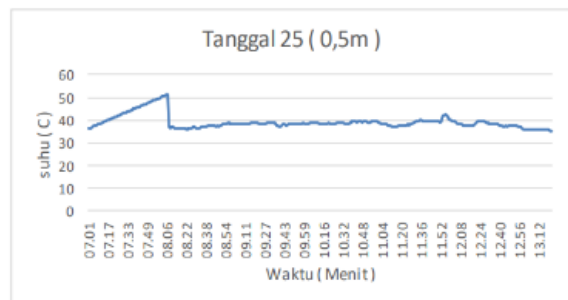
Setelah simulasi selesai dilakukan maka akan didapat data pesebaran suhu pada gambar berikut



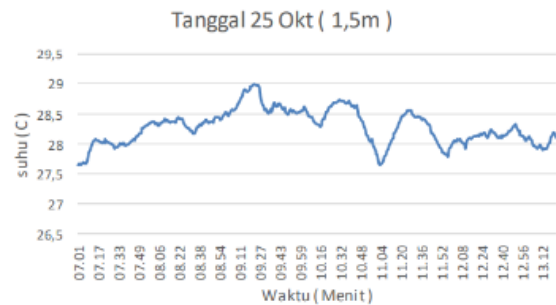
Gambar 6. Hasil Simulasi



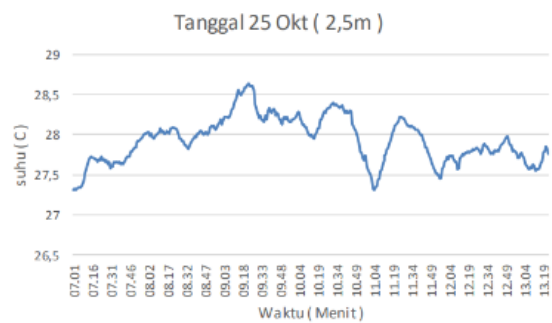
Gambar 7. Grafik suhu pada jarak 0,1 m (25 Okt)



Gambar 8. Grafik suhu pada jarak 0,5 m (25 Okt)



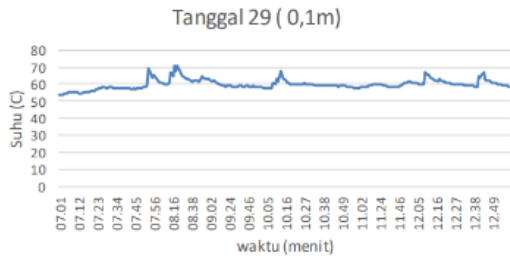
Gambar 9. Grafik suhu pada jarak 1,5 m (25 Okt)



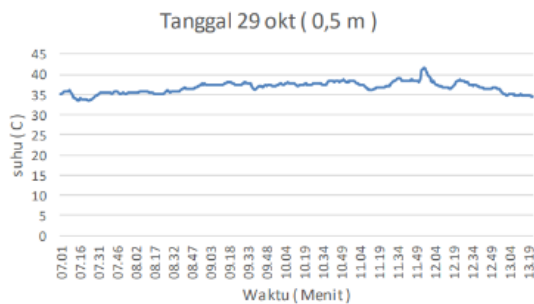
Gambar 10. Grafik suhu pada jarak 2,5 m (25 Okt)

Pengambilan data suhu pada jarak 0,1m, 0,5m, 1,5m dan 2,5m Pada grafik ini suhu pada jarak 0,1m terlihat di grafik terjadinya kenaikan dan penurunan suhu. Pada kenaikan suhu terjadi

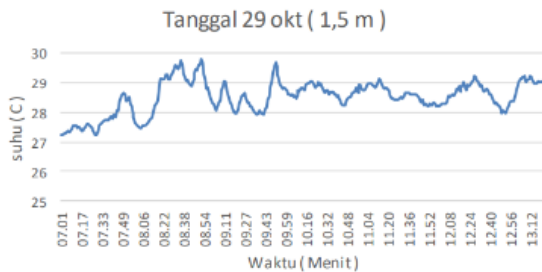
dikarenakan adanya proses peleburan perunggu dan timah, faktor lainnya yang mempengaruhi peningkatan suhu adalah suhu lingkungan yang berkisar 26-30°C dan dengan kelembaban udara 70-80%.



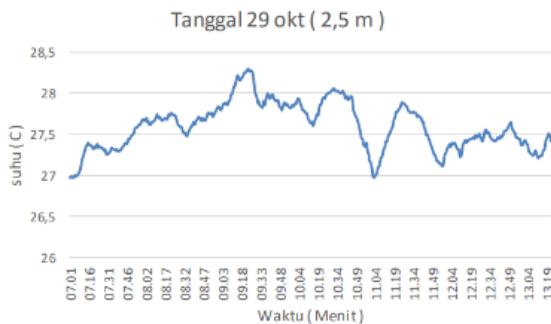
Gambar 10. Grafik suhu pada jarak 0,1 m (29Okt)



Gambar 11. Grafik suhu pada jarak 0,5 m (29Okt)



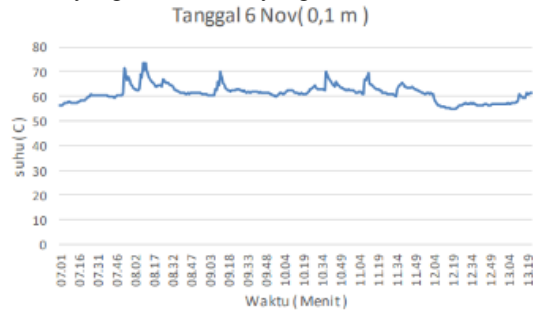
Gambar 12. Grafik suhu pada jarak 1,5 m (29Okt)



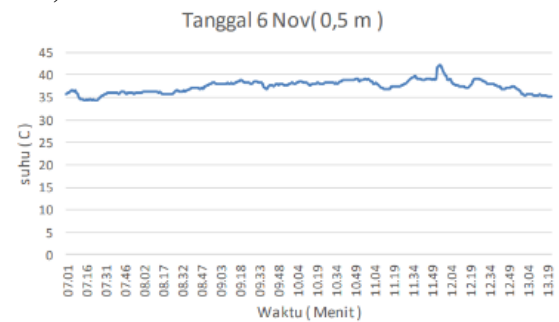
Gambar 13. Grafik suhu pada jarak 2,5 m (29Okt)

Pada gambar grafik tanggal 29 oktober ini tidak

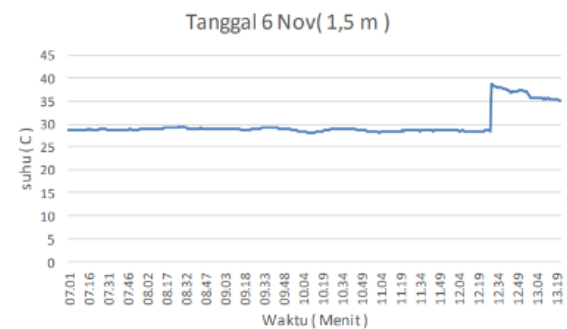
jauh berbeda dengan grafik tanggal 25 oktober karena suhu udara lingkungan serta kelembaban udara yang sama cuaca yang tidak berbeda.



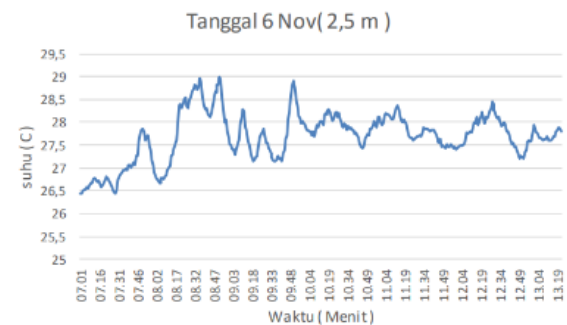
Gambar 14. Grafik suhu pada jarak 0,1 m (6 Nov)



Gambar 15. Grafik suhu pada jarak 0,5 m (6 Nov)



Gambar 16. Grafik suhu pada jarak 1,5 m (6 Nov)



Gambar 16. Grafik suhu pada jarak 1,5 m (6 Nov)

Dari gambar diatas dapat diketahui bahwa nilai temperatur yang berwarna merah menandakan radius pusat panas, sementara pada warna berikutnya yang mengalami pemudaran dari warna oranye hingga menjadi berwarna biru menandakan

bahwa semakin jauh jarak dari sumber panas maka suhu semakin rendah atau mendekati suhu ruang, besar dari temperature terendah adalah 26°C, yang memiliki besar suhu yang sama dengan suhu lingkungan yang ada. Nilai tertinggi dari hasil simulasi dari ruang produksi gamelan ini adalah 70°C.

Pengukuran suhu pada jarak 0,1m terlihat di grafik dan gambar terjadinya kenaikan dan penurunan suhu. Pada kenaikan suhu terjadi dikarenakan adanya proses peleburan perunggu dan timah, faktor lainnya yang mempengaruhi peningkatan suhu adalah suhu lingkungan yang berkisar 26-30°C dan dengan kelembaban udara 70-80% serta jarak yang sangat mendekati tempat peleburan.

Pada grafik ini dapat dilihat bahwa di jarak 0,5m kenaikan suhu 50 °C yang cukup signifikan terjadi pada awal tahap pengerjaan dikarenakan pada awal pembakaran dibutuhkan suhu yang lebih tinggi dikarenakan energi yang dibutuhkan pada awal pembakaran lebih besar daripada pembakaran selanjutnya.

Pada grafik ini dengan jarak 1,5m suhu yang terukur dari 27 -29°C yang berarti suhu yang terukur tidak terpengaruh oleh panas peleburan. Pada grafik dengan jarak 2,5 meter suhu maksimal yang terukur mengalami penurunan dari jarak sebelumnya yaitu pada suhu 28,6 °C. Penurunan suhu paling rendah terjadi di suhu 27,3°C, hal ini disebabkan karena blower berhenti dan pembakaran menjadi kecil sehingga suhu menjadi turun.

5. Kesimpulan

Berdasarkan dari data yang telah dianalisis beserta dengan pembahasan yang diuraikan dari bab sebelumnya, maka dapat ditarik kesimpulan bahwa:

1. Karakteristik yang didapat dari hasil penelitian ini adalah suhu rata rata untuk para pekerja merasa nyaman didalam ruang produksi adalah 30°C dan memiliki bentuk ruang yang optimal agar pergerakan udara akan searah.
2. Bentuk atap yang sesuai pada ruang produksi gamelan ini adalah bentuk atap bertingkat dikarenakan udara panas akan lebih mudah keluar dibanding kan menggunakan model atap yang luas. Masuknya intensitas cahaya juga akan lebih sedikit yang berguna untuk melihat hasil dari pengecoran material..

Daftar Pustaka

- [1] IGN. Priambadi, 2014, *Redesain Injektor Udara Pembakaran Pada Perajin Gamelan Bali di Desa Tihingan*, Klungkun, Bali.

- [2] B.Talarosha, 2005, *Menciptakan Kenyamanan Thermal Dalam Bangunan*.
- [3] Abidin, Z., & Widagdo, S. 2009. *Studi Literatur Tentang Lingkungan Kerja Fisik Perkantoran*. Dalam Seminar Nasional V SDM Teknologi Nuklir Yogyakarta.
- [4] Hardiningtyas, D. (2016). *Thermal Comfort Investigation Based On Predicted Mean Vote (PMV) Index Using Computation Fluid Dynamic (CFD) Simulation*, Universitas sepuluh November.
- [5] Rambe, A. (2013). *Analisis Perancangan Sistem Ventilasi Dalam Meningkatkan Kenyamanan Termal Pekerja Di Ruang Formulasi Pt Xyz*. Jurnal Teknik Industri USU.



Benrio Marcelo menyelesaikan studi S1 di Universitas Udayana, Program Studi Teknik Mesin, pada tahun 2022

Bidang penelitian yang menjadi konsentrasi adalah topik pembahasan konversi energi

Pengaruh Penggunaan Beban Lampu Terhadap Unjuk Kerja Cooler Box Portable

Dicky Mahaputra Dewayana, I Made Astika, dan Made Sucipta*

Program Studi Teknik Mesin, Universitas Udayana, Bukit Jimbaran, Bali

Abstrak

Sumber daya laut Indonesia merupakan sumber pendapatan utama bagi nelayan, yaitu ikan. Kesegaran ikan menjadi faktor utama penentu harga jual. Untuk menjaga kesegaran ikan, nelayan tradisional sering menggunakan alat pengawet. Dalam penggunaannya di lapangan salah satu alat pengawet yang banyak digunakan di masyarakat adalah cooler box portable. Pemakaian cooler box portable dipilih karena tidak memerlukan listrik dan penggunaannya yang hanya memerlukan es. Dalam penggunaannya diperlukan pengujian klinis untuk memastikan bahwa cooler box portable yang digunakan akan bisa bekerja dengan baik dengan berbagai barang yang akan ditaruh di dalamnya. Metode yang dilakukan yaitu dengan menguji penggunaan cooler box portable dengan ditambahkan lampu 15 watt, 25 watt, dan 40 watt pada masing-masing pengujian dengan pengambilan data dengan menggunakan sensor DHT22 untuk didapatkan nilai suhu dan kelembaban. Pada percobaan dengan menggunakan lampu 15 watt temperatur udara minimum yang dapat dicapai sebesar $-2,1\text{ }^{\circ}\text{C}$, sedangkan temperatur minimum yang dapat dicapai dengan lampu 25 watt sebesar $4,75\text{ }^{\circ}\text{C}$, dan temperatur minimum yang dapat dicapai dengan lampu 40 watt adalah $8,35\text{ }^{\circ}\text{C}$. Pengujian kelembaban dengan lampu 15 watt memiliki nilai kelembaban yang lebih tinggi daripada lampu 25 dan 40 watt. Percobaan dengan lampu 15 watt adalah 65,25% dan naik sampai 81,25%, sedangkan dengan lampu 25 watt adalah 59,20% dan naik sampai 75,20%, dan dengan lampu 40 watt adalah 50,55% setelah itu naik sampai 71,80%.

Kata kunci: Cooler Box Portable, Temperatur, Kelembaban.

Abstract

Indonesia's marine resources are the main source of income for fishermen, namely fish. The freshness of fish is the main factor determining the selling price. To maintain the freshness of fish, traditional fishermen often use preservatives. The use of a portable cooler box was chosen because it does not require electricity and its use only requires ice. In its use, clinical testing is needed to ensure that the portable cooler box that is used will be able to work well with various items that will be placed in it. This study will test the portable cooler box by adding several energy loads in the form of lamps with variations of 15, 25, and 40 watts, to determine the performance value of the portable cooler box. The method used is to test the use of a portable cooler box with added 15-watt, 25-watt, and 40-watt lamps for each test by taking data using the DHT-22 sensor to get the temperature and humidity values. After getting the temperature and humidity values. In experiments using 15-watt lamps, the minimum air temperature that can be achieved is $-2.1\text{ }^{\circ}\text{C}$ while the minimum temperature that can be achieved with 25-watt lamps is $4.75\text{ }^{\circ}\text{C}$, and the minimum temperature that can be achieved with 40-watt lamps is $8,35\text{ }^{\circ}\text{C}$. Humidity testing with 15-watt bulbs had higher humidity values than 25 and 40-watt bulbs. Experiments with 15-watt lamps are 65.25% and up to 81.25%, while with 25-watt lamps it is 59.20% and up to 75.20%, and with 40-watt lamps it is 50.55% after that it goes up to 71.80%.

Keywords: Cooler Box Portable, Temperature, Humidity.

1. Pendahuluan

Indonesia merupakan negara kepulauan terbesar di dunia dengan garis pantai sekitar 81.000 kilometer persegi. Lautnya meliputi wilayah seluas 5,8 juta kilometer persegi atau sekitar 70 persen dari luas wilayah Indonesia. Perairan Indonesia meliputi 3,1 juta kilometer persegi perairan berdaulat dan 2,7 juta kilometer persegi Zona Ekonomi Eksklusif (ZEE) Indonesia. Hal ini menjadikan Indonesia sebagai negara dengan sumber daya kelautan dan perairan yang sangat beragam. Sektor kelautan dan perikanan

dapat menjadi sumber pertumbuhan ekonomi nasional. Hal ini terjadi dengan daya dukung berupa kapasitas pasokan yang besar, dengan dukungan yang terus berkembang, produksi berupa industri pengolahan ikan dan hasil tangkapan yang dapat diekspor, sedangkan input berasal dari sumber daya nasional, potensi hulu dan industri hilir sangat penting untuk dapat menarik tenaga kerja dalam jumlah besar, dan produk bersifat terbarukan, menjaga kestabilan pembangunan berkelanjutan.

Oleh karena itu, sumber daya laut Indonesia merupakan sumber pendapatan utama bagi nelayan, yaitu ikan. Ikan merupakan sumber protein yang baik. Kandungan protein pada ikan yang tinggi sekitar 24% dan kandungan air yang biasanya sekitar 76%, akan menjadi tempat hidupnya bakteri pembusuk atau mikroorganisme lain, sehingga ikan akan cepat mengalami pembusukan jika ikan tidak segera diolah [1]. Kesegaran ikan menjadi faktor utama penentu harga jual.

Untuk menjaga kesegaran ikan, nelayan tradisional sering menggunakan metode pendinginan ikan dengan sistem pendingin es basah yang ditempatkan di lemari es. Nelayan tradisional yang melautnya satu hari (one day fishing) akan membawa *cooler box portable* yang diisi dengan pecahan es balok sebagai sistem pengawetan ikan di kapal agar kesegaran ikan saat sampai di pantai/pelabuhan tetap segar [2].

Dalam penggunaannya diperlukan pengujian klinis untuk memastikan bahwa *cooler box portable* yang digunakan akan bisa bekerja dengan baik dengan berbagai barang yang akan ditaruh di dalamnya.

Pada penelitian ini akan menguji *cooler box portable* dengan menambahkan beberapa beban energi berupa lampu dengan variasi 15, 25, dan 40 watt, untuk mengetahui nilai unjuk kerja dari *cooler box portable*.

Beberapa batasan masalah yang diterapkan pada penelitian ini yaitu:

1. Kondisi cuaca pada saat pengujian diasumsikan sama.
2. Temperatur udara lingkungan pada saat pengujian diasumsikan sama.
3. Pada penelitian ini hanya terbatas pada pengaruh penambahan beban terhadap unjuk kerja pada *cooler box portable*.

2. Dasar Teori

2.1 Cooler Box Portable

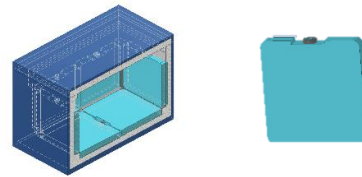
Cooler box portable merupakan suatu kotak atau wadah yang bisa dibawa kemana-mana dan tidak terlalu banyak menghabiskan tempat karena bentuk dan ukurannya yang ekonomis untuk digunakan untuk menyimpan bahan masakan, makanan, dan minuman bila dibawa untuk keperluan bepergian. Sehingga kehadiran *cooler box portable* bisa menjadi solusi akan terjaganya kualitas ikan atau hasil tangkapan lainnya.

Selain itu penggunaan alat tangkap yang lebih dominan dipakai nelayan adalah alat tangkap *purse seine* karena daya tangkapnya yang lebih besar. Namun teknologi yang digunakan masih tradisional,

karena para nelayan kecil biasanya memanfaatkan tanda-tanda alam di lokasi penangkapan, sehingga waktu yang digunakan untuk mencari dan menyimpan ikan yang didapat lebih lama [3], sehingga penggunaan *cooler box portable* sangat diperlukan. *Cooler box portable* memiliki berbagai ukuran yang dapat disesuaikan dengan hasil tangkapan ikan nelayan.

Cooler box portable haruslah bisa menahan panas yang akan keluar dan panas dari luar yang masuk, maka dari itu *cooler box portable* haruslah rapat dan tidak ada kebocoran.

Gambar 1 adalah desain *cooler box portable* yang digunakan, letak posisi dari wadah es akan berada di setiap sisi *cooler box portable*. Bahan yang akan digunakan sebagai wadah es perlu dibuat setipis mungkin agar tidak mempengaruhi proses perpindahan energi dan juga haruslah tahan meskipun wadah tersebut tipis.



Gambar 1. Rancangan Cooler Box Portable

Model *cooler box portable* dibuat seperti Gambar 1 bertujuan agar wadah dari es tersebut dapat tetap berada pada posisinya karena sudah diapit pada dinding *cooler box portable*, sehingga tidak mengurangi ruang penyimpanan bila meletakkan wadah es di dalamnya. Selain itu penggunaan wadah es digunakan agar es yang mencair tidak memenuhi *cooler box portable* yang membuat ikan menjadi terendam air.

3. Metode Penelitian

3.1 Variabel Penelitian

Penelitian ini akan menggunakan 3 variabel yaitu variabel bebas, variabel terikat, dan variabel terkontrol. Variabel bebas yang akan digunakan pada penelitian ini yaitu variasi beban lampu pada cooler box portable yaitu lampu 15 watt, 25 watt, dan 40 watt. Variabel terikat yang diperoleh pada penelitian ini yaitu temperatur, kelembaban udara (RH). Variabel Terkontrol pada penelitian ini adalah pengambilan data setiap 20 menit.

3.2 Alat dan Bahan

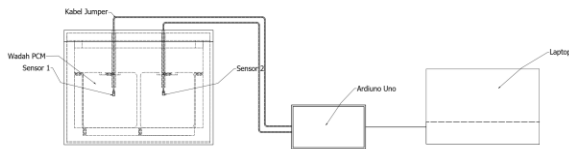
1. *Cooler Box Portable*
2. Wadah es
3. Lampu
4. Fitting lampu
5. Kabel
6. Colokan

7. Sensor DHT22
8. Arduino Uno
9. Air

3.3 Prosedur Percobaan

Penelitian ini akan dilakukan pengujian di dalam *cooler box portable* dengan beban lampu 15, 25, dan 40 watt yang akan didapatkan data, ada beberapa tahapan prosedur yang perlu dilakukan pada tiap percobaan. Pertama masukkan air kedalam wadah es sampai penuh, selanjutnya masukkan wadah es kedalam kulkas selama 24 jam, setelah membeku masukkan wadah es ke dalam *cooler box portable*.

Setelah wadah es masuk ke dalam cooler box portable sesuai posisi rancangan pengujian pada cooler box portable sesuai Gambar 2, nyalakan lampu 15 watt yang telah dipasang di tengah-tengah *cooler box portable*, serta ukur perubahan suhu dan kelembaban dengan sensor DHT22 yang akan ditangkap oleh arduino dan disalurkan ke laptop. Lakukan langkah sebelumnya dengan lampu 25 dan 40 watt.

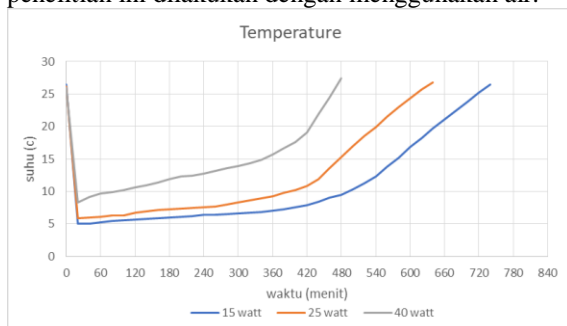


Gambar 2. Rancangan pengujian Cooler Box Portable

4. Hasil dan Pembahasan

4.1 Perbandingan Data Hasil Percobaan

Pada pengujian dengan beban 15, 25, dan 40 watt didapatkan data hasil perbandingan temperatur dan kelembaban udara pada *cooler box portable*. Pada Gambar 3 dapat dilihat bahwa percobaan dengan beban lampu 15, 25, dan 40 watt yang dalam penelitian ini dilakukan dengan menggunakan air.



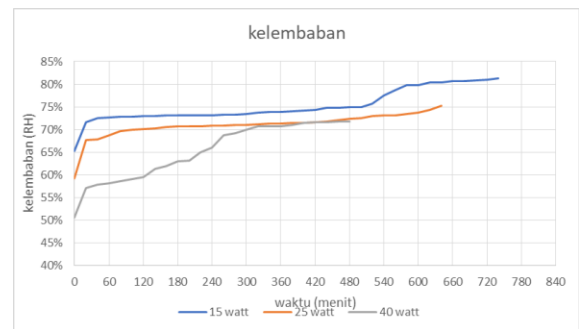
Gambar 3. Grafik perbandingan temperatur antara beban 15, 25, dan 40 watt.

Pada percobaan dengan menggunakan lampu 15 watt temperatur udara minimum yang dapat dicapai dalam 20 menit sebesar 5 °C, sedangkan temperatur

minimum yang dapat dicapai dengan lampu 25 watt sebesar 5,9 °C yang dicapai pada waktu 20 menit, dan temperatur minimum yang dapat dicapai dengan lampu 40 watt sebesar 8,35 °C yang dicapai pada waktu 20 menit.

Percobaan dengan lampu 15 watt mengalami kenaikan yang lebih lambat daripada lampu 25 dan 40 watt, dapat dilihat pada Gambar 3 dengan lampu 15 watt dalam waktu 780 menit, sedangkan dengan lampu 25 watt dalam waktu 690 menit, dan dengan lampu 40 watt memakan waktu 480 menit.

Pada Gambar 4 kelembaban udara pada percobaan dengan lampu 15, 25 dan 40 watt dilakukan untuk mengetahui berapa kelembaban dalam *cooler box portable*, karena kelembaban udara akan mempengaruhi kesegaran barang di dalamnya. Kelembaban udara pada awal percobaan dengan lampu 15 watt adalah 65,25% dan meningkat setelah dimasukkan es sampai 81,25%, sedangkan dengan lampu 25 watt adalah 59,20% dan meningkat setelah dimasukkan es sampai 75,20%, dan dengan lampu 40 watt adalah 50,55% dan meningkat setelah dimasukkan es sampai 71,80%.



Gambar 4. Grafik perbandingan kelembaban udara antara beban 15, 25, dan 40 watt.

5. Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan didapatkan data dan analisa penelitian dengan tiga variasi penggunaan beban pada cooler box portable, dengan demikian dapat ditarik kesimpulan yaitu:

1. Semakin besar penambahan beban pada *cooler box portable* maka akan semakin cepat waktu kenaikan temperatur dalam kotak.
2. Temperatur minimum yang dapat dicapai akan semakin besar dengan semakin besarnya beban yang diberikan.
3. Kenaikan kelembaban udara yang terjadi karena pencairan es dalam kotak yang terjadi di dalam *cooler box portable*.

Daftar Pustaka

- [1] Djamhur, M., Achmad, M.D., Hidayat, R., 2020, Quality Analysis of Microbiological and Organoleptic of Anchovy (*Stolephorus* sp.) with

Boiling Treatment in Toniku, West Halmahera. *Agrikan: Jurnal Agribisnis Perikanan*, Vol. 13, No. 2, pp. 214-221.

- [2] Kholis, M. N., Syofyan, I., Isnaniah, 2015, Study Use Powder as Raw Materials Manufacturing Saws Insulator Cooling Box Fish (Coolbox) Used Traditional Fishermen. *Jurnal Online Mahasiswa (JOM) Bidang Perikanan dan Ilmu Kelautan*, Vol. 2, No. 1, pp. 1-13.
- [3] Himelda, H., Wiyono, E.S., Purbayanto, A., & Mustaruddin, M. (2012). Seleksi Jenis Alat Tangkap Dan Teknologi Yang Tepat Dalam Pemanfaatan Sumberdaya Lemuru Di Selat Bali. *Buletin PSP*, Vol. 20, No. 1, pp. 89-102.



Dicky Mahaputra Dewayana telah menyelesaikan Pendidikan S1 Teknik Mesin di Universitas Udayana dari tahun 2018 hingga 2022.

Analisis Penambahan Pre Filter Terhadap Penurunan Tekanan Dan Endapan Pada Filter Berbahan Bakar Campuran Diesel Biodiesel

I Gede Bangsa Negara, Ainul Ghurri, I Ketut Gede Wirawan
Program Studi Teknik Mesin Universitas Udayana, Kampus Bukit Jimbaran Bali

Abstrak

Biodiesel adalah salah satu bahan bakar alternatif yang dapat menggantikan minyak diesel sebagai bahan bakar mesin diesel. Penggunaan biodiesel ini akan mempengaruhi pada komponen mesin diesel yang salah satunya adalah fuel filter yang dimana kotoran yang tersaring akan membentuk endapan sehingga fuel filter dapat lebih cepat tersumbat. Fuel filter yang tersumbat akan menyebabkan penurunan tekanan pada aliran bahan bakar yang menyebabkan pada aliran bahan bakar tidak sempurna terdistribusi kedalam mesin Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengkaji pengaruh variasi campuran minyak diesel dan biodiesel terhadap penurunan tekanan serta endapan pada fuel filter. Pengujian ini dilakukan dengan 400 liter bahan bakar yang mengalir melewati fuel filter dengan memvariasikan campuran minyak diesel Pertamina Dex B20, Pertamina Dex B30, Dexlite dan tambahan pre filter. Tekanan awal bahan bakar diatur pada 105 kPa sebelum memasuki filter bahan bakar. Dari hasil pengujian menunjukkan bahwa variasi campuran minyak diesel dan biodiesel berpengaruh terhadap tersumbatnya fuel filter. Semakin banyak kandungan biodiesel menyebabkan fuel filter lebih mudah tersumbat. Pengujian Pertamina Dex B30 menunjukkan preassure drop tertinggi yaitu 55 Kpa dan endapan yang terjadi sebesar 163.84 gram untuk filter utama dan 203.19 gram untuk pre filter.

Kata kunci: Campuran Diesel-Biodiesel, Fuel Filter, Pre Filter, Penurunan Tekanan, Endapan

Abstract

Biodiesel is an alternative fuel that can replace diesel oil as diesel engine fuel. The use of biodiesel will affect the diesel engine components, one of the component is the fuel filter where the filtered dirt will form sediments so that the fuel filter will be clogged faster. A clogged fuel filter will cause a pressure drop in the fuel flow which causes the fuel flow to be imperfectly distributed into the engine. The purpose of this study is to examine the effect of variations in the mixture of diesel oil and biodiesel on the pressure drop and sediment on the fuel filter. This experiment is carried out with 400 liters of fuel flowing through the fuel filter by varying the mixture of Pertamina Dex B20 diesel oil, Pertamina Dex B30, Dexlite and additional pre filters. The initial fuel pressure is set at 105 kPa before entering the fuel filter. The test results show that the variation of the mixture of diesel oil and biodiesel has an effect on the blockage of the fuel filter. The more biodiesel content, the easier it is for the fuel filter to clog. The Pertamina Dex B30 test showed the highest pressure drop was 55 Kpa and the sediment that occurred was 163.84 grams for the main filter and 203.19 grams for the pre filter.

Keywords: Diesel-Biodiesel blend, Fuel Filter, Pre Filter, Pressure Drop, Sediment

1. Pendahuluan

Kendaraan merupakan suatu alat yang di ciptakan oleh manusia sebagai efisiensi waktu dalam menempuh jarak yang jauh. Namun, kendaraan itu sendiri juga memerlukan mesin dan bahan bakar untuk bergerak yang dimana salah satunya adalah dengan menggunakan bahan bakar solar untuk mesin diesel. Namun dikarenakan solar berasal dari fosil yang semakin berjalannya waktu akan habis maka akan di perlukan bahan bakar alternatif yang dimana salah satunya adalah biodiesel. Dalam kasus ini, biodiesel telah menjadi solusi yang cukup layak untuk mengurangi emisi dari kendaraan mesin yang menggunakan bahan bakar solar sebagai tenaga geraknya dikarenakan sebagian besar penelitian tentang biodiesel mampu mengurangi CO, HC, dan meningkatkan NO_x [1]

Biodiesel dianggap sebagai bahan bakar terbarukan yang dimana biodiesel ini terbuat dari minyak nabati dan berbagai macam lemak hewani.

Biodiesel di indonesia digunakan di berbagai macam aspek seperti otomotif, industri dan berbagai macam mesin komersial. Biodiesel dianggap sebagai bahan bakar yang cukup bersih dikarenakan berkurangnya emisi gas buang. Namun, disisi lain, biodiesel juga merupakan bahan bakar yang sangat rentan dan kompatibilitas yang terbilang cukup rentan dengan semua jenis mesin diesel serta timbulnya kekhawatiran bahwa penggunaan biodiesel dapat mengurangi umur dari komponen komponen mesin mobil. Salah satunya komponen yang memungkinkan untuk jangka panjang umur dari komponen mesin adalah *Fuel Filter* [2]

Fuel Filter adalah suatu komponen dalam sistem saluran bahan bakar yang menyaring kontaminasi dari bahan bakar, pada umumnya digunakan menjadi kartrid yang berisi media filter. Setelah digunakan dalam periode operasi mesin, Fuel Filter diperlukan suatu pemeliharaan. Filter biasanya diganti secara teratur atau kapan saja jika mungkin tersumbat oleh

kontaminan dan menyebabkan pembatasan aliran bahan bakar. Penyumbatan filter akan menyebabkan masalah pada injeksi bahan bakar yang akan menyebabkan berkurangnya bahan bakar yang masuk ke dalam ruang bakar. Fenomena penyumbatan filter adalah salah satu faktor kegagalan utama yang mengarah pada penggantian atau pembersihan filter. [2]

Pada Penelitian fuel filter yang dilakukan pada jurnal [3], Penelitian dilakukan dengan menggunakan dua jenis filter yang berbeda yang dimana filter ini akan di tes dalam alat uji filter. Dalam tahapan pertama penelitian adalah melakukan penelitian Preassure Drop menggunakan fuel filter jenis A yang dimana akan di aliri menggunakan minyak diesel murni (B0) dan fuel filter jenis B yang juga akan di aliri minyak diesel murni (B0). Hasil penilitian menunjukan bahwa preassure drop yang dihasilkan pada fuel filter jenis A adalah 25 kPa pada pengambilan data 210 Liter sampai 560 liter. Lalu pada fuel filter jenis B menunjukan preassure drop yang dihasilkan adalah 25 kPa pada pengambilan data 350 Liter sampai dengan 560 Liter

Dalam hal ini maka ada beberapa permasalahan yang akan dikaji, yaitu:

1. Bagaimana perbedaan tekanan aliran bahan bakar pada fuel filter yang telah di tambahkan Pre-Filter dengan tekanan aliran sebelum ditambahkan Pre-Filter.
2. Bagaimana perbedaan berat endapan pada fuel filter yang telah di tambahkan Pre Filter dengan fuel filter sebelum modifikasi

Beberapa batasan ditetapkan dalam penelitian ini meliputi:

1. Dextrite dianggap sebagai campuran 80% Pertamina Dex dan 20% biodiesel minyak sawit. Menggunakan bahan bakar dextrite dan pertamina dex yang di beli pada SPBU.
2. Pertamina dex dan Dextrite yang digunakan dibeli dari SPBU secara acak, tanpa mengetahui durasi umur penyimpanan Dextrite tersebut.
3. Biodiesel minyak jelantah yang digunakan dibeli dari Yayasan Lengis Hijau dari stok yang ada, dimana kualitasnya mungkin bervariasi sebagai dampak durasi umur penyimpanan..
4. Pre filter yang digunakan merupakan pre filter atau filter yang tersedia di pasaran, yang berukuran lebih kecil dibanding filter utama yang digunakan.

2. Dasar Teori

2.1. Biodiesel

Bahan Bakar Minyak merupakan bahan bakar yang diperlukan dalam menggerakkan kendaraan. Diantaranya adalah bahan bakar solar. Solar merupakan bahan bakar minyak yang diolah dari minyak bumi yang dimana ketersediaannya semakin lama semakin berkurang sehingga memerlukan bahan bakar alternatif sebagai pengganti solar.

banyak penelitian yang mulai mengembangkan bahan bakar alternatif baru yang salah satunya adalah Biodiesel. Biodiesel merupakan jenis bahan bakar alternatif yang berasal dari campuran bahan bakar solar dan minyak nabati atau lemak hewani. [4]

Komponen utama dari biodiesel adalah campuran dari asam lemak dengan senyawa rantai yang lurus dan mengandung atom karbon sebesar 16 sampai 18 atom karbon. Komposisi dari biodiesel sangat berpengaruh secara signifikan terhadap sifat sifat dari senyawanya. Biodiesel dapat di produksi dari senyawa triacylglycerol yang mengandung proses transesterifikasi. Campuran dari solar dan minyak nabati adalah dengan perbandingan 6:1 dengan suhu mencapai 60°C sampai dengan 65°C. [5]

2.2. Debit Aliran Fluida

Debit aliran fluida merupakan persamaan yang digunakan untuk menghitung kecepatan aliran fluida, debit aliran dapat dihitung dengan menggunakan perbandingan volume terhadap waktu, dapat dinyatakan sebagai berikut.

$$Q = \frac{V}{t} \quad (1)$$

Dimana:

Q= Debit Aliran (m³/s)

V= Volume (m³)

t= Waktu (s)

2.3. Persamaan Kontinuitas

Persamaan kontinuitas merupakan hubungan antara kecepatan fluida yang masuk terhadap kecepatan fluida yang keluar pada suatu pipa. Persamaan tersebut dinyatakan dalam persamaan di bawah ini

$$Q = A_1 v_1 = A_2 v_2 \quad (2)$$

Dimana:

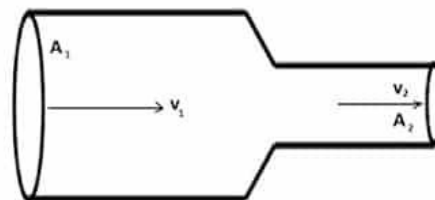
Q = Debit Aliran (m³/s)

A₁= Luas penampang pada pipa 1 (m²)

v₁= Kecepatan fluida pada pipa 1 (m/s)

A₂= Luas penampang pada pipa 2 (m²)

v₂= Kecepatan fluida pada pipa 2 (m/s)



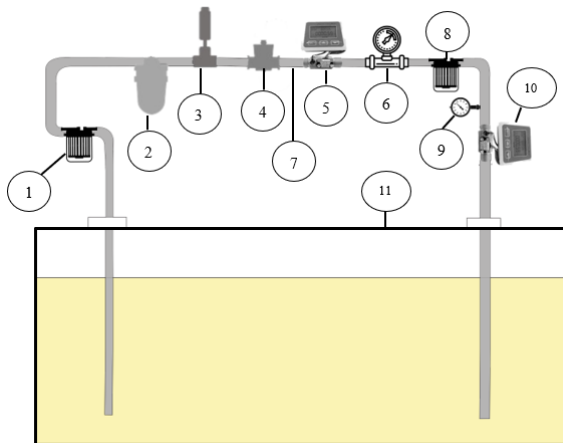
Gambar 1. Aliran Fluida Berdasarkan Persamaan Kontinuitas

Persamaan kontinuitas digunakan untuk mendapatkan nilai kecepatan aliran bahan bakar karena luas penampang dari selang bahan bakar dapat dicari dengan mengetahui diameter selang tersebut yaitu sebesar 0.00635 m, dan debit aliran bahan bakar sudah diketahui dengan membaca debit aliran pada *flow meter* yang terdapat pada alat uji *fuel filter*.

3. Metode Penelitian

Bahan bakar yang digunakan pada penelitian ini adalah Dexlite, Pertamina Dex B20 minyak jelantah, Pertamina Dex B30 minyak jelantah dan juga penambahan Pre Filter pada alat uji. Untuk bahan bakar dexlite dan pertamina dex didapatkan dari SPBU Pertamina, sedangkan untuk biodiesel minyak didapatkan dari Yayasan Lengis Hijau, Bali. Pada proses pencampuran B20 minyak jelantah yaitu menggunakan 80% pertamina dex dan 20% biodiesel minyak jelantah, sedangkan untuk pencampuran B30 minyak jelantah menggunakan 70% pertamina dex dan 30 % biodiesel minyak jelantah. Seluruh variasi campuran bahan bakar akan di uji menggunakan pre filter dan filter utama.

Pengujian ini dilakukan dengan menggunakan 40 Liter bahan bakar diesel-biodiesel yang ada di dalam tangki bahan bakar lalu di alirkan sebanyak 400 Liter pengaliran bahan bakar yang melewati *fuel filter*. Alat uji *fuel filter* yang digunakan dapat di gambarkan pada gambar di bawah ini



Gambar 2. Rancang Alat Uji Fuel Filter

Keterangan :

- | | |
|--------------------------|------------------------|
| 1. Pre Filter | 7. Selang Bahan Bakar |
| 2. Feed Pump | 8. Fuel Filter |
| 3. Pulsation Dumper | 9. Pressure Gauge |
| 4. Pressure Relief Valve | 10. Flow Meter |
| 5. Flow Meter | 11. Tangki Bahan Bakar |
| 6. Pressure Gauge | |

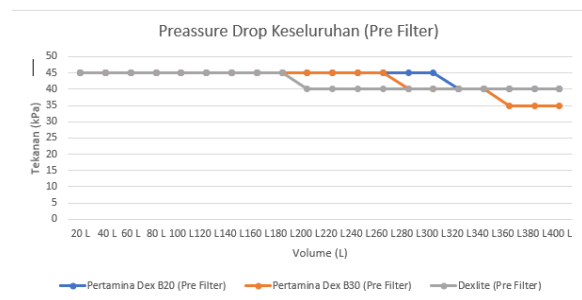
Pertama-tama hal yang harus dilakukan adalah memasukan bahan bakar Pertamina Dex B20 Minyak Jelantah ke dalam tangki bahan bakar (*fuel tank*). Selanjutnya menghidupkan pompa untuk mengalirkan bahan bakar Pertamina Dex B20 minyak jelantah dari tangki bahan bakar (*fuel tank*) melintasi pre filter untuk penyaringan awal lalu melewati *pulse dampener* yang akan menjaga kestabilan aliran bahan bakar. Setelah putaran pompa dan aliran bahan bakar sampai keadaan stabil, selanjutnya aliran bahan bakar melewati *flow meter*, *pressure gauge* dan *pressure relief valve*, kemudian menuju *fuel filter* utama yang diuji dan bahan bakar kembali ke tangki bahan bakar (*fuel tank*). Setelah 400 Liter bahan bakar dialirkan

melewati *fuel filter* massa endapan, visualisasi dan penurunan tekanan akan di ukur. Dengan menggunakan alat uji penelitian yang sama, ganti elemen filter dengan yang baru dan ulangi langkah percobaan yang sama juga untuk bahan bakar biodiesel (B30) minyak jelantah dan dexlite. Sehingga mendapatkan data hasil penelitian yang diinginkan terhadap variasi bahan bakar diesel-biodiesel di tambah dengan pre filter yang memengaruhi filter bahan bakar utama (*fuel filter*).

4. Hasil dan Pembahasan

4.1. Pengukuran Pressure Drop Seluruh Campuran Bahan Bakar Diesel dan Biodiesel Dengan Tambah Pre Filter

Berikut adalah grafik data hasil pengujian *pressure drop* seluruh campuran bahan bakar diesel-biodiesel dengan tambahan pre filter pada seluruh variasi campuran diesel biodiesel (Pertamina Dex B20 Minyak Jelantah, Pertamina Dex B30 Minyak Jelantah, dan Dexlite)

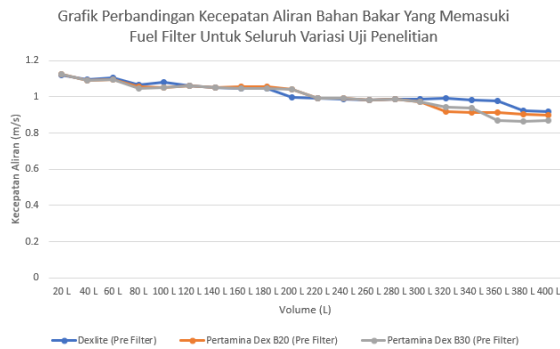


Gambar 3. Grafik Pengukuran Pressure Drop Seluruh Campuran Bahan Bakar Diesel-Biodiesel Dengan Tambah Pre Filter

Berdasarkan pengukuran hasil data grafik diatas perbandingan *pressure drop* aliran bahan bakar seluru variasi minyak diesel dan biodiesel yang menggunakan pre filter bisa terlihat bahwa *pressure drop* terbesar adalah sebesar 45 kPa pada pengambilan data 300 L untuk Pertamina Dex B20. lalu untuk yang *pressure drop* terendah adalah sebesar 35 kPa di titik 360 L dengan bahan bakar Pertamina Dex B30. Hal ini dikarenakan pada pre filter di titik 360 L sudah mengalami hambatan akibat penumpukan sedimen kotoran dari bahan bakar sehingga terjadinya penurunan aliran dan tekanan bahan bakar yang mengalir sebelum menuju filter utama.

4.2. Pengukuran Kecepatan Aliran Masuk Filter Seluruh Bahan Bakar Campuran Diesel-Biodiesel Dengan Tambah Pre Filter

Berikut adalah grafik data hasil pengujian kecepatan aliran masuk *fuel filter* seluruh campuran bahan bakar diesel biodiesel di di tambah dengan pre filter

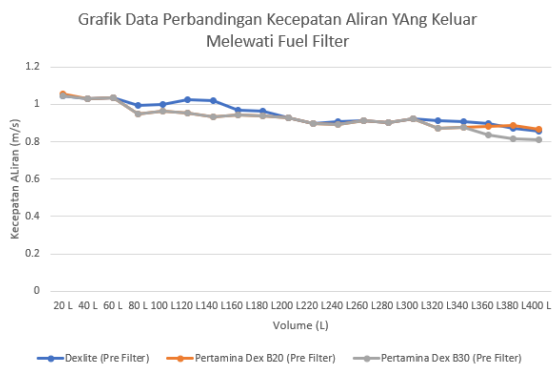


Gambar 4. Grafik Pengukuran Kecepatan Aliran Masuk Filter Seluruh Campuran Bahan Bakar Diesel-Biodiesel Dengan Tambahan Pre Filter

Berdasarkan hasil pengukuran data grafik diatas perbandingan kecepatan aliran bahan bakar yang memasuki fuel filter untuk seluruh variasi campuran minyak diesel dan biodiesel dan menggunakan tambahan pre filter, dapat dilihat bahwa kecepatan aliran terbesar yang memasuki fuel filter adalah 1.123419968 m/s pada data 20 L dengan menggunakan bahan bakar Pertamina Dex B30 dan. Sedangkan kecepatan aliran bahan bakar yang memasuki fuel filter terkecil yaitu sebesar 0.870254905 m/s pada bahan bakar Pertamina Dex B30 dengan menggunakan pre filter pada data ke 400L

4.3. Pengukuran Kecepatan Aliran Keluar Filter Seluruh Bahan Bakar Campuran Diesel-Biodiesel Dengan Tambahan Pre Filter

Berikut adalah grafik data hasil pengujian kecepatan aliran keluar *fuel filter* seluruh campuran bahan bakar diesel biodiesel dengan penambahan pre filter pada alat uji (Pertamina Dex B20 Minyak Jelantah, Pertamina Dex B30 Minyak Jelantah, dan Dexlite)



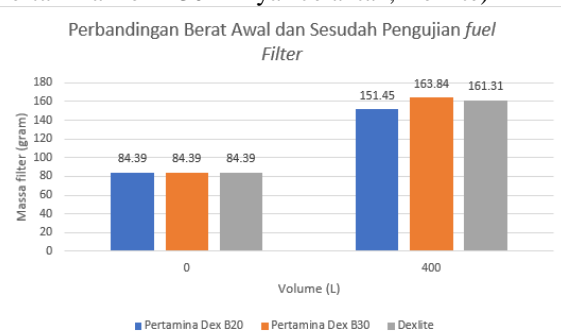
Gambar 5. Grafik Pengukuran Kecepatan Aliran Keluar Filter Seluruh Campuran Bahan Bakar Diesel-Biodiesel Dengan Tambahan Pre Filter

Berdasarkan hasil pengukuran data grafik diatas perbandingan kecepatan aliran bahan bakar yang keluar melewati fuel filter untuk seluruh variasi campuran minyak diesel dan biodiesel, dapat dilihat

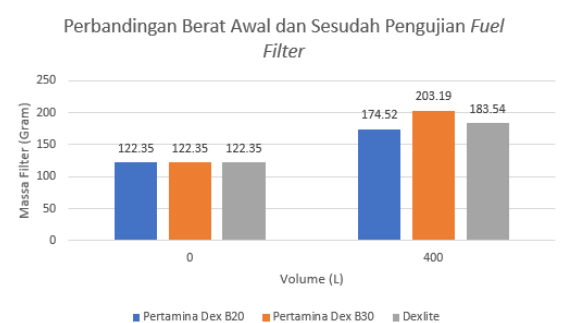
bahwa kecepatan aliran terbesar yang keluar melewati fuel filter adalah 1.054851266 m/s pada data 20 L dengan menggunakan bahan bakar Pertamina Dex B20 pre filter. Sedangkan kecepatan aliran bahan bakar yang keluar melewati fuel filter terkecil yaitu sebesar 0.812237911 m/s pada bahan bakar Pertamina Dex B30 dengan menggunakan pre filter pada data ke 400L.

4.4. Massa Endapan

Berikut adalah grafik data hasil pengukuran massa endapan seluruh campuran bahan bakar diesel biodiesel di tambah dengan penggunaan pre filter pada alat uji (Pertamina Dex B20 Minyak Jelantah, Pertamina Dex B30 Minyak Jelantah, Dexlite)



Gambar 6. Grafik Pengukuran Massa Endapan Fuel Filter Seluruh Campuran Bahan Bakar Diesel-Biodiesel Pada Filter Utama



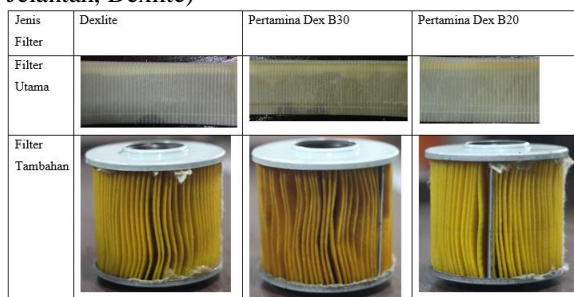
Gambar 7. Grafik Pengukuran Massa Endapan Fuel Filter Seluruh Campuran Bahan Bakar Diesel-Biodiesel Pada Pre Filter

Berdasarkan hasil pengukuran data grafik diatas massa *fuel filter* untuk seluruh campuran bahan bakar diesel-biodiesel di tambah dengan pre filter, dapat dilihat bahwa seluruh massa awal *fuel filter* sebelum pengujian sebesar 84.39 gram dan setelah pengujian *fuel filter* mengalami penambahan massa pada *fuel filter*. Hal itu disebabkan karena adanya kontaminan atau kotoran (sedimen) yang tersaring oleh *fuel filter* sehingga *fuel filter* mengalami penambahan massa, semakin banyak persentase biodiesel yang digunakan maka massa endapan di *fuel filter* semakin besar. Penambahan massa *fuel filter* terkecil yaitu 151.45 gram pada Pertamina Dex B20. Sedangkan penambahan massa fuel filter utama yang terbesar adalah 163.84 gram untuk Pertamina Dex B30 sedangkan pada pengamatan untuk pre

filternya perbandingan hasil pengukuran massa fuel filter tambahan, dapat dilihat bahwa seluruh massa awal fuel filter sebelum pengujian adalah sebesar 122.35 gram dan setelah di lakukannya pengujian, perubahan massa terkecil untuk fuel filter utama adalah 174.52 gram pada Pertamina Dex B20. Sedangkan penambahan massa fuel filter utama yang terbesar adalah 203.19 gram untuk Pertamina Dex B30

4.5. Pengamatan Visual Filter

Berikut adalah gambar hasil pengamatan massa endapan seluruh campuran bahan bakar diesel biodiesel pada fuel filter utama dan fuel filter tambahan atau pre filter. (Pertamina Dex B20 Minyak Jelantah, Pertamina Dex B30 Minyak Jelantah, Dexlite)



Gambar 8. Hasil Pengamatan Fuel Filter Seluruh Campuran Bahan Bakar Diesel-Biodiesel Pada Filter Utama dan Pre Filter

Berdasarkan gambar visual *fuel filter* di atas untuk seluruh campuran bahan bakar Dexlite, Pertamina Dex B20 dan Pertamina Dex B30, tampak terlihat bahwa filter utama lebih bersih dan hampir tidak ada perbedaan endapan sama sekali namun pada pre filter tampak terlihat perbedaan yang cukup signifikan yang dimana pada Pertamina Dex B30 pre filter tampak lebih kotor daripada dua campuran bahan bakar lainnya. Hal ini dikarenakan campuran biodiesel dapat melarutkan kotoran yang ada pada tangki bahan bakar. Selain itu tidak signifikannya terlihat perbedaan pada filter utama dikarenakan pada filter utama sudah lebih dahulu di saring kotorannya oleh pre filter sehingga filter utama tidak terlihat terlalu signifikan perbedaannya. Semakin banyak kotoran yang tersaring maka semakin signifikan pula perbedaan dari elemen fuel filter tersebut.

5. Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengujian *fuel filter* menggunakan bahan bakar campuran diesel-biodiesel dengan penambahan pre filter yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa :

1. Pada Pengujian Pressure Drop yang hanya menggunakan Tanpa Pre-Filter, aliran awal tetap konstan dikarenakan setelah pompa tidak ada hambatan secara signifikan yang dapat mengurangi tekanan pada selang. Tercatat pada pengambilan data Tanpa Pre-Filter pada penelitian sebelumnya, tekanan masuk berada

konstan pada 105 kPa, sedangkan pada pengujian menggunakan pre filter, seiring dengan bahan bakar melewati filter, tekanan awal berkurang cukup signifikan. Hal ini dikarenakan adanya hambatan dari pompa menuju pre filter dan setelah melewati pre filter baru melewati filter utama. Salah satu contohnya adalah ketika mengambil data Pertamina Dex B20 tanpa Pre-Filter pada pengambilan data 280 Liter, tekanan awal tetap berada di 105 kPa dan tekanan keluar sebesar 60 kPa. Namun pada penggunaan pre filter, pada pengambilan data 280 Liter, tekanan masuk menurun menjadi 95 kPa dan tekanan keluar sebesar 55 kPa. Oleh karena itu dapat disimpulkan bahwa pemberian pre filter pada alat uji coba membuat kinerja pompa semakin bertambah dan aliran pompa dan tekanan yang dihasilkan lebih tidak stabil dan menurun dengan sangat cepat di akibatkan penyaringan awal yang terjadi pada pre filter

2. Pemberian Pre Filter pada uji coba kali ini mempengaruhi dalam kecepatan aliran, pressure drop dan endapan yang terjadi pada alat uji coba fuel filter. Pada pengujian perbedaan berat yang terjadi adalah pada filter utama hanya memiliki massa tertinggi yaitu 163.84 gram pada pengujian Pertamina Dex B30 sedangkan pada pre filter memiliki massa 203.19 gram untuk pengujian Pertamina Dex B30. terlihat bahwa endapan yang terjadi pada filter utama tidak terlalu signifikan dikarenakan kotoran telah tersaring lebih dahulu di pre filternya. Sehingga filter utama tidak terlalu kotor

Daftar Pustaka

- [1] Dash, S. K., & Lingfa, P. (2018). *An overview of biodiesel production and its utilization in diesel engines*. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, 377.
- [2] Komariah, L. N., Hadiyah, F., Aprianjaya, F., & Nevriadi, F. (2018). *Biodiesel effects on fuel filter; Assessment of clogging characteristics*. Journal of Physics: Conference Series, 1095(1)
- [3] Ashiddiqi, M. J., Ghurri, A., Wirawan, I. K. G., Fernius, D., Abdillah, M. F., & Oktaviandri, R. (2021). *Pengaruh Variasi Komposisi Biodiesel Terhadap Penyumbatan Filter Pada Uji Fuel Filter*.
- [4] Herdianto, A., Saksono, P., & Gunawan, G. (2008). *Analisa Perbandingan Penggunaan Bahan Bakar Solar Dengan Biodiesel*. Jurnal Teknologi Terpadu, 1–4(1).
- [5] Knothe, G. (2010). *Biodiesel and renewable diesel: A comparison*. Progress in Energy and Combustion Science, 36(3)



I Gede Bangsa Negara saat ini telah menyelesaikan pendidikan S1 Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Udayana (2018 sampai 2022).



Ainul Ghurri menyelesaikan pendidikan S1 Teknik Mesin di Universitas Brawijaya pada tahun 1995. Pendidikan magister Teknik Mesin diselesaikan di Universitas Indonesia pada tahun 1998 dengan area riset tentang computational fluid dynamics.

Pada tahun 2012 ia menyelesaikan pendidikan doktoral di Chonbuk National University, Korea Selatan. Saat ini ia bekerja sebagai dosen di Jurusan Teknik Mesin Universitas Udayana. Bidang penelitian utama yang digeluti adalah fuel spray, spray technology, internal combustion engine, dan CFD.



I Ketut Gede Wirawan menyelesaikan Pendidikan S1 Teknik Mesin di Universitas Brawijaya. Memperoleh gelar Master of Engineering di Institut Teknologi 10 Nopember Surabaya pada tahun 2000. Gelar doktor diperoleh di Universitas Brawijaya tahun 2014.

Pengaruh Penambahan Etanol Pada Campuran Diesel-Biodiesel Terhadap Penurunan Tekanan Dan Endapan Pada *Fuel Filter*

Dava Rizki Nur Alamsyah, Ainul Ghurri, I Ketut Gede Wirawan
Program Studi Teknik Mesin Universitas Udayana, Kampus Bukit Jimbaran Bali

Abstrak

Biodiesel adalah bahan bakar yang berpotensi sebagai pengganti dari bahan bakar minyak diesel karena bersumber dari minyak nabati sehingga dapat diperbaharui. Biodiesel memiliki kekurangan yaitu dapat memperpendek umur fuel filter karena biodiesel memiliki sifat pelarut sehingga sedimen yang terlarut akan membentuk endapan pada fuel filter. Etanol memiliki beberapa kelebihan yaitu dapat menurunkan nilai viskositas bahan bakar dan mencegah aglomerasi sedimen. Tujuan dari penelitian ini yaitu untuk mengkaji pengaruh penambahan etanol pada campuran diesel-biodiesel terhadap penurunan tekanan dan endapan pada fuel filter. Pada penelitian ini dilakukan pengujian dengan 400 Liter bahan bakar yang mengalir melewati fuel filter dengan menambahkan 5% etanol pada campuran diesel-biodiesel (dexlite, B20 minyak jelantah, dan B30 minyak jelantah). Pengujian dilakukan dengan tekanan awal sebelum masuk fuel filter yaitu 105 kPa. Hasil dari pengujian ini menunjukkan bahwa dengan penambahan etanol pada campuran bahan bakar diesel-biodiesel menyebabkan viskositas dari bahan bakar menjadi turun dan endapan pada fuel filter berkurang. Hal ini ditunjukkan pada pengujian B30 minyak jelantah + etanol menghasilkan pressure drop terbesar yaitu 45 kPa dan saat pengujian dexlite + etanol menghasilkan pressure drop terkecil yaitu 25 kPa.

Kata kunci: Campuran Diesel-Biodiesel, Fuel Filter, Etanol, Penurunan Tekanan

Abstract

Biodiesel is a fuel that has the potential as a substitute for diesel fuel because it is sourced from vegetable oil so that it can be renewed. Biodiesel has the disadvantage that it can shorten the life of the fuel filter because biodiesel has solvent properties so that the dissolved sediment will form deposits on the fuel filter. Ethanol has several advantages, namely it can reduce the value of fuel viscosity and prevent sediment agglomeration. The purpose of this study was to examine the effect of adding ethanol to the diesel-biodiesel mixture on the pressure drop and deposition on the fuel filter. In this study, a test was carried out with 400 liters of fuel flowing through the fuel filter by adding 5% ethanol to the diesel-biodiesel mixture (dexlite, B20 used cooking oil, and B30 used cooking oil). The test is carried out with the initial pressure before entering the fuel filter, which is 105 kPa. The results of this test show that the addition of ethanol to the diesel-biodiesel fuel mixture causes the viscosity of the fuel to decrease and deposits on the fuel filter are reduced. This is shown in the B30 test of used cooking oil + ethanol which produces the largest pressure drop of 45 kPa and when testing dexlite + ethanol produces the smallest pressure drop of 25 kPa.

Keywords: Diesel-Biodiesel Blends, Fuel Filter, Ethanol, Pressure Drop

1. Pendahuluan

Biodiesel merupakan energi alternatif yang berasal dari lemak hewai atau minyak nabati yang diproduksi melalui proses transesterifikasi atau esterifikasi. Menggunakan bahan bakar biodiesel membuat performa mesin diesel yang lebih rendah daripada menggunakan bahan bakar diesel/solar dan emisi gas buang dari mesin diesel akan menjadi lebih rendah. Semakin besar kandungan biodiesel maka daya mesin dan torsi menjadi semakin menurun. Hal ini karena nilai kalor yang rendah dan viskositas yang tinggi dari biodiesel dibanding bahan bakar diesel/solar.

Kelebihan dari penggunaan bahan bakar biodiesel yaitu merupakan bahan bakar yang bersih karena konturnya terhadap pengurangan emisi gas buang (asap tidak terlalu pekat dan tidak mengandung sulfur sehingga mengurangi efek pemanasan global) dan biodegradabilitasnya. Adapun kekurangan dari penggunaan bahan bakar biodiesel yaitu mudah

terdegradasi apabila terkontaminasi dengan udara, air, lumpur, dan lainnya. Ada juga kekhawatiran bahwa penggunaan biodiesel dapat memperpendek umur mesin dan komponennya, termasuk pada bagian *fuel filter*.

Fuel filter merupakan filter dalam sistem saluran bahan bakar yang menyaring kontaminasi dari bahan bakar, biasanya dibuat menjadi kartrid yang berisi media filter. Setelah penggunaan dari waktu yang lama atau sesuai dengan anjuran, *fuel filter* harus di rawat atau di ganti. *Fuel filter* biasanya diganti secara rutin atau kapan saja jika terjadi penyumbatan oleh kontaminan dan menyebabkan pembatasan aliran bahan bakar. Penyumbatan filter akan menyebabkan masalah pada sistem pembakaran mesin. [1]

Beberapa penelitian telah dilakukan untuk menunjukan bahwa pada *fuel filter* yang menggunakan campuran bahan bakar diesel-biodiesel akan mengalami penyumbatan lebih cepat dibandingkan dengan menggunakan bahan bakar diesel. Mesin

yang menggunakan bahan bakar biodiesel akan lebih cepat untuk melakukan penggantian *fuel filter* karena penyumbatan sedimen.

Penurunan performa mesin diesel dan penyumbatan yang cepat pada *fuel filter* yang menggunakan biodiesel sebagai bahan bakar dapat diatasi dengan penambahan alkohol pada bahan bakar diesel-biodiesel. Dengan menambahkan alkohol juga memberikan dampak baik untuk menurunkan emisi CO (karbon monoksida) dan HC (hidrokarbon), beserta konsumsi bahan bakar dari mesin diesel. Rendahnya nilai viskositas, tingginya kandungan oksigen, tingginya angka setana merupakan faktor utama mengapa emisi gas buang mesin diesel lebih ramah lingkungan daripada memakai bahan bakar diesel-biodiesel. [2]

Berdasarkan beberapa penelitian yang sudah dilakukan mengenai campuran bahan bakar diesel-biodiesel di tambah etanol. Bahwa penggunaan bahan bakar campuran diesel-biodiesel-etanol dengan rasio: 75% : 20% : 5% dapat menyebabkan penurunan emisi partikulat (PM) yang cukup signifikan, serta penurunan emisi gas buang (CO dan HC). Namun pada emisi NO_x terjadi peningkatan sebesar 2-14% dan terjadi peningkatan pada konsumsi bahan bakar dalam pembakaran. [3]

Menurut beberapa jurnal dan penelitian yang telah dilakukan penambahan etanol pada bahan bakar campuran diesel-biodiesel dapat menurunkan nilai viskositas suatu bahan bakar dan mencegah endapan yang terjadi pada sistem pembakaran.

Dalam hal ini adapun beberapa rumusan masalah adalah sebagai berikut :

1. Bagaimana pengaruh penggunaan campuran bahan bakar B20 minyak jelantah + etanol, B30 minyak jelantah + etanol, dan dexlite + etanol terhadap *pressure drop* dan perbandingan dengan penelitian sebelumnya.
2. Bagaimana pengaruh campuran bahan bakar B20 minyak jelantah + etanol, B30 minyak jelantah + etanol, dan dexlite + etanol terhadap massa/berat endapan

Adapun batasan yang ditetapkan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Dexlite dianggap sebagai campuran 80% Pertamina Dex dan 20% biodiesel minyak sawit. Menggunakan bahan bakar dexlite dan Pertamina dex yang di beli pada SPBU.
2. Pertamina dex dan Dexlite yang digunakan dibeli dari SPBU secara acak, tanpa mengetahui durasi umur penyimpanan Dexlite tersebut.
3. Biodiesel minyak jelantah yang digunakan dibeli dari Yayasan Lengis Hijau dari stok yang ada, dimana kualitasnya mungkin bervariasi sebagai dampak durasi umur penyimpanan.
4. Etanol yang digunakan dibeli dari pasaran memiliki kandungan 96% alkohol.
5. Alat uji filter yang digunakan dibuat sendiri di Laboratorium Pembakaran PS Teknik Mesin -

Universitas Udayana, dengan mengacu pada ASTM D2068/IP 387.

6. Batasan 5% dipilih berdasarkan literatur penggunaan etanol sebagai campuran dalam bahan bakar diesel-biodiesel berdasarkan pertimbangan dari efek nilai kalor dan kandungan air supaya dampaknya masih dapat diterima terhadap kinerja mesin.

2. Dasar Teori

2.1. Biodiesel

Biodiesel terbuat dari minyak nabati yang berasal dari sumber daya alam yang dapat diperbaharui. Bahan baku yang digunakan untuk pembuatan biodiesel antara lain: jagung kelapa sawit, tanaman jarak, bunga matahari, kedelai, tebu, alpukat, dan beberapa jenis tumbuhan lainnya. Selain bersumber dari minyak nabati, bahan baku biodiesel juga bisa terbuat dari lemak hewani, lemak bekas atau lemak daur ulang. Semua bahan baku ini mengandung trigliserida, asam lemak bebas (ALB), dan pencemar. Secara kimia biodiesel merupakan golongan metil ester atau mono alkil ester dengan rantai karbon yang panjangnya antara 12-20. Sementara komponen utama dari bahan bakar diesel/solar adalah hidrokarbon, hal ini yang membedakan dengan bahan bakar biodiesel. [4]

2.2. Etanol

Energi alternatif kelompok alkohol seperti metanol, etanol, dan butanol yang biasa digunakan sebagai bahan campuran bahan bakar diesel/solar. Kelebihan alkohol juga dipakai untuk menurunkan nilai viskositas bahan bakar diesel/solar dan mencegah penumpukan endapan akibat kotoran pada bahan bakar. Akan tetapi, menggunakan alkohol dengan jumlah tinggi akan meningkatkan konsumsi bahan bakar dan menurunnya performa akibat nilai kalor yang rendah dalam alkohol. [5]

2.3. Debit Aliran Fluida

Debit aliran fluida adalah persamaan yang dipakai untuk menghitung kecepatan aliran suatu fluida, debit aliran dapat dihitung dengan menggunakan perbandingan volume terhadap waktu, dapat dinyatakan sebagai berikut.

$$Q = \frac{V}{t} \quad (1)$$

Dimana:

Q= Debit Aliran (m³/s)

V= Volume (m³)

t= Waktu (s)

2.4. Persamaan Kontinuitas

Persamaan kontinuitas menyatakan hubungan antara kecepatan fluida yang masuk terhadap kecepatan fluida yang keluar pada suatu pipa. Persamaan tersebut dinyatakan dalam persamaan di bawah ini:

$$Q = A_1 v_1 = A_2 v_2 \quad (2)$$

Dimana:

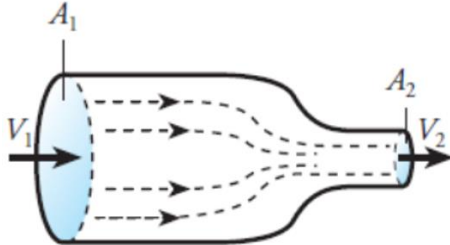
Q = Debit Aliran (m^3/s)

A_1 = Luas penampang pada pipa 1 (m^2)

v_1 = Kecepatan fluida pada pipa 1 (m/s)

A_2 = Luas penampang pada pipa 2 (m^2)

v_2 = Kecepatan fluida pada pipa 2 (m/s)

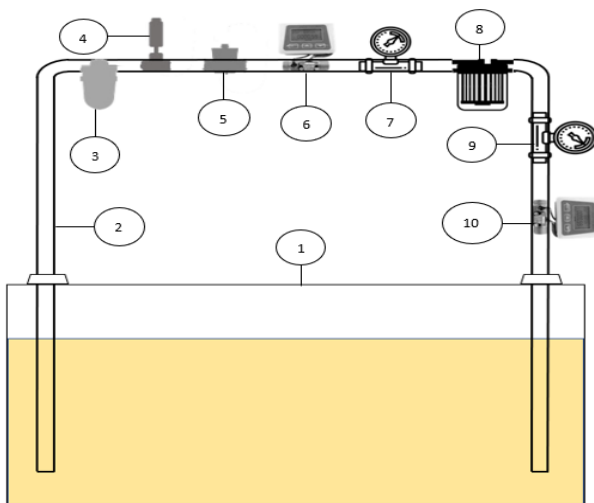


Gambar 1. Aliran Fluida Berdasarkan Persamaan Kontinuitas

Persamaan kontinuitas digunakan untuk mendapatkan nilai kecepatan aliran bahan bakar karena luas penampang pipa bahan bakar dapat dicari dengan mengetahui diameter pipa tersebut yaitu sebesar 0.00635 m, dan debit aliran bahan bakar sudah diketahui dengan membaca debit aliran pada *flow meter* yang terdapat pada alat uji *fuel filter*.

3. Metode Penelitian

Bahan bakar yang digunakan pada penelitian ini yaitu dexlite, B20 minyak jelantah, dan B30 minyak jelantah. Untuk bahan bakar dexlite dan pertamina dex didapatkan dari SPBU Pertamina, sedangkan untuk biodiesel minyak didapatkan dari Yayasan Lengis Hijau, Bali. Pada proses pencampuran B20 minyak jelantah yaitu menggunakan 80% pertamina dex dan 20% biodiesel minyak jelantah, sedangkan untuk pencampuran B30 minyak jelantah menggunakan 70% pertamina dex dan 30% biodiesel minyak jelantah. Seluruh campuran bahan bakar diesel-biodiesel akan ditambahkan etanol sebanyak 5%.



Gambar 2. Rancang Alat Uji Fuel Filter

Keterangan :

- | | |
|--------------------------|-------------------|
| 1. Fuel tank | 6. Flow Meter |
| 2. Fuel line | 7. Pressure Gauge |
| 3. Feed pump | 8. Fuel Filter |
| 4. Pulsation dumper | 9. Pressure Gauge |
| 5. Pressure Relief Valve | 10. Flow Meter |

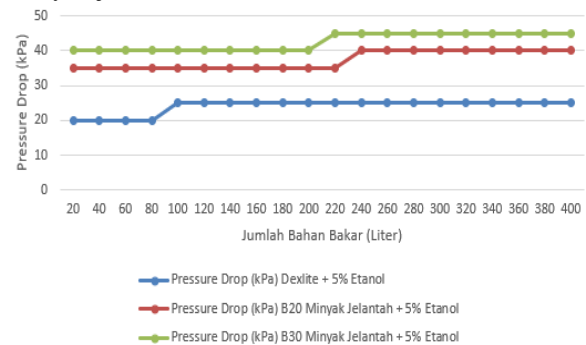
Pengujian ini dilakukan dengan menggunakan 40 Liter bahan bakar diesel-biodiesel + etanol yang ada di dalam tangki bahan bakar lalu di alirkan sebanyak 400 Liter pengaliran bahan bakar yang melewati *fuel filter*. Alat uji *fuel filter* yang digunakan merupakan rancangan sendiri sesuai dengan ASTM D2068/ IP 387 yang ditunjukkan pada gambar.

Pertama-tama hal yang harus dilakukan adalah mencampurkan bahan bakar biodiesel (B20) minyak jelantah dengan etanol sebesar 5% ke dalam tangki bahan bakar (*fuel tank*). Selanjutnya menghidupkan pompa untuk mengalirkan bahan bakar biodiesel (B20) minyak jelantah + etanol dari tangki (*fuel tank*) melewati *pulse dampener* yang menjaga kestabilan aliran dari bahan bakar. Kemudian aliran bahan bakar melintasi *pressure relief*, *flow meter*, dan *pressure gauge* kemudian menuju *fuel filter* yang diuji dan bahan bakar kembali ke tangki bahan bakar (*fuel tank*). Setelah 400 Liter bahan bakar dialirkan melewati *fuel filter* massa endapan, visualisasi dan penurunan tekanan akan di ukur. Dengan menggunakan alat uji penelitian sebelumnya, ganti *fuel filter* dengan yang baru dan ulangi pengujian di atas dengan menggunakan bahan bakar B30 minyak jelantah + etanol dan dexlite + etanol. Sehingga mendapatkan data hasil penelitian yang diinginkan terhadap seluruh campuran bahan bakar diesel-biodiesel + etanol yang memengaruhi *fuel filter*.

4. Hasil dan Pembahasan

4.1. Pengukuran Pressure Drop Seluruh Campuran Bahan Bakar Diesel-Biodiesel + Etanol

Berikut adalah grafik data hasil pengujian *pressure drop* seluruh campuran bahan bakar diesel-biodiesel di tambah etanol sebanyak 5% (dexlite + etanol, B20 minyak jelantah + etanol, dan B30 minyak jelantah + etanol).

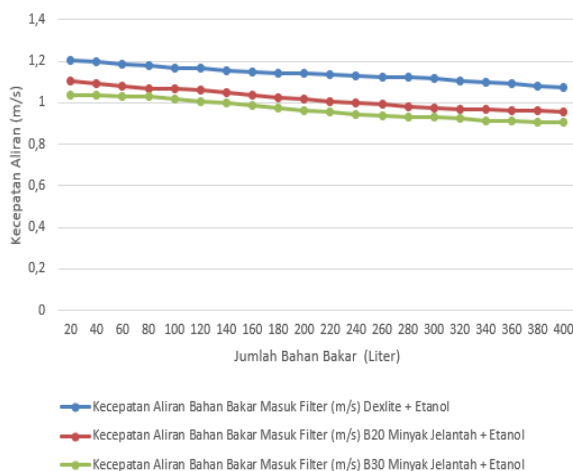


Gambar 3. Grafik Pengukuran Pressure Drop Seluruh Campuran Bahan Bakar Diesel-Biodiesel + Etanol

Berdasarkan pengukuran hasil data grafik di atas *pressure drop* semua campuran bahan bakar diesel-biodiesel di tambah etanol akan mengalami kenaikan seiring dengan semakin banyak jumlah Liter bahan bakar yang melewati *fuel filter*, dapat diketahui bahwa *pressure drop* awal bahan bakar yaitu sebesar 20 kPa dengan menggunakan bahan bakar dexlite + etanol pada saat pengambilan data 20 Liter sampai 80 Liter pengujian *fuel filter*. Sedangkan *pressure drop* aliran bahan bakar terbesar yaitu sebesar 45 kPa dengan menggunakan campuran bahan bakar B30 minyak jelantah + etanol pada saat pengambilan data 220 Liter sampai 400 Liter pengujian *fuel filter*.

4.2. Pengukuran Kecepatan Aliran Masuk Filter Seluruh Bahan Bakar Campuran Diesel-Biodiesel + Etanol

Berikut adalah grafik data hasil pengujian kecepatan aliran masuk *fuel filter* seluruh campuran bahan bakar diesel biodiesel di tambah etanol sebanyak 5% (dexlite + etanol, B20 minyak jelantah + etanol, dan B30 minyak jelantah + etanol).

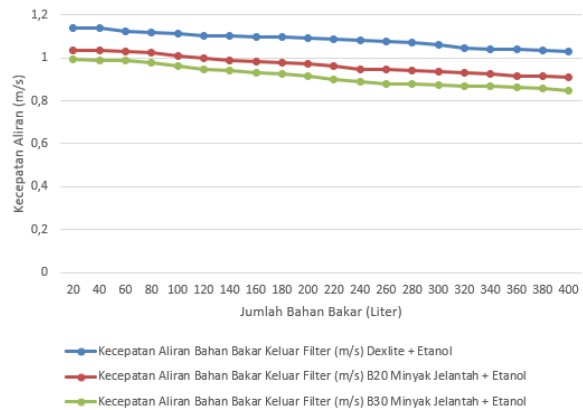


Gambar 4. Grafik Pengukuran Kecepatan Aliran Masuk Filter Seluruh Campuran Bahan Bakar Diesel-Biodiesel + Etanol

Berdasarkan hasil pengukuran data garfik diatas kecepatan aliran bahan bakar yang masuk *fuel filter* untuk semua campuran bahan bakar diesel-biodiesel + etanol akan mengalami penurunan seiring dengan banyaknya jumlah Liter bahan bakar yang melewati *fuel filter*. Dapat diketahui bahwa kecepatan aliran bahan bakar yang memasuki *fuel filter* terbesar yaitu sebesar 1.202531645 m/s dengan menggunakan bahan campuran bahan bakar dexlite + etanol. Sedangkan kecepatan aliran bahan bakar yang memasuki *fuel filter* terkecil yaitu sebesar 0,906962025 m/s dengan menggunakan campuran bahan bakar B30 minyak jelantah + etanol saat data yang diambil dari 380 Liter sampai 400 Liter bahan bakar yang telah melewati *fuel filter*.

4.3. Pengukuran Kecepatan Aliran Keluar Filter Seluruh Bahan Bakar Campuran Diesel-Biodiesel + Etanol

Berikut adalah grafik data hasil pengujian kecepatan aliran keluar *fuel filter* seluruh campuran bahan bakar diesel biodiesel di tambah etanol sebanyak 5% (dexlite + etanol, B20 minyak jelantah + etanol, dan B30 minyak jelantah + etanol).

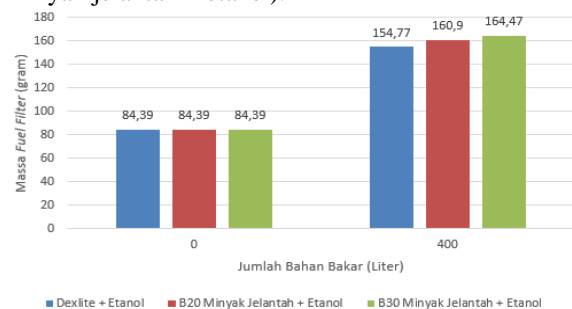


Gambar 5. Grafik Pengukuran Kecepatan Aliran Keluar Filter Seluruh Campuran Bahan Bakar Diesel-Biodiesel + Etanol

Berdasarkan hasil pengukuran data grafik diatas kecepatan aliran bahan bakar yang keluar *fuel filter* untuk semua campuran bahan bakar diesel-biodiesel + etanol juga mengalami penurunan seiring dengan banyaknya jumlah Liter bahan bakar yang melewati *fuel filter*. Dapat diketahui bahwa kecepatan aliran bahan bakar yang memasuki *fuel filter* terbesar yaitu sebesar 1,139240506 m/s dengan menggunakan bahan campuran bahan bakar dexlite + etanol saat data yang diambil dari 20 Liter sampai 40 Liter bahan bakar yang mengalir melewati *fuel filter*. Sedangkan kecepatan aliran bahan bakar yang memasuki *fuel filter* terkecil yaitu sebesar 0,849050632 m/s dengan menggunakan campuran bahan bakar B30 minyak jelantah + etanol.

4.4. Massa Endapan

Berikut adalah grafik data hasil pengukuran massa endapan seluruh campuran bahan bakar diesel biodiesel di tambah etanol sebanyak 5% (dexlite + etanol, B20 minyak jelantah + etanol, dan B30 minyak jelantah + etanol).



Gambar 6. Grafik Pengambilan Data Massa Endapan Fuel Filter Semua Campuran Bahan Bakar Diesel-Biodiesel + Etanol Pada Uji Fuel Filter

Berdasarkan hasil pengukuran data grafik diatas massa *fuel filter* untuk seluruh campuran bahan bakar diesel-biodiesel di tambah etanol, dapat dilihat bahwa seluruh massa awal *fuel filter* sebelum pengujian sebesar 84.39 gram dan setelah pengujian *fuel filter* mengalami penambahan massa pada *fuel filter*. Hal itu disebabkan karena adanya kontaminan atau kotoran (sedimen) yang tersaring oleh *fuel filter* sehingga *fuel filter* mengalami penambahan massa, semakin banyak persentase biodiesel yang digunakan maka massa endapan di *fuel filter* semakin besar. Penambahan massa *fuel filter* terkecil yaitu pada pengujian campuran bahan bakar dexlite + etanol sebesar 154.77 gram. Sedangkan penambahan massa *fuel filter* terbesar yaitu pada pengujian campuran bahan bakar B30 minyak jelantah + etanol sebesar 164.47 gram.

4.5. Pengamatan Visual Filter

Berikut adalah gambar hasil pengamatan massa endapan seluruh campuran bahan bakar diesel biodiesel di tambah etanol sebanyak 5% (dexlite + etanol, B20 minyak jelantah + etanol, dan B30 minyak jelantah + etanol).



Gambar 7. Hasil Pengamatan Fuel Filter Seluruh Campuran Bahan Bakar Diesel-Biodiesel + Etanol

Berdasarkan gambar visual *fuel filter* di atas untuk seluruh campuran bahan bakar diesel-biodiesel + etanol, dapat dilihat bahwa pada pengujian B20 minyak jelantah + etanol elemen filter terlihat lebih bersih daripada campuran bahan bakar lain yang telah diuji. Untuk pengujian dexlite + etanol, elemen *fuel filter* terlihat ada beberapa bagian yang berwarna kecoklatan pada elemen filter. Sementara pada pengujian B30 minyak jelantah + etanol elemen filter terlihat lebih berwarna kecoklatan hampir di seluruh bagian elemen filter dibandingkan dengan yang lainnya.

5. Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengujian *fuel filter* menggunakan bahan bakar campuran diesel-biodiesel dengan penambahan etanol yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa :

1. Penambahan etanol pada campuran bahan bakar diesel-biodiesel dapat mempengaruhi nilai *pressure drop* aliran campuran bahan bakar. Hal ini disebabkan karena penambahan etanol membuat nilai viskositas suatu bahan bakar menjadi turun, maka kekentalan dari campuran bahan bakar mengalami penurunan sehingga

aliran bahan bakar lebih mudah (lancar) melewati *fuel filter*. Hal ini di tunjukan dalam penelitian penggunaan campuran bahan bakar B30 minyak jelantah + etanol memiliki *pressure drop* terbesar yaitu 45 kPa, sedangkan nilai *pressure drop* terkecil yaitu pada pengujian dexlite + etanol adalah sebesar 25 kPa. Sementara berdasarkan data penelitian sebelumnya pengujian *pressure drop* pada campuran bahan bakar diesel-biodiesel tanpa etanol yang memiliki *pressure drop* terbesar yaitu pada pengujian B30 minyak jelantah adalah sebesar 50 kPa, sedangkan nilai *pressure drop* terkecil yaitu pada pengujian B20 minyak jelantah adalah sebesar 45 kPa.

2. Penambahan etanol pada campuran bahan bakar diesel-biodiesel dapat memberikan pengaruh terhadap kecepatan aliran bahan bakar. Hal ini ditunjukkan pada Massa *fuel filter* saat pengujian menggunakan campuran bahan bakar B30 minyak jelantah + etanol memiliki massa yang paling besar adalah 164.47 gram, sedangkan massa paling kecil saat pengujian menggunakan campuran bahan bakar dexlite + etanol adalah 154.77 gram. Hal ini disebabkan karena sifat dari etanol yaitu mencegah aglomerasi sedimen sehingga dapat mengurangi endapan pada *fuel filter*. Namun secara visual tidak terlalu terlihat dengan jelas perbedaannya terhadap seluruh campuran bahan bakar diesel-biodiesel + etanol.

Daftar Pustaka

- [1] Komariah, L. N., Hadiyah, F., Aprianjaya, F., & Nevriadi, F. (2018). *Biodiesel effects on fuel filter; Assessment of clogging characteristics*. *Journal of Physics: Conference Series*, 1095(1)
- [2] Syarifudin, S., Cahyo, H. N., & Supriyadi, A. (2020). **Korelasi Propertis Biodiesel Terhadap Emisi Gas Buang dan Performa Mesin Diesel**. *Infotekmesin*, 11(1), 9–13.
- [3] Paendong, M., Sangian, H. F., & Bobanto, M. D. (2019). **Pembuatan Bahan Bakar Campuran Biodiesel, Diesel, Etanol Dan Air Dalam Emulsi Stabil**. *Pharmakon*, 8(4), 904.
- [4] Devita, L. (2015). **Biodiesel sebagai bioenergi alternatif dan prospektif**. *Sekolah Tinggi Penyuluhan Pertanian Medan*, 9, 23–26
- [5] Syarifudin, Heru Nur Cahyo, Agus Supriyadi, D. (2019). **Pengaruh Variasi Volume Minyak Sawit terhadap Sifat Kimia dan Sifat Fisik Biodiesel Campuran Solar-Minyak Sawit-Alkohol [Metanol, Etanol, Butanol]**. *Jurnal Konversi*, 8(2), 9–14.



Dava Rizki Nur Alamsyah saat ini telah menyelesaikan pendidikan S1 Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Udayana (2018 sampai 2022).



Ainul Ghurri menyelesaikan pendidikan S1 Teknik Mesin di Universitas Brawijaya pada tahun 1995. Pendidikan magister Teknik Mesin diselesaikan di Universitas Indonesia pada tahun 1998 dengan area riset tentang computational fluid dynamics.

Pada tahun 2012 ia menyelesaikan pendidikan doctoral di Chonbuk National University, Korea Selatan. Saat ini ia bekerja sebagai dosen di Jurusan Teknik Mesin Universitas Udayana. Bidang penelitian utama yang digeluti adalah fuel spray, spray technology, internal combustion engine, dan CFD.



I Ketut Gede Wirawan menyelesaikan Pendidikan S1 Teknik Mesin di Universitas Brawijaya. Memperoleh gelar Master of Engineering di Institut Teknologi 10 Nopember Surabaya pada tahun 2000. Gelar doktor diperoleh di Universitas Brawijaya tahun 2014.

Pengaruh Pemanasan Awal Dexlite dan Biodiesel Minyak Jelantah Terhadap Karakteristik Penyumbatan Pada *Fuel Filter*

Rozy Mukrizal, Ainul Ghurri, dan I Ketut Gede Wirawan
Program Studi Teknik Mesin Universitas Udayana, Kampus Bukit Jimbaran Bali

Abstrak

Biodiesel adalah salah satu bahan bakar alternatif yang dapat menggantikan minyak diesel menjadi bahan bakar utama mesin diesel. Penggunaan biodiesel sebagai bahan bakar tentunya memiliki kekurangan dibandingkan minyak diesel yang berpengaruh pada komponen mesin diesel salah satunya adalah fuel filter, yang mana kotoran yang tersaring akan membentuk endapan sehingga fuel filter dapat lebih cepat tersumbat. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengkaji pengaruh pemanasan awal bahan bakar pada Dexlite dan campuran 70% Pertamina Dex dan 30% Biodiesel Minyak Jelantah (B30) terhadap penurunan tekanan, kecepatan aliran, serta endapan pada fuel filter. Pengujian ini dilakukan dengan mengalirkan 400 liter bahan bakar yang melewati fuel filter dengan memvariasikan temperatur pemanasan awal yaitu sebesar 50°C, 60°C, dan 70°C. Tekanan bahan bakar sebelum memasuki fuel filter dijaga pada 105 kPa. Dari hasil pengujian menunjukkan bahwa variasi temperatur pemanasan awal tidak berpengaruh banyak terhadap penurunan tekanan, namun berpengaruh besar terhadap kecepatan aliran bahan bakar. Semakin tinggi temperatur pemanasan awal menyebabkan semakin tinggi kecepatan aliran bahan bakar memasuki fuel filter dan keluar fuel filter. Pengujian Dexlite dengan pemanasan awal sampai 70°C menunjukkan kecepatan aliran tertinggi yaitu 1.36 m/s memasuki fuel filter dan 1.24 m/s keluar fuel filter.

Kata kunci: Dexlite, Biodiesel, Fuel Filter, Pemanasan Awal, Penurunan Tekanan, Kecepatan Aliran

Abstract

Biodiesel is an alternative fuel that can replace diesel oil as diesel engine fuel. The use of biodiesel as a fuel certainly has drawbacks compared to diesel oil which affects the diesel engine components, one of which is the fuel filter, where the filtered dirt will form deposits so that the fuel filter can be clogged more quickly. The purpose of this study was to examine the effect of preheating the fuel in Dexlite and a mixture of 70% Pertamina Dex and 30% Biodiesel used cooking oil (B30) on the pressure drop, flow velocity, and deposits on the fuel filter. This test is carried out by flowing 400 liters of fuel through the fuel filter by varying the preheating temperature of 50°C, 60°C, and 70°C. The fuel pressure before entering the fuel filter is maintained at 105 kPa. The test results show that the variation of the preheating temperature does not significantly affect the pressure drop, but it does affect the fuel flow rate. The higher preheating temperature makes the higher fuel flow rate entering the fuel filter and leaving the fuel filter. Dexlite test with preheating to 70°C shows the highest flow velocity is 1.36 m/s entering the fuel filter and 1.24 m/s leaving the fuel filter.

Keywords: Dexlite, Biodiesel, Fuel Filter, Preheating, Pressure Drop, Flow Velocity

1. Pendahuluan

Biodiesel adalah bahan bakar alternatif yang berasal dari minyak nabati atau lemak hewani yang diproduksi melalui proses esterifikasi /transesterifikasi. Melalui Peraturan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral (ESDM) nomor 41 tahun 2018, biodiesel B20 diterapkan sebagai bahan bakar utama mesin diesel. Penggunaan bahan bakar biodiesel menghasilkan performa mesin yang lebih rendah dibandingkan bahan bakar solar meskipun emisi mesin lebih ramah lingkungan. Semakin besar kandungan minyak nabati, torsi dan daya mesin semakin menurun. Hal ini akibat rendahnya nilai kalor dan tingginya viskositas minyak nabati dibanding bahan bakar solar murni [1].

Pada umumnya faktor yang diinginkan untuk mesin diesel adalah efisiensi yang lebih tinggi, kehematan bahan bakar dan juga emisi yang lebih rendah. Namun pada mesin diesel tundaan penyalaan atau *ignition delay* terjadi karena *physical delay* dan *chemical delay*. Hal ini menyebabkan terjadinya fenomena pembakaran yang tidak sempurna pada

mesin, artinya ukuran *droplet* yang lebih besar menyebabkan terjadinya *physical delay* maupun *chemical delay* akibat waktu reaksi kimia yang lebih lama.

Solusi dari permasalahan diatas yaitu dengan menambahkan proses pemanasan awal atau *preheating* pada biodiesel. Pemanasan awal atau yang disebut juga dengan *preheating* adalah proses memanaskan bahan bakar dengan pemanas atau *heater* yang dilakukan pada saat sebelum bahan bakar masuk ke dalam mesin [2].

Dengan memanaskan bahan bakar, ini dapat mengurangi ukuran tetesan bahan bakar diesel atau *fuel droplet*. Jadi tetesan atau *droplet* yang lebih kecil memastikan pencampuran udara dan bahan bakar yang menyeluruh yang membuat pembakaran lebih sempurna. Jadi pemanasan awal diesel adalah metode yang masuk akal untuk meningkatkan kinerja mesin dan mengurangi emisi mesin [3].

Pemanasan awal bahan bakar menyebabkan bahan bakar akan menjadi lebih reaktif untuk bereaksi dengan oksigen pada proses pembakaran

sehingga proses pembakaran menjadi lebih sempurna. Dengan pembakaran bahan bakar yang lebih sempurna menyebabkan performa mesin akan menjadi lebih baik [4].

Selain kelemahan biodiesel pada suhu rendah, salah satu penyebab utama masalah terkait dengan kemampuan aliran dan filterabilitas biodiesel. Karena sifat fisik dan alirannya, biodiesel berpotensi menyebabkan penyumbatan di filter lebih tinggi dari solar [5].

Selain itu, dari jurnal penelitian Khalid, dkk 2016, membuktikan bahwa metode pemanasan awal bahan bakar biodiesel dapat meningkatkan daya dan torsi mesin, dimana pada penelitiannya menggunakan bahan bakar biodiesel dengan campuran 10% minyak sawit mentah dengan suhu pemanasan awal sebesar 40°C dan 60°C menghasilkan daya, torsi dan BMEP tertinggi [6].

Dari penelitian tersebut menunjukkan pemanasan awal bahan bakar biodiesel berpengaruh pada performa mesin, maka penelitian ini bertujuan untuk mengetahui tentang metode pemanasan awal biodiesel yang sudah terbukti dapat meningkatkan daya dan torsi mesin apakah juga akan berpengaruh terhadap karakteristik penyumbatan pada *fuel filter*.

Dalam hal ini maka ada beberapa permasalahan yang akan dibahas, diantaranya:

1. Bagaimana pengaruh pemanasan awal bahan bakar pada Dexlite dan Biodiesel minyak jelantah (B30) terhadap *pressure drop*.
2. Bagaimana pengaruh pemanasan awal bahan bakar pada Dexlite dan Biodiesel minyak jelantah (B30) terhadap kecepatan aliran bahan bakar.
3. Bagaimana pengaruh pemanasan awal bahan bakar pada Dexlite dan Biodiesel minyak jelantah (B30) terhadap massa endapan *fuel filter*.

Beberapa batasan juga ditetapkan pada penelitian ini, yaitu:

1. Dexlite yang digunakan dibeli dari SPBU secara acak, tanpa mengetahui umur penyimpanan dexlite tersebut.
2. Biodiesel minyak jelantah yang digunakan dibeli dari Yayasan Lengis Hijau dari stok yang ada tanpa mengetahui umur penyimpanan biodiesel tersebut.
3. Alat uji filter yang digunakan dibuat sendiri di Laboratorium Pembakaran PS Teknik Mesin - Universitas Udayana, dengan mengacu pada ASTM D2068/IP 387.
4. Temperatur pemanasan awal bahan bakar menggunakan *range* temperatur dikarenakan adanya variasi kondisi kelistrikan dan lingkungan yang mempengaruhi losses panas dan akhirnya menghasilkan variasi temperatur.

2. Dasar Teori

2.1 Pemanasan Awal

Pemanasan awal atau *preheating* adalah proses memanaskan bahan bakar dengan alat pemanas yang dilakukan sebelum bahan bakar masuk ke dalam

mesin. *Preheating* menyebabkan bahan bakar akan menjadi lebih reaktif untuk bereaksi dengan oksigen pada proses pembakaran sehingga proses pembakaran menjadi lebih sempurna. Dengan pembakaran bahan bakar yang lebih sempurna menyebabkan unjuk kerja mesin akan menjadi lebih baik.

Selain itu viskositas secara bertahap akan menurun dengan meningkatnya suhu bahan bakar. *Preheating* juga akan meringankan masalah proses injeksi karena mengakibatkan penurunan aritmatika diameter tetesan bahan bakar karena efek perubahan viskositas dengan suhu.

2.2 Debit Aliran Fluida

Debit aliran fluida merupakan persamaan yang digunakan untuk menghitung kecepatan aliran fluida, debit aliran dapat dihitung dengan menggunakan perbandingan volume terhadap waktu, dapat dinyatakan sebagai berikut.

$$Q = \frac{V}{t} \quad (1)$$

Dimana:

Q= Debit Aliran (m³/s)

V= Volume (m³)

t= Waktu (s)

2.3 Persamaan Kontinuitas

Persamaan kontinuitas yaitu persamaan yang menyatakan hubungan antara kecepatan fluida yang masuk terhadap kecepatan fluida yang keluar pada suatu pipa. Persamaan tersebut dinyatakan dalam persamaan di bawah ini.

$$Q = A_1 v_1 = A_2 v_2 \quad (2)$$

Dimana:

Q = Debit Aliran (m³/s)

A₁= Luas penampang pada pipa 1 (m²)

v₁ = Kecepatan fluida pada pipa 1 (m/s)

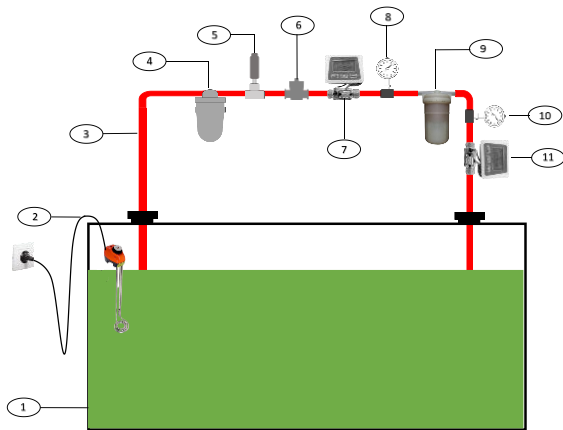
A₂= Luas penampang pada pipa 2 (m²)

v₂ = Kecepatan fluida pada pipa 2 (m/s)

3. Metode Penelitian

Bahan bakar yang digunakan pada penelitian ini yaitu dexlite, dan B30 minyak jelantah hasil dari pencampuran 70% Pertamina dex dan 30% Biodiesel murni. Untuk bahan bakar dexlite dan pertamina dex didapatkan dari SPBU Pertamina, sedangkan untuk biodiesel minyak didapatkan dari Yayasan Lengis Hijau, Bali.

Pengujian ini dilakukan dengan menggunakan 40 Liter bahan bakar Dexlite dan Biodiesel minyak jelantah (B30) dengan variasi temperatur pemanasan awal 50°C, 60°C, dan 70°C yang akan di alirkan sebanyak 400 Liter pengaliran bahan bakar yang melewati *fuel filter*. Alat uji *fuel filter* yang digunakan merupakan rancangan sendiri sesuai dengan ASTM D2068/ IP 387 yang ditunjukkan pada gambar dibawah ini



Gambar 1. Rancang Alat Uji Fuel Filter

Keterangan

- | | |
|--------------------------|-------------------|
| 1. Fuel Tank | 7. Flow Meter |
| 2. Preheater | 8. Pressure Gauge |
| 3. Fuel Line | 9. Fuel Filter |
| 4. Fuel Pump | 10. Fuel Filter |
| 5. Pulsation dumper | 11. Flow Meter |
| 6. Pressure Relief Valve | |

Penelitian ini menggunakan rancangan alat uji *fuel filter* yang ditunjukkan pada Gambar 1. Setelah memastikan tidak terjadinya masalah pada semua sistem alat uji penelitian dan sambungan tidak terjadi kebocoran, maka alat uji penelitian siap untuk dioperasikan. Pertama-tama hal yang harus dipastikan adalah memanasakan bahan bakar menggunakan *heater* sehingga bahan bakar mengalami kenaikan temperatur sampai 50°C, selanjutnya adalah menghidupkan pompa untuk mengalirkan 40 liter bahan bakar dexlite dari tangki bahan bakar (*fuel tank*) melewati *pulse dampener* yang berfungsi untuk menjaga kestabilan aliran bahan bakar. Setelah putaran pompa dan aliran bahan bakar sampai keadaan stabil, selanjutnya bahan bakar melewati *flow meter*, *pressure gauge* dan *pressure relief valve*, kemudian menuju *fuel filter* yang diuji dan bahan bakar ditampung kembali dalam bak penampung bahan bakar. Hasil pengujian didapatkan dari besarnya *pressure drop* aliran yang terjadi, kecepatan aliran bahan bakar memasuki *fuel filter* dan keluar *fuel filter*, dan endapan yang terjadi pada *fuel filter* setelah alat uji dioperasikan sampai batas waktu yang telah ditentukan untuk mewakili pengoperasian *fuel filter* pada mesin diesel. Data hasil pengujian yang dicatat akan dijadikan sebagai acuan dasar penelitian dan juga dilakukan dokumentasi hasil pengamatan visual pada *fuel filter* setelah dilakukan pengujian. Setelah itu lakukan hal yang sama, namun dengan menaikkan temperature bahan bakar sampai 60°C dan 70°C.

Setelah pengujian menggunakan bahan bakar dexlite selesai, selanjutnya lakukan prosedur yang sama menggunakan bahan bakar campuran 70% solar

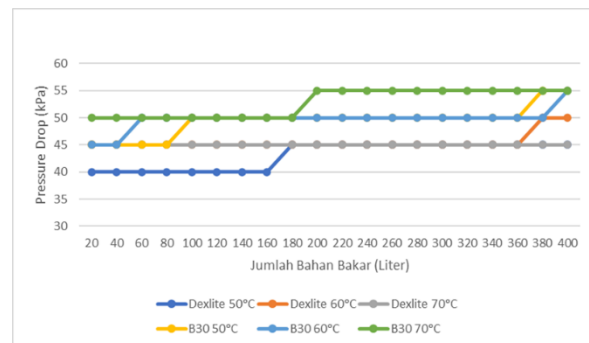
dan 30% biodiesel minyak jelantah dengan variasi suhu pemanasan awal yang juga sama yaitu 50°C, 60°C dan 70°C.

4. Hasil dan Pembahasan

Didapatkan hasil penelitian pengaruh pemanasan awal bahan bakar pada karakteristik *fuel filter* menggunakan bahan bakar Dexlite dan Biodiesel minyak jelantah (B30) dengan temperatur pemanasan awal sampai 50°C, 60°C, dan 70°C sebagai berikut.

4.1 Pressure Drop

Berikut grafik hasil pengukuran *pressure drop* aliran bahan bakar pada uji *fuel filter* untuk Dexlite dan Biodiesel minyak jelantah (B30) dengan temperatur pemanasan awal 50°C, 60°C, dan 70°C.

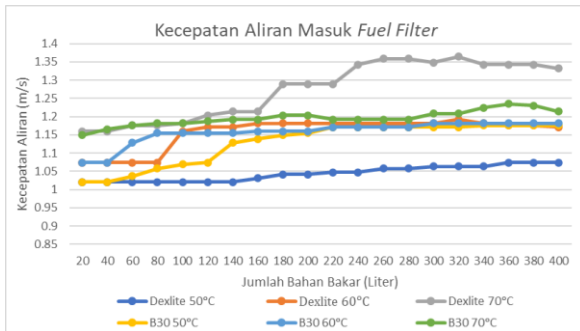


Gambar 2. Grafik Hasil Pengukuran Pressure Drop Aliran Bahan Bakar Pada Uji Fuel Filter Untuk Dexlite dan Biodiesel Minyak Jelantah (B30) Dengan Temperatur Pemanasan Awal 50°C, 60°C, dan 70°C

Dari grafik perbandingan *pressure drop* aliran bahan Untuk Dexlite dan Biodiesel Minyak Jelantah (B30) Pada Suhu Pemanasan Awal 50°C, 60°C, dan 70°C, didapatkan hasil bahwa *pressure drop* aliran bahan bakar terkecil yaitu sebesar 40 kPa dengan menggunakan bahan bakar Dexlite dengan suhu pemanasan awal sampai 50°C pada saat pengujian 20 Liter hingga 160 Liter. Sedangkan *pressure drop* aliran bahan bakar terbesar yaitu sebesar 55 kPa dengan menggunakan campuran Pertamina Dex dan Biodiesel Minyak Jelantah (B30) dengan suhu pemanasan awal sampai 70°C pada saat pengujian 200 Liter hingga 400 Liter. Dari tabel diatas dapat dilihat bahwa rata-rata *pressure drop* terkecil yaitu sebesar 43 kPa pada pengujian dengan menggunakan bahan bakar Dexlite dengan suhu pemanasan awal sampai 50°C, sedangkan rata-rata *pressure drop* terbesar yaitu sebesar 52.75 kPa pada pengujian dengan menggunakan campuran Pertamina Dex dan Biodiesel Minyak Jelantah (B30) dengan suhu pemanasan awal sampai 70°C.

4.2 Kecepatan Aliran Masuk Fuel Filter

Berikut grafik kecepatan aliran bahan bakar masuk *fuel filter* pada pengujian Dexlite dan Biodiesel minyak jelantah (B30) pada temperatur pemanasan awal 50°C, 60°C, dan 70°C.

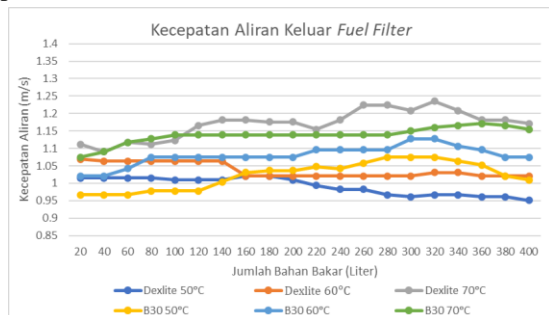


Gambar 3. Grafik Hasil Pengukuran Kecepatan Aliran Bahan Bakar Masuk Fuel Filter Pada Pengujian Dexlite dan Biodiesel Minyak Jelantah (B30) Dengan Temperatur Pemanasan Awal 50°C, 60°C, dan 70°C

Dari grafik perbandingan kecepatan aliran bahan bakar yang memasuki *fuel filter* untuk untuk Dexlite dan Biodiesel Minyak Jelantah (B30) dengan suhu pemanasan awal Awal 50°C, 60°C, dan 70°C, didapatkan hasil bahwa kecepatan aliran bahan bakar memasuki *fuel filter* terbesar yaitu sebesar 1.36 m/s dengan menggunakan bahan bakar Dexlite dengan pemanasan awal sampai 70°C, sedangkan kecepatan aliran bahan bakar yang memasuki *fuel filter* terkecil yaitu sebesar 1.02 m/s dengan menggunakan bahan bakar Dexlite dengan pemanasan awal 50°C pada saat pengambilan data 20 Liter sampai 140 Liter bahan bakar yang mengalir melewati *fuel filter*. Untuk rata-rata kecepatan aliran bahan bakar yang memasuki *fuel filter* terbesar yaitu sebesar 1.27 m/s pada saat pengujian menggunakan bahan bakar Dexlite dengan pemanasan awal sampai 70°C, dan rata-rata kecepatan aliran bahan bakar yang memasuki *fuel filter* terkecil yaitu sebesar 1.04 m/s pada saat pengujian menggunakan bahan bakar Dexlite dengan pemanasan awal 50°C.

4.3 Kecepatan Aliran Keluar Fuel Filter

Berikut grafik kecepatan aliran bahan bakar yang keluar *fuel filter* pada pengujian Dexlite dan Biodiesel minyak jelantah (B30) pada temperatur pemanasan awal 50°C, 60°C, dan 70°C.



Gambar 4. Grafik Hasil Pengukuran Kecepatan Aliran Bahan Bakar Keluar Fuel Filter Pada Pengujian Dexlite dan Biodiesel Minyak Jelantah (B30) Dengan Temperatur Pemanasan Awal 50°C, 60°C, dan 70°C

Dari grafik kecepatan aliran keluar *fuel filter* untuk untuk Dexlite dan Biodiesel Minyak Jelantah (B30) dengan suhu pemanasan awal Awal 50°C, 60°C, dan 70°C, didapatkan hasil bahwa kecepatan aliran keluar *fuel filter* terbesar yaitu 1.24 m/s dengan menggunakan bahan bakar Dexlite dengan pemanasan awal sampai 70°C, sedangkan kecepatan aliran yang keluar *fuel filter* terkecil yaitu 0.95 m/s dengan menggunakan bahan bakar Dexlite dengan pemanasan awal 50°C pada saat pengambilan data 400 Liter bahan bakar yang mengalir melewati *fuel filter*. Untuk rata-rata kecepatan aliran bahan bakar yang keluar *fuel filter* terbesar yaitu sebesar 1.17 m/s pada saat pengujian menggunakan bahan bakar Dexlite dengan pemanasan awal sampai 70°C, dan rata-rata kecepatan aliran bahan bakar yang keluar *fuel filter* terkecil yaitu sebesar 0.99 m/s pada saat pengujian menggunakan bahan bakar Dexlite dengan pemanasan awal 50°C.

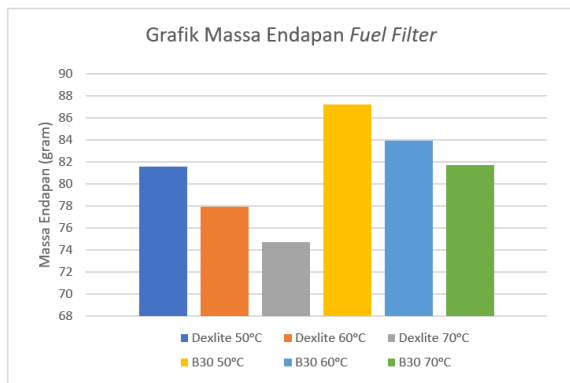
4.4 Massa Endapan Fuel Filter

Berikut Berikut merupakan tabel data hasil pengukuran massa *fuel filter* untuk Dexlite dan Biodiesel minyak jelantah (B30) pada temperatur pemanasan awal 50°C, 60°C, dan 70°C pada uji *fuel filter*.

Bahan Bakar (Liter)	Temperatur Pemanasan Awal	Massa Fuel Filter Sebelum Pengujian (gram)	Massa Fuel Filter Setelah Pengujian (gram)	Massa Endapan (gram)
Dexlite	sampai 50°C	84.39	165.95	81.56
	sampai 60°C	84.39	162.28	77.93
	Sampai 70°C	84.39	159.08	74.69
Biodiesel Minyak Jelantah (B30)	sampai 50°C	84.39	171.55	87.16
	sampai 60°C	84.39	168.32	83.93
	sampai 70°C	84.39	166.08	81.69

Tabel 1. Data Pengukuran Massa Endapan Fuel Filter Pada Pengujian Menggunakan Dexlite dan Biodiesel Minyak Jelantah (B30) Pada Suhu Pemanasan Awal 50°C, 60°C, dan 70°C

Dari tabel perbandingan hasil pengukuran massa endapan *fuel filter* untuk Dexlite dan Biodiesel Minyak Jelantah (B30) pada suhu pemanasan Awal 50°C, 60°C, dan 70°C pada uji *fuel filter*, dapat dilihat bahwa variasi temperatur pemanasan awal berpengaruh terhadap massa endapan *fuel filter*, semakin tinggi temperatur pemanasan awal maka semakin sedikit endapan pada *fuel filter*. Massa endapan *fuel filter* terbesar yaitu pada pengujian Biodiesel Minyak Jelantah (B30) dengan suhu pemanasan awal sampai 50°C dengan massa endapan sebesar 87.16 gram, sedangkan massa endapan *fuel filter* terkecil yaitu pada pengujian Dexlite dengan suhu pemanasan awal sampai 70°C dengan massa endapan sebesar 74,69 gram. Untuk lebih jelasnya ditunjukkan pada gambar dibawah ini.



Gambar 5. Grafik Perbandingan Hasil Pengukuran Massa Endapan Fuel Filter Pada Pengujian Dexlite dan Biodiesel Minyak Jelantah (B30) Dengan Suhu Pemanasan Awal 50°C, 60°C, 70°C

4.5 Pengamatan Visual Fuel Filter

Berikut merupakan tabel hasil pengambilan gambar visual *fuel filter* pada pengujian *fuel filter* menggunakan Dexlite dan Biodiesel Minyak Jelantah (B30) pada temperatur pemanasan awal 50°C, 60°C, dan 70°C.

Jenis Bahan Bakar	Temperatur Pemanasan Awal	Gambar Fuel Filter Sebelum Diuji	Gambar Fuel Filter Setelah Diuji
Dexlite	sampai 50°C		
	sampai 60°C		
	sampai 70°C		

Tabel 2. Hasil Pengambilan Gambar Visual Fuel Filter Pada Pengujian Menggunakan Dexlite Pada Temperatur Pemanasan Awal 50°C, 60°C, dan 70°C

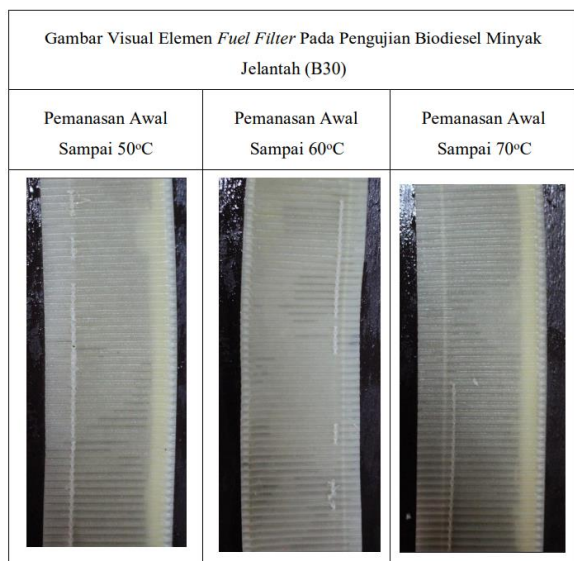
Jenis Bahan Bakar	Temperatur Pemanasan Awal	Gambar Fuel Filter Sebelum Diuji	Gambar Fuel Filter Setelah Diuji
Biodiesel Minyak Jelantah (B30)	sampai 50°C		
	sampai 60°C		
	sampai 70°C		

Tabel 3. Hasil Pengambilan Gambar Visual Fuel Filter Pada Pengujian Fuel Filter Menggunakan Biodiesel Minyak Jelantah (B30) Pada Temperatur Pemanasan Awal 50°C, 60°C, dan 70°C

Selain itu diperoleh juga hasil dari pengamatan visual elemen *fuel filter* pada pengujian *fuel filter* menggunakan Dexlite dan Biodiesel Minyak Jelantah (B30) pada temperatur pemanasan awal 50°C, 60°C, dan 70°C.

Gambar Visual Elemen Fuel Filter Pada Pengujian Dexlite		
Pemanasan Awal Sampai 50°C	Pemanasan Awal Sampai 60°C	Pemanasan Awal Sampai 70°C

Tabel 4. Hasil Pengambilan Gambar Visual Elemen Fuel Filter Pada Pengujian Menggunakan Dexlite Dengan Temperatur Pemanasan Awal 50°C, 60°C, dan 70°C



Tabel 5. Hasil Pengambilan Gambar Visual Elemen *Fuel Filter* Pada Pengujian Menggunakan Biodiesel Minyak Jelantah (B30) Dengan Temperatur Pemanasan Awal 50°C, 60°C, dan 70°C

5. Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengujian *fuel filter* menggunakan bahan bakar Dexlite dan Biodiesel Minyak Jelantah (B30) dengan variasi suhu pemanasan awal sampai 50°C, 60°C, dan 70°C, dapat disimpulkan bahwa:

- 1 Variasi temperatur pemanasan awal tidak memiliki pengaruh begitu signifikan terhadap *pressure drop*, dikarenakan tidak ada perubahan yang signifikan terhadap *pressure drop* ketika diberi variasi temperatur bahan bakar, namun hal ini juga dikarenakan faktor dari *pressure gauge* yang hanya bisa membaca tekanan pada kelipatan 5 kPa, sehingga tidak memungkinkan *pressure gauge* membaca perubahan kecil tekanan yang terjadi. Perbedaan *pressure drop* disetiap variasi temperature dikarenakan umur bahan bakar yang terus bertambah, sehingga terjadi perubahan pada sifat bahan bakar tersebut.
- 2 Variasi temperatur pemanasan awal memiliki pengaruh yang besar terhadap kecepatan aliran bahan bakar, seiring meningkatnya temperatur bahan bakar, maka semakin tinggi juga kecepatan aliran bahan bakar tersebut. Kecepatan aliran masuk *fuel filter* terbesar terjadi pada pengujian menggunakan Dexlite dengan temperatur pemanasan awal sampai 70°C, yaitu 1.36 m/s, sedangkan kecepatan aliran masuk terkecil terjadi pada pengujian menggunakan Dexlite dengan temperatur pemanasan awal sampai 50°C, yaitu 1.02 m/s. Untuk kecepatan aliran keluar *fuel filter* terbesar terjadi pada pengujian menggunakan Dexlite dengan temperatur pemanasan awal sampai

70°C, yaitu 1.23 m/s, sedangkan kecepatan aliran keluar *fuel filter* terkecil terjadi pada pengujian menggunakan Dexlite dengan temperatur pemanasan awal sampai 50°C, yaitu 0.95 m/s.

- 3 Variasi temperatur pemanasan awal juga berpengaruh pada massa endapan *fuel filter*. Massa endapan *fuel filter* tertinggi terjadi pada pengujian Biodiesel Minyak Jelantah (B30) dengan suhu pemanasan awal sampai 50°C dengan massa endapan sebesar 87.16 gram, sedangkan massa endapan *fuel filter* terkecil terjadi pada pengujian Dexlite dengan suhu pemanasan awal sampai 70°C dengan massa endapan sebesar 74,69 gram, hal ini dikarenakan semakin tinggi temperatur suatu bahan bakar, maka viskositas bahan bakar juga akan menurun yang mengakibatkan bahan bakar lebih lancar ketika melewati *fuel filter*.

Daftar Pustaka

- [1] Syarifudin, 2020, *Korelasi Propertis Biodiesel Terhadap Emisi Gas Buang dan Performa Mesin Diesel*. Jurnal Infotekmesin, 9-13.
- [2] Nurdianto, A, 2018, *Pengaruh Temperatur Preheating dan Penambahan Biodiesel Ricinus Communis Terhadap Emisi Gas Buang Mesin Diesel*. Malang: Universitas Brawijaya.
- [3] Selvam, S. Rajasekaran S, 2016, *Performance and Emission Characteristics of Pre-Heating Diesel by Using Shell and Coil Heat Exchanger in CI Engine Dimensional parameters of shell and coil heat exchanger*. Journal of Chemical and Pharmaceutical Sciences Performance, 9(3).
- [4] Lilik, S, 2008, *Pengaruh Preheating Pada Penambahan Biodiesel Terhadap Unjuk Kerja Mesin Diesel*. Surakarta: UMS Library.
- [5] Komariah, L. Hadijah, F, Aprianjaya, F. Nevriadi, F, 2018, *Biodiesel effects on fuel filter Assessment of clogging characteristics*. Journal of Physics: Conference Series, 1095(1).
- [6] Khalid, A. Syukri, A. Tajuddin, A. Hadi, S. Saputra, R, 2016, *Effects of Preheat Biodiesel Fuel Derive from Crude Palm Oil, Jatropha Oil and Waste Cooking Oil on Performance and Emissions of Diesel Engine*. International Journal of Automotive and Mechanical Engineering, 1-7.



Gelar Ph.D. diperoleh pada tahun 2012 setelah menyelesaikan pendidikan doctoral di Chonbuk National University, Korea Selatan pada tahun 2012. Saat ini ia bekerja sebagai dosen di Jurusan Teknik Mesin Universitas Udayana. Bidang penelitian yang diminati yaitu fuel spray characteristics, mesin pembakaran dalam, dan topik-topik yang berkaitan dengan mekanika fluida seperti Computational Fluid Dynamics.



Studi Eksperimental Karakteristik Laju Aliran Kalor Material Karbon Aktif Bambu Betung Dengan Holding Time 30 Menit Sebagai Material Pad Alternatif

Novry F Palindangan, Hendra Wijaksana, I Gede Teddy Prananda Surya
Program Studi Teknik Mesin Universitas Udayana, Kampus Bukit Jimbaran Bali

Abstrak

Seiring berjalannya waktu perkembangan teknologi yang semakin maju pengaplikasian refrigerasi sudah sangat banyak diterapkan yaitu penggunaan AC, namun penggunaan AC yang berlebihan dapat mengeluarkan zat buang gas berupa freon yang menimbulkan efek buruk terhadap lingkungan, Dalam mengurangi hal tersebut diperlukan sistem pendingin yang hemat energi dan ramah lingkungan seperti sistem pendingin alternative direct evaporative cooling yang menggunakan proses pendinginan dengan cara mengkontakkan langsung udara masuk dengan air sehingga terjadi perpindahan aliran kalor dari udara ke air yang mengakibatkan proses penguapan pada material pad yang sebelumnya telah dibasahi oleh air, material pad ini merupakan media pendingin yang berasal dari bambu lokal bali yakni bambu betung. Dalam penelitian ini menggunakan karbon aktif bambu betung sebagai material pad agar mengetahui laju aliran kalor pada sistem direct evaporative cooling dengan temperature karbonisasi 400 °C, 500 °C, 600 °C, 700 °C, 800°C dan diaktivasi pada temperature 600 °C dengan holding time 30 menit. Hasil dari pengujian yang telah dilakukan ini menunjukkan bahwa specimen KARV 600 dengan laju aliran massa tertinggi yakni 2.84×10^{-8} kg/s menghasilkan laju aliran kalor tertinggi sebesar 0.0640 Watt yang dapat dijadikan potensi dalam pembuatan material pad baru pada sistem direct evaporative cooling.

Kata Kunci : direct evaporative cooling, bambu betung, karbonisasi, aktivasi, laju aliran massa, laju aliran kalor

Abstract

As time goes by, the development of increasingly advanced technology, the application of refrigeration has been widely applied as we can apply it in everyday life, namely the use of air conditioning, but excessive use of air conditioning can release waste substances in the form of freon which has a negative effect on the environment. We need a cooling system that is energy efficient and environmentally friendly such as an evaporative cooling system that uses a cooling process by directly contacting the incoming air with the air so that heat flows from the air to the air which results in the evaporation process of the pad material that has previously been moistened by air, the pad material This is a cooling medium that comes from local Balinese bamboo, namely Betung Bamboo. In this study, using bamboo activated carbon as a pad material to determine the heat flow rate in a direct evaporative cooling system with carbonization temperatures of 400 °C, 500 °C, 600 °C, 700 °C, 800 °C and activated at a temperature of 600 °C with a holding time of 30 minutes. The results of the tests that have been carried out show that the KARV 800 specimen with the highest mass flow rate of 2.84×10^{-8} kg/s produces the highest heat rate of 0.0640 Watt which can be used as potential in the manufacture of new pad materials in the direct evaporative cooling system.

Keywords: direct evaporative cooling, bamboo betung, carbonization, activation, mass flow rate, heat flow rate.

I. Pendahuluan

Penggunaan AC mengeluarkan zat buang gas freon yang menimbulkan efek berbahaya terhadap lingkungan disekitar. Dalam mengurangi hal tersebut diperlukan sistem pendingin alternative yaitu Sistem *Direct Evaporative Cooling* dengan menggunakan prinsip pendinginan melalui kontak langsung antara udara masuk dengan air, maka terjadi perpindahan kalor dari udara ke air sehingga terjadinya proses *evaporasi*, sehingga menurunkan temperatur udara dan meningkatkan nilai kelembapan. Komponen utama sistem DEC adalah mechanical fan dan pompa air. Komponen terpenting dari sistem DEC adalah *cooling pad* itu sendiri, *Cooling pad* digunakan sebagai media perpindahan panas untuk meningkatkan area kontak antara udara dan air. Faktor Banyaknya massa air

yang ada dalam material merupakan faktor penentu laju perpindahan panas dan laju perpindahan massa yang terjadi (laju penguapan). Dengan jumlah besar massa air dipermukaan material, material dapat menyerap lebih banyak panas dan menguapkan air. Kehadiran sejumlah besar air yang signifikan dapat diberikan jika material tersebut memiliki porositas tinggi dengan kapilaritas tinggi. Untuk dapat meningkatkan porositas material, dilakukan peningkatan struktur pori material, hal ini dicapai dengan menerapkan perlakuan panas seperti karbonisasi atau aktivasi karbon pada material, sehingga material memiliki porositas yang tinggi. Dengan ukuran pori mikro dan peningkatan daya kapilaritas, khususnya bahan bambu dapat menyerap air dan menyimpan massa air yang lebih lama.

Adapun batasan masalah dari penelitian ini agar memperoleh hasil yang maksimal dan lebih terarah maka perlu membatasi masalah, antara lain:

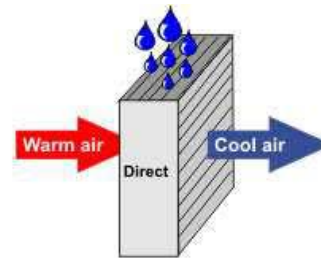
1. Material yang digunakan adalah bambu betung lokal Bali
2. Temperatur karbonisasi ditetapkan 400°C, 500°C, 600°C, 700°C, dan 800°C.
3. Reaktor karbonisasi dalam lingkungan bebas oksigen (inert atmosphere)
4. Pengujian yang dilakukan meliputi Proses Karbonisasi, Proses Aktivasi, Pengujian Scanning Electron Microscope (SEM) dan Pengujian Wettability (Sudut Kontak).

2. Dasar Teori

2.1. Sistem Direct Evaporative Cooling

Direct Evaporative Cooling merupakan sistem pendinginan udara yang menggunakan prinsip evaporative cooling. Pendinginan evaporative ini secara teknik disebut dengan pendinginan adiabatik (berlangsung pada entalpi konstan) yang merupakan proses pengkondisian udara yang dilakukan dengan membiarkan kontak langsung antara udara dengan air sehingga terjadi proses *evaporasi* dimana terjadi perubahan panas sensibel udara yang didinginkan (udara luar) menjadi panas laten pada air di permukaan *cooling pad*. Perpindahan panas sensibel terjadi karena perbedaan suhu antara udara dan permukaan basah *cooling pad*, sedangkan panas laten terjadi dari perpindahan massa yang dihasilkan dari proses evaporasi pada permukaan basah *cooling pad*. Proses diatas menurunkan temperature bola kering udara luar, selanjutnya meningkatkan kandungan (konsentrasi) uap air di udara luar, sehingga udara yang keluar dari *cooling pad* menjadi lebih dingin dan lebih lembab. Apabila selang waktu kontak air dan udara mencukupi, maka udara akan mencapai kondisi saturasi (jenuh), dimana tidak ada lagi massa uap air yang dapat diterima oleh udara. Kemampuan pendinginan sistem *direct evaporative cooling* dibatasi oleh temperature bola basah dari udara luar, dimana udara luar hanya mampu didinginkan hingga mendekati temperature bola basahnya.

Adapun prinsip kerja dan aliran fluida sistem *direct evaporative cooling* dapat dilihat seperti pada Gambar 1.



Gambar 1. Direct Evaporative Cooling

2.2. Proses Karbonisasi

Tujuan dari proses karbonisasi adalah memperkaya kandungan karbon dan menghasilkan porositas awal material. Arang yang dihasilkan dari proses karbonisasi bahan baku memiliki pori-pori yang sebagian besar masih tertutup oleh hidrokarbon, ter dan komponen lain seperti abu, air, nitrogen, dan sulfur, sehingga keaktifannya atau daya serapnya rendah. Karbonisasi adalah proses pirolisis material organik dalam kondisi bebas oksigen (*inert atmosphere*) yang menghasilkan residu solid yang memiliki kandungan elemen karbon yang tinggi. Karbonisasi merupakan reaksi pirolitik yang kompleks yang melibatkan banyak reaksi seperti *dehydrogenation*, *condensation*, *hydrogentransfer* dan *isomerization*. Perbedaannya dengan proses *coalification* adalah pada laju reaksi yang terjadi, dimana laju reaksi pada proses karbonisasi lebih cepat dibandingkan dengan laju reaksi pada proses *coalification*.

Produk dari proses karbonisasi adalah berupa arang (*charcoal*) yang merupakan produk hasil dekomposisi material organik alami atau sintesis. Arang hasil karbonisasi ini, akan memiliki permukaan dalam reaktif yang tinggi dan kandungan sulfur yang rendah, sehingga banyak digunakan dalam *ferrous metallurgy* atau untuk *gun-powder*, dan sedikit digunakan pada material cat dan material medis.

2.3. Karakteristik Pori dan Kapiler Material Pad

2.3.1 Porositas

Porositas material adalah perbandingan antara volume pori yang tercipta pada material dengan volume keseluruhan material tersebut. Untuk material berpori, nilai porositas dapat ditentukan dengan menggunakan persamaan berikut :

$$\text{Porosity}(\epsilon) = \frac{V_{pm}}{V_m} \quad (1)$$

$$V_{pm} = M_a \times v_s \quad (2)$$

Dimana V_{pm} adalah volume pori material (cm^3), V_m adalah volume total material (cm^3), M_a adalah massa air yang tertahan (gr) dan v_s adalah volume spesifik (cm^3).

2.3.2 Kapilaritas

Terjadinya kapilaritas disebabkan oleh adanya gaya tarik menarik antara molekul-molekul zat cair dan zat padat, sehingga porous media dengan saluran (pori) yang cukup kecil akan menyebabkan terjadinya kombinasi antara tegangan permukaan. Dengan semakin besar volume saluran (pori) kecil yang terbentuk pada material berpori (porous material) akan meningkatkan gaya tarik menarik antara molekul-molekul zat cair dan zat padat, sehingga akan meningkatkan daya kapiler (*capillary force*) pada material berpori tersebut. Daya kapiler akan mengangkat dan atau mensirkulasikan sejumlah massa fluida cair (air) ke seluruh bagian material.

Besarnya daya kapiler (*capillary force*) pada material berpori dapat ditentukan dengan persamaan:

$$\Delta P_{cap} = \frac{2\sigma \cos \theta}{r_p} \quad (3)$$

Dimana ΔP_{cap} adalah tekanan kapiler ($\text{Pa} = \text{N}/\text{m}^2 = \text{kg}/\text{ms}^2$), σ adalah tegangan permukaan cairan (N/m), $\cos \theta$ adalah sudut kontak (derajat), r_p adalah jari-jari pori (μm)

2.3.3 Permeabilitas

Permeabilitas didefinisikan sebagai kemampuan cairan mengalir melalui lubang porous material. Dengan kata lain, permeabilitas mencerminkan efektivitas interaksi antara cairan dan porous material dan bukan merupakan sifat cairan ataupun *porous material* [1]. Besarnya permeabilitas dapat ditentukan menggunakan persamaan :

$$K = \frac{dp^2 \varepsilon^3}{122 - (1 - \varepsilon)^2} \quad (4)$$

Dimana K adalah permeabilitas material, dp adalah diameter pori (μm), dan ε adalah porositas (%) dan faktor geometric = 122.

2.3.4 Wettability (kemampuan basah)

Sudut kontak dibentuk oleh permukaan padat dan garis singgung permukaan atas dari droplet (tetesan fluida). Sudut kontak merupakan hasil dari tegangan-tegangan permukaan zat gas, cair dan padat. Sifat

mampu basah (wettability) adalah kemampuan suatu fluida untuk membasahi permukaan zat padat, dan wettability sangat mempengaruhi kapilaritas dari suatu material. Untuk dapat memiliki kapilaritas, suatu material harus memiliki sifat mampu basah sebagai syarat utamanya makin kecil sudut kontak yang terbentuk antara fluida dan material padat, maka material tersebut akan memiliki wettability yang makin besar [3] dan sebaliknya wettability dan kapilaritas material akan menurun dengan bertambah besarnya sudut kontak.

2.4. Kinerja Thermal Material Pad

2.4.1 Laju Aliran Massa Fluida

Besarnya laju aliran massa fluida pada material berpori dapat ditentukan menggunakan persamaan :

$$\dot{m}_{ev} = \frac{\rho_l K A_p}{\mu_l l_{eff}} \left\{ \frac{2\sigma_l}{r_{eff}} \cos \theta - \rho_l g l_{eff} \sin \phi \right\} \quad (5)$$

Dimana \dot{m}_{ev} adalah laju perpindahan massa penguapan kapiler (kg/s), ρ_l adalah kerapatan massa fluida (kg/m^3), K adalah permeabilitas (m^2), μ_l adalah viskositas fluida kerja ($\text{kg}/\text{s}\cdot\text{m}$), l_{eff} adalah panjang efektif material pad (m), σ_l adalah tegangan permukaan material (N/m), $\cos \theta$ adalah sudut kontak (derajat), g adalah percepatan gravitasi (m/s^2), dan $\sin \phi$ adalah posisi material pad.

2.4.2 Laju Aliran Kalor

Besarnya laju aliran kalor dipengaruhi oleh laju aliran massa maksimum sepanjang material dan kalor laten penguapan. Hal tersebut mengindikasikan bahwa laju perpindahan kalor (panas) merupakan besarnya panas yang terserap oleh aliran massa fluida sepanjang material [2], dengan demikian besarnya laju aliran kalor dapat ditentukan dengan persamaan :

$$Q_{ev} = \dot{m}_{ev} \cdot L \quad (6)$$

Dimana Q_{ev} adalah laju perpindahan panas (watt), \dot{m} adalah laju aliran massa fluida (kg/s) dan L adalah kalor laten penguapan (kJ/kg).

3. Metode Penelitian

3.1 Alat dan Bahan

Peralatan dan bahan yang digunakan dalam melakukan pengujian yaitu :

1. Bambu betung lokal Bali.

2. Termokopel.
3. Stopwatch.
4. Timbangan.
5. Furnance.

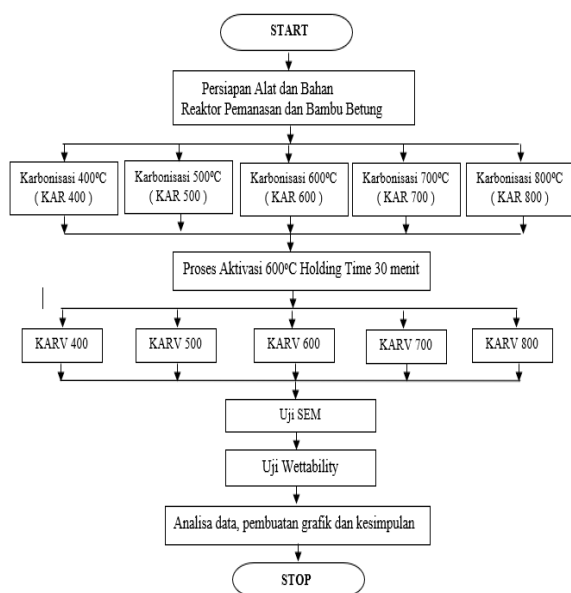


Gambar 2. Bambu betung lokal Bali



Gambar 3. Furnance

3.2 Diagram Alir Penelitian



Gambar 4. Diagram alir Penelitian

4. Hasil Penelitian dan Pembahasan

4.1 Perhitungan Kadar kering

Perhitungan kadar kering bambu betung dilakukan berdasarkan perbandingan antara massa specimen bambu betung setelah *moisture* dengan massa total (massa sebelum + massa setelah *moisture*). Dimana proses

moisture dilakukan pada dapur listrik (furnance) dengan temperature 105°C selama 2 jam.

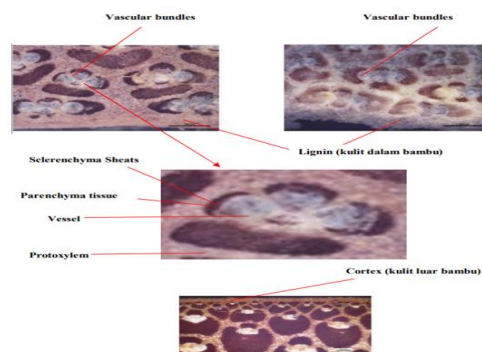
Tabel 4.1 Hasil Pengambilan Data Kadar Kering Bambu Betung

No	Massa Bambu (gr)	Temperature				
		400	500	600	700	800
1	BB 1	10.8	10.2	9.34	10.62	11.48
	BB 2	7.53	6.70	5.84	7.2	8.78

Berdasarkan Tabel 4.1 hasil pengambilan data massa specimen bambu betung sebelum *moisture* (BB1) dan setelah *moisture* (BB2). Persentase kadar kering bambu betung semaksimal mungkin dibuat konstan. Berdasarkan tabel diatas, dilakukan perhitungan kadar kering bambu betung. Berdasarkan hasil perhitungan yang dilakukan nilai kadar kering yang dihasilkan adalah 40.54% dengan toleransi $\pm 1\%$.

4.2 Struktur Pori Material Bambu Sebelum Karbonisasi

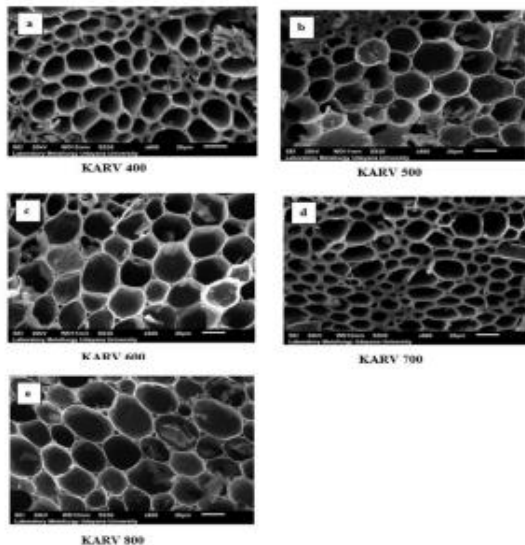
Bahan baku yang digunakan dalam penelitian ini adalah bambu betung, yang berasal dari daerah Baturiti, Tabanan. Bambu betung seperti pada umumnya bambu yang lain, telah memiliki struktur pori yang mana struktur pori ini menyebabkan bambu mampu menarik air tanah keatas menuju batang bambu. Hal ini menunjukkan bahwa bambu, termasuk juga tanaman-tanaman yang lain telah memiliki karakteristik kapilaritas. Adapun struktur mikro bambu betung sebelum dilakukan proses karbonisasi dapat dilihat seperti pada Gambar 5.



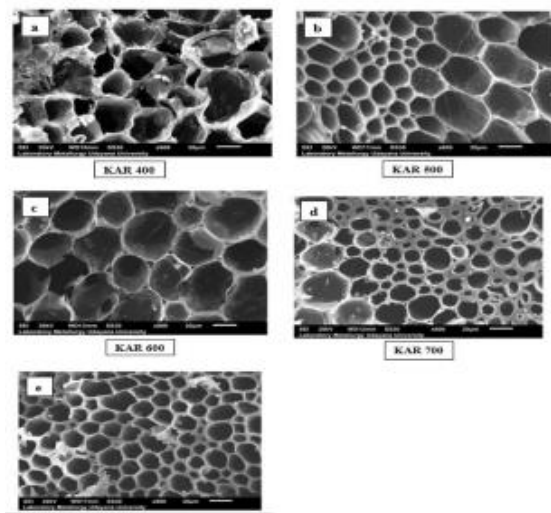
Gambar 5. Struktur Pori material bamboo betung sebelum dikarbonisasi

4.3 Struktur Pori Material Karbon Dan Material Karbon Aktif Bambu Betung

Proses karbonisasi dilakukan pada variasi temperatur karbonisasi 400°C, 500°C, 600°C, 700°C dan 800°C. Proses ini



dimaksudkan untuk membuka pori awal material bambu, sehingga akan dihasilkan material pad berstruktur karbon dengan struktur pori yang heterogen, dimana akan terdapat banyak variasi ukuran jari pori.



Gambar 6. Struktur Pori Material Karbon Bambu Betung material (a) KAR 400, (b) KAR 500, (c) KAR 600, (d) KAR 700 dan (e) KAR 800

Berdasarkan Gambar 6. (a-e) dapat dilihat bahwa material karbon yang dihasilkan memiliki struktur pori yang bersifat karbon (*carbonaceous porous material*) dan memiliki ukuran pori yang bervariasi dan hal ini

menunjukkan bahwa material karbon memiliki struktur pori yang *heterogen*. Pori yang terbentuk masih merupakan pori awal, dimana diperkirakan masih banyak serat bambu yang belum mendapat penetrasi panas dan akibatnya belum terdekomposisi menjadi *volatile gas* sehingga belum banyak pori yang dihasilkan. Terlihat juga pada gambar bahwa masing-masing pori terpisah oleh dinding pori, yang memiliki ketebalan dinding yang berbeda-beda akibat perbedaan penetrasi panas yang diterima oleh masing-masing material.

Gambar 7. Struktur Pori Material Karbon Aktif Bambu Betung Holding Time 30 Menit material (a) KARV 400, (b) KARV 500, (c) KARV 600, (d) KARV 700 dan (e) KARV 800

Berdasarkan pada Gambar 7. (a-e) dapat dilihat bahwa proses aktivasi yang dilakukan pada material karbon bambu betung akan menghasilkan struktur pori yang lebih heterogen dibandingkan dengan material bambu betung yang dikarbonisasi saja, dimana akan terdapat lebih banyak pori-pori yang terbuka akibat adanya penetrasi panas yang lebih lama dengan holding time 30 menit.

4.4 Distribusi Ukuran Pori Material Karbon Aktif Bambu Betung.

Tabel 4.2 Ukuran Jari Pori

Kode Material	Σ Pori material	Σ Ukuran jari pori material (µm)	Jari pori rata-rata material (µm)
KARV 400	129	369.92	2.87
KARV 500	98	271.32	2.77
KARV 600	74	285.00	3.85
KARV 700	159	422.29	2.66
KARV 800	85	292.42	3.44

Sedangkan material KARV 600 memiliki ukuran jari pori terbesar yakni 3.85 µm, dengan jumlah pori yang paling sedikit yakni 74 pori. Hal tersebut diatas, walaupun belum signifikan kebenarannya, sehingga perlu dilakukan penelitian lebih lanjut, menunjukkan bahwa semakin banyak jumlah pori yang dihasilkan maka akan semakin kecil ukuran jari porinya. Jumlah pori kecil yang

semakin banyak kemungkinan dihasilkan oleh penetrasi panas yang lebih merata pada material tersebut.

4.5 Porositas Material Karbon Aktif Bambu Betung

Pengujian porositas material karbon aktif bambu betung ini dapat dilakukan dengan melakukan pengujian untuk volume pori material dan volume total material. Pengujian untuk menentukan volume pori material dapat dilakukan dengan menguji volume air yang dapat ditahan oleh material, yang dihasilkan dengan mengalirkan massa air yang dapat ditahan oleh material dengan volume jenis air. Massa air yang ditahan oleh material merupakan selisih massa basah dan massa kering material. Selanjutnya volume air dianggap sama dengan volume pori. Data pengujian porositas dapat kita lihat pada Tabel 4.3.

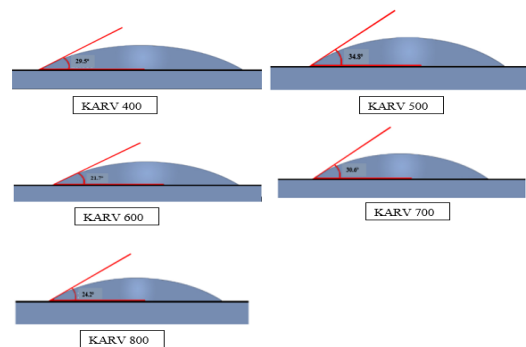
Tabel 4.3 Porositas Material.

Pengujian Material	Massa kering material (gram)	Massa basah material (gram)	Massa air tertahan (gram)
KARV 400	0.94	2.33	1.39
KARV 500	0.86	2.26	1.40
KARV 600	0.94	1.97	1.03
KARV 700	0.98	2.08	1.09
KARV 800	1.00	2.29	1.29

Volume air (Volume pori) (cm ³)	Volume total material (cm ³)	Porositas Material (%)
1.394	5.99	23.3
1.404	6.04	23.2
1.033	5.01	20.6
1.093	5.49	19.9
1.294	5.08	25.5

4.6 Sudut Kontak

Wettability (kemampuan basah) material dipengaruhi oleh sudut kontak. Menurut [3] menjelaskan bahwa semakin kecil sudut kontak yang terbentuk antara fluida dan material padat, semakin besar wettability material tersebut dan sebaliknya, wettability dan kapilaritas material akan menurun dengan meningkatnya sudut kontak.



Gambar 8. Sudut Kontak Material Karbon aktif Bambu Betung HT 30 Menit.

Tabel 4.4 Sudut Kontak Material KARV HT 30

Nama material	Sudut kontak (°)	Jari pori material (μm)	Jari efektif pori, r _{eff} (μm)
KARV 400	29.5	2.87	3.29
KARV 500	34.8	2.77	3.37
KARV 600	21.7	3.85	4.14
KARV 700	30.6	2.66	3.09
KARV 800	24.2	3.44	3.77

Berdasarkan Pada Gambar 8. dan Tabel 4.4 menunjukkan bahwa material KARV 500 memiliki sudut kontak terbesar sebesar 34.8°, sedangkan sudut kontak terkecil yakni sebesar 21.7°. Menurut [3], hal diatas berarti material KARV 500 memiliki kemampuan basah yang paling rendah atau paling sulit untuk dibasahi, sedangkan material KARV 600 memiliki kemampuan basah yang paling mudah basah oleh fluida atau kemampuan basah lebih tinggi. Kemampuan basah (wettability) yang tinggi akan menghasilkan kapilaritas material yang lebih tinggi. Pada tabel 4.5 dapat juga dilihat jari-jari efektif pori (r_{eff}) yang ditentukan dengan persamaan $r_{eff} = r / \cos \theta$.

4.7 Permeabilitas Material Karbon Aktif Bambu Betung

Permeabilitas (sifat mampu alir) suatu material adalah kemampuan fluida mengalir melalui ruang sempit (pori) dalam material berpori (porous material), serta merupakan cerminan efektivitas interaksi antara cairan dan material padat. Berdasarkan tabel 4.6 dapat kita lihat bahwa material KARV 800 memiliki permeabilitas tertinggi yakni 11.59x 10⁻¹⁵ m² dengan jari-jari pori sebesar 3.44 μm dan porositas 0.255 (tertinggi), sedangkan

permeabilitas terendah dimiliki material KARV 700 yakni sebesar $2.85 \times 10^{-15} \text{ m}^2$, dengan jari-jari pori sebesar $2.66 \mu\text{m}$ (terkecil) dan juga porositas sebesar 0.199 (terendah). Dengan demikian dapat dikatakan bahwa material KARV dengan jari-jari pori yang lebih kecil dengan porositas yang lebih rendah cenderung akan menghasilkan permeabilitas yang lebih rendah.

Tabel 4.5 Permeabilitas Material Karbon Aktif Bambu Betung

Nama material	Diameter pori, (dp) $\cdot 10^{-6}(\text{m})$	Porositas	Permeabilitas, (K) $\cdot 10^{-15}(\text{m}^2)$
KARV 400	5.74	0.233	5.81
KARV 500	5.54	0.232	5.33
KARV 600	7.70	0.206	6.74
KARV 700	5.32	0.199	2.85
KARV 800	6.88	0.255	11.59

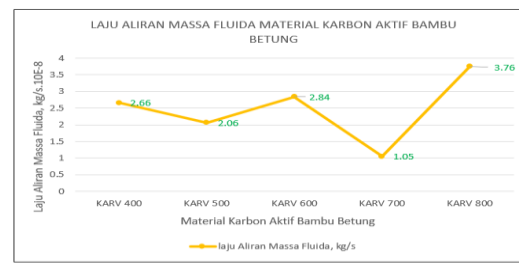
4.8 Laju Aliran Massa Fluida Pada Material Karbon Aktif Bambu Betung

Besarnya Besarnya laju aliran massa fluida pada material karbon aktif bambu betung sangat tergantung pada permeabilitas, gaya kapiler dan wettability material. Gaya kapiler merupakan gaya keatas yang mengangkat sejumlah massa air melalui pori yang sangat kecil, yang diwakili dengan besaran $\left(\frac{2\sigma_l}{r_{eff}} \cos \theta\right)$ pada persamaan laju aliran massa fluida pada material berpori. Selanjutnya hasil perhitungan laju aliran massa fluida pada masing-masing material karbon aktif bambu betung dapat dilihat pada Tabel 4.6.

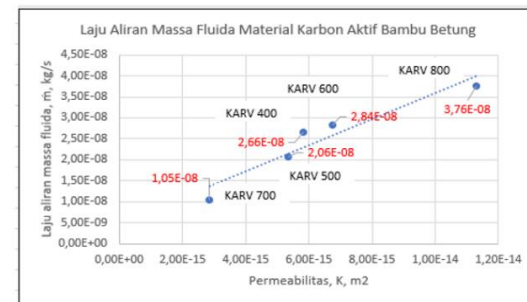
Tabel 4.6 Laju Aliran Massa Fluida Material Karbon Bambu Betung.

Material	Permeabilitas $(\text{m}^2) \cdot 10^{-15}$	Luas Penampang pad $(\text{m}^2) \cdot 10^{-4}$	Panjang Efektif Material (m)	Jari- Jari efektif pori (m) $\cdot 10^{-4}$	Sudut Kontak ($^\circ$)	Laju Aliran Massa Fluida $(\text{kg/s}) \cdot 10^{-8}$
KARV 400	5.81	2.12	0.0145	3.29	29.5	2.66
KARV 500	5.33	2.07	0.0136	3.37	34.8	2.06
KARV 600	6.74	2.19	0.0152	4.14	21.7	2.84
KARV 700	2.85	1.91	0.0123	3.09	30.6	1.05
KARV 800	11.59	1.81	0.0135	3.77	24.2	3.76

Berdasarkan Tabel 4.6. diatas, mengindikasikan bahwa jika *capillary force* dan *wettability* material karbon aktif bambu betung tinggi, tetapi apabila material tersebut memiliki permeabilitas rendah, maka laju aliran massa fluida yang dihasilkan akan tetap rendah.



(a)



(b)

Gambar 9. a) Grafik Laju Aliran Massa Fluida Material Karbon Aktif Bambu Betung. b) Grafik Hubungan Laju Aliran Massa Fluida Material Karbon Aktif Bambu Betung.

Berdasarkan Tabel 4.6 dan juga Gambar 9(a) dapat dilihat bahwa material karbon aktif bambu betung KARV 800 yang memiliki permeabilitas tertinggi yakni sebesar $11.29 \times 10^{-15} \text{ m}^2$, dan *capillary force* ($2\sigma/r_{eff}$) sebesar $3.86 \times 10^3 \text{ kPa}$, dengan *wettability* yang cukup tinggi ($\cos \theta = 0.9121$) menghasilkan laju aliran massa fluida tertinggi sebesar $3.76 \times 10^{-8} \text{ kg/s}$. Sedangkan material karbon aktif bambu betung KARV 700 dengan permeabilitas $2.85 \times 10^{-15} \text{ m}^2$ (terendah) dan *capillary force* sebesar $4.71 \times 10^3 \text{ kPa}$, serta dengan *wettability* yang agak rendah ($\cos \theta = 0.8607$) menghasilkan laju aliran massa fluida terendah yakni hanya sebesar $1.05 \times 10^{-8} \text{ kg/s}$. Hasil tersebut diatas menunjukkan bahwa semakin rendah permeabilitas (sifat mampu alir) suatu material karbon aktif bambu betung, maka laju aliran massa fluida yang dihasilkan juga semakin rendah. Hasil diatas juga mengindikasikan bahwa walaupun *capillary force* dan *wettability* material karbon aktif bambu betung lebih tinggi, namun apabila material tersebut memiliki permeabilitas lebih rendah, maka laju aliran massa fluida yang dihasilkan akan tetap lebih rendah. Hal tersebut menunjukkan bahwa semakin tinggi nilai permeabilitas material karbon aktif

bambu betung, maka laju aliran massa fluidanya juga semakin meningkat, seperti tampak pada Gambar 9(b). Dengan kata lain, laju aliran massa fluida material karbon aktif bambu betung berbanding lurus dengan peningkatan permeabilitasnya. Diketahui bahwa capillary force hanyalah memberikan daya angkat fluida kedalam pori material dan wettability mengindikasikan mudah tidaknya material dibasahi, tetapi apabila fluida sulit mengalir kedalam material, akibat kecilnya ukuran jari pori dan rendahnya porositas material maka laju aliran massa fluida yang dihasilkan akan tetap rendah. Dengan demikian, dapat dinyatakan bahwa permeabilitas sangat berpengaruh terhadap laju aliran massa fluida yang terjadi dalam material karbon aktif bambu betung.

4.9 Laju Aliran Kalor pada Material Karbon Aktif Bambu Betung.

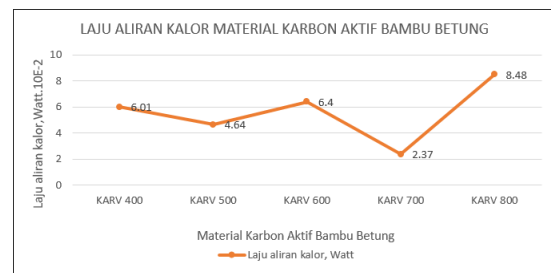
Besarnya laju aliran kalor pada material berpori sangat ditentukan berdasarkan besarnya laju aliran massa fluida yang diperoleh material tersebut dan juga kalor laten penguapan fluida. Berikut adalah hasil perhitungan laju aliran kalor material karbon bambu betung dapat dilihat pada Tabel 4.7.

Tabel 4.7 Laju Aliran Kalor Material Karbon aktif Bambu Betung

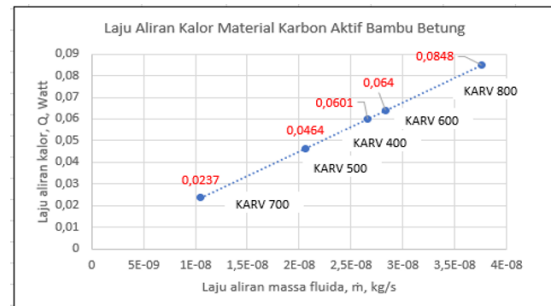
Nama material	Laju aliran massa fluida, (kg/s).10 ⁻⁸	Kalor laten penguapan, (kJ/kg)	Laju aliran kalor, (Watt)
KARV 400	2.66	2.257	0.0601
KARV 500	2.06	2.257	0.0464
KARV 600	2.84	2.257	0.0640
KARV 700	1.05	2.257	0.0237
KARV 800	2.11	2.257	0.0848

Berdasarkan pada Tabel 4.6 dan Gambar 10(a) dapat dilihat bahwa material karbon aktif bambu betung KARV 800 dengan laju aliran massa tertinggi yakni 3.76×10^{-8} kg/s menghasilkan laju aliran kalor tertinggi sebesar 0.0848 Watt. Sedangkan material KARV 700 dengan laju aliran massa fluida terendah yakni 1.05×10^{-8} kg/s, hanya menghasilkan 0.0237 Watt. Hasil tersebut diatas mengindikasikan bahwa laju aliran kalor suatu material karbon aktif bambu betung berbanding lurus dengan laju aliran massa fluida yang dihasilkan oleh material tersebut. Hal ini berarti, semakin tinggi laju

aliran massa fluida maka semakin tinggi pula laju aliran kalornya.



(a)



(b)

Gambar 10(a) Grafik Laju Aliran Karbon Material Karbon Aktif Bambu Betung. (b) Grafik Hubungan Laju Aliran Kalor Material Karbon Aktif Bambu Betung

Hubungan laju aliran massa fluida dan laju aliran kalor pada material karbon aktif bambu betung dapat dilihat seperti pada Gambar 10(b), dimana semakin tinggi laju aliran massa fluida maka laju aliran kalornya akan semakin tinggi juga. Dengan kata lain dapat dijelaskan bahwa laju aliran kalor pada material karbon aktif bambu betung sangat tergantung pada besarnya laju aliran massa fluida. Hal ini dapat dijelaskan, dimana pada laju aliran massa fluida yang lebih tinggi, jumlah massa air yang dialirkan di sepanjang batang material semakin besar, dengan demikian akan semakin banyak panas yang dapat diserap di sepanjang material. Dengan semakin besar panas udara yang dapat diserap, maka udara yang melewati material akan menjadi semakin rendah temperaturnya (lebih dingin). Dengan demikian dapat dinyatakan bahwa laju aliran kalor pada material karbon aktif bambu betung sangat dipengaruhi oleh laju aliran massa fluidanya.

5. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian pada material karbon aktif bambu betung dengan

holding time 30 menit, laju aliran massa dan laju aliran kalor tertinggi dihasilkan oleh material bambu betung yang dikarbonisasi pada temperature 600°C dan diaktivasi pada temperature 600°C (KARV 600) yakni sebesar 2.84×10^{-8} kg/s dan 0.0640 Watt diantara 5 spesimen pengujian lainnya.

6. Saran

1. Kedepannya untuk mengetahui karakteristik kapilaritas lebih lanjut pada bambu betung, perlu dilakukan penelitian aktivasi bambu betung pada temperatur aktivasi yang lebih tinggi yakni 900°C dengan holding time yang lebih lama hingga 90 menit atau 120 menit.
2. Untuk mengetahui pengaruh dan manfaat dari berbagai jenis aktivasi, kedepannya perlu dilakukan aktivasi lainnya seperti aktivasi kimia dan steam aktivasi
3. Kedepannya perlu juga dilakukan pengujian untuk kapilaritas karbon aktif bambu betung terhadap variasi temperatur fluida air.

Daftar Pustaka

- [1] Berti, L.F.et al., 2011. Evaluation of permeability of ceramic wick structures for two phase heat transfer devices.
- [2] Reay, D., Mcglen, R. & Kew, P. 2013. Heat Pipes : Theory, Design And Applications, Butterworth-Heinemann.
- [3] Shirazy, M. R., Blais, S. & Frechette, L. G. 2012. Mechanism Of Wettability Transition In Copper Metal Foams: From Superhydrophilic To Hydrophobic. Applied Surface Science, 258, 6416-6424



Novry Ferdiawan Palindangan menyelesaikan studi program sarjana di jurusan Teknik Mesin universitas Udayana dari Tahun 2017 sampai 2022.

Bidang penelitian yang diminati adalah topik-topik yang berkaitan dengan *mass flow rate*, *heat flow rate*, mekanika fluida dan pendingin evaporatif.

Pengaruh Durasi Penyimpanan Dexlite Terhadap Penurunan Tekanan Dan Endapan Pada *Fuel Filter* Bahan Bakar

Jeico Mauro Sibarani, Ainul Ghurri, I Ketut Gede Wirawan
Program Studi Teknik Mesin Universitas Udayana, Kampus Bukit Jimbaran Bali

Abstrak

Biodiesel adalah salah satu energi alternatif yang bisa digunakan sebagai pengganti minyak diesel sebagai bahan bakar mesin diesel. Biodiesel mempunyai kelebihan sebagai energi alternatif. Fungsinya bisa dipakai di berbagai negara, produksi biodiesel juga membantu perkembangan ekonomi di Indonesia dalam hal ekspor-impor. Tetapi, beberapa keunggulan penggunaan biodiesel yaitu tidak berbahaya dan bisa diurai oleh lingkungan sehingga menjadi salah satu alternatif bahan bakar diesel ramah lingkungan, tidak mengandung bahan kimia berbahaya seperti sulfur yang tidak baik untuk lingkungan, biodiesel juga dapat digunakan sebagai pengganti minyak/pelumas pada mesin. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengkaji pengaruh variasi durasi penyimpanan dexlite terhadap penurunan tekanan serta endapan pada fuel filter bahan bakar. Pengujian ini dilakukan dengan 400liter bahan bakar yang mengalir melewati fuel filter dengan memvariasikan dexlite durasi penyimpanan di bawah 40 jam, di atas 40 jam, di atas 72 jam, dan di atas 96 jam. Tekanan awal bahan bakar diatur pada 105 kPa sebelum memasuki filter bahan bakar. Dari hasil pengujian menunjukkan bahwa variasi durasi penyimpanan dexlite berpengaruh terhadap tersumbatnya fuel filter. Semakin lama durasi penyimpanan dexlite menyebabkan fuel filter lebih mudah tersumbat. Pengujian Dexlite di atas 96 jam menunjukkan preasure drop tertinggi yaitu 40 kPa dan endapan yang terjadi sebesar 174.79 gram.

Kata kunci: Dexlite, Fuel Filter, Biodiesel, Penurunan Tekanan, Endapan

Abstract

Biodiesel is an alternative energy that can be used as a substitute for diesel oil as fuel for diesel engines. Biodiesel has advantages as an alternative energy. Its function can be used in various countries, biodiesel production also helps economic growth in Indonesia in terms of export-import. However, some of the advantages of using biodiesel are that it is not dangerous and can be decomposed by the environment so that it becomes an alternative environmentally friendly diesel fuel, does not contain harmful chemicals such as sulfur which is not good for the environment, biodiesel can also be used as a substitute for oil/lubricant in engines. The purpose of this study was to examine the effect of variations in the duration of dexlite storage on pressure drops and deposits on the fuel filter. This test was carried out with 400 liters of fuel flowing through the fuel filter by varying the dexlite storage duration below 40 hours, above 40 hours, above 72 hours, and above 96 hours. The initial fuel pressure is set at 105 kPa before entering the fuel filter. The test results show that variations in the duration of dexlite storage affect the blockage of the fuel filter. The longer the duration of storage of dexlite causes the fuel filter to become clogged more easily. Dexlite testing over 96 hours showed the highest pressure drop was 40 kPa and the sediment that occurred was 174.79 grams.

Keywords: Dexlite, Fuel Filter, Biodiesel, Pressure Drop, Sediment

1. Pendahuluan

Saat ini Indonesia sedang mengalami kekurangan energi dan membuat Indonesia harus impor Bahan Bakar Minyak dari negara lain, padahal Indonesia juga merupakan negara yang menghasilkan minyak bumi di dunia. Energi fosil adalah sumber energi secara mendunia. Tetapi, persediaan energi fosil seperti gas, batubara dan minyak di Indonesia yang digunakan semakin berkurang. Oleh sebab itu, cara mengatasi permasalahan ini dibutuhkan usaha untuk mencari energi yang bisa diperbaharui. Salah satu energi alternatif yang ramah lingkungan dan bisa diperbaharui adalah biodiesel[1].

Biodiesel merupakan energi yang sangat bermanfaat. Biodiesel memiliki kelebihan sebagai energi alternatif. Penggunaannya bisa dipakai di negara sendiri maupun negara asing, produksi biodiesel sangat membantu perkembangan ekonomi di Indonesia dalam hal ekspor-impor. Tetapi, beberapa keunggulan penggunaan biodiesel yaitu

tidak berbahaya dan ramah lingkungan, tidak mengandung bahan kimia berbahaya seperti sulfur yang dapat merusak lingkungan, biodiesel juga bisa digunakan sebagai pengganti minyak/pelumas pada mesin.

Biodiesel atau biosolar merupakan bahan bakar ramah lingkungan karena bisa mengurangi emisi gas buang berbahaya yang bisa merusak udara, kekurangannya yaitu oksidasi yang kurang baik membuat biodiesel mempunyai masalah terkait dengan durasi penyimpanan, jika dibiarkan dalam waktu yang tertentu akan berubah menjadi lebih kental sehingga membuat mesin mobil jadi tersumbat, terkait proses pembakaran jika dibandingkan dengan solar masih kurang sempurna, komposisi kalori juga lebih rendah membuat tingkat efektif mesin menjadi rendah [2].

Standar untuk stabilitas oksidasi biodiesel di Indonesia berdasarkan (SNI 7182:2015 Biodiesel) Kestabilan oksidasi periode induksi metode rancimat

dengan nilai 480 menit atau 8 jam. Dibandingkan dengan minyak diesel, Stabilitas oksidasi biodiesel lebih rendah karena ester metil asam lemak yang tidak jenuh sehingga menyebabkan biodiesel tidak stabil terhadap oksidasi dengan kondisi penyimpanan normal.

Fuel Filter (saringan bahan bakar) adalah suatu komponen atau perangkat pada mesin diesel yang digunakan untuk menyaring atau membersihkan bahan bakar dari kotoran (sludge) dan kandungan air yang tercampur pada bahan bakar [3].

Oleh karena itu berdasarkan latar belakang di atas untuk mengetahui perbedaan dexlite yang didiamkan selama kurang dari 40jam dengan yang didiamkan selama lebih dari 40 jam, lebih dari 72 jam, dan lebih dari 96 jam.

Dalam hal ini maka ada beberapa permasalahan yang akan dikaji, yaitu:

1. Bagaimana pengaruh durasi penyimpanan dexlite terhadap Pressure Drop
2. Bagaimana perbedaan massa endapan dexlite yang didiamkan selama kurang dari 40 jam, lebih dari 40 jam, lebih dari 72 jam, dan lebih dari 96 jam
3. Bagaimana perbedaan tampilan visualisasi fuel filter yang menggunakan dexlite yang didiamkan selama kurang dari 40 jam, lebih dari 40 jam, lebih dari 72 jam, dan lebih dari 96 jam

Beberapa batasan ditetapkan dalam penelitian ini meliputi:

1. Dexlite yang digunakan dibeli dari SPBU secara acak, dianggap berumur 0 jam pada saat pembelian Udara disekitar pada saat penelitian di anggap konstan
2. Biodiesel minyak jelantah yang digunakan dibeli dari Yayasan Lengis Hijau dari stok yang ada, dimana kualitasnya mungkin bervariasi sebagai dampak durasi penyimpanan dan dianggap berumur 0 jam pada saat pembelian.
3. Alat uji filter yang digunakan dibuat sendiri di Laboratorium Pembakaran PS Teknik Mesin - Universitas Udayana, dengan mengacu pada ASTM D2068/IP 387
4. Biosolar dan Biodiesel minyak jelantah akan diaduk sebelum digunakan untuk mendapatkan homogenitas campuran, setelah terlebih dulu dilakukan pengamatan visual/fisik dan pengambilan gambar pada permukaan biosolar dan biodiesel minyak jelantah untuk melihat kemungkinan adanya oksidasi.

2. Dasar Teori

2.1. Biodiesel

Secara definisi biodiesel merupakan energi cair yang diciptakan untuk mesin diesel dan terbuat dari sumber daya hayati.

2.2. Dexlite

Dexlite terdapat sulfur content mencapai nilai 1.000 - 1.200, sedangkan solar 48 memiliki sulfur content 3.500 ini sesuai dengan kebijakan dari pemerintah terkait campuran minyak nabati pada solar. Dexlite terdiri dari campuran biodiesel (FAME) sebanyak 20% dengan zat adiktif di dalamnya [4].

2.3. Debit Aliran Fluida

Debit aliran fluida merupakan persamaan yang digunakan untuk menghitung kecepatan aliran fluida, debit aliran dapat dihitung dengan menggunakan perbandingan volume terhadap waktu, dapat dinyatakan sebagai berikut.

$$Q = \frac{V}{t} \quad (1)$$

Dimana:

Q= Debit Aliran (m^3/s)

V= Volume (m^3)

t= Waktu (s)

2.4. Persamaan Kontinuitas

Persamaan kontinuitas menyatakan hubungan antara kecepatan fluida yang masuk terhadap kecepatan fluida yang keluar pada suatu pipa. Persamaan tersebut dinyatakan dalam persamaan di bawah ini

$$Q = A_1 v_1 = A_2 v_2 \quad (2)$$

Dimana:

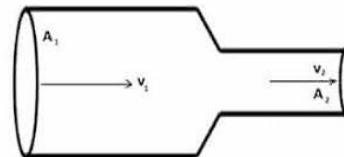
Q = Debit Aliran (m^3/s)

A_1 = Luas penampang pada pipa 1 (m^2)

v_1 = Kecepatan fluida pada pipa 1 (m/s)

A_2 = Luas penampang pada pipa 2 (m^2)

v_2 = Kecepatan fluida pada pipa 2 (m/s)



Gambar 1. Aliran Fluida Berdasarkan Persamaan Kontinuitas

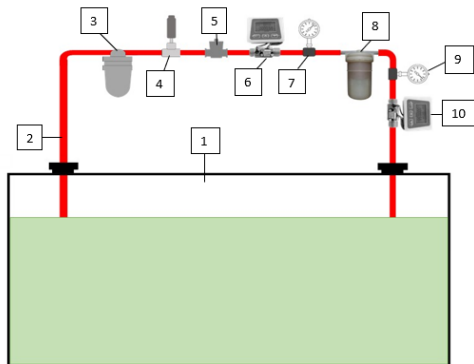
Persamaan kontinuitas digunakan untuk mendapatkan nilai kecepatan aliran bahan bakar karena luas penampang pipa bahan bakar dapat dicari dengan mengetahui diameter pipa tersebut yaitu sebesar 0.00635 m, dan debit aliran bahan bakar sudah diketahui dengan membaca debit aliran pada *flow meter* yang terdapat pada alat uji *fuel filter*.

3. Metode Penelitian

Bahan bakar yang digunakan pada penelitian ini yaitu dexlite yang didapatkan dari SPBU Pertamina. Pada proses pengujian menggunakan Dexlite yang didiamkan selama kurang dari 40 jam, lebih dari 40 jam, lebih dari 72 jam, dan lebih dari 96 jam.

Pengujian ini dilakukan dengan menggunakan 100 Liter bahan bakar dexlite yang sudah di simpan dan dimasukkan ke dalam tangka sebanyak 40liter lalu di alirkan sebanyak 400 Liter pengaliran bahan

bakar, setiap 100liter aliran 20liter bahan bakar akan diganti sampai 400liter bahan bakar yang melewati *fuel filter*. Alat uji *fuel filter* yang digunakan merupakan rancangan sendiri sesuai dengan ASTM D2068/ IP 387 yang ditunjukkan pada gambar dibawah ini.



Gambar 2. Rancang Alat Uji Fuel Filter

Keterangan:

- | | |
|--------------------------|-------------------|
| 1. Fuel tank | 6. Flow Meter |
| 2. Fuel line | 7. Pressure Gauge |
| 3. Feed pump | 8. Fuel Filter |
| 4. Pulsation dumper | 9. Pressure Gauge |
| 5. Pressure Relief Valve | 10. Flow Meter |

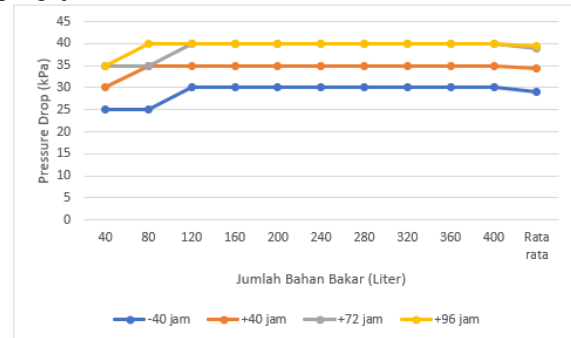
Pertama-tama hal yang harus dilakukan adalah menghidupkan pompa untuk mengalirkan minyak dexlite dari dalam tangki (*fuel tank*) menuju *pulse dampener* yang menjaga kestabilan aliran bahan bakar. Setelah putaran pompa dan aliran bahan bakar sampai keadaan stabil, selanjutnya bahan bakar menuju *flow meter*, *pressure gauge* dan *pressure relief valve*, kemudian menuju *fuel filter* yang diuji dan bahan bakar ditampung dalam bak penampung bahan bakar. Hasil pengujian ditunjukkan oleh endapan/ penyumbatan yang terjadi pada fuel filter setelah alat uji dioperasikan sampai batas waktu yang telah ditentukan untuk mewakili pengoperasian *fuel filter* pada mesin diesel. Data hasil pengujian yang dicatat akan dijadikan sebagai acuan dasar penelitian. Dengan memakai alat uji penelitian yang sama, ganti elemen filter dengan yang baru dan ulangi langkah percobaan yang sama juga untuk bahan bakar dexlite yang sudah didiamkan selama lebih dari 40 jam. Sehingga mendapatkan data hasil penelitian yang diinginkan terhadap variasi komposisi biodiesel yang memengaruhi filter bahan bakar (*fuel filter*).

4. Hasil dan Pembahasan

4.1. Pengukuran Pressure Drop Seluruh Variasi Durasi Penyimpanan Dexlite

Berikut adalah grafik data hasil pengujian *pressure drop* seluruh variasi durasi penyimpanan dexlite. Berdasarkan pengukuran hasil data grafik diatas *pressure drop* aliran bahan bakar terkecil yaitu sebesar 29 kPa dengan menggunakan bahan bakar Dexlite dengan durasi penyimpanan di bawah 40 jam pada saat pengambilan data 40 Liter sampai 80 Liter

pengujian fuel filter. Sedangkan *pressure drop* aliran bahan bakar terbesar yaitu sebesar 40 kPa dengan menggunakan Dexlite dengan durasi penyimpanan di atas 72 jam pada saat pengambilan data 120 Liter sampai 400 Liter pengujian fuel filter dan Dexlite berdurasi penyimpanan di atas 96 jam pada saat pengambilan data 80 Liter sampai 400 Liter pengujian fuel filter.

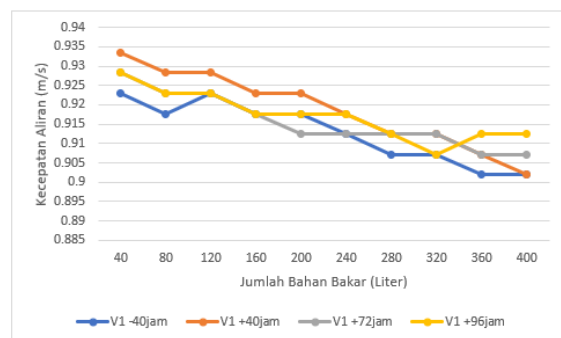


Gambar 3. Grafik Pengukuran Pressure Drop Seluruh Variasi Durasi Penyimpanan Dexlite

Untuk rata-rata *pressure drop* terkecil yaitu sebesar 29 kPa pada saat pengujian Dexlite berdurasi penyimpanan di bawah 40 jam dan rata-rata *pressure drop* terbesar yaitu sebesar 39.5 kPa pada saat pengujian Dexlite berdurasi penyimpanan di atas 96 jam.

4.2. Pengukuran Kecepatan Aliran Masuk Filter Seluruh Variasi Durasi Penyimpanan Dexlite

Berikut adalah grafik data hasil pengujian kecepatan aliran masuk *fuel filter* seluruh variasi durasi penyimpanan dexlite



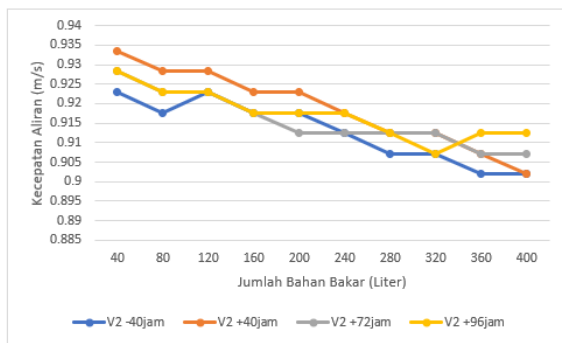
Gambar 4. Grafik Pengukuran Kecepatan Aliran Masuk Filter Seluruh Variasi Durasi Penyimpanan Dexlite

Berdasarkan hasil pengukuran data grafik di atas kecepatan aliran bahan bakar yang masuk *fuel filter* untuk seluruh variasi durasi penyimpanan dexlite, kecepatan aliran bahan bakar yang memasuki fuel filter terbesar yaitu sebesar 0.991561171 m/s dengan menggunakan bahan bakar dexlite di bawah 40 jam. Sedangkan kecepatan aliran bahan bakar yang memasuki fuel filter terkecil yaitu sebesar 0.954641361 m/s dengan menggunakan dexlite di atas 40 jam pada saat pengambilan data 400 Liter dan dexlite di atas 96 jam pada saat pengambilan data

360 Liter sampai 400 Liter bahan bakar yang mengalir melewati fuel filter. Untuk rata-rata kecepatan aliran bahan bakar yang memasuki fuel filter terbesar yaitu sebesar 0.975738396 m/s pada saat pengujian dexlite di bawah 40 jam dan rata-rata kecepatan aliran bahan bakar yang memasuki fuel filter terkecil yaitu sebesar 0.961497889 m/s pada saat pengujian dexlite di atas 96 jam.

4.3. Pengukuran Kecepatan Aliran Keluar Filter Seluruh Variasi Durasi Penyimpanan Dexlite

Berikut adalah grafik data hasil pengujian kecepatan aliran keluar *fuel filter* seluruh variasi durasi penyimpanan dexlite



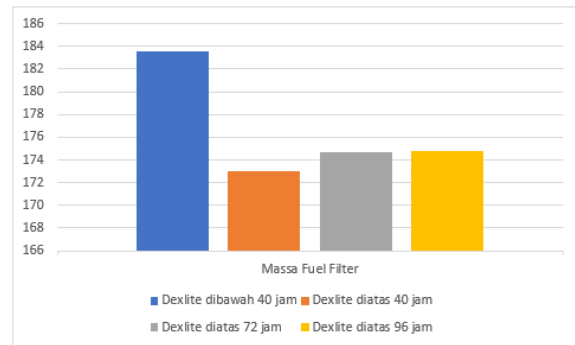
Gambar 5. Grafik Pengukuran Kecepatan Aliran Keluar Filter Seluruh Variasi Durasi Penyimpanan Dexlite

Berdasarkan hasil pengukuran data grafik di atas kecepatan aliran bahan bakar yang keluar *fuel filter* untuk seluruh variasi durasi penyimpanan dexlite, kecepatan aliran bahan bakar yang keluar fuel filter terbesar yaitu sebesar 0.933544304 m/s dengan menggunakan bahan bakar minyak dexlite di atas 40 jam pada saat pengambilan data 40 Liter pengujian fuel filter. Sedangkan kecepatan aliran bahan bakar yang keluar fuel filter terkecil yaitu sebesar 0.901898734 m/s dengan menggunakan bahan bakar dexlite di bawah 40 jam pada saat pengambilan data 360 Liter sampai 400 Liter bahan bakar yang mengalir melewati fuel filter dan bahan bakar dexlite di atas 40 jam pada saat pengambilan data 400 Liter bahan bakar yang mengalir melewati fuel filter. Untuk rata-rata kecepatan aliran yang keluar fuel filter terbesar yaitu sebesar 0.91877637 m/s pada saat pengujian bahan bakar dexlite di atas 40 jam dan rata-rata kecepatan aliran yang keluar fuel filter terkecil yaitu sebesar 0.912974687 m/s pada saat pengujian bahan bakar dexlite di bawah 40 jam.

4.4. Massa Endapan

Berdasarkan hasil pengukuran data grafik diatas massa *fuel filter* untuk seluruh variasi durasi penyimpanan dexlite, dapat dilihat bahwa seluruh massa awal *fuel filter* sebelum pengujian sebesar 84.39gram dan setelah pengujian *fuel filter* mengalami penambahan massa pada *fuel filter* Hal ini disebabkan karena adanya kontaminan atau kotoran (sedimen) yang tersaring oleh fuel filter sehingga fuel

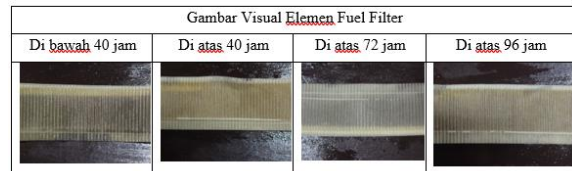
filter mengalami penambahan massa. Berikut adalah grafik data hasil pengukuran massa endapan seluruh variasi durasi penyimpanan dexlite.



Gambar 6. Grafik Pengukuran Massa Endapan Fuel Filter Seluruh Variasi Durasi Penyimpanan Pada Uji Fuel Filter

4.5. Pengamatan Visual Filter

Berikut adalah gambar hasil pengamatan massa endapan seluruh variasi durasi penyimpanan dexlite



Gambar 7. Hasil Pengamatan Fuel Filter Seluruh Campuran Bahan Bakar Diesel-Biodiesel + Etanol

Berdasarkan gambar visual *fuel filter* di atas untuk seluruh variasi durasi penyimpanan dexlite dapat dilihat bahwa pada pengujian Dexlite mengalami perubahan warna menjadi lebih kehitaman. Hal ini disebabkan oleh kandungan dexlite yang mudah membawa kotoran (sedimen). Semakin banyak kotoran (sedimen) yang ada dibahan bakar maka semakin banyak kotoran (sedimen) yang akan disaring oleh fuel filter, sehingga menyebabkan perubahan warna yang semakin gelap pada fuel filter.

5. Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengujian *fuel filter* menggunakan bahan bakar dexlite dengan perbedaan durasi penyimpanan yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa:

1. Pengujian fuel filter menggunakan bahan bakar Dexlite di atas 72 jam menghasilkan pressure drop terbesar, yaitu 40 kPa. Pengujian menggunakan bahan bakar Dexlite di bawah 40 jam menghasilkan pressure drop terkecil, yaitu 25 kPa. Hal ini dikarenakan pressure drop aliran bahan bakar dipengaruhi oleh stabilitas oksidasi bahan bakar. Semakin lama durasi penyimpanan bahan bakar, maka semakin rendah stabilitas oksidasi di dalam bahan bakar, maka menghasilkan pressure drop aliran bahan bakar yang semakin besar.

2. Massa fuel filter terbesar yang dihasilkan setelah pengujian yaitu pada penggunaan bahan bakar dexlite di bawah 40 jam, dengan massa fuel filter sebesar 183.54 gram. Massa fuel filter terkecil yang dihasilkan setelah pengujian yaitu pada penggunaan bahan bakar dexlite di atas 40 jam, dengan massa fuel filter sebesar 173.01 gram. Dan semakin lama durasi penyimpanan bahan bakar semakin tinggi Massa Fuel Filter yang dihasilkan karena semakin lama durasi penyimpanan bahan bakar, maka semakin rendah stabilitas oksidasi bahan bakar dan semakin banyak endapan pada bahan bakar tersebut. Massa Fuel Filter juga semakin tinggi dikarenakan massa fuel filter dipengaruhi oleh persentase kandungan di dalam bahan bakar yang membawa kotoran (sedimen), sehingga fuel filter menyaring lebih banyak kotoran (sedimen) yang mengakibatkan massa fuel filter bertambah.
3. Tampilan Fuel Filter setelah pengujian dengan durasi di bawah 40 jam, di atas 40 jam, di atas 72 jam, dan di atas 96 jam mengalami perubahan menjadi lebih gelap dan berwarna kehitaman. Tetapi tidak terlalu terlihat perbedaan visual antara filter di bawah 40 jam, di atas 40 jam, di atas 72 jam, dan di atas 96 jam



Daftar Pustaka

- [1] Putri, R. A., Muhammad, A., & Ishak, I. (2018). *Optimasi Proses Pembuatan Biodiesel Biji Jarak Pagar (Jatropha Curcas L.) Melalui Proses Ekstraksi Reaktif*. Jurnal Teknologi Kimia Unimal, 6(2), 16.
- [2] Muhammad Jazuli, A. A. W. (2020). *Biodiesel Sebagai Sumber Energi Terbarukan: Proses Dan Teknologi Terkini*. Distilat: Jurnal Teknologi Separasi, 6(2), 445–450.
- [3] Islamiyanto. (2017). *Analisa Perawatan Filter Bahan Bakar Untuk Menunjang Kerja Mesin Induk Pada Kapal*.
- [4] Suwanto, H. B. (2018). *Pengaruh Pencampuran Bahan Bakar Biosolar Dan Dexlite Terhadap Opasitas Gas Buang Dan Konsumsi Bahan Bakar Pada Internal Combustion Engine (Ice)*. 184–192.



Perlakuan Alkali Dan Variasi Fraksi Berat Serat Terhadap Karakteristik Kekuatan Tarik Komposit Polyester Berpenguat Serat Bambu Tabah

I Made Dwi Pica Harsa Nadi, Tjokorda Gde Tirta Nindhia, I Wayan Bandem Adnyana
Program Studi Teknik Mesin Universitas Udayana, Bukit Jimbaran Bali

Abstrak

Perkembangan teknologi dalam bidang manufaktur dan Kebutuhan akan material logam yang semakin bertambah menimbulkan kelangkaan material yang tersedia di alam. Untuk itu banyak dilakukan penelitian dan pengembangan komposit berpenguat serat alam yang memiliki sifat-sifat mekanis yang dapat mengimbangi sifat dan keunggulan dari material logam. Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah poliester jenis Yukalac 157 BQTN-EX dengan penambahan katalis MEKPO 1% (v/v). Penelitian ini menggunakan serat alam yang berasal dari pohon bambu tabah. Serat bambu tabah didapatkan dari proses pemisahan kulit dengan daging bambu menggunakan metode ekstraksi water retting. Serat lalu diberikan perlakuan NaOH dengan variasi 0%, 2%, 5%, dan 7% selama 2 jam perendaman.. serat dengan kekuatan tertinggi di gunakan untuk pencetakan komposit menggunakan teknik hand lay up dengan variasi fraksi berat serat 0%, 5%, 10%, 15%, dan 20% menggunakan orientasi serat acak dengan panjang serat 30 mm. Pemotongan komposit disesuaikan dengan standar ASTM D 638 untuk uji Tarik. Hasil penelitian menunjukkan Serat bambu tabah yang memperoleh kekuatan tarik serat tunggal tertinggi terdapat pada perlakuan NaOH 5% selama 2 jam yaitu 406,43 MPa dan kekuatan tarik tertinggi komposit poliester berpenguat serat bambu tabah yang terjadi pada fraksi berat serat 20% dengan nilai rata-rata sebesar 32,59 MPa, dan nilai terendah sebesar 13,15 MPa pada fraksi berat serat 0%. maka di dapatlah hasil peningkatan terhadap kekuatan tarik komposit seiring bertambahnya fraksi berat serat yang di berikan

Kata kunci : Serat bambu Tabah, serat tunggal, kekuatan Tarik, Fraksi berat serat.

Abstract

Technological developments in manufacturing and the increasing need for metal materials have led to the scarcity of materials available in nature. For this reason, a lot of research and development has been carried out on natural fiber-reinforced composites that have mechanical properties that can compensate for the properties and advantages of metal materials. The material used in this research is Yukalac 157 BQTN-EX polyester with the addition of 1% (v/v) MEKPO catalyst. This study uses natural fibers derived from the tabah bamboo tree (*gigantochloa nigrociliata*). Tough bamboo fiber is obtained from the process of separating the skin from the bamboo flesh using the water retting extraction method. The fibers were then treated with NaOH with variations of 0%, 2%, 5%, and 7% for 2 hours of immersion. The fiber with the highest strength was used for composite printing using the hand lay up technique with variations in fiber weight fraction of 0%, 5%, 10%, 15%, and 20% used random fiber orientation with a fiber length of 30 mm. Composite cuts conform to ASTM D 638 standards for Tensile tests. The results showed that the resilient bamboo fiber that obtained the highest single fiber tensile strength was found in the 5% NaOH treatment for 2 hours, namely 406.43 MPa and the highest tensile strength of the polyester composite reinforced with tough bamboo fiber was found in the 20% fiber weight fraction with an average value. of 32.59 MPa, and the lowest value of 13.15 MPa at 0% fiber weight fraction. then the result is an increase in the tensile strength of the composite along with an increase in the given weight fraction.

Keywords : Tabah bamboo fiber, single fiber, tensile strength, fiber weight fraction

1. Pendahuluan

Beberapa peneliti mencoba melakukan pengembangan material baru yang diharapkan mampu mengimbangi maupun melampaui kekuatan dari material logam, hal ini di lakukan untuk mengatasi dampak dari keterbatasan material yang ada di alam. komposit serat alam adalah salah satu pilihan yang dikatakan mampu mengimbangi keunggulan dari material logam, komposit merupakan penggabungan antara material yang terdiri dari *matrix* dan *reinforcement* [1].

Akhir-akhir ini serat alam termasuk serat bambu cukup sering di gunakan untuk penguat komposit, untuk kekuatan komposit yang penguatnya menggunakan serat alam, kekuatannya bisa ditingkatkan dengan cara mengatur perbandingan pada fraksi berat oleh serat didalam komponen

komposit tersebut [2]. Dalam penelitian ini serat di dapat dari proses ekstraksi water retting lalu di uji dengan variasi perlakuan NaOH 2% ; 5% ; 7%. Sedangkan untuk variasi fraksi berat serat komposit menggunakan persentase 5% ; 10% ; 15% ; 20%.

2. Dasar Teori

2.1. Serat Bambu Tabah

Serat berperan sebagai bagian utama dalam komposit, serat berfungsi sebagai penguat (*reinforcement*) yang di bagi menjadi 2 yaitu jenis serat sintetis dan serat alam [3]. Bambu tabah memiliki nama latin (*gigantochloa nigrociliata*) dimana seratnya dapat dipergunakan sebagai penguat dalam komposit, Pemisahan dan pengambilan serat bambu dilakukan dengan metode perendaman (*water retting*) yaitu metode yang menggunakan micro-

organisme (*bacterial action*) sebagai penyisih atau pembuat busuk zat-zat perekat (*gummy substances*) yang ada pada dinding serat bambu, akibatnya serat menjadi tidak sulit terpisah dan tergerai satu dengan lainnya [4]. Proses perendaman bambu tabah dikerjakan dengan cara membelah bambu menjadi berbentuk pipih dengan ketebalan berkisar antara 0,5 - 1 mm, direndam dalam air selama durasi 4 sampai 7 hari. Lalu memberikan perlakuan NaOH kepada serat sesuai dengan persentase yang di cari, Perendaman serat kedalam larutan alkali dapat meningkatkan nilai kekuatan tarik pada komposit *polyester* sebesar 20% [5]

2.2 Resin poliester

Penggunaan resin pada penelitian ini yaitu menggunakan resin poliester jenis Yukalac dengan nomor seri produksi 157 BQTN-EX. di bawah merupakan tabel dari spesifikasi resin yukalac.

Tabel 1. spesifikasi resin yukalac 157 BQTN-EX

No.	Sifat	Nilai
1.	Densitas (ρ)	1,2 g/cm ³
2.	Kekuatan Tarik (σ)	12,07 N/mm ²
3.	Modulus Elastisitas (E)	1,18 x 10 ³ N/mm ²
4.	Poisson Ratio (ν)	0,33
5.	Kekuatan Fleksural	94 N/mm ²
6.	Modulus Fleksural	3,00 x 10 ³ N/mm ²

2.3 Perhitungan Fraksi Berat Serat

Untuk menentukan jumlah serat bambu tabah menggunakan persamaan berikut :

$$FW = \frac{W_f}{W_c} \times 100 \quad (1)$$

$$w_c = w_f + w_r$$

$$w_r = V_{ce} \times \rho_r$$

$$V_{ce} = p \times \ell \times t$$

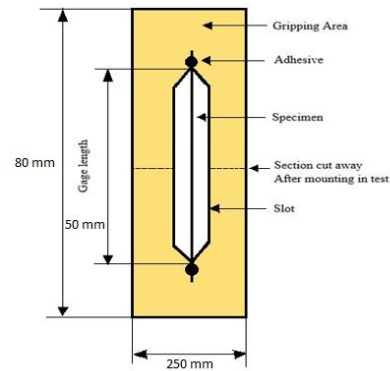
2.4 Perhitungan Perlakuan NaOH

Untuk membuat variasi larutan NaOH yang dilarutkan dengan air suling (Aquadest) dapat dihitung dengan persamaan seperti berikut :

$$\begin{aligned} \text{Persentase NaOH} \times \text{wa} \\ \text{wa} = \rho_a \times \text{va} \end{aligned} \quad (2)$$

2.5 Uji Tarik Serat Tunggal

Uji tarik serat tunggal adalah pengujian mekanis, digunakan untuk mendapatkan data kekuatan tarik serat tunggal, dan pengujian menggunakan ASTM C 1557-03. Seperti terlihat pada Gambar 1.



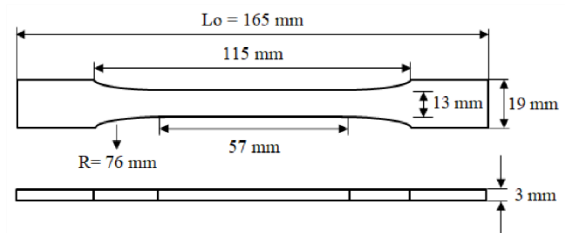
Gambar 1. Uji tarik serat tunggal

Dari pengujian tarik serat tunggal didapat kekuatan serat tunggal :

$$\sigma = \frac{P}{A_0} \quad \epsilon = \frac{L - L_0}{L_0} \quad E = \frac{\Delta\sigma}{\Delta\epsilon} \quad (3)$$

2.6 Uji Tarik Komposit

Pengujian ini bertujuan agar mengetahui sifat mekanis kekuatan tegangan tarik komposit. Spesimen pengujian Tarik mengacu pada standar ASTM D638, seperti yang dapat terlihat pada Gambar 2 di bawah ini :



Gambar 2. Uji Tarik Komposit

Perhitungan Tegangan, Regangan dan Modulus elastisitas komposit :

$$\sigma = \frac{P}{A_0} \quad \epsilon = \frac{L - L_0}{L_0} \quad E = \frac{\Delta\sigma}{\Delta\epsilon} \quad (4)$$

2.7 Pengamatan Permukaan Patah menggunakan Mikroskop Makro

Pengamatan ini bertujuan untuk mengetahui jenis patahan pada permukaan komposit setelah pengujian tarik. Dilihat pada Gambar 4 terjadi overload di titik A, overload disebabkan oleh batas kekuatan serat dengan ikatan-ikatan antara serat yang kuat. Pada titik B terdapat pullout atau ikatan antara matriks dan serat yang lemah membuat serat terlepas dari ikatan matriks. Di titik C terjadi delamination ini terjadi dikarenakan tegangan yang tinggi di interlaminar. Dan pada titik D terjadi campuran matriks terlalu berlebihan dibanding serat sehingga mengakibatkan pergeseran jalur pada matriks atau di sebutnya matrix flow.



Gambar 3. Mekanisme Kegagalan Pada Patahan

3. Metode Penelitian

3.1 Alat Penelitian

1. Alat uji Tarik Serat Tunggal
2. Alat uji Tarik Komposit
3. Mikroskop
4. Lensa Perbesaran 40x dan 100x
5. Cetakan bahan kaca 25 x 25 x 0,3 cm
6. Timbangan digital
7. Oven
8. Gelas Ukur 1 liter
9. Suntikan 5 mm

3.2 Bahan Penelitian

1. Resin Yukalac 157 BQTN-EX
2. Katalis MEKPO
3. Serat Bambu Tabah
4. NaOH
5. Gliserin

3.3 Prosedur Penelitian

3.3.1 Proses membuat serat Bambu Tabah

- Siapkan bambu tabah yang sudah di potong 30 cm
- Memisahkan kulit bagian luar dan dalam bambu, lalu di belah menjadi potongan-potongan kecil berbentuk pipih dengan tebal berkisar antara 0,5 sampai 1 mm
- Melakukan proses ekstraksi water retting terhadap bambu yang sudah di belah tipis dengan durasi perendaman kurang lebih 4 – 7 hari, sebelum di masukan ke dalam air bambu di pukul dengan palu terlebih dahulu agar membentuk sedikit celah di antara serat
- Setelah melalui proses pengeringan. Kemudian bambu di sikat dengan sikat kawat dengan arah sikatnya searah untuk mencari serat dengan kekuatan terbaik, serat yang kurang kuat akan ikut terbawa bersama sikat, sedangkan serat yang kuat akan bertahan setelah di sikat

3.3.2 Uji Tarik Serat Tunggal

- Serat Bambu di beri perlakuan NaOH dengan Variasi 0% ; 2% ; 5% ; dan 7% dengan durasi perendaman konstan (tetap) yaitu 2 jam
- mempersiapkan spesimen yang mengacu pada standar ASTM C 1557-03.

- Pembuatan sample uji tarik serat tunggal dengan memakai kertas karton.
- selanjutnya adalah pemasangan serat tunggal bambu dan grip pada spesimen karton dengan bantuan lem epoxy
- mengambil foto makro dan mencari diameter serat bambu tabah, menggunakan mikroskop dengan lensa pembesaran 40x yang dihubungkan ke komputer menggunakan aplikasi Future winjoe untuk mendapatkan gambar makro serat bambu, sedangkan untuk mengetahui diameter serat menggunakan aplikasi tambahan yaitu imageJ
- Kemudian memasang spesimen ke alat uji Tarik serat tunggal. Gunting bagian sisi kiri dan kanan karton. Set 0 pada dial gauge dan posisikan jarum ke 0 pada manometer indicator uji tarik.
- Melakukan pengujian, setelah mendapatkan diameter serat.
- Perhatikan setiap 0,2 mm pertambahan panjang serat pada dial gauge dan catat pembebanan yang terjadi.
- Masukkan data pengujian kedalam tabel uji tarik serat tunggal kemudian dibuat grafik antara pertambahan panjang terhadap beban. Hitung nilai tegangan, regangan dan modulus elastisitas lalu dibuat grafik antara tegangan dengan regangan.
- Serat tunggal dengan kekuatan tarik tertinggi digunakan untuk membuat komposit.

3.3.3 Proses Pembuatan Komposit

Proses dari metode ini yaitu dengan menuangkan resin ke dalam serat kemudian memberikan tekanan sekaligus meratakan dengan menggunakan rol. Proses ini dilakukan secara berulang kali dengan ketebalan yang dibutuhkan terpenuhi [7]. berikut langkah-langkah pembuatannya :

- Pemotongan serat dengan panjang yaitu 3 cm
- mengukur resin sesuai dengan volume komposit yang akan dicetak.
- Campurkan resin polyester dengan 1% hardener Methyl Ethyl Ketone Peroxide (MEKPO) ke dalam gelas ukur.
- gunakan gliserin untuk melapisi cetakan komposit bertujuan untuk mempermudah proses pemisahan komposit dari cetakan.
- Campuran poliester, hardener, dan serat bambu sesuai hitungan, lalu dituangkan pada cetakan kaca.
- tutup cetakan dan berikan beban yang menekan cetakan sekitar 5 kg lalu diamankan minimal selama 24 jam.
- setelah 24 jam, masukan komposit kedalam oven dengan durasi 2 jam di temperatur 65°C.
- Memotong spesimen sesuai standar ASTM D 638 untuk uji tarik.

3.3.4 Uji Tarik Komposit

- spesimen diukur terlebih dahulu sebelum diuji.
- Persiapkan mesin yang digunakan untuk uji tarik.
- Pasangkan spesimen uji tarik di mesin dan pastikan spesimen terjepit sangat baik.
- Mulai pengujian tarik pada komposit
- Perhatikan pertambahan panjang, hentikan mesin uji tarik ketika sudah patah, tulis gaya tarik maksimal serta pertambahan panjangnya.

4. Hasil dan Pembahasan

4.1 Uji Tarik Serat Tunggal

Tabel 2. Data Perhitungan Uji tarik Serat Bambu Tabah Tanpa Perlakuan

Kode Spesimen	σ (Mpa)	ϵ (%)	E (Gpa)
TP 1	49,32	18,8	0,26
TP 2	83,46	16,40	0,51
TP 3	114,84	17,60	0,65
TP 4	120,58	15,60	0,77
TP 5	100,69	21,60	0,47
TP 6	67,59	14,00	0,48
TP 7	95,00	14,80	0,64
RATA -RATA	90,21	16,97	0,54

Tabel 3. Data Hasil Perhitungan Uji Tarik Serat Bambu Tabah Perlakuan 2% NaOH

Kode Spesimen	σ (Mpa)	ϵ (%)	E (Gpa)
A 1	208,25	9,20	2,26
A 2	130,67	6,00	2,18
A 3	88,20	5,20	1,70
A 4	132,30	8,40	1,58
A 5	110,25	6,00	1,84
A 6	205,80	11,20	1,84
A 7	155,17	5,20	2,98
RATA -RATA	142,51	14,68	1,96

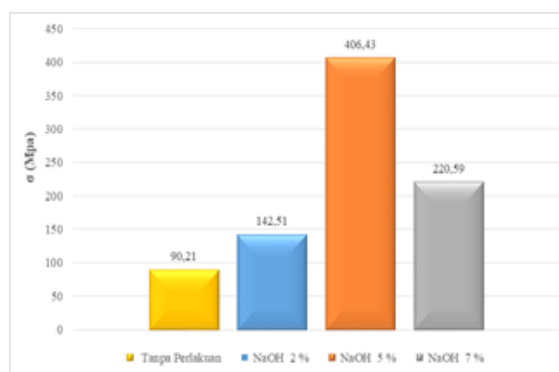
Tabel 4. Data Hasil Perhitungan Uji Tarik Serat Bambu Tabah Perlakuan 5% NaOH

Kode Spesimen	σ (Mpa)	ϵ (%)	E (Gpa)
C 1	235,20	12,00	1,96
C 2	161,41	9,20	1,75
C 3	58,07	6,40	0,91
C 4	155,91	9,60	1,62
C 5	473,67	8,80	5,38
C 6	315,7	9,20	3,43
C 7	144,12	8,00	1,80
RATA -RATA	220,59	16,28	2,41

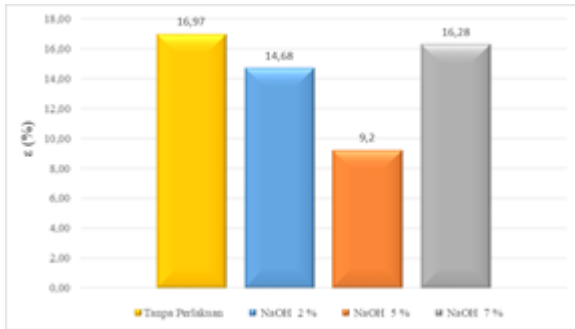
Tabel 5. Data Hasil Perhitungan Uji Tarik Serat Bambu Tabah Perlakuan 7% NaOH

Kode Spesimen	σ (Mpa)	ϵ (%)	E (Gpa)
B 1	453,25	10,40	4,36
B 2	250,44	7,20	3,48
B 3	862,40	11,20	7,70
B 4	283,11	8,00	3,5
B 5	418,73	11,60	3,61
B 6	294,00	8,00	3,68
B 7	283,11	8,00	3,54
RATA -RATA	406,43	9,2	4,27

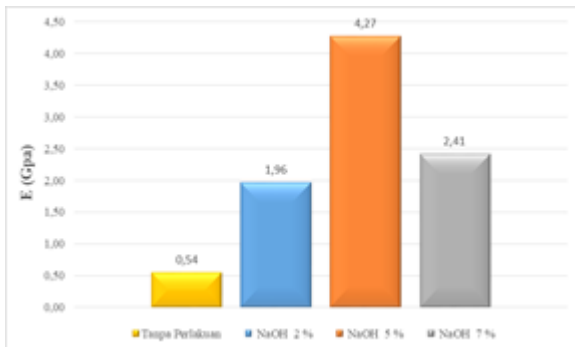
Berdasarkan data yang di dapat, maka bisa dibuat grafik hubungan antara tegangan, regangan dan modulus elastisitas seperti berikut:



Gambar 4. Grafik Tegangan Tiap Perlakuan



Gambar 5. Grafik Regangan Tiap Perlakuan



Gambar 6. Grafik Modulus Elastisitas Tiap Perlakuan

Bedasarkan pada Gambar 5 dan Gambar 6 bahwa serat tunggal bambu tabah tanpa perlakuan mempunyai kekuatan tegangan tarik rata-rata sebesar 90,21 MPa dengan regangan rata-rata sebesar 16,97 %, untuk serat dengan perlakuan NaOH 2% mempunyai kekuatan tegangan tarik rata-rata sebesar 142,51 MPa, dengan regangan rata-rata sebesar 14,68 %, pada perlakuan NaOH 5% mempunyai kekuatan tegangan tarik rata-rata sebesar 406,43 MPa dengan regangan rata-ratanya sebesar 9,2 %, sementara untuk perlakuan NaOH 7% pada serat mempunyai kekuatan tegangan tarik sebesar 220,59 MPa, dengan regangan sebesar 16,28 %.

Dari data di atas di ketahui rata-rata kekuatan tarik tertinggi terdapat pada perlakuan NaOH 5% pada serat yaitu sebesar 406,43 MPa, kekuatan tarik tertinggi serat sabut kelapa berada pada kadar NaOH 5% [6]. kekuatan terendah terdapat pada perlakuan NaOH 0% pada serat sebesar 90,21 MPa. Dan nilai rata-rata regangan tertinggi didapat pada perlakuan serat dengan NaOH 0% sebesar 16,97%, dan terendah pada perlakuan NaOH 5% serat dengan nilai sebesar 9,2%. Terdapat data kekuatan tegangan tarik serat dengan perlakuan 5% NaOH serat lebih besar, ini bisa terjadi karena lapisan lignin dan kotoran yang awalnya menempel pada permukaan serat terdegradasi oleh proses alkalisasi yang menyebabkan penyusutan diameter serat.

Pada gambar 6 dapat dilihat regangan maksimum serat dengan perlakuan NaOH 0% lebih besar dari serat dengan perlakuan 5% NaOH. Serat tanpa perlakuan meregang sebesar 16,97 %

sedangkan serat perlakuan 5% NaOH meregang sebesar 9,2 %. Hal tersebut terjadi karena serat perlakuan 0% NaOH mengalami patahan yang natural akibat saling mengelupasnya permukaan serat. Pada gambar 7 nilai elastisitas terkecil didapat pada serat perlakuan NaOH 0% sebesar 0,54 GPa. Sedangkan nilai elastisitas paling tinggi dimiliki oleh serat perlakuan NaOH 5% sebesar 4,27 GPa. Maka di dapat modulus elastisitas yang paling besar di perlakuan 5% NaOH pada serat ini dikarenakan oleh tegangan tarik dari serat juga besar. Hal ini sesuai dengan hukum *Hooke* bahwa modulus elastisitas berbanding terbalik dengan regangan dan berbanding lurus dengan tegangan.

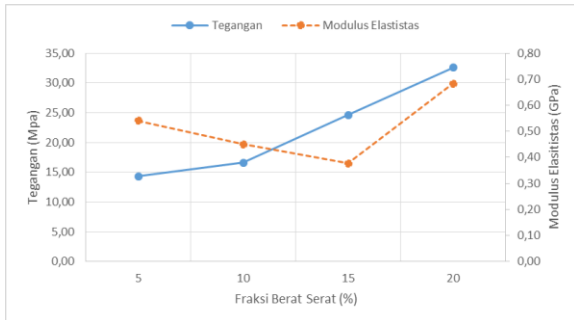
4.2 Uji Tarik Komposit

Tabel 6. Perhitungan Kekuatan Tarik

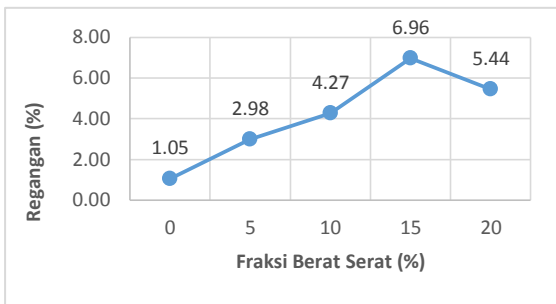
Pengujian Tarik Komposit							
Fraksi Berat Serat 0%							
Lo = 57 mm, Tebal = 3 mm, Lebar = 13 mm							
Kode Spesimen	ΔL (m)	m (kg)	P (N)	A (mm ²)	σ (MPa)	ε (%)	E(GPa)
TP 1	0,5	48,00	470,40	39,00	12,06	0,88	1,38
TP 2	0,7	53,00	519,40	39,00	13,32	1,23	1,08
TP 3	0,6	56,00	548,80	39,00	14,07	1,05	1,34
Rata – Rata					13,15	1,05	1,26
Fraksi Berat Serat 5%							
Lo = 57 mm, Tebal = 3 mm, Lebar = 13 mm							
Kode Spesimen	ΔL (m)	m (kg)	P (N)	A (mm ²)	σ (MPa)	ε (%)	E(GPa)
A 1	1,3	67,00	656,60	39,00	16,84	2,28	0,74
A 2	2,6	55,00	539,00	39,00	13,82	4,56	0,30
A 3	1,2	49,00	480,20	39,00	12,31	2,11	0,58
Rata – Rata					14,32	2,98	0,54
Fraksi Berat Serat 10%							
Lo = 57 mm, Tebal = 3 mm, Lebar = 13 mm							
Kode Spesimen	ΔL (m)	m (kg)	P (N)	A (mm ²)	σ (MPa)	ε (%)	E(GPa)
B 1	3,8	66,00	646,80	39,00	16,58	6,67	0,25
B 2	1,9	55,00	539,00	39,00	13,82	3,33	0,41
B 3	1,6	77,00	754,60	39,00	19,35	2,81	0,69
Rata – Rata					16,58	4,27	0,45
Fraksi Berat Serat 15%							
Lo = 57 mm, Tebal = 3 mm, Lebar = 13 mm							
Kode Spesimen	ΔL (m)	m (kg)	P (N)	A (mm ²)	σ (MPa)	ε (%)	E(GPa)
C 1	3,5	126,00	1234,80	39,00	31,66	6,14	0,52
C 2	4,9	68,00	666,40	39,00	17,09	8,60	0,20
C 3	3,5	100,00	980,00	39,00	25,13	6,14	0,41
Rata – Rata					24,63	6,96	0,38
Fraksi Berat Serat 20%							
Lo = 57 mm, Tebal = 3 mm, Lebar = 13 mm							
Kode Spesimen	ΔL (m)	m (kg)	P (N)	A (mm ²)	σ (MPa)	ε (%)	E(GPa)
D 1	3,2	114,00	1117,20	39,00	28,65	5,61	0,51
D 2	4,2	129,00	1264,20	39,00	32,42	7,37	0,44
D 3	1,9	146,00	1430,80	39,00	36,69	3,33	1,10
Rata – Rata					32,59	5,44	0,68

Selesai melakukan pengujian, didapatkan hasil dari kekuatan tarik komposit berupa tegangan maksimum, regangan maksimum dan modulus elastisitas. komposit poliester diperkuat serat bambu tabah yang ditampilkan pada Tabel 6.

Diambil dari data diatas maka bisa di buat grafik hubungan antara tegangan tarik, regangan tarik dan modulus elastisitas komposit terhadap fraksi berat serat sebagai berikut :



Gambar 7. Grafik Hubungan Fraksi Berat Serat Untuk Tegangan Tarik dan Modulus Elastisitas Komposit



Gambar 8. Grafik Hubungan Fraksi Berat Serat Untuk Regangan Tarik Komposit

Berdasarkan Tabel 6 menunjukan bahwa kekuatan tarik pada komposit dapat meningkat seiring ditambahnya fraksi berat serat. Nilai kekuatan tarik tertinggi komposit polyester berpenguat serat bambu tabah terjadi di spesimen fraksi berat serat 20% dengan nilai sebesar 32,59, MPa dengan nilai modulus elastisitas sebesar 0,68 GPa. Sementara nilai tegangan tarik terendah terjadi pada fraksi 0% serat sebesar 13,15 MPa dengan modulus elastisitas sebesar 1,26 GPa. Pada fraksi 5% serat, kekuatan mengalami peningkatan sebesar 14,32 MPa dengan modulus elastisitas sebesar 0,54 GPa. Dilain sisi Kekuatan tarik terhadap fraksi serat 10% memiliki peningkatan kekuatan dengan rata - rata sebesar 16,58 MPa dan modulus elastisitas sebesar 0,54 GPa. Kemudian fraksi berat 15% serat mempunyai kekuatan tarik sebesar 24,63 MPa dengan modulus elastisitas sebesar 0,38 GPa.

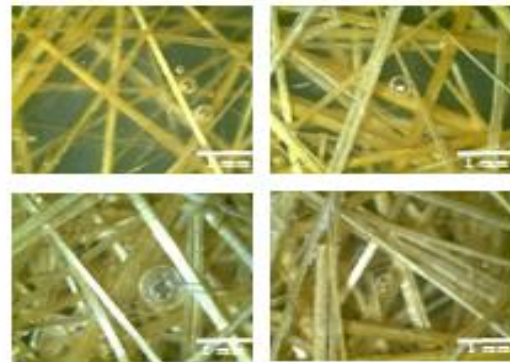
Dalam Tabel 6 terlihat pada fraksi tanpa serat (0% serat) memiliki nilai regangan sebesar 1,05%. Regangan rata-rata pada 5% sebesar 2,98%. Pada

fraksi serat 10%, nilai regangan meningkat dengan rata-rata sebesar 4,27%. Terjadi penurunan regangan pada fraksi berat serat 15% nilai rata-rata sebesar 6,96%. Pada fraksi berat 20%, mempunyai nilai regangan rata-rata tertinggi sebesar 5,44%.

4.3 Pengamatan Makro

4.3.1 Void

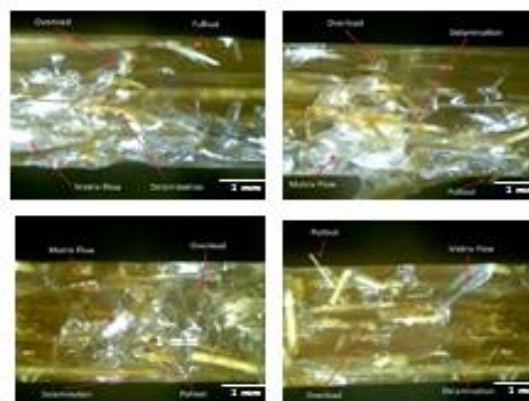
Spesimen pengujian dilakukan pengamatan makro untuk mengetahui adanya void. Sewaktu pencetakan komposit yang kurang hati – hati dapat menimbulkan rongga-rongga udara yang menyebabkan munculnya void. Void dapat menurunkan kekuatan yang dipunyai oleh komposit itu, ini disebabkan karena void termasuk golongan cacat pada suatu material komposit, berikut merupakan foto void pada komposit yang di tampilkan pada gambar 9.



Gambar 9. Foto Makro Void

Pada Gambar 4.18 menunjukkan adanya void pada spesimen uji tarik dengan fraksi berat serat 5% sebanyak 3 void dengan jumlah luas area sebesar 1,37%. Kemudian Gambar 4.19 terdapat 1 void dengan jumlah luas area sebesar 1,08% pada fraksi berat serat 10%. Gambar 4.20 pada fraksi berat serat 15% terdapat 4 void dengan total luasan area sebesar 4,53%. Luas area void terkecil terdapat pada fraksi berat serat 20% sebanyak 2 void yaitu 0,77%.

4.3.2 Patahan



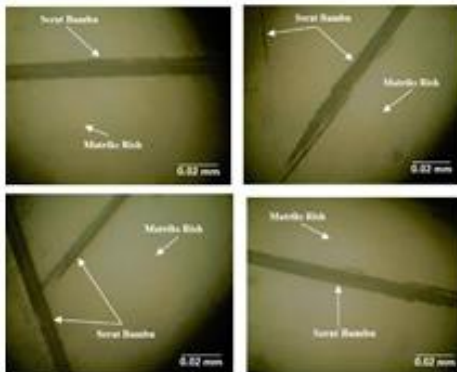
Gambar 10. Foto Makro Patahan

Pada spesimen uji tarik fraksi berat serat 5% terdapat patahan *matrix flow* dengan luas area sekitar 50,97%. Hal ini dapat terjadi dikarenakan serat yang kurang terdistribusi dalam komposit tersebut, sehingga pada bagian patahan di dominasi oleh *matrix*. Pada patahan fraksi berat serat 10% terdapat *matriks flow* dengan luas area sebesar 42,99%. Di fraksi ini juga terdapat *delamination* dan sedikit *overload* pada patahan tersebut. Pada fraksi berat serat 15% terjadi patahan dengan luas area *matrix flow* sebesar 34,63%. Selain itu terdapat patahan berupa *pullout*, *delamination* dan juga *overload*. Kekuatan tegangan tarik tertinggi terdapat di fraksi berat serat 20%, dengan patahan *matrix flow* yang memiliki perbandingan luas sebesar 6,55% yang di dominasi oleh patahan *delamination* sedangkan patahan *overload* dan *pullout* terlihat lebih sedikit.

4.4 Pengamatan Mikro

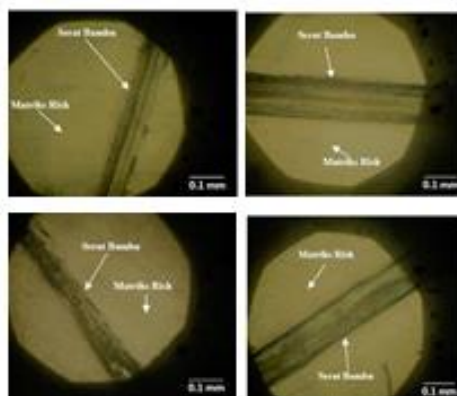
Setelah permukaan komposit dipoles dengan autosol dan kain dilakukan proses pengamatan mikrostruktur menggunakan alat uji foto mikro perbesaran lensa 40x dan 100x yang dihubungkan ke komputer menggunakan aplikasi Future Winjoe. Dibawah ini merupakan hasil dari foto mikro komposit :

4.4.1 Perbesaran 40x



Gambar 11. Hasil Foto Mikro Perbesaran 40x

4.4.2 Perbesaran 100x



Gambar 12. Hasil Foto Mikro Perbesaran 100x

Hasil foto mikro menunjukkan bahwa komposit terdapat serat bambu tabah, beberapa void dan *matrix rich* yaitu kekurangan serat di daerah matriks sehingga mengakibatkan komposit menjadi tidak terlalu kuat dan lebih mudah patah pada saat menerima beban tertentu.

5. Kesimpulan

Dari hasil penelitian dan juga pembahasan pada bab dan subbab sebelumnya dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut:

- Kekuatan tarik serat tunggal bambu tabah setelah diberikan variasi perlakuan alkali NaOH mempengaruhi kekuatan tarik dari serat bambu tabah, dimana serat dengan kekuatan tertinggi terdapat pada variasi alkali NaOH 5% yang di rendam selama 2 jam, memiliki nilai rata-rata sebesar 406,43 MPa, dan regangan mencapai 9,2% sementara modulus elastisitasnya sebesar 4,27 GPa.
- Kekuatan tarik komposit polyester berpenguat serat bambu tabah memiliki peningkatan kekuatan tarik seiring fraksi berat yang di tambahkan, kekuatan tertinggi terjadi pada fraksi berat serat 20% dengan nilai rata-rata sebesar 32,59 MPa dengan regangan sebesar 5,44% serta modulus elastisitasnya 0,68 GPa. sedangkan kekuatan tarik terendah terjadi pada fraksi berat 0% dengan nilai rata-rata 13,15 MPa dengan regangan sebesar 1,05% dan modulus elastisitasnya sebesar 1,26 GPa.

Daftar Pustaka

- [1] Chawla, 1987, *Composite Materials: Science and Engineering*, Springer, New York
- [2] Surata, 201, *Kekuatan Tarik Dan Lentur Komposit Berpenguat Serat Bambu Orientasi Acak yang Di Cetak dengan Teknik Hand Lay-Up*, Jurnal Teknik Mesin Universitas Udayana, Bali
- [3] Lumintang, dkk, 2011, *Komposit Hibrid Polyester Berpenguat Serbuk Batang dan Serat Sabut Kelapa*, Jurnal Rekayasa Mesin Vol.2, No. 2 Tahun 2011 : 145-153, Fakultas Teknik Universitas Brawijaya, Malang
- [4] Himawan, 2020, *Karakteristik Kekuatan Tarik Dan Lentur Komposit Polyester Berpenguat Serat Sisal Yang Di Ekstraksi Dengan Metode Water Retting*, Jurnal Teknik Mesin Universitas Udayana, Bali
- [5] Mishra, S., et.al, 2002, *The Influence of Chemical Surface Treatment Modification on the Performance of Sisal- Polyester Biocomposite*, Polymer Composite. Vol.23 No.2, pp.164-170.

- [6] Wirawan, I G. R. T., Surata, I W., Nindhia, T. G. T., 2018, *Pengaruh Fraksi Berat Terhadap Kekuatan Tarik dan Lentur Komposit Polyester Serat Sabut Kelapa*, Jurnal Ilmiah Teknik Mesin Desain Mekanika, Vol.7 No.2, pp. 109-114.
- [7] Setyanto R. H., 2012, Review : *Teknik Manufaktur Komposit Hijau dan Aplikasinya*, Jurnal Teknik Industri Universitas Sebelas Maret, Performa, Vol.11 No. 1, pp. 9-18.

	<p>I Made Dwi Pica Harsa Nadi merupakan mahasiswa dari Program Studi Teknik Mesin Universitas Udayana. telah menyelesaikan studi program sarjana S1 dengan topik penelitian Kekuatan Tarik Komposit Polyester Berpenguat Serat Bambu Tabah Dengan Fraksi Berat Serat.</p>
<p>Bidang penelitian yang diminati ialah bahasan-bahasan yang terkait dengan rekayasa manufaktur, khususnya di material komposit serat alam.</p>	

Pengaruh Variasi Temperatur Operasi Terhadap Kandungan Syngas DRFB Berbahan Bakar RDF

I Putu Handika Maulana, I Nyoman Suprpta Winaya, I Wayan Arya Darma
Program Studi Teknik Mesin Universitas Udayana, Bukit Jimbaran, Bali

Abstrak

DRFB adalah jenis reaktor gasifikasi yang mempunyai dua buah reaktor, reaktor gasifikasi dan reaktor pembakaran. Dalam reaktor pembakaran terjadi proses fluidisasi dimana bahan bakar dan bed material bersirkulasi seperti fluida kemudian didorong oleh blower yang sudah dipanaskan dengan kecepatan udara konstan yaitu 9 m/s. Dalam penelitian ini menggunakan variasi temperature operasi pada reaktor pembakaran yaitu 550 °C, 600 °C, 650 °C, 700 °C. Dalam penelitian ada beberapa variabel Kontrol seperti menggunakan jenis pasir silika sebagai bed material, bahan bakar yang digunakan yaitu RDF dan gas agen yang digunakan H₂O. Hasil penelitian ini akan menunjukkan hasil terbaik dari kandungan syngas dengan variasi temperatur operasi pada dual reactor fluidized bed.

Kata kunci: Fluidisasi, Temperatur, DRFB

Abstract

DRFB is a type of gasification reactor that has two reactors, a gasification reactor and a combustion reactor. In the combustion reactor, a fluidization process occurs where the fuel and bed material circulate like a fluid and then driven by a blower that has been heated with a constant air velocity of 9 m/s. In this study, the operating temperature variations in the combustion reactor are 550 C, 600 C, 650 C, 700 C. In this study there are several control variables such as using silica sand as bed material, the fuel used is RDF and the agent gas used is H₂O. The results of this study will show the best results from the syngas content with variations in operating temperature in a dual fluidized bed reactor.

Keywords: Fluidization, Temperature, DRFB

1. Pendahuluan

Permasalahan yang masih sering dibicarakan saat ini adalah masalah sampah. Banyaknya sampah yang dihasilkan dan kurangnya cara pemanfaatan menyebabkan banyaknya permasalahan yang timbul seperti pencemaran lingkungan, wabah penyakit dan pencemaran udara. Seiring berkembangnya teknologi dan meningkatnya jumlah penduduk populasi terjadinya peningkatan sampah juga akan naik, diperkirakan jumlah sampah yang dihasilkan setiap penduduk sebesar 0,52/kg/jiwa [1]. Sampah kota secara umum susah untuk dimanfaatkan karena masih memiliki kadar air yang besar, nilai kalor yang relatif rendah, ukuran yang berbeda beda serta memiliki kandungan debu yang banyak.

Salah satu cara agar sampah kota dapat digunakan secara maksimal adalah dengan cara mengubah sampah kota menjadi bahan bakar RDF. Bahan bakar RDF merupakan produk dari hasil pengolahan sampah baik organik maupun non organik dengan nilai kalor yang cukup tinggi. Besar kecilnya nilai kalor yang dikandung oleh RDF sampah kota tergantung pada komposisi sampah yang digunakan [2].

Teknologi gasifikasi adalah salah satu teknologi yang mampu mengubah sampah kota maupun biomassa seperti sampah plastik, sisa buangan rumah tangga dan jenis sampah lainnya yang dapat

dihancurkan sesuai dengan ukuran mesh yang digunakan untuk diubah menjadi gas yang bisa dimanfaatkan kembali menjadi energi alternatif dengan cara gasifikasi. *Dual Reactor Fluidized Bed* (DRFB) telah digunakan diberbagai aplikasi, gasifikasi adalah salah satu teknologi dengan bahan bakar sampah kota RDF yang mampu mengubah sampah menjadi gas mampu bakar [3].

DRFB adalah salah satu teknologi gasifikasi dengan dua buah yaitu reaktor pembakaran dan reaktor gasifikasi, merupakan reaktor yang digunakan pada perkembangan teknologi gasifikasi ini [4]. Pada saat proses gasifikasi terjadi maka akan tercipta suatu daerah proses didalam reaktor gasifier. Daerah tersebut adalah pengeringan, pirolisis reduksi dan pembakaran. Keadaan diatas dapat terjadi pada rentang suhu 25°C -150°C, 150°C -600°C, 600°C -900°C dan 800°C -1400°C. Gas yang tercipta dari hasil gasifikasi disebut *syngas* [5].

2. Dasar Teori

2.1 DRFB

DRFB adalah salah satu teknologi gasifikasi yang mempunyai 2 buah reaktor yaitu reaktor gasifikasi dan reaktor pembakaran. Prinsip kerja DRFB adalah dengan mensirkulasikan bed material pada reaktor gasifikasi dan reaktor pembakaran yang dihubungkan oleh pipa *upper* dan *lower*. Pemisahan reaksi antara

eksoterm dan endoterm bertujuan agar pereaksi memiliki suplai udara yang melimpah sehingga proses pembakaran dapat berlangsung dengan baik serta syngas yang dihasilkan semakin banyak.

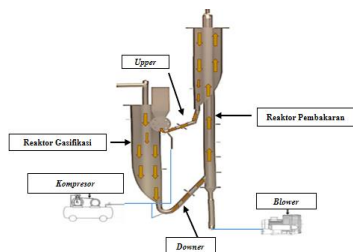
2.2 Fluidisasi

Dalam gasifikasi terdapat istilah yang dikenal dengan fluidisasi. Fluidisasi didefinisikan dimana bahan bakar padat akan diperlakukan seperti fluida dengan memanfaatkan *bed* material. Fluidisasi juga dapat diartikan sebagai suatu operasi dimana *bed* material mampu diperlakukan seperti zat cair[6]. Sistem fluidisasi, kontak yang terjadi antara bahan bakar dengan *bed* material terjadi dengan baik karena ruang bakar reaktor pembakaran memiliki suplai udara dari blower. Besar kecilnya tekanan yang diberikan akan mempengaruhi system fluidisasi. Salah satu yang menjadi pengaruh penting adalah ukuran dari *bed* material dan ukuran bahan bakar RDF. Selain itu tekan yang diberikan oleh blower dan kompresor sangat mempengaruhi proses fluidisasi. Fluidisasi terjadi didalam reaktor pembakaran yang sebelumnya *bed* material dan bahan bakar berada didalam reaktor gasifikasi.

2.3 Temperatur

Dalam proses gasifikasi temperatur sangat mempengaruhi agar dapat menghasilkan gas yang lebih baik. Pada awal proses gasifikasi temperature diseting 100 °C -200 °C untuk melakukan proses pengeringan, kemudian dilanjutkan dengan menaikkan temperature menjadi 300 °C-400 °C. pada temperature tersebut bahan bakar RDF akan terdekomposisi kemudian menghasilkan syngas. Semakin tinggi temperature maka proses terdekomposisinya bahan bakar RDF akan semakin cepat dan sisa pembakaran yang dihasilkan juga akan semakin sedikit. Proses dalam menciptakan temperatur yang tinggi secara terus menerus ,tangi reaktor harus dilapisi dengan isolasi glasswool yang tahan dengan api yang dapat mengurangi reaksi panas yang keluar menuju kelingkuangan sehingga proses gasifikasi menjadi lebih baik.

3. Metode Penelian



Gambar 1. Skema DRFB

DRFB adalah teknologi gasifikasi yang dalam pengoperasian menggunakan 2 reaktor berbeda. Kedua reaktor tersebut dihubungkan oleh *upper* pada

baggian atas dan *lower* pada bagian bawah. Pada reaktor gasifikasi bahan bakar akan terdekomposisi menghasilkan *syngas* yang memiliki diameter 101,6 mm. Untuk reaktor pembakaran karena sebagai tempat berlangsungnya proses pembakaran maka membutuhkan tekanan yang lebih tinggi sehingga memiliki ukuran yang lebih kecil yaitu 50,8 mm. Pipa *upper* dan *lower* yang digunakan sebagai saluran penghubung antara kedua reaktor memiliki diameter 25,4 mm. pada bagian atas reaktor pembakaran terdapat *cyclone* untuk menyaring gas dan abu sisa pembakaran serta sebagai tempat bersirkulasi pasir dan arang yang belum terbakar sempurna.

Temperatur dari reaktor gasifikasi akan menghasilkan panas yang akan bersirkulasi menuju reaktor pembakaran melalui pipa *lower* dengan bantuan udara pendorong dari kompresor. Setelah memasuki reaktor pembakaran pasir dan arang akan dihembuskan menuju ke bagian atas reaktor oleh udara dari blower dengan kecepatan 9 m/s. Setelah mengalami proses pembakaran, pasir akan kembali turun menuju reaktor gasifikasi melalui pipa *lower* dengan bantuan udara dari kompresor.

Penelitian diawali dengan memasukan pasir ke dalam reaktor gasifikasi melalui *full feeder* pada bagian atas reaktor gasifikasi. Pada saat memasukan pasir temperatur udara dalam keadaan konstan. Setelah temperatur pada reaktor gasifikasi dan reaktor pembakaran sudah mencapai suhu yang diinginkan yaitu 600 °C di reaktor gasifikasi dan 550 °C,600 °C,650 °C dan 700 °C pada reaktor pembakaran. Setelah itu dilakukan dengan menyalakan blower terlebih dahulu agar suplai udara di bagian bawah reaktor pembakaran berlangsung dengan baik. Kemudian menyalakan kompresor untuk mensuplai udara pada pipa *upper* dan *lower* sehingga pasir di dalam reaktor akan bersirkulasi. Terlihat dari reaktor gasifikasi pasir akan keluar melalui pipa *upper* dan menandakan bahwa pasir dapat bersirkulasi di dalam reaktor.

4. Hasil dan Pembahasan

Terlihat bahwa semakin besar temperatur operasi maka akan semakin besar volume syngas yang dihasilkan, diikuti dengan tingginya LHV syngas. Perolehan syngas paling tinggi terjadi pada pengujian variasi IV dengan total volume sebanyak 4,882 %, CH₄ sebanyak 1,059 %, CO sebanyak 0,980 %, H₂ sebanyak 2,399 % serta LHV senilai 1,383 MJ/m³.

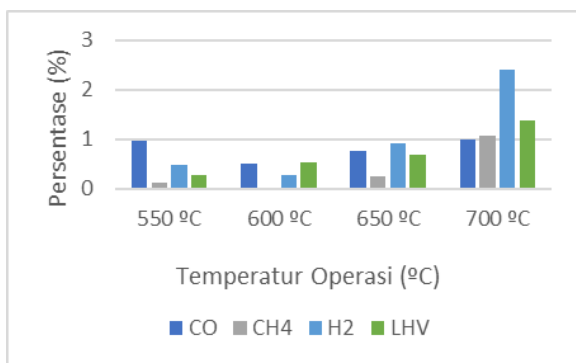
Pada penelitian ini dilakukan variasi temperatur operasi pada reaktor pembakaran. Cara untuk menentukan besar kecilnya temperatur operasi dilakukan dengan cara menseting temperatur pada termokontrol. Variasi temperatur yang divariasikan adalah pada temperatur 550 °C,600 °C,650 °C dan

700 °C. Setelah temperatur sudah mencapai yang diinginkan lalu Langkah berikutnya adalah memasukan bahan bakar RDF.

Pengambilan data dilakukan dengan cara merekam hasil syngas yang keluar melalui lubang pembuangan pada reaktor gasifikasi. Alat yang digunakan untuk merekam kandungan syngas adalah *gas analyzer*.

Tabel 1. Data hasil penelitian

Variasi Temperatur (°C)	Kandungan Syngas (% Volume)			Total (% Volume)	LHV (MJ/m ³)
	CO	CH ₄	H ₂		
550 °C	0.959	0.119	0.473	1.553	0.272
600 °C	0.490	0.026	0.26	0,776	0.54
650 °C	0.755	0.25	0.916	1.291	0.68
700 °C	0.980	1.059	2.399	4.882	1.383



Gambar 2. Grafik kandungan syngas

5. Kesimpulan

Dari penelitian yang dilakukan untuk menganalisa pengaruh variasi temperatur operasi terhadap proses gasifikasi RDF dengan menggunakan DRFB, maka diperoleh beberapa kesimpulan terkait parameter-parameter gasifikasi yaitu Lama nyala *syngas* yang dihasilkan dari proses gasifikasi DRFB paling lama di dapat pada variasi IV dengan temperatur 700 °C yang terjadi selama 980 detik sehingga *Fuel Conversion Rate* (FCR) yang didapatkan pada variasi tersebut yaitu 1,7 kg/jam dengan efisiensi gasifikasi sebesar 22,3 %.

Daftar Pustaka

[1] Jambeck, J. R. ,Geyer, R., Wilcox, C., Siegler, T. R., Perryman, M., Andrady, A., Narayan, R., & Law, K. L. (2015). **Entradas de residuos plásticos desde la tierra alocéano.** *Ciencia*,347(6223),768–771.

[2] Rania, M. F. ,Lesmana, I. G. E., & Maulana, E. (2019). **Analisis Potensi Refuse Derived Fuel (RDF) dari Sampah pada Tempat Pembuangan Akhir (TPA) di Kabupaten.** *Sintek Jurnal : Jurnal Ilmiah Teknik Mesin*, 13(1), 51–59.

[3] Kraft, Stephan; Kirnbauer, Friedrich; Hofbauer, Hermann. (2016). *Investigations using a cold flow model of char mixing in the gasification reactor of a dual fluidized bed gasification plant.* Powder Technology.

[4]Arya Darma, I. W., Winaya, I. N. S., & Wirawan, I. K. G. (2018). **Studi Pengaruh Temperatur Reaktor Gasifikasi Terhadap Fuel Conversion Rate Gasifikasi Dual Reactor Fluidized Bed.** *Jurnal METTEK*, 4(2), 37

[5]Vidian, F. (et.al,2008). *Gasifikasi Tempurung Kelapa Menggunakan Updraft Gasifier pada Beberapa Variasi Laju Alir Udara Pembakaran.*

[6] Basu, Prabir and Fraser, S. A. (1991). *Circulating Fluidized Bed Boilers.* Butterworth-Heinemann. United States of A



I Putu Handika Maulana menyelesaikan studi S1 Program Studi Teknik Mesin Universitas Udayana pada tahun 2022

Konsentrasi Penelitian Bidang Konversi Energi

Pengaruh Natrium Sulfat Terhadap Kekuatan Impact Dan Kerusakan Batu Tempel Plastik-Pasir Dan Batu Apung

Jonathan Lasrio, Ngakan Putu Gede Suardana, Cok Istri Putri Kusuma Kencanawati

Program Studi Teknik Mesin Universitas Udayana, Kampus Bukit Jimbaran Bali

Abstrak

Sampah merupakan sesuatu yang tidak dipakai lagi dan dibuang dari aktivitas makhluk hidup. Di Indonesia, produksi sampah mencapai 34.511.278,65 ton pada tahun 2020, 17,1% diantaranya merupakan sampah plastik. Zat-zat yang terkandung pada limbah sampah plastik sangat berbahaya bagi kesehatan manusia dan juga dapat menyebabkan pencemaran lingkungan. Penelitian ini dilakukan berdasarkan salah satu prinsip dari 3R yaitu recycle. Limbah plastik jenis HDPE diolah menjadi batu tempel dimana plastik sebagai pengikat dengan penguat pasir dan batu apung (1 : 2 : 1). Pengujian yang dilakukan adalah uji kerusakan dengan cara perendaman dengan natrium sulfat 5%, 10%, dan 15% selama 30 hari, uji impact dan uji foto mikro. Sebagai pembandingan, pengujian yang sama juga dilakukan pada batu paras Silakarang. Perendaman natrium sulfat 15% menyebabkan kerusakan tertinggi terhadap spesimen yaitu sebesar 1,72% pada batu tempel plastik. Data hasil uji impact tertinggi yaitu batu tempel plastik tanpa perendaman natrium yaitu sebesar 0,0073 J/mm². Hasil uji foto mikro dapat melihat morfologi permukaan komposit. Hasil pengujian menunjukkan batu tempel komposit tanpa perendaman memiliki nilai tertinggi. Perlakuan dengan natrium sulfat dengan konsentrasi yang lebih tinggi mengakibatkan kerusakan yang lebih tinggi dan nilai impactnya lebih rendah.

Kata kunci : Batu tempel, Natrium sulfat, Uji impact, High Density Polyethylene

Abstract

Garbage is something that is no longer used and is discarded from the activities of living things. In Indonesia, waste production reached 34,511,278.65 tons in 2020, 17.1% of which was plastic waste. The substances contained in plastic waste are very dangerous for human health and can also cause environmental pollution. This research was conducted based on one of the 3R principles, namely recycle. HDPE type of plastic waste is processed into outboard stone where plastic is used as a fisher with sand and pumice (1:2:1). The tests carried out were damage test by immersion with 5%, 10%, and 15% sodium sulfate for 30 days, impact test and micro photo test. As a comparison, the same test was also carried out on Silakarang sandstone. The immersion of 15% sodium sulfate caused the highest damage to the specimen, which was 1.72% on the plastic paste stone. The data from the highest impact test was plastic outboard stone without sodium immersion, which was 0.0073 J/mm². The results of the micro photo test can see the surface morphology of the composite. The test results showed that the composite paste stone without immersion had the highest value. Treatment with higher concentrations of sodium sulfate resulted in higher damage and lower impact strength.

Key Word : Paste stone, Sodium sulfate, Impact test, High Density Polyethylene

1. Pendahuluan

Di Indonesia, produksi sampah mencapai 34.511.278,65 ton pada tahun 2020, diantaranya, sampah plastik mencapai 17,1%. Salah satu penghasil sampah terbanyak di Indonesia adalah provinsi Bali. Permasalahan tersebut merupakan hal yang sudah lama terjadi di pulau Bali dan banyak pula media asing yang telah mengamati permasalahan sampah yang terjadi di Bali. Produksi sampah di Bali terus meningkat setiap tahun, tercatat sebanyak 662.835 ton pada tahun 2020 dan mencapai 1.815 ton/hari [1].

Setiap individu harus turut berkontribusi dalam penanganan masalah sampah. Langkah-langkah utama dalam mengelola sampah yang benar adalah dengan prinsip 3R, yang pertama *reduce* (mengurangi) merupakan suatu cara untuk meminimalisir penggunaan barang atau material, yang kedua *reuse* (menggunakan kembali)

merupakan suatu cara untuk meminimalisir sampah plastik dengan menggunakan barang yang dapat dipakai berulang, dan yang ketiga *recycle* (mendaur ulang) merupakan suatu cara untuk meminimalisir sampah plastik dengan mendaur ulang sampah plastik sehingga memiliki nilai tambah [2]. Penelitian ini dilakukan berdasarkan salah satu prinsip dari 3R, sebagaimana dijelaskan sebelumnya, yaitu dengan mendaur ulang (*recycle*) sampah plastik yang kemudian akan dijadikan batu tempel dengan campuran penguat berupa pasir dan batu apung.

Berdasarkan salah satu pengaplikasiannya yaitu di luar ruangan, batu tempel tentunya akan terkena air hujan yang dapat mengakibatkan kerusakan pada batu tempel dikarenakan unsur-unsur yang terkandung pada air hujan meliputi uap air, garam, asam sulfat, asam nitrat dan karbon. Oleh karena itu, perlu dilakukan penelitian untuk mengetahui ketangguhan (*impact*) dan kerusakan

batu tempel yang direndam dengan salah satu zat yang terkandung pada air hujan (natrium sulfat) dengan konsentrasi natrium sulfat 5%, 10% dan 15% dengan komposisi berat batu tempel komposit 1 : 2 : 1 (Plastik:Pasir:Batuan apung). Penggunaan konsentrasi natrium sulfat tersebut berlandaskan dari sifat kimia dari air hujan yang memiliki kandungan garam yang dapat mempengaruhi kekuatan dan keawetan batu tempel.

Beberapa batasan yang ditetapkan pada penelitian kali ini meliputi: pembatasan suatu masalah sangat penting digunakan untuk meminimalisir adanya multitafsir maupun penyimpangan masalah, sehingga dapat memudahkan peneliti dalam mencapai tujuan. Beberapa batasan masalah dalam penelitian ini yaitu sebagai berikut:

1. Plastik yang digunakan yaitu jenis limbah sampah kantong plastik HDPE (*high density polyethylene*)
2. Bahan penguat yang digunakan yaitu pasir dari daerah Karangasem dengan ukuran 10-6 mesh dan batu apung dari daerah Lombok dengan ukuran 2-4 mesh
3. Perlakuan terhadap spesimen menggunakan larutan natrium sulfat 5%, 10% dan 15%
4. Perlakuan terhadap spesimen menggunakan larutan natrium sulfat yang diproduksi oleh PT. Asia Pacific Rayon
5. Proses pengadukan bahan diasumsikan sudah homogen
6. Proses pencetakan spesimen diasumsikan tekanan merata dan sama besar.
7. Kadar air tidak diperhitungkan

2. Dasar Teori

2.1. Ketangguhan Impact

Uji impact perlu dilakukan pada suatu material untuk mengetahui ketahanan bahan terhadap beban kejutan atau beban tiba-tiba. Pengujian ini merupakan salah satu metode yang digunakan untuk mengetahui kekuatan, kekerasan, serta keuletan material. Perhitungan pada pengujian ini menggunakan persamaan yang ada pada standar pengujian ASTM D 6110.



Gambar 1. Uji impact

Prinsip kerja uji impact adalah memberi pembebanan dengan kecepatan tinggi sehingga material yang diuji akan menyerap energi dan akan menyebabkan terjadinya kerusakan pada material

berupa patah atau bengkok. Rumus untuk energi yang diserap adalah sebagai berikut [3] :

$$\text{Energi Awal, } E_0 = W h_1 = W.I (1 - \cos \alpha) \quad (1)$$

$$\text{Energi Akhir, } E_1 = W h_2 = W.I (1 - \cos \beta) \quad (2)$$

$$\begin{aligned} \Delta E &= E_0 - E_1 \\ &= W (h_0 - h_1) \\ &= W.I (\cos \alpha - \cos \beta) \end{aligned} \quad (3)$$

Keterangan:

W = Berat dari pendulum (N).

α = Sudut Awal ($^\circ$).

h_0 = Tinggi bandul sebelum dilepas (m).

h_1 = Tinggi bandul setelah dilepas (m).

β = Sudut Akhir ($^\circ$).

I = Lengan bandul (m)

ΔE = Energi yang diserap (J)

Untuk mengetahui ketangguhan impact pada specimen tersebut dicari dengan rumus berikut :

$$I_s = \frac{\Delta E}{A}$$

Keterangan :

I_s = Kekuatan Impact (J/mm^2)

A = Luas Penampang (mm^2)

2.2 Plastik HDPE (*High Density Polyethylene*)

Plastik merupakan senyawa polimer yang unsur penyusun utamanya adalah karbon dan hidrogen. Pada umumnya, plastik memiliki densitas yang rendah, memiliki kekuatan mekanis yang bervariasi, ketahanan bahan kimia yang bervariasi, ketahanan terhadap panas yang bervariasi dan bersifat isolator plastik juga memiliki sifat yang ringan dan tahan korosi [4]. Jenis plastik HDPE bersifat kuat, keras dan tahan terhadap suhu tinggi, maka dari itu bahan plastik ini banyak digunakan untuk wadah minuman panas, makanan, kantong plastik dll. Tetapi jenis plastik HDPE tidak disarankan untuk penggunaan berulang. Plastik Jenis HDPE dapat di daur ulang Kembali untuk pembuatan pipa dan ember. [5]

2.3 Batu Apung

Batu apung (*pumice*) adalah jenis batu yang banyak di temukan di daerah gunung berapi. Zat kimia yang terkandung pada batu apung adalah SiO_2 , Al_2O_3 , Na_2O , K_2O , KaO , MgO , TiO_2 , SO_3 , dan [6].

2.4 Pasir Alam

Pasir alam adalah salah satu bahan yang dapat digunakan untuk agregat halus dalam pembuatan batu tempel maupun beton.

2.5 Natrium Sulfat

Natrium sulfat pada umumnya terbentuk dari asam sulfur yang berupa padatan kristal putih. Rumus kimia dari senyawa Natrium sulfat adalah Na_2SO_4 . Senyawa ini biasanya diperoleh dari air laut dan terdapat secara alami di dalam tanah dapat juga

diperoleh dari reaksi senyawa natrium yaitu NaCl (garam) dengan H_2SO_4 (Asam Sulfat) [7].

2.6 Uji mikrostruktur

Pengamatan foto mikro merupakan teknik yang digunakan untuk mempelajari morfologi permukaan suatu sampel bahan yang akan diamati. mikrostruktur dapat menghasilkan gambar permukaan komposit pada perbesaran yang diinginkan. Pengamatan mikroskopis komposit dapat mengungkapkan bentuk permukaan komposit, mode kegagalan permukaan komposit, porositas / rongga, dan kepadatan. Proses pengamatan mikro dilakukan di laboratorium Metalurgi Teknik Mesin Universitas Udayana.

3. Metode Penelitian

3.1 Proses Pembuatan Spesimen

1. Mempersiapkan bahan yang akan digunakan berupa plastik HDPE (*High Density Polyethylene*), pasir dan batu apung
2. Mencacah plastik menggunakan mesin pencacah menjadi serpihan-serpihan kecil
3. Membersihkan limbah plastik yang sudah dicacah kemudian dikeringkan dengan oven pada suhu $70^\circ C$ selama 24 jam
4. Memilah pasir agar berukuran 10-6 mesh dan batu apung 2-4 mesh dengan cara diayak
5. Siapkan bahan-bahan yang akan dicampur berupa cacahan plastik, pasir dan batu apung dengan menggunakan perbandingan fraksi berat 1 : 2 : 1 (plastik : Pasir : batu apung)
6. Tungku dipanaskan hingga suhu $200^\circ C$, ini dilakukan karena plastik HDPE mengalami titik leleh yang sempurna pada suhu $200^\circ C$
7. Selanjutnya menuangkan bahan-bahan yang sudah disiapkan sesuai dengan perbandingan yang digunakan kedalam tungku yang sudah dipanaskan
8. Setelah semua bahan masuk kedalam tungku, tungku selama 25 menit agar semua bahan tercampur dengan sempurna
9. Mencetak batu tempel dengan menuangkan campuran plastik, pasir dan batu apung ke cetakan dan ditekan menggunakan alat press hidrolik sebesar $41,78 \text{ kg/cm}^2$
10. Memotong batu paras silakarang dan batu tempel yang sudah dicetak menjadi ukuran $126\text{mm} \times 12,7\text{mm} \times 12,7\text{mm}$ sesuai dengan ASTM D6110.
11. Dilakukan pengamatan bentuk fisik, untuk memastikan tidak adanya penumpukan void pada satu area
12. Spesimen siap uji



Gambar 2. Spesimen Uji

3.2 Perlakuan Dengan Natrium Sulfat

Spesimen uji ditimbang beratnya terlebih dahulu sebeum direndam dengan natrium sulfat. Perendaman specimen dilakukan selama 30 hari dengan konsentrasi natrium sulfat 5%, 10%, dan 15%. Setelah selesai, specimen dikeringkan terlebih dahulu dengan menggunakan oven pada suhu $70^\circ C$ ga berat specimen tetap atau konstan. Persentase ghin kerusakan dihitung dengan cara membagikan selisihdari berat awal dan berat akhir dengan berat %awal, kemudian dikalikan dengan 100

$$\text{Persentase kerusakan} = \frac{\text{berat awal} - \text{berat akhir}}{\text{berat awal}} \times 100\%$$

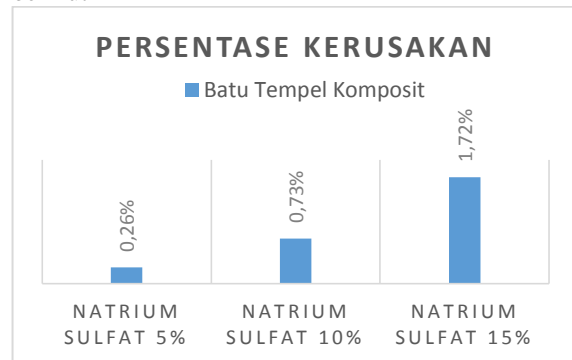


Gambar 3. Perendaman Dengan Natrium Sulfat

4. Hasil Dan Pembahasan

4.1. Hasil Uji Kerusakan Akibat Perlakuan Dengan Natrium Sulfat

Spesimen diuji dengan perlakuan terhadap natrium sulfat selama 30 hari dengan variasi konsentrasi natrium sulfat 5%, 10% dan 15%. Data persentase kerusakan dapat dilihat pada grafik berikut



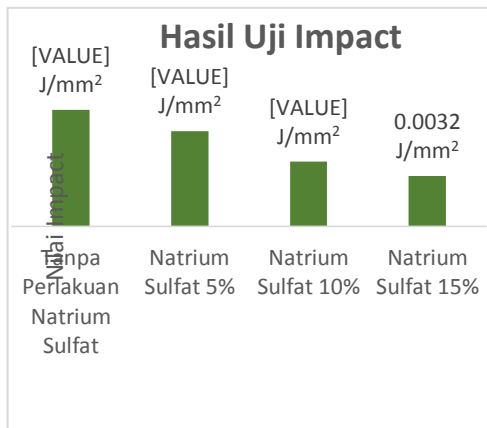
Gambar 4. Grafik Persentase Kerusakan

Berdasan grafik tersebut dapat diketahui bahwa natrium sulfat mempengaruhi kerusakan specimen. Perlakuan perendaman dengan natrium sulfat menimbulkan terjadinya interaksi specimen dengan larutan asam yang mengakibatkan pertukaran ion Na yang terdapat pada specimen dengan ion hydrogen yang terdapat pada larutan asam, hal ini sejalan dengan serangan asam pada ikatan Si-O-Al yang berakibat melekasnya ion aluminium dan asam silikat yang kemudian ion aluminium larut menjadi larutan asam yang dapat meyebabkan kehilangan berat dan berkurangnya kekuatan dari specimen [8].

Hasil dari pengujian menunjukkan kerusakan tertinggi yang diakibatkan oleh natrium sulfat berada pada specimen dengan perendaman natrium sulfat 15% yaitu sebesar 1,72%. Sedangkan kerusakan terendah berada pada specimen dengan perendaman natrium sulfat 5% yaitu sebesar 0,26%.

4.2 Hasil Uji Impact

Data hasil uji impact didapatkan setelah pengujian dilakukan di laboratorium Pengujian Bahan Teknik Mesin Universitas Brawijaya. Pengujian dilakukan dengan menggunakan alat uji charpy impact non-ferrous (Time Testing Machine) dan mengikuti standar pengujian yaitu ASTM D6110. Data hasil uji impact dapat dilihat pada grafik berikut ini

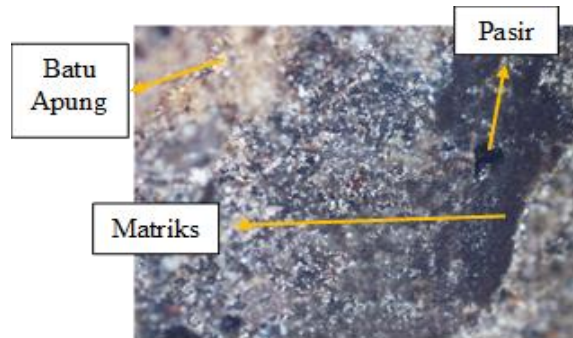


Gambar 5. Grafik Hasil Uji Impact

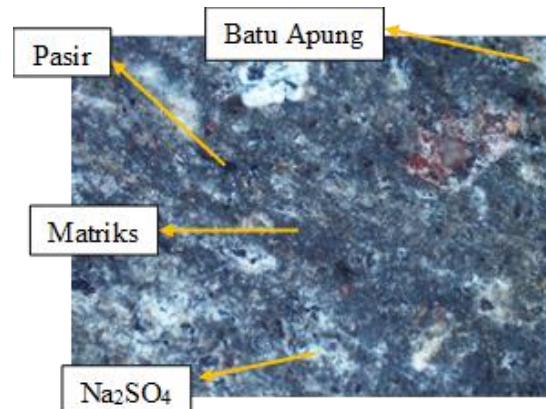
Dari hasil pengukuran, dapat diketahui bahwa penambahan konsentrasi natrium sulfat mempengaruhi nilai impact pada spesimen batu tempel komposit. Nilai impact tertinggi berada pada sampel batu tempel komposit tanpa adanya perlakuan dengan natrium sulfat, yaitu sebesar ,0073 J/mm². Sedangkan nilai impact terendah dimiliki oleh sampel komposit batu tempel yang direndam dengan natrium sulfat 15% dengan presentase sebesar 0,0032 J/mm². Hal ini sejalan dengan adanya perlakuan dengan larutan natrium sulfat yang merusak kedua jenis batu tersebut. Semakin tinggi konsentrasi natrium sulfat, maka semakin tinggi juga kerusakan yang terjadi pada batu tempel. Natrium sulfat merusak penguat dari batu tempel, yaitu batu apung.

4.3 Hasil uji microstructure

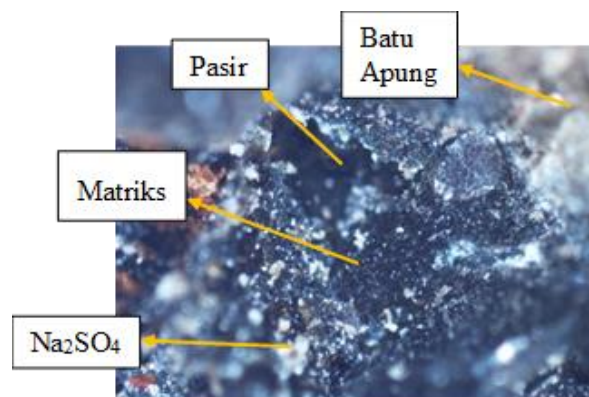
Uji microstructure dilakukan untuk mengamati morfologi pada batu tempel komposit dengan plastic HDPE sebagai matriknya. Perlakuan natrium sulfat yang berbeda membuat struktur mikro pada sampel uji berbeda juga.. Perbesaran yang digunakan adalah 5x. Uji microstructure dilaksanakan di Lab Metalurgi, Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Udayana. pengamatan dapat dilihat pada gambar 6, gambar 7, gambar 8, dan gambar 9 sebagai berikut:



Gambar 6. Foto micro specimen tanpa perendaman natrium sulfat dengan pembesaran 5x



Gambar 7. Foto Mikro Spesimen Dengan Perendaman 5% Natrium Sulfat Dengan Pembesaran 5x



Gambar 8. Foto Mikro Spesimen Dengan Perendaman 10% Natrium Sulfat Dengan Pembesaran 5x



Gambar 9. Foto Mikro Spesimen Dengan Perendaman 15% Natrium Sulfat Dengan Pembesaran 5x

5. Simpulan

Berdasarkan hasil penelitian pengaruh natrium sulfat terhadap kerusakan dan kekuatan impact batu tempel berbahan plastik, pasir dan batu apung (1 : 2 : 1) dan batu paras Silakarang dengan perlakuan yang sama, dapat disimpulkan bahwa :

1. Perlakuan spesimen dengan natrium sulfat mempengaruhi presentase kerusakan spesimen. Semakin besar konsentrasi natrium sulfatnya, maka presentase kerusakan yang terjadi meningkat juga. Dalam penelitian ini, dapat diketahui juga bahwa batu tempel plastik persentase kerusakannya lebih kecil dibandingkan dengan batu paras Silakarang, dikarenakan batu paras Silakarang menyerap natrium sulfat lebih banyak yang menyebabkan reaksi dengan natrium sulfat lebih kuat dan batu paras memiliki porositas yang lebih tinggi dibandingkan dengan batu tempel berbahan plastik sebagai matriksnya.
2. Presentase natrium sulfat berpengaruh terhadap kekuatan impact dari spesimen, bahwa semakin tinggi presentase natrium sulfat maka nilai impact spesimen semakin menurun. Hal ini sejalan dengan persentase kerusakan yang terjadi pada spesimen bahwa semakin tinggi kerusakkan yang terjadi, maka nilai impact yang dimiliki spesimen semakin rendah. Hasil uji impact menunjukkan bahwa batu tempel dengan campuran bahan plastik, pasir dan batu apung (1 : 2 : 1) memiliki ketangguhan impact lebih tinggi dibandingkan dengan batu paras Silakarang.
3. Dari hasil foto mikro menunjukkan bahwa perlakuan natrium sulfat dengan konsentrasi lebih tinggi mengakibatkan pembentukan kristal putih yang lebih banyak yang menyebabkan kerusakkan pada batu tempel.

Daftar Pustaka

- [1] SIPSN. (2020). Sistem Informasi Pengelolaan Sampah Nasional. Diakses pada 22 September 2021. SIPSN - Sistem Informasi Pengelolaan Sampah Nasional (menlhk.go.id)
- [2] Lahtela, V., Hyvärinen, M., & Kärki, T. (2019). Composition of plastic fractions in waste streams: Toward more efficient recycling and utilization. *Polymers*, 11(1), 69.
- [3] ASTM Standard D 6110-97, "Standard Test Methods for Determining the Charpy Impact Resistance of Notched Specimens of Plastics", Annual Book of ASTM Standard, USA, 2002.
- [4] Suardiana W I, Suardana N P G, Kencanawati C I P K. (2020). Pengaruh Waktu Perendaman Terhadap Daya Serap Air dan Keausan Pada Paving Block Plastik-Pasir. Seminar Nasional TEKNOKA ke - 5, Vol. 5, 2020. ISSN No. 2502-8782
- [5] Surono U & Ismanto. (2016). Pengolahan Sampah Plastik Jenis PP, PET dan PE Menjadi Bahan Bakar Minyak dan Karakteristiknya. *Jurnal Mekanika dan Sistem Termal*, Vol. 1
- [6] Wikana I & M.A.S, Harefa. (2013). Tinjauan Penggunaan Batu Apung Dan Tumbukan Genteng Keramik Dengan Pengurangan Berat Semen Terhadap Karakteristik Batako Ringan Berkait. *Majalah Ilmiah UKRIM Edisi 2/th XVIII/2013*.
- [7] Alviani. (2012). Pabrik Natrium Sulfat Dari Garam (NaCl) Dan Asam Sulfat Dengan Proses Garam – Asam Sulfat (Mannheim). Program Studi Teknik Kimia, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Jawa Timur.
- [8] Fadhilatul, R., & Sulistyanyingsih, T. (2020). Paving Block Berbahan Dasar Limbah Plastik Polyethylene Dan Bottom Ash. *Prosiding*, 138

	<p>Jonathan Lasrio menyelesaikan studi program sarjana di Program Studi Teknik Mesin Universitas</p>
<p>Bidang penelitian yang diminati adalah topik-topik yang berkaitan dengan rekayasa manufaktur</p>	

Rancang Bangun Pengukur Jumlah Denyut Jantung, Kadar Oksigen Dalam Darah Dan Suhu Tubuh Berbasis *Internet Of Things* (Iot)

I Made Agus Adi Dwipayana, I Nyoman Pramaita, Widyadi Setiawan
Program Studi Teknik Elektro, Universitas Udayana, Bukit Jimbaran, Bali

Abstrak

COVID-19 memiliki gejala yang unik disebut dengan *happy hypoxia syndrome* ditemukan pada sebagian pasien, dalam kondisi ini pasien tampak normal tidak menderita batuk atau demam tetapi saturasi oksigennya terus turun jika tidak segera ditangani pasien bisa mengalami kematian. Dokter merekomendasikan pasien COVID-19 yang dirawat di rumah memiliki alat pengukur denyut jantung atau alat pengukur saturasi oksigen jarak jauh. Oleh karena itu sangat diperlukannya pemantauan jarak jauh untuk mengetahui kondisi pasien. Untuk mengatasi permasalahan tersebut penulis ingin mengembangkan skripsi dengan judul "Rancang Bangun Pengukur Jumlah Denyut Jantung, Kadar Oksigen Dalam Darah dan Suhu Tubuh Berbasis *Internet of Things* (IoT)". Sistem ini bekerja dengan cara pendeteksian pada jari tangan pasien yang selanjutnya dibaca oleh sensor suhu tubuh dan denyut jantung kemudian hasil pendeteksian akan dikirimkan menuju cloud ThingSpeak dan akan ditampilkan pada layar Smartphone. Prototipe rancang bangun pengukur jumlah denyut jantung, kadar oksigen dalam darah dan suhu tubuh berbasis IoT mampu berjalan sesuai dengan rancangan.

Kata kunci : Suhu Tubuh, Detak Jantung, Kadar Oksigen Dalam Darah, *Internet Of Things*, MLX90614, MAX30100, ESP32

Abstract

COVID-19 has a unique symptom called *happy hypoxia syndrome* which is found in some patients, in this condition the patient looks normal, does not have a cough or fever, but his oxygen saturation continues to drop if not treated immediately, the patient can die. Doctors recommend that home-treated COVID-19 patients have a heart rate meter or remote oxygen saturation meter. Therefore, remote monitoring is necessary to determine the patient's condition. To overcome this problem, the author wants to develop a thesis with the title "Design of measuring the amount of heart rate, blood oxygen levels and body temperature based on the *Internet of Things* (IoT)". This system works by detecting the patient's fingers which are then read by the body temperature and heart rate sensors then the detection results will be sent to the ThingSpeak cloud and will be displayed on the Smartphone screen. The prototype design for measuring the number of heart rates, blood oxygen levels and body temperature based on IoT is able to run according to the design.

Key Words : Body Temperature, Heart Rate, Blood Oxygen Levels, *Internet Of Things*, MLX90614, MAX30100, ESP32

1. Pendahuluan

Perkembangan teknologi berlangsung sangat cepat. Di era revolusi 4.0 perkembangan industri transisi melalui peranan digitalisasi manufaktur pada integrasi teknologi informasi. Perkembangan teknologi informasi yang berpengaruh pada sistem komunikasi kearah digitalisasi yang berbasis *Internet of Things* (IoT). Perkembangan dunia kesehatan dari dampak revolusi 4.0 merupakan proses pemeriksaan kondisi pasien dan *monitoring*

pasien yang sudah menggunakan *Internet of Things* (IoT) sebagai media penyampaian informasi.

Suhu tubuh dan detak jantung, bersama dengan tekanan darah dan faktor lainnya, adalah kondisi yang menentukan kesehatan manusia. Suhu tubuh normal adalah 37,2-37,5 °C dan denyut jantung 60-100 bps. Menjaga kesehatan merupakan asset paling berharga yang dimiliki manusia. Karena kondisi yang buruk tentunya sangat mempengaruhi kehidupannya sehari-hari.

Corona merupakan spesies penyakit yang disebabkan oleh penyebaran virus yang dapat menyerang manusia begitu juga hewan. Penyebaran virus corona diduga bermula dari negara China di kota Wuhan melalui konsumsi kelelawar yang dikonsumsi oleh masyarakatnya.

Gejala yang dimiliki oleh COVID-19 lumayan unik yaitu beberapa pasien mengalami *happy hypoxia*. Kondisi ini menuntukkan pasien tampak dalam kondisi sehat tanpa batuk ataupun demam, tetapi saturasi oksigen dalam tubuh turun menurun jika tidak ditangani dengan segera, dan bahkan dapat mengakibatkan meninggal dunia akibat gejala ini. Dokter menyarankan bagi para pasien terjangkit COVID-19 diharapkan untuk menggunakan monitor detak jantung atau monitor saturasi oksigen jarak jauh ketika dirawat. Oleh karena itu, pemantauan jarak jauh sangat diperlukan untuk menentukan status pasien.

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dikemukakan dan kondisi saat ini harus memperhatikan *physical distancing*. Untuk mengatasi permasalahan tersebut terdapat usulan Rancang Bangun Pengukur Jumlah Denyut Jantung, Kadar Oksigen Dalam Darah dan Suhu Tubuh Berbasis *Internet of Things* (IoT) untuk mempermudah pengukuran denyut jantung. Sistem ini dapat memantau pengukuran pada denyut jantung, suhu tubuh dan kadar oksigen pada manusia.

2. Kajian Pustaka

2.1 Suhu Tubuh

Suhu tubuh merupakan sebuah kondisi dari panas tubuh yang dihasil dengan panas yang dilepaskan. (Kementerian Kesehatan RI dan WHO, 2018), kondisi normal suhu tubuh manusia di kisaran angka 37,2-37,5 °C. Tingkat suhu tubuh ditandai dengan hipotermia (<35°C) hipertemia (> 38,3 °C) dan hiperpireksia (> 40 – 41,5 °C).

2.2 Denyut Jantung

Jantung sebagai organ vital manusia termasuk ke dalam bagian tubuh yang mustahil untuk dikendalikan. Detak jantung juga merupakan gambaran kebugaran kami. Anda dapat mengontrol otot-otot Anda, terutama anggota tubuh Anda, dengan melatih otot-otot yang membutuhkan oksigenasi untuk memproses energi yang terkandung dalam makanan. Jika semakin banyak otot pada tubuh bekerja, maka semakin banyak pula oksigen yang dibutuhkan serta semakin tinggi ritme detak jantungnya.

2.3 Oksigen

Oksigen (O₂) merupakan komponen gas dan merupakan faktor penting dalam proses metabolisme. Tubuh membutuhkan oksigen untuk melakukan semua operasi fungsionalnya, menjadikannya kebutuhan tubuh yang paling penting dan mendasar. Konversi glukosa menjadi energi yang dibutuhkan untuk berbagai fungsi, seperti produksi, pemulihan, dan penghancuran beberapa polutan limbah metabolisme, tergantung pada kebutuhan oksigen. [8].

2.4 *Internet of Things* (IoT)

Internet of Things atau yang lebih dikenal sebagai IoT berkaitan dengan meluasnya penggunaan internet, adopsi komputasi seluler, dan integrasi selanjutnya dari teknologi ke dalam kehidupan sehari-hari [2].

2.5 Sensor MAX30100

Sensor MAX30100 menggunakan integrasi dari pulse oximeter, pemantauan sinyal detak jantung, dan kadar oksigen darah semuanya termasuk didalamnya. Menggunakan dua LED dan fotodetektor membentuk sensor ini. Oximeter mengukur jumlah oksigen dalam tubuh dengan menggunakan karakteristik hemoglobin, yang memungkinkannya menyerap cahaya, dan berdenyut aliran darah secara teratur di arteri.

2.6 Pulse Oximeter

Pulse oximeter digunakan dalam mengukur tingkat saturasi oksigen yang terkandung pada darah dan menghitung ritme jantung dalam hitungan menit secara non-invasif. Pulse oximeter biasanya digunakan untuk pasien di bawah anestesi, neonatus (bayi baru lahir), dan pasien sakit kritis.

2.7 ESP 32 DevKit v1

ESP 32 DevKit v1 merupakan mikrokontroler SoC atau System on Chip yang terpadu dalam Wi-Fi 802.11 b/g/n, yang dilengkapi juga dengan Bluetooth versi 4.2. Chip yang digunakan yaitu mikroprosesor 32bit Xtensa LX6 pada dual-core. Ukuran Ruang alamat pada data dan instruksi sebesar 4 GB dan peripheral sebesar 512 kB. Memori yang digunakan terdiri dari 448 kB ROM, 520 kB SRAM, flash memory 4 MB dan juga dua 8 kB RTC memory. Chip ini memiliki 6 buah pin ADC sebesar 12 bit, tiga I2C dan juga dua SPI [6].

2.8 Arduino Nano

Arduino Nano disertakan sebagai komponen kunci dari mikrokontroler ATmega328 opensource. Arduino nano atau disebut sebagai papan sirkuit elektronik memiliki ukuran lebih kecil dibandingkan jenis lainnya. Namun kegunaannya dalam mengoperasikan sesuai memiliki tugas yang sama dengan jenis Arduino lainnya.

2.9 Sensor Suhu MLX90614

MLX90614 merupakan jenis thermometer inframerah yang berfungsi untuk mengukur suhu non-kontak. Jenis ini memiliki chip detector thermopile yang sensitive dengan IR dan ASIC dalam mengintegrasikan sinyal sensor sama dengan model TO-39. Kondisi sinyal yang akan diintegrasikan yaitu amplifier dengan tingkat noise rendah, unit DSP kuat dan ADC 17-bit. Tentunya memungkinkan untuk memiliki tingkat akurasi tinggi dalam resolusi thermometer [5].

2.10 Arduino IDE

Arduino IDE kepanjangan dari Integrated Development Environment, digunakan dalam membuat desain berbasis Internet of Things (IoT) sebagai rancangan pengukuran detak jantung, kadar oksigen, dan suhu tubuh. Kode sumber untuk papan Arduino Anda terkandung dalam Arduino IDE.

2.11 ThingSpeak

Website bernama ThingSpeak adalah platform opensource yang menawarkan layanan IoT dan dapat menerima data melalui internet menggunakan protokol HTTP. Anda dapat membangun jejaring sosial dengan pembaruan status, aplikasi pelacakan lokasi, dan aplikasi pencatatan sensor dengan ThingSpeak.

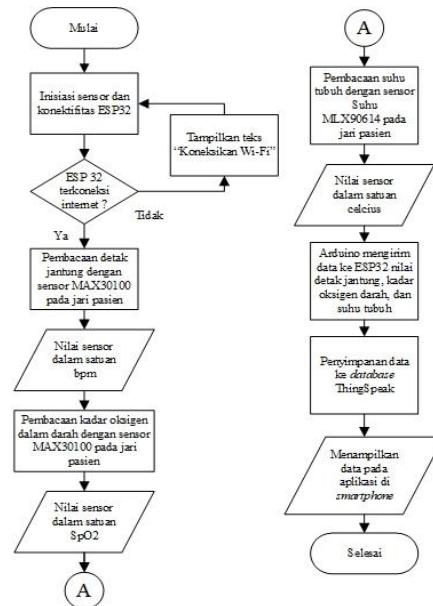
2.12 MIT App Inventor

Aplikasi online opensource yang dikembangkan Google bernama The MIT App Inventor sekarang yang dikelola oleh *Massachusetts Institute of Technology* (MIT). Melalui MIT App Inventor, para pemula dapat menggunakan pemrograman komputer untuk menghasilkan aplikasi perangkat lunak dalam bentuk sistem operasi Android.

3. Metode Penelitian

Penelitian ini dilakukan dari bulan Januari 2022 yang bertempat di Fakultas Teknik Universitas Udayana. Tujuan penelitian ini adalah menghasilkan prototype pengukur jumlah denyut jantung, kadar oksigen dalam

darah dan suhu tubuh berbasis *internet of things* (IoT).



Gambar 11. Flowchart Sistem

Pada *flowchart* diatas dapat dijelaskan prinsip kerja dari rancang bangun pengukur jumlah denyut jantung, kadar oksigen dalam darah dan suhu tubuh berbasis *internet of things* (IoT). Dimana untuk memulai sebuah program ditandai dengan Mulai. Langkah selanjutnya adalah menentukan apakah esp32 terhubung ke internet atau tidak dengan memeriksa konektivitasnya. Esp32 akan beralih ke fase berikut jika tidak dapat mengakses internet. Jika sudah terkoneksi ke internet maka dilakukan pembacaan detak jantung dengan sensor MAX30100 pada jari pasien dengan nilai sensor dalam satuan bpm (*beat per minute*).

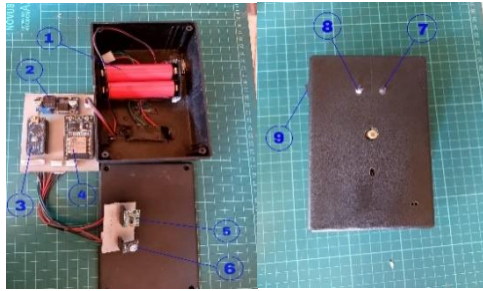
Setelah itu MAX30100 membaca kadar oksigen dalam darah pada jari pasien dengan nilai sensor satuan SpO₂. Kemudian sensor MLX90614 melakukan pembacaan suhu tubuh pada jari pasien dengan nilai sensor dalam satuan celcius. Data hasil pembacaan sensor sensor dari Arduino diteruskan ke ESP32 yang selanjutnya disimpan pada *database* ThingSpeak kemudian data yang sudah tersimpan pada *database* akan ditampilkan pada aplikasi *smartphone*.

4. Hasil Dan Pembahasan

4.1 Perancangan Sistem

Rancangan perangkat keras dan lunak dari rancang bangun pengukur jumlah denyut jantung, kadar oksigen dalam darah dan suhu tubuh berbasis *internet of things* (*iot*) yang akan dilakukan penelitian.

4.1.1 Realisasi Hasil Perancangan Sistem



Gambar 14. Realisasi Prototipe

Keterangan gambar:

- 1) Baterai pack Lithium
- 2) Penurun tegangan LM2596
- 3) Arduino Nano
- 4) Esp 32 DevKit V1
- 5) Sensor MAX30100
- 6) Sensor MLX90614
- 7) Indikator on/off alat
- 8) Indikator koneksi wifi
- 9) Saklar

4.2 Pengujian Sensor Suhu MLX90614

Pengujian dilakukan dengan menggunakan sensor MLX90614 GY-906 pada jari tangan pasien. Nilai pembacaan MLX90614 GY-906 akan dibandingkan dengan nilai hasil pembacaan dengan termometer *non contact*. Arduino Nano dan ESP 32 DevKit v1 sebagai mikrokontroler pengolahan data dari sensor MLX90614 dan ThingSpeak sebagai penyimpanan data. Termometer *non contact* yang digunakan yaitu *Infrared* termometer DT-8806C.

Tabel 1 Hasil Pengujian Sensor MLX90614 dan Termometer *Digital* pada umur 8 tahun

Umur (tahun)	Nilai Sensor MLX90614 (°C)	Nilai Termometer (°C)	Selisih (°C)	Tampilan Sensor MLX90614 dan Termometer Digital
8	37,03	36,4	0,63	
	36,93	36,3	0,63	
	36,71	36,3	0,41	
Rata-rata selisih = seluruh jumlah selisih / banyak percobaan				0,9 °C

Tabel 2. Hasil Pengujian Sensor MLX90614 dan Termometer *Digital* pada umur 13 tahun

Umur (tahun)	Nilai Sensor MLX90614 (°C)	Nilai Termometer (°C)	Selisih (°C)	Tampilan Sensor MLX90614 dan Termometer Digital
13	37,21	36,3	0,91	
	35,05	36,3	1,25	
	36,71	36,3	0,41	
Rata-rata selisih = seluruh jumlah selisih / banyak percobaan				

Tabel 3. Hasil Pengujian Sensor MLX90614 dan Termometer *Digital* pada umur 23 tahun




Umur (tahun)	Nilai Sensor MLX90614 (°C)	Nilai Termometer (°C)	Selisih (°C)	Tampilan Sensor MLX90614 dan Termometer Digital
23	35,37	36,3	0,93	
	37,61	36,3	1,31	
	37,43	36,3	1,13	
Rata-rata selisih = seluruh jumlah selisih / banyak percobaan				1,1 °C

Tabel 4. Hasil Pengujian Sensor MLX90614 dan Termometer *Digital* pada umur 55 tahun

Umur (tahun)	Nilai Sensor MLX90614 (°C)	Nilai Termometer (°C)	Selisih (°C)	Tampilan Sensor MLX90614 dan Termometer Digital
55	35,99	36,1	0,11	
	35,89	36,3	0,41	
	36,33	35,6	0,73	
Rata-rata selisih = seluruh jumlah selisih / banyak percobaan				0,4

Umur (tahun)	Nilai Sensor MLX90614 (°C)	Nilai Termometer (°C)	Selisih (°C)	Tampilan Sensor MLX90614 dan Thermometer Digital
55	35,99	36,1	0,11	
	35,89	36,3	0,41	
	36,33	35,6	0,73	
Rata-rata selisih = seluruh jumlah selisih / banyak percobaan				0,4

Tabel 5. Hasil Pengujian Sensor MLX90614 dan Termometer Digital pada umur 65 tahun




Umur (tahun)	Nilai Sensor MLX90614 (°C)	Nilai Termometer (°C)	Selisih (°C)	Tampilan Sensor MLX90614 dan Thermometer Digital
65	36,25	36,1	0,15	
	36,85	38,0	0,85	
	37,41	36,1	1,31	
Rata-rata selisih = seluruh jumlah selisih / banyak percobaan				0,7

4.3 Pengujian Sensor MAX30100

Dari seluruh pengujian yang sudah dilakukan dalam penelitian ini terdapat selisih, yang diakibatkan karena posisi jari tangan pasien terlalu menekan alat yang menyebabkan menghambat aliran udara pada saat pengujian dan jari tangan berkeringat pada saat pengujian yang menyebabkan sensor tidak baik dalam membaca pengukuran.

Pengujian sensor MAX30100 pada jari tangan pasien. Nilai pembacaan MAX30100 akan dibandingkan dengan nilai hasil pembacaan dengan Pulse Oximeter. Arduino Nano dan ESP 32 DevKit v1 sebagai mikrokontroler pengolahan data dari sensor MAX30100 dan ThingSpeak sebagai media penyimpanan data.




Tabel 6. Hasil Pengujian denyut jantung pada Sensor MAX30100 dan Pulse Oximeter

Umur (tahun)	Nilai Sensor MAX30100 (bpm)	Nilai Pulse Oximeter (bpm)	Selisih (bpm)	Tampilan Sensor MAX30100 & Oximeter
8	97,54	91	6,54	
	82,29	100	17,71	
	88,51	99	10,49	
Rata-rata selisih = seluruh jumlah selisih / banyak percobaan				11,58

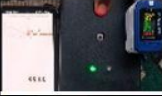


Tabel 7. Hasil Pengujian denyut jantung pada Sensor MAX30100 dan Pulse Oximeter

Umur (tahun)	Nilai Sensor MAX30100 (bpm)	Nilai Pulse Oximeter (bpm)	Selisih (bpm)	Tampilan Sensor MAX30100 & Oximeter
13	95,05	94	1,05	
	78,50	84	5,5	
	52,44	76	23,56	
Rata-rata selisih = seluruh jumlah selisih / banyak percobaan				10,04




Tabel 8. Hasil Pengujian denyut jantung pada Sensor MAX30100 dan Pulse Oximeter

Umur (tahun)	Nilai Sensor MAX30100 (bpm)	Nilai Pulse Oximeter (bpm)	Selisih (bpm)	Tampilan Sensor MAX30100 & Oximeter
23	93,00	106	13	
	64,46	84	19,54	
	94,66	76	18,66	
Rata-rata selisih = seluruh jumlah selisih / banyak percobaan				17,07




Tabel 9. Hasil Pengujian denyut jantung pada Sensor MAX30100 dan Pulse Oximeter

Umur (tahun)	Nilai Sensor MAX30100 (bpm)	Nilai Pulse Oximeter	Selisih (bpm)	Tampilan Sensor MAX30100 & Oximeter
55	99,00	85	14	
	74,53	68	6,53	
	87,96	86	1,96	
Rata-rata selisih = seluruh jumlah selisih / banyak percobaan				7,5




Tabel 12. Hasil Pengujian kadar oksigen dalam darah pada Sensor MAX30100 dan Pulse Oximeter

Umur (tahun)	Nilai Sensor MAX30100 (SpO ₂)	Nilai Pulse Oximeter	Selisih (SpO ₂)	Tampilan Sensor MAX30100 & Oximeter
13	95,00	98	3	
	99,00	98	1	
	98,00	98	0	
Rata-rata selisih = seluruh jumlah selisih / banyak percobaan				1,3




Tabel 10. Hasil Pengujian denyut jantung pada Sensor MAX30100 dan Pulse Oximeter

Umur (tahun)	Nilai Sensor MAX30100 (bpm)	Nilai Pulse Oximeter	Selisih (bpm)	Tampilan Sensor MAX30100 & Oximeter
65	63,90	71	7,4	
	95,09	95	0,09	
	66,85	93	26,15	
Rata-rata selisih = seluruh jumlah selisih / banyak percobaan				11,21




Tabel 13. Hasil Pengujian kadar oksigen dalam darah pada Sensor MAX30100 dan Pulse Oximeter

Umur (tahun)	Nilai Sensor MAX30100 (SpO ₂)	Nilai Pulse Oximeter	Selisih (SpO ₂)	Tampilan Sensor MAX30100 & Oximeter
23	93,00	98	5	
	64,46	97	1,34	
	94,66	96	1,34	
Rata-rata selisih = seluruh jumlah selisih / banyak percobaan				2,56




Tabel 11. Hasil Pengujian kadar oksigen dalam darah pada Sensor MAX30100 dan Pulse Oximeter

Umur (tahun)	Nilai Sensor MAX30100 (SpO ₂)	Nilai Pulse Oximeter	Selisih (SpO ₂)	Tampilan Sensor MAX30100 & Oximeter
8	98,00	98	0	
	98,00	99	1	
	97,0	99	2	
Rata-rata selisih = seluruh jumlah selisih / banyak percobaan				1

Tabel 14. Hasil Pengujian kadar oksigen dalam darah pada Sensor MAX30100 dan Pulse Oximeter

Umur (tahun)	Sensor MAX30100 (SpO ₂)	Pulse Oximeter (SpO ₂)	Selisih	Tampilan Sensor MAX30100 & Oximeter
55	95,00	98	3	
	74,53	98	23,47	
	87,96	98	10,04	
Rata-rata selisih = seluruh jumlah selisih / banyak percobaan				12,17

Tabel 15. Hasil Pengujian kadar oksigen dalam darah pada Sensor MAX30100 dan Pulse Oximeter

Umur (tahun)	Nilai Sensor MAX30100 (SpO ₂)	Nilai Pulse Oximeter	Selisih (SpO ₂)	Tampilan Sensor MAX30100 & Oximeter
65	96.00	97	1	
	95.09	96	0,91	
	97.00	96	1	
Rata-rata selisih = seluruh jumlah selisih / banyak percobaan				0,97

Dari seluruh pengujian yang sudah dilakukan dalam penelitian ini terdapat selisih, yang diakibatkan karena posisi jari tangan pasien terlalu menekan alat yang menyebabkan menghambat aliran udara pada saat pengujian dan jari tangan berkeringat pada saat pengujian yang menyebabkan sensor tidak baik dalam membaca pengukuran.

4.4 Pengujian dan Pembahasan Pengiriman Data ke ThingSpeak



Gambar 17. Hasil Pengujian Pengiriman Data Menuju ThingSpeak

Pengujian dan pembahasan pengiriman data ke ThingSpeak bertujuan untuk mengetahui apakah data dari prototipe dapat dikirimkan ke ThingSpeak. Pada penelitian ini thingspeak berfungsi sebagai penyimpanan data di cloud. Semua data yang berhasil dikirimkan dapat dilihat pada platform ini berupa nilai dan grafik. Data ini yang nanti akan dimanfaatkan sebagai data yang akan diambil pada aplikasi mobile dengan menggunakan database thingspeak. Pengujian dilakukan dengan cara memasukan program yang sudah dibuat di komputer dengan menggunakan kabel USB yang terhubung

dengan nodeMCU dan pada dashboard ThingSpeak dapat dilihat beberapa data yang berhasil dikirimkan. Listing program yang digunakan sebagai berikut.

4.5 Pengujian Tampilan Data Pada Aplikasi Smart Phone




Gambar 18. Hasil Pengujian Pengiriman Data Menuju ThingSpeak






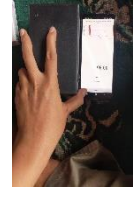






Pengujian tampilan data pada aplikasi smart phone. Data yang ditampilkan merupakan data seluruh sensor yang ditampilkan dalam bentuk angka dan grafik. Data yang ditampilkan diperoleh dari database ThingSpeak.

4.6 Pengujian Keseluruhan Sistem

Pengujian keseluruhan secara setelah dilakukan semua komponen terhubung dengan baik satu sama lain. Pada pengujian ini bertujuan untuk mengukur sensor suhu tubuh, detak jantung dan kadar oksigen dalam darah. Pengukuran ini dilakukan pada orang dengan kategori umur yaitu 8 tahun, 13 tahun, 23 tahun, 55 tahun, dan 65 tahun. Berikut adalah tabel hasil pengujian terhadap 5 orang berdasarkan kategori umur.

Tabel 16. Pengujian Keseluruhan Sistem

Umur (tahun)	Suhu Tubuh (°C)	Detak Jantung (bpm)	Kadar Oksigen Dalam Darah (SpO ₂)
8	35.47	91.94	97.00
Tampilan			
	36.95	91.31	94.00
13			

Tampilan			
23	36.01	91.31	94.00
Tampilan			
55	36.69	91.31	95.00
Tampilan			
65	35.47	78.96	95.00
Tampilan			

Dilihat dari tabel dilakukan pengujian sebanyak 5 kali berdasarkan kategori umur. Pengujian dimulai dengan menghidupkan catu daya rangkaian kemudian aktifkan hotspot WiFi agar rangkaian dapat terkoneksi dengan internet. Tempatkan ujung jari pada sensor suhu tubuh, oksigenasi, dan detak jantung. Atur jari-jari tangan di tempatnya sesuai dengan prosedur penelitian. Alat tersebut kemudian akan mengukur kadar oksigen darah, suhu tubuh, dan detak jantung. Hasil pengukuran akan dikirim ke database ThingSpeak, yang kemudian akan mengirimkan informasi langsung ke aplikasi smartphone dalam bentuk nilai angka dan grafik. Dari semua pengujian berhasil berjalan sesuai dengan konsep yang merancang yaitu pembacaan sensor suhu, sensor kadar oksigen dan detak jantung proses pengiriman data menuju database thingspeak yang kemudian ditampilkan pada aplikasi smartphone.

5. Kesimpulan

Alat sistem rancang bangun pengukur jumlah denyut jantung, kadar oksigen dalam darah dan suhu tubuh berbasis *internet of things*

(*iot*) dirancang dengan meintegrasikan dua buah input data yaitu sensor MLX90614 dan sensor MAX30100 dengan nodeMCU ESP32 DevKit dan Arduino Nano sebagai pusat kontrol yang akan terkoneksi dengan internet sebagai pengirim data ke cloud Thingspeak, dengan hasil alat yang dirancang berhasil melakukan pengukuran sesuai dengan yang sudah di program sebelumnya.

Unjuk kerja dari sistem rancang bangun pengukur jumlah denyut jantung, kadar oksigen dalam darah dan suhu tubuh berbasis *internet of things (IoT)* ini dilaksanakan dengan mengamati hasil pengukuran suhu tubuh, denyut jantung dan kadar oksigen dalam darah. Data tersebut ditampilkan pada aplikasi smartphone. Pengujian tersebut memperlihatkan bahwa sistem yang tersusun telah bekerja dengan yang sudah diprogram sebelumnya..

Daftar Pustaka

- [1] Amaro, Najib. 2017. “Sistem Monitoring Besaran Listrik dengan Teknologi IoT (Internet of Things)” (*skripsi*). Bandar Lampung: Universitas Lampung.
- [2] Ashifa Shan Stevania. 2019. Alat Pengukur Dan Pencatat Suhu Tubuh Manusia Berbasis Arduino Mega 2560 Dengan Sms Gateway. Jurnal Teknik Universitas Negeri Semarang. <http://lib.unnes.ac.id/35593/>
- [3] D. S. Subhagya and C. Keshavamurthy, “Challenges Faced in Extracting Raw SpO2 Sensor Data,” vol. 7, pp. 1030–1032, 2018
- [4] Siringoringo. 2021. Rancang Bangun Alat Pemantau Suhu Tubuh Dan Detak Jantung Pasien Jarak Jauh Berbasis Mikrokontroler Atmega 8535. Skripsi Fakultas Matematika Dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Sumatera Utara.
- [5] Sokku Dkk. 2018. _Sistem Monitoring Detak Jantung dan Suhu Tubuh Menggunakan Arduino. Jurnal Teknik Universitas Tadulako
- [6] Wagyana, Agus., Rahmat. 2019. Prototipe Modul Praktik untuk Pengembangan Aplikasi Internet of Things (IoT). *Jurnal Ilmiah Setrum*. 8:238-247
- [7] Yuliana. 2020. Corona Virus Diseases (Covid 19). <https://wellness.journalpress.id/wellness>.
- [8] Imelda, F. Oksigenasi dan Proses Keperawatan, Universitas Sumatera Utara. 2009. <http://ocw.usu.ac.id>

Analisis Ukuran Droplet pada *Partially-Hydrogenated Biodiesel* Minyak Jelantah

I N. G. A. Valerie , I K. G. Wirawan, A. Ghurri

Program Sudi Teknik Mesin Universitas Udayana, Kampus Bukit Jimbaran Bali

Abstrak

Biodiesel berbahan baku minyak jelantah merupakan satu di antara energi alternatif yang menjanjikan untuk mengantisipasi masalah lingkungan dan keterbatasan bahan bakar fosil. Dalam upaya untuk meningkatkan stabilitas oksidasinya, dilakukan metode terkontrol berupa proses *partial hydrogenation*. Perubahan sifat fisik akibat proses *partial hydrogenation* akan berpengaruh terhadap kemampuan atomisasi bahan bakar tersebut. Pengujian ukuran droplet dilakukan dengan menggunakan bahan bakar solar (D100), *biodiesel* minyak jelantah murni (B100), campuran solar 90%–*biodiesel* 10% v/v (B10), campuran solar 80%–*biodiesel* 20% v/v (B20), campuran solar 70%–*biodiesel* 30% v/v (B30), *partially-hydrogenated* (PH) *biodiesel* minyak jelantah, campuran solar 90%–*biodiesel* PH 10% v/v (D90PH10), campuran solar 80%–*biodiesel* PH 20% v/v (D80PH20), dan campuran solar 70%–*biodiesel* PH 30% v/v (D70PH30) pada variasi tekanan injektor 2000 psi, 2500 psi, dan 3000 psi. Berdasarkan hasil penelitian ditunjukkan bahwa *biodiesel* PH memiliki rata-rata ukuran droplet yang lebih kecil dibandingkan *biodiesel* non-PH seiring dengan penambahan variasi tekanannya.

Kata kunci: *Biodiesel*, hidrogenasi parsial, ukuran droplet

Abstract

Waste cooking oil (WCO) biodiesel is a promising alternative energy to anticipate environmental problems and the limited availability of fossil fuels. In an effort to improve its oxidation stability, a controlled method called *partial hydrogenation* was carried out. Changes in physical properties due to the *partial hydrogenation* process will affect the atomization ability of the fuel. The droplet size measurements test was carried out using diesel fuel (D100), waste cooking oil *biodiesel* (B100), a mixture of diesel 90%–*biodiesel* 10% v/v (B10), a mixture of diesel 80%–*biodiesel* 20% v/v (B20), a mixture of diesel 70%–*biodiesel* 30% v/v (B30), *partially-hydrogenated* (PH) waste cooking oil *biodiesel*, a mixture of diesel 90%–*biodiesel* PH 10% v/v (D90PH10), a mixture of diesel 80%–*biodiesel* PH 20% v/v (D80PH20), and a mixture of diesel 70%–*biodiesel* PH 30% v/v (D70PH30) at various injector pressures of 2000 psi, 2500 psi, and 3000 psi. The test results show that PH *biodiesel* fuel has a smaller average droplet size than non-PH *biodiesel* along with the addition of pressure variations.

Keywords: *Biodiesel*, partial hydrogenation, droplet size

1. Pendahuluan

Energi mempunyai peranan penting pada pemenuhan kebutuhan industri dan rumah tangga. Energi fosil yang tidak terbarukan masih mendominasi pemanfaatan energi di Indonesia. Untuk mengantisipasi masalah lingkungan dan ketersediaan bahan bakar fosil yang terbatas, diperlukan diversifikasi energi pengganti yang ramah lingkungan serta dapat dihasilkan secara terus-menerus. *Biodiesel* menjadi pilihan yang menjanjikan karena bersifat nontoksik, dapat diperbarui (*renewable*), dapat terurai secara alami (*biodegradable*), dan bahan bakunya yang berlimpah [1].

Penggunaan bahan baku nonpangan seperti minyak jelantah yang lebih murah dan melimpah menjadi usaha untuk mengurangi biaya pembuatan *biodiesel*. Minyak jelantah adalah limbah hasil industri dan rumah tangga sehingga berpotensi mencemari lingkungan. Saat limbah minyak mencapai sumber air, akan terbentuk lapisan pada permukaan air yang menghalangi pertukaran oksigen dan menyebabkan perubahan ekosistem [2]. Bila ditinjau dari komposisi kimianya, minyak jelantah mengandung senyawa-senyawa yang bersifat karsinogenik dan akan berdampak buruk bagi

kesehatan apabila tetap digunakan [3]. Dengan demikian, pemanfaatan minyak jelantah akan memberikan keuntungan ekonomis serta membantu mengurangi masalah lingkungan dan kesehatan yang ditimbulkan.

Biodiesel minyak jelantah masih memiliki kekurangan karena lebih mudah mengalami biodegradasi oksidatif dibandingkan minyak solar. Hal ini dikarenakan tingginya kandungan senyawa poli ester tak jenuh yang mengandung banyak ikatan rangkap sehingga rentan terhadap oksidasi [4]. Oleh karena itu, dilakukan *partial hydrogenation* yang dapat mengubah sebagian asam lemak takjenuh menjadi kandungan asam lemak jenuh dengan menambahkan hidrogen pada ikatan rangkap dari rantai atom karbon minyak atau asam lemak.

Bahan bakar dikatakan baik jika memiliki tingkat atomisasi yang baik, dilihat dari ukuran butiran (*droplet*) yang kecil dan halus. Perubahan sifat fisik pada bahan bakar akibat proses *partial hydrogenation* akan berpengaruh terhadap kemampuan atomisasi bahan bakar tersebut. Distribusi ukuran butiran ini dapat dipengaruhi oleh kondisi operasi mesin ataupun sifat fisik bahan bakar. Nilai viskositas dan tegangan permukaan yang tinggi akan meningkatkan gaya gesek antara bahan bakar

dan permukaan injektor yang akan dilalui oleh bahan bakar dan menghambat atomisasi [5]. Selain itu, tekanan injektor yang tepat dan fleksibel akan menghasilkan pencampuran bahan bakar-udara dan pembakaran yang lebih baik. Hal ini penting karena dapat terjadi ketidaksesuaian kebutuhan bahan bakar pada mesin jika tekanannya tetap sama.

Dalam hal ini maka dilakukan penelitian untuk mengetahui pengaruh dari proses *partial hydrogenation* pada biodiesel minyak jelantah beserta variasi tekanan injektornya terhadap ukuran *droplet* yang dihasilkan. Adapun batasan yang ditetapkan, yaitu:

1. Penelitian ini menggunakan biodiesel minyak jelantah yang telah diolah oleh Yayasan Lengis Hijau.
2. Pengujian dilakukan pada suhu ruangan dan dijaga konstan.
3. Tekanan injektor memiliki toleransi tekanan ± 1 psi.

2. Dasar Teori

2.1 Biodiesel

Biodiesel adalah bahan bakar hayati (*biofuel*) yang bisa dihasilkan melalui proses reaksi esterifikasi dan/atau transesterifikasi dari minyak nabati atau lemak hewani. Penggunaan biodiesel bersifat ramah lingkungan karena bisa terurai secara alami (*biodegradable*) dengan bantuan mikroorganisme lain, tidak beracun (*nontoxic*), dan emisi gas buang yang dihasilkan lebih baik dibandingkan dengan minyak diesel/solar. Karena memiliki sifat fisis mendekati minyak diesel/solar, biodiesel berpotensi sebagai bahan bakar alternatif baik dalam kondisi murni maupun campuran sesuai tingkat konsentrasi tertentu.

2.2 Stabilitas Oksidasi

Ketahanan biodiesel untuk tidak mengalami degradasi akibat oksidasi (oksidasi oleh oksigen udara/atmosfir) dalam jangka waktu tertentu [6]. Hasil oksidasi dapat berupa asam yang korosif dan padatan (polimer) yang dapat memengaruhi sifat biodiesel ataupun proses pembakaran dalam mesin. Karakteristik ini dipengaruhi oleh kandungan senyawa takjenuh pada metil ester (biodiesel). Rendahnya stabilitas oksidasi pada biodiesel disebabkan tingginya kandungan senyawa poliester takjenuh yang mengandung banyak ikatan rangkap.

2.3 Partial Hydrogenation

Proses dengan tujuan untuk menaikkan kestabilan oksidasi dan mengubah lemak cair menjadi padatan plastis. Variabel yang dapat memengaruhi hasil hidrogenasi adalah suhu, pengadukan, tekanan hidrogen dalam reaktor, jumlah katalis, jenis katalis, kemurnian gas hidrogen, sumber bahan baku, dan kualitas bahan baku [7]. Reaksi hidrogenasi akan mengubah asam lemak takjenuh menjadi asam lemak jenuh. Namun, sifat aliran

biodiesel pada suhu rendah dapat memburuk jika semua kandungan berubah menjadi asam lemak jenuh. Oleh karena itu, beberapa variabel proses hidrogenasi dikontrol agar hanya sebagian asam lemak takjenuh yang bereaksi yang disebut sebagai proses *partial hydrogenation*.

2.4 Distribusi Ukuran Droplet

Setiap semburan akan menghasilkan suatu rentang besar butiran yang dinyatakan dengan *droplet size distribution*. Semakin kecil butiran bahan bakar, semakin besar luas permukaannya menyebabkan lebih mudahnya bahan bakar untuk menguap dan meningkatkan pencampuran bahan bakar-udara. Pembakaran yang efisien membutuhkan semburan dengan distribusi ukuran butiran yang optimal. Untuk berbagai kondisi operasi, butiran yang cukup besar akan menembus ke dalam ruang bakar, sedangkan butiran yang cukup kecil akan menguap (*pre-vaporize*) dalam waktu tinggal yang singkat di wilayah nyala. Selain dari kondisi mesin, sifat fisik bahan bakar juga memengaruhi distribusi ukuran butiran yang dihasilkan. Sifat fisik tersebut berupa viskositas, densitas, dan tegangan permukaan. *Water sensitive paper* (WSP) adalah perangkat pengambilan sampel tetesan semburan yang berguna asalkan keterbatasannya diperhitungkan [8].

3. Metode Penelitian

3.1 Variabel

3.1.1 Variabel Bebas

- a. Variasi tekanan injektor 2000 psi, 2500 psi, dan 3000 psi.
- b. Variasi bahan bakar solar murni (D100), biodiesel minyak jelantah murni (B100), campuran solar 90% dengan biodiesel 10% (B10), campuran solar 80% dengan biodiesel 20% (B20), campuran solar 70% dengan biodiesel 30% (B30), *partially-hydrogenated* (PH) biodiesel minyak jelantah, campuran solar 90% dengan biodiesel PH 10% (D90PH10), campuran solar 80% dengan biodiesel PH 20% (D80PH20), campuran solar 70% dengan biodiesel PH 30% (D70PH30).

3.1.2 Variabel Terikat

Variabel terikat pada penelitian ini adalah ukuran *droplet* yang dihasilkan oleh keluaran nozel.

3.1.3 Variabel Kontrol

- a. Banyaknya penggunaan biodiesel pada proses *partial hydrogenation* adalah 350 gram.

- b. Banyaknya katalis yang digunakan pada proses *partial hydrogenation* adalah 5% w/w.
- c. Banyaknya pelarut yang digunakan pada proses *partial hydrogenation* adalah 180 gram.
- d. Suhu yang digunakan pada proses *partial hydrogenation* sebesar 80°C.
- e. Kecepatan pengadukan yang digunakan pada proses *partial hydrogenation* adalah 500 rpm.
- f. Waktu reaksi pada proses *partial hydrogenation* biodiesel minyak jelantah selama 90 menit.
- g. Suhu dalam melakukan pengujian adalah pada suhu ruangan.

3.2 Alat dan Bahan

3.2.1 Alat Penelitian

- | | |
|----------------------------|--------------------------|
| – Gelas Kimia | – Botol Penyimpanan |
| – Timbangan Massa | – Alat Kompresi Injektor |
| – <i>Hot Plate Stirrer</i> | – Peralatan Perbengkelan |
| – <i>Magnetic Stir Bar</i> | – <i>Scanner</i> |
| – Termometer | – Komputer |
| – Saringan dan Corong | – Meja |

3.2.2 Bahan Penelitian

- Biodiesel
- Solar
- Akuades (H₂O)
- Isopropil Alkohol (C₃H₇OH)
- Aluminium Oksida (Al₂O₃)
- *Water Sensitive Paper* (WSP)

3.3 Prosedur Pengujian

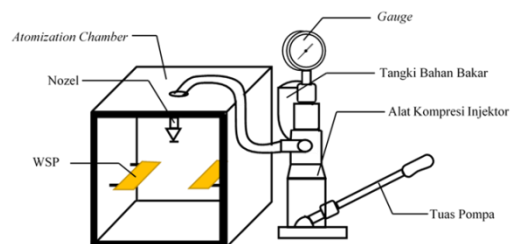
3.3.1 Proses *Partial Hydrogenation*

1. Pastikan peralatan dan bahan yang telah ditentukan untuk proses *partial hydrogenation* sudah siap
2. Mulai proses dengan penimbangan massa bahan, kemudian bahan dicampurkan ke dalam gelas kimia. Bahan tersebut adalah
 - a. biodiesel sebanyak 350 g,
 - b. isopropil alkohol sebanyak 180 g,
 - c. akuades sebanyak 180 g, dan
 - d. aluminium oksida sebanyak 5% w/w biodiesel yaitu sebanyak 17,5 g.
3. Letakkan gelas kimia yang sudah berisi campuran bahan di atas pelat pemanas pada *hot plate magnetic stirrer*. Atur parameter proses *partial hydrogenation* berupa
 - a. kecepatan pengadukan sebesar 500 rpm,
 - b. suhu pemanas sebesar 80°C, dan
 - c. waktu reaksi selama 90 menit.
4. Masukkan *magnetic stir bar* ke dalam gelas kimia yang berisi campuran bahan, kemudian mulai proses *partial hydrogenation*.

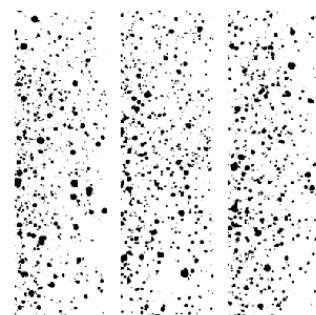
5. Pindahkan biodiesel yang telah melalui proses *partial hydrogenation* ke botol penyimpanan dengan menggunakan saringan dan corong.
6. Biodiesel yang telah mengalami perlakuan *partial hydrogenation* siap untuk diuji ukuran *droplet*-nya.

3.3.2 Proses Uji Ukuran *Droplet* yang Dihasilkan

1. Pastikan peralatan uji sudah siap dan instalasi pengujian seperti yang dapat dilihat pada gambar 1 telah dilakukan.
2. Masukkan biodiesel minyak jelantah yang telah melalui proses *partial hydrogenation* ke dalam tangki penampungan pada alat kompresi injektor.
3. Atur nozel agar dapat diinjeksi pada tekanan pertama sebesar 2000 psi.
4. Jalankan alat uji dengan menekan tuas pompa pada alat kompresi injektor sehingga menghasilkan semburan.
5. Ulangi langkah 2-4 saat melakukan penggantian WSP untuk menangkap *droplet*
6. Ulangi langkah 2-5 selama tiga pengujian untuk mendapatkan hasil yang mendekati aslinya.
7. Ulangi langkah 3-6 saat melakukan penggantian tekanan pada 2500 psi dan 3000 psi.
8. Ulangi langkah 2-7 saat melakukan penggantian bahan bakar yang digunakan.
9. WSP yang terkena semburan hasil pengujian dipindai menggunakan *scanner*. Gambar yang dihasilkan kemudian dianalisis menggunakan aplikasi ImageJ.
10. Catat data yang telah didapatkan dari hasil pengujian.



Gambar 1. Skema Pengujian



Gambar 2. WSP Hasil *Threshold ImageJ*

4. Hasil dan Pembahasan

4.1 Data Hasil Penelitian

Data yang dicari adalah ukuran *droplet* yang dihasilkan oleh keluaran nozel. Data tersebut didapatkan dengan memindai WSP ke bentuk berkas digital, kemudian dilakukan *image processing* menggunakan *software* ImageJ. Data hasil pengujian dari masing-masing jenis bahan bakar dengan variasi tekanan uji yang telah di-*threshold* dan dianalisis pada *software* ImageJ kemudian diplot ke dalam bentuk tabel.

4.1.1 Ukuran *Droplet* Solar Murni (D100)

Tabel 1. Ukuran *Droplet* D100

No.	Ukuran <i>Droplet</i> Rata-Rata (μm)		
	Tekanan 2000 psi	Tekanan 2500 psi	Tekanan 3000 psi
I	86	87	84
II	87	84	83
III	88	85	85
Rata-rata	87	85,3	84

4.1.2 Ukuran *Droplet* Biodiesel Murni (B100)

Tabel 2. Ukuran *Droplet* B100

No.	Ukuran <i>Droplet</i> Rata-Rata (μm)		
	Tekanan 2000 psi	Tekanan 2500 psi	Tekanan 3000 psi
I	95	93	91
II	92	91	90
III	92	93	92
Rata-rata	93	92,3	91

4.1.3 Ukuran *Droplet* B10

Tabel 3. Ukuran *Droplet* B10

No.	Ukuran <i>Droplet</i> Rata-Rata (μm)		
	Tekanan 2000 psi	Tekanan 2500 psi	Tekanan 3000 psi
I	91	92	87
II	89	88	88
III	89	86	88
Rata-rata	89,7	88,7	87,7

4.1.4 Ukuran *Droplet* B20

Tabel 4. Ukuran *Droplet* B20

No.	Ukuran <i>Droplet</i> Rata-Rata (μm)		
	Tekanan 2000 psi	Tekanan 2500 psi	Tekanan 3000 psi
I	90	88	88
II	89	92	87
III	92	89	89
Rata-rata	90,3	89,7	88

4.1.5 Ukuran *Droplet* B30

Tabel 5. Ukuran *Droplet* B30

No.	Ukuran <i>Droplet</i> Rata-Rata (μm)		
	Tekanan 2000 psi	Tekanan 2500 psi	Tekanan 3000 psi
I	93	93	88
II	90	90	91
III	90	89	90
Rata-rata	91	90,7	89,7

4.1.6 Ukuran *Droplet Partially-Hydrogenated Biodiesel* (PH)

Tabel 6. Ukuran *Droplet* PH

No.	Ukuran <i>Droplet</i> Rata-Rata (μm)		
	Tekanan 2000 psi	Tekanan 2500 psi	Tekanan 3000 psi
I	92	91	90
II	93	91	89
III	92	90	92
Rata-rata	92,3	90,7	90,3

4.1.7 Ukuran *Droplet* D90PH10

Tabel 7. Ukuran *Droplet* D90PH10

No.	Ukuran <i>Droplet</i> Rata-Rata (μm)		
	Tekanan 2000 psi	Tekanan 2500 psi	Tekanan 3000 psi
I	89	85	87
II	88	89	84
III	88	87	86
Rata-rata	88,3	87	85,7

4.1.8 Ukuran *Droplet* D80PH20

Tabel 8. Ukuran *Droplet* D80PH20

No.	Ukuran <i>Droplet</i> Rata-Rata (μm)		
	Tekanan 2000 psi	Tekanan 2500 psi	Tekanan 3000 psi
I	88	86	87
II	88	90	87
III	90	88	89
Rata-rata	88,7	88	87,7

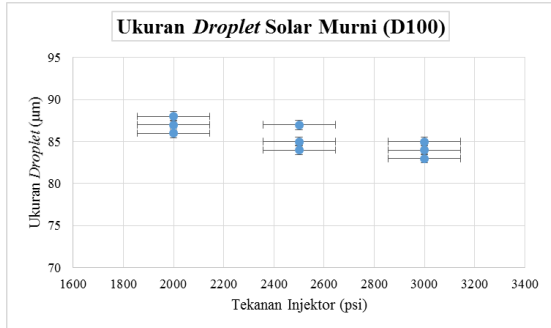
4.1.9 Ukuran *Droplet* D70PH30

Tabel 9. Ukuran *Droplet* D70PH30

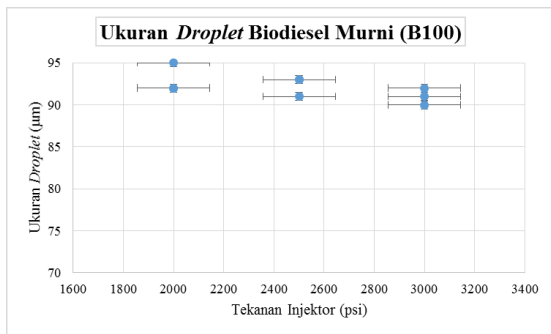
No.	Ukuran <i>Droplet</i> Rata-Rata (μm)		
	Tekanan 2000 psi	Tekanan 2500 psi	Tekanan 3000 psi
I	92	89	88
II	88	90	87
III	90	89	89
Rata-rata	90	89,3	88

4.2 Pembahasan Data

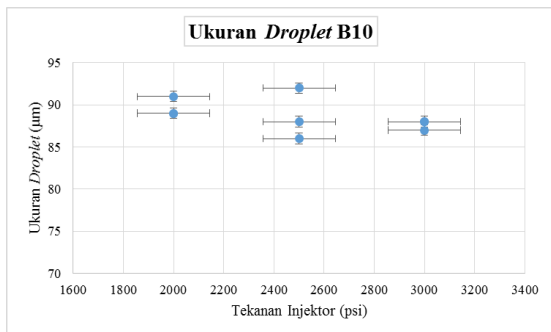
Dibuat grafik yang menggambarkan ukuran *droplet* dari bahan bakar D100, B100, B10, B20, B30, PH, D90PH10, D80PH20, dan D70PH30 pada setiap tekanan injeksi 2000 psi, 2500 psi, dan 3000 psi.



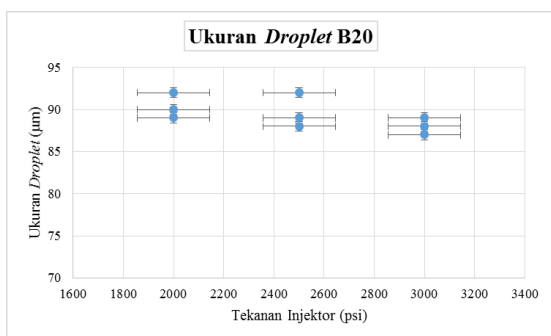
Gambar 3. Grafik Ukuran Droplet D100



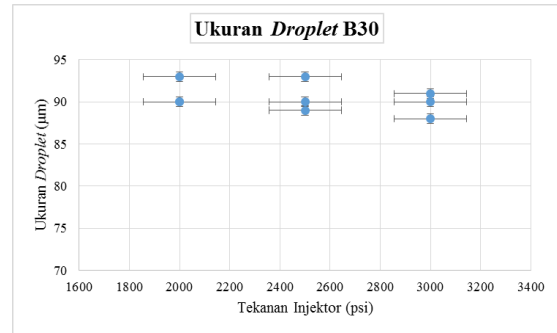
Gambar 4. Grafik Ukuran Droplet B100



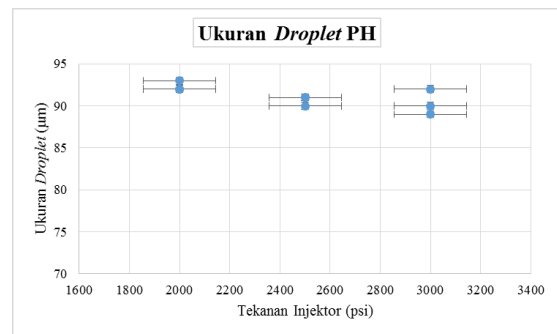
Gambar 5. Grafik Ukuran Droplet B10



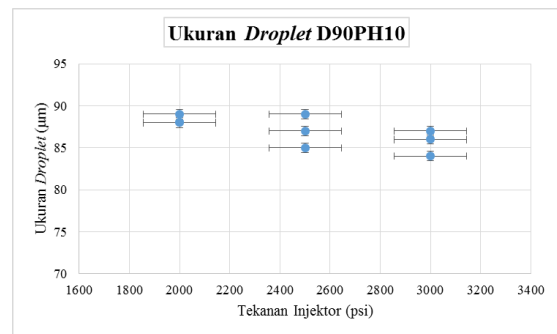
Gambar 6. Grafik Ukuran Droplet B20



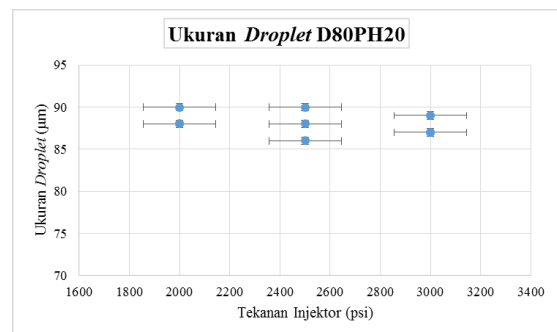
Gambar 7. Grafik Ukuran Droplet B30



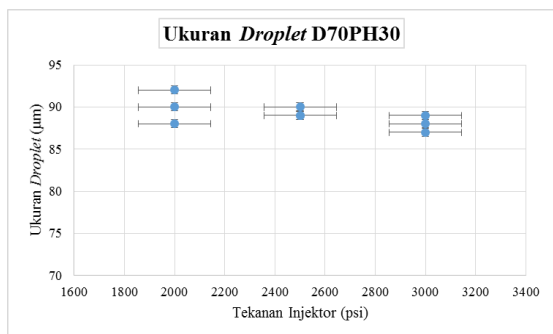
Gambar 8. Grafik Ukuran Droplet PH



Gambar 9. Grafik Ukuran Droplet D90PH10

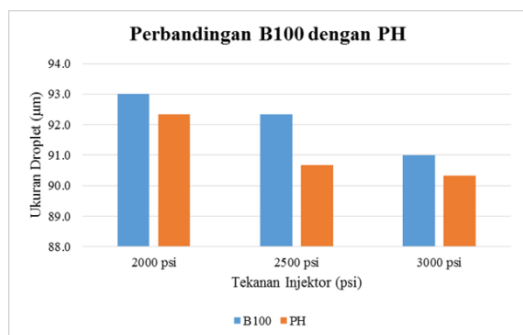


Gambar 10. Grafik Ukuran Droplet D80PH20



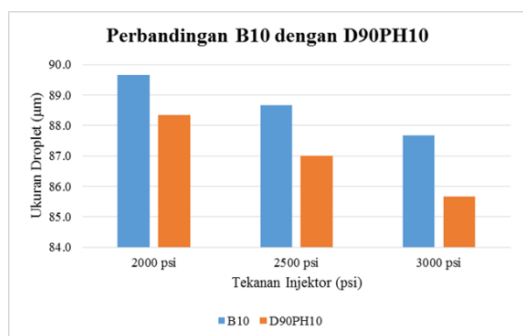
Gambar 11. Grafik Ukuran Droplet D70PH30

Terlihat bahwa terjadi penurunan ukuran *droplet* pada setiap variasi tekanan injeksi. Hal ini disebabkan oleh meningkatnya tekanan yang diberikan sehingga lebih mudahnya bahan bakar teratomisasi membentuk pecahan *droplet* yang lebih kecil. Selain itu, pecahan *droplet* juga dipengaruhi oleh nilai viskositas bahan bakar. Hasil rata-rata ukuran *droplet* dari bahan bakar yang diuji mengindikasikan bahwa terdapat perbedaan nilai viskositas pada setiap variasi bahan bakarnya.

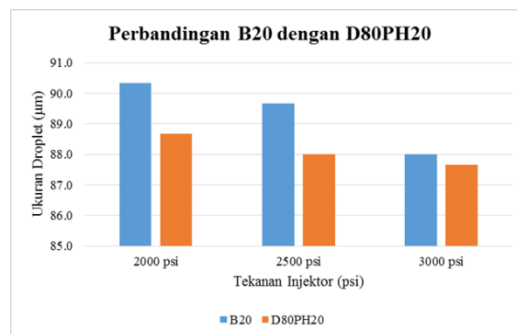


Gambar 12. Grafik Perbandingan B100 dan PH

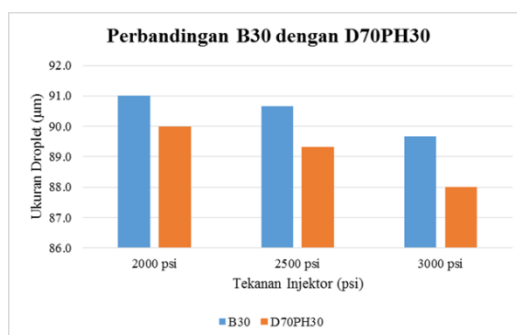
Pada bahan bakar 100% biodiesel tanpa proses *partial hydrogenation* (B100) diperoleh ukuran *droplet* terbesar di tekanan 2000 psi, kemudian mengalami penurunan ukuran *droplet* saat peningkatan tekanan ke 2500 psi dan 3000 psi. Jika dibandingkan, 100% biodiesel yang sudah melalui proses *partial hydrogenation* (PH) mendapati penurunan ukuran *droplet* secara garis lurus terhadap B100.



Gambar 13. Grafik Perbandingan B10 dan D90PH10



Gambar 14. Grafik Perbandingan B20 dan D80PH20

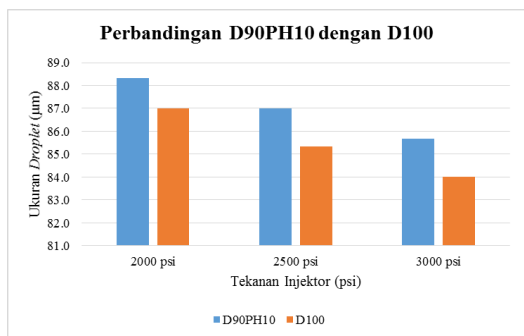


Gambar 15. Grafik Perbandingan B30 dan D70PH30

Campuran biodiesel yang telah melalui proses *partial hydrogenation* (D70PH30, D80PH20, D90PH10) jika dibandingkan dengan campuran biodiesel tanpa proses *partial hydrogenation* (B30, B20, B10) secara linear memperoleh ukuran *droplet* yang lebih rendah. Dapat dilihat juga bahwa campuran dengan kandungan biodiesel sebesar 10% (B10, D90PH10) memiliki ukuran *droplet* yang lebih kecil, kemudian meningkat seiring dengan penambahan kandungan biodiesel sebesar 20% (B20, D80PH20) dan 30% (B30, D70PH30). Hal ini dapat disebabkan apabila nilai viskositas semakin tinggi, bahan bakar lebih sulit teratomisasi saat keluar dari nozel. Pada masing-masing campuran biodiesel juga mengalami penurunan ukuran *droplet* saat diberikan peningkatan tekanan dari 2000 psi hingga 2500 psi dan 3000 psi. Hal ini dapat disebabkan oleh bahan bakar yang semakin terdesak untuk keluar dari nozel karena semakin tingginya tekanan yang diberikan sehingga terpecah menjadi *droplet* yang lebih kecil.

4.3 Perbandingan Dengan Solar Murni (D100)

Pada data hasil pengujian dapat dibandingkan bahwa penggunaan campuran bahan bakar B100, B10, B20, B30, PH, D80PH20, dan D70PH30 pada tekanan 3000 psi belum memiliki ukuran *droplet* yang mendekati bahan bakar solar (D100) pada tekanan terendah sekalipun (2000 psi).



Gambar 16. Grafik Perbandingan D90PH10 dan D100

Pada bahan bakar D90PH10 dengan tekanan 2000 psi belum didapatkan ukuran *droplet* yang mendekati bahan bakar solar, namun pada tekanan 2500 psi diperoleh ukuran *droplet* yang mendekati bahan bakar solar murni pada tekanan 2000 psi. Selain itu, bahan bakar D90PH10 pada tekanan 3000 psi memiliki ukuran *droplet* yang mendekati bahan bakar solar murni pada tekanan 2000–2500 psi. Hal ini dapat dilihat pada grafik perbandingan D90PH10 dengan D100 pada gambar 16.

5. Kesimpulan

Dilihat dari hasil pengujian ukuran *droplet* pada *partially-hydrogenated* biodiesel minyak jelantah, dapat disimpulkan seperti berikut:

- Berdasarkan hasil penelitian, terlihat adanya pengaruh perlakuan proses *partial hydrogenation* pada bahan bakar biodiesel minyak jelantah terhadap ukuran *droplet* yang diuji. Rata-rata ukuran *droplet* pada *partially-hydrogenated* biodiesel selalu lebih kecil jika dibandingkan dengan *non partially-hydrogenated* biodiesel.
- Terdapat korelasi antara variasi tekanan dengan ukuran *droplet* pada penggunaan bahan bakar yang sama. Ditunjukkan dari hasil pengujian dengan tren penurunan ukuran *droplet* di setiap kenaikan variasi tekanan injeksinya.

Daftar Pustaka

- [1] Huang, D., Zhou, H., Lin, L. 2012., *Biodiesel: an Alternative to Conventional Fuel*. Energy Procedia, 16, pp. 1874-1885.
- [2] Carlos A. Guerrero F., Andrés Guerrero-Romero and Fabio E. Sierra (2011). *Biodiesel Production from Waste Cooking Oil, Biodiesel - Feedstocks and Processing Technologies, Dr. Margarita Stoytcheva (Ed.)*, ISBN: 978953-307-713-0, InTech, Available from: <http://www.intechopen.com/books/biodiesel-feedstocks-and-processing-technologies/biodiesel-production-from-waste-cooking-oil>

- [3] Ningrum, N.P., Kusuma, M.A.I. 2013., *Pemanfaatan minyak goreng bekas dan abu kulit buah randu (Soda qie) sebagai bahan pembuatan sabun mandi organik berbasis teknologi ramah lingkungan*. Jurnal teknologi Kimia dan Industri, 2(2), pp. 275-285.
- [4] Effriandi, A. R., Zahra, S., Prianda, B. E. 2019., *Studi stabilitas warna biodiesel dan campuran biodiesel - minyak solar (B20) selama penyimpanan*. Jurnal Teknik Kimia., 25(3), pp. 60-69
- [5] Xie, H., Song, L., Xie, Y., Pi, D., Shao, C., Lin, Q. 2015., *An Experimental Study on the Macroscopic Spray Characteristics of Biodiesel and Diesel in a Constant Volume Chamber*. Energies, 8, pp. 5952-5972.
- [6] Badan Standarisasi Nasional. 2015., *SNI 7182:2015, Biodiesel*. Jakarta.
- [7] O'Brien, R. D. 2009., *Fats and oils: formulating and processing for applications (3rd ed.)*. New York: CRC Press.
- [8] Sies, M. F., Madzlan, N. F., Asmuin, N., Sadikin, A., Zakaria, H. 2017., *Determine spray droplets on water sensitive paper (WSP) for low pressure deflector nozzle using image J*. IOP Conf. Ser.: Mater. Sci. Eng. 243 012047



I Nyoman Gede Adiguna Valerie menyelesaikan jenjang pendidikan menengah pada tahun 2017 di SMA Negeri 1 Denpasar, kemudian melanjutkan program sarjana di Program Studi Teknik Mesin Universitas Udayana dan menyelesaikannya pada tahun 2022.

Bidang penelitian yang diminati adalah topik-topik yang berkaitan dengan konversi energi dan energi terbarukan seperti biodiesel.

Pengaruh Variasi *Bed Material* Terhadap Kandungan Syngas Pada *Dual Reactor Fluidized Bed* Berbahan Bakar RDF

Farid Aziz Maulana Zen, I Nyoman Suprpta Winaya, I Wayan Arya Darma
Program Studi Teknik Mesin Universitas Udayana, Bukit Jimbaran, Bali

Abstrak

Dual Reactor Fluidized Bed merupakan salah satu jenis reaktor gasifikasi yang memiliki dua reaktor, yaitu reaktor pembakaran dan reaktor gasifikasi. Prinsip kerja pada reaktor jenis ini didasari oleh proses fluidisasi, dimana bahan bakar padat akan diperlakukan seperti fluida dengan memanfaatkan *bed material*. Dalam penelitian ini menggunakan variasi jenis pasir yang akan digunakan sebagai *bed material*, jenis pasir yang digunakan yaitu pasir silika, dolomit, dan pasir besi. Ketiga jenis pasir yang digunakan tersebut memiliki ukuran yang sama, yaitu 0,5-0,75 mm dengan menggunakan mesh 25 dan 35. Terdapat juga beberapa variabel pengontrol seperti bahan bakar yang digunakan yaitu RDF, penggunaan temperatur 600°C pada reaktor gasifikasi dan 650°C pada reaktor pembakaran, menggunakan gas agen H₂O dengan temperatur konstan pada 110°C bertekanan 10 psi, serta kecepatan udara dari blower sebesar 9 m/s. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa penggunaan jenis pasir yang berbeda sebagai *bed material* mempengaruhi kandungan syngas yang dihasilkan, yang mana untuk jenis pasir besi memiliki kandungan syngas paling tinggi yaitu sebesar 4,584% dengan rincian 1,773% CO, 0,648% CH₄, dan 2,165% H₂.

Kata kunci : Fluidisasi, *Bed Material*, *Dual Reactor Fluidized Bed*

Abstract

Dual Reactor Fluidized Bed is one type of gasification reactor which has two reactors, namely combustion reactor and gasification reactor. The working principle of this type of reactor is based on the fluidization process, where solid fuel will be treated like a fluid by utilizing *bed material*. In this study using a variety of types of sand that will be used as *bed material*, the types of sand used are silica sand, dolomite, and iron sand. The three types of sand used have the same size, namely 0.5-0.75 mm using 25 and 35 mesh. There are also several controlling variables such as the fuel used, namely RDF, the use of a temperature of 600°C in the gasification reactor and 650°C in the combustion reactor, using H₂O agent gas with a constant temperature at 110°C at a pressure of 10 psi, and the air velocity of the blower of 9 m/s. The results of this study indicate that the use of different types of sand as *bed material* affects the resulting syngas content, which for this type of iron sand has the highest syngas content of 4.584% with details of 1.773% CO, 0.648% CH₄, and 2.165% H₂.

Keywords : Fluidization, *Bed Material*, *Dual Reactor Fluidized Bed*

1. Pendahuluan

Sampah selalu menjadi permasalahan yang tidak ada habisnya, volume sampah yang terus meningkat tidak diimbangi dengan pengolahan dan pemanfaatan sampah yang baik. Tentunya hal tersebut mempunyai dampak buruk bagi lingkungan dan keberlangsungan makhluk hidup. Mengelola sampah dengan baik dan benar memiliki prinsip utama yaitu melakukan pencegahan timbunan sampah, memakai kembali sampah, serta melakukan daur ulang sampah [1].

Salah satu langkah pengolahan sampah yang berfungsi untuk mengurangi permasalahan sampah yaitu dengan *refuse derived fuel* (RDF). RDF ini sebagai suatu bahan bakar yang bersumber melalui sampah yang dapat menghasilkan panas tinggi. Dengan merubah sampah menjadi arang melalui proses pirolisis, maka dari itu RDF mampu menjadi bahan bakar alternatif pengganti batu bara [2].

Dual reactor fluidized bed sebagai teknologi gasifikasi yang sedang dilakukan pengembangan sekarang ini, yaitu salah satu teknologi yang mampu

mengubah sampah kota atau biomassa menjadi gas untuk dimanfaatkan kembali menjadi energi baru terbarukan. Keunggulan proses gasifikasi yaitu mampu digunakan untuk sampah kota atau biomassa dengan nilai kalor yang cenderung kecil serta tingkat air yang cukup besar.

Pada teknologi gasifikasi *dual reactor fluidized bed* terdapat pula *bed material* sebagai penghantar panas yang bersirkulasi dari reaktor pembakaran menuju reaktor gasifikasi. Dengan demikian peran *bed material* sangat penting dalam proses gasifikasi *dual reactor*, maka dari itu perlu berbagai pertimbangan dalam pemilihan *bed material*. *Bed material* dengan jenis pasir yang berbeda maka akan memiliki karakteristik yang tidak sama juga, sehingga bisa mempunyai memberi pengaruh dalam proses gasifikasi *dual reactor* dan kandungan syngas yang dihasilkan.

2. Dasar Teori

2.1 *Dual Reactor Fluidized Bed*

Dual reactor fluidized bed (DRFB) merupakan sebuah pengembangan teknologi terbaru yang mempunyai sistem sirkulasi *double*, suatu reaktor menjalankan fungsi yang merupakan lokasi proses gasifikasi dan reaktor lainnya menjalankan fungsi sebagai tempat pembakaran. Dengan kata lain pada reaktor jenis ini memiliki proses reaksi endoterm dan reaksi eksoterm yang terpisah, maka pereaksi bisa mencakup udara yang melimpah maka bisa menaikkan total *syngas* yang diciptakan melalui proses itu.

2.2 Fluidisasi

Pada proses gasifikasi terdapat istilah yang dikenal dengan fluidisasi. Fluidisasi merupakan suatu kondisi dimana bahan bakar padat akan diperlakukan seperti fluida dengan memanfaatkan *bed material*. Fluidisasi juga bisa berdefinisi merupakan operasi yang mana hamparan zat padat diberi perlakuan layaknya fluida [3]. Sistem fluidisasi antara bahan bakar dengan *bed material* terjadi karena permukaan kontak yang luas. Apabila fluida yang melewati unggun partikel berkecepatan rendah maka unggun tidak dapat mengalami pergerakan, jika sebaliknya bila kecepatan unggun ditambahkan berarti perbandingan tekanan selama unggun akan bertambah pula. Ketika perbandingan titik berat serupa dengan berat unggun dipecah besar penampang, unggun mulai beranjak serta melayang menuju atas. Berbagai partikel padat ini akan bergerak serta memiliki sikap semacam zat alir. Kondisi semacam ini diketahui dengan bebreran terfluidisasi (*fluidized bed*).

2.3 Bed Material

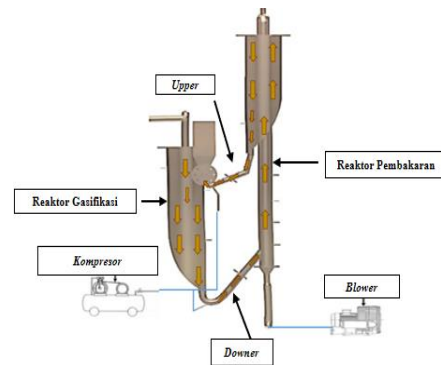
Bed material merupakan material hamparan yang akan digunakan untuk menyimpan energi panas yang nantinya akan menghantarkan atau bersirkulasi di dalam reaktor bersama bahan bakar. *Bed material* berbentuk massa padatan granular, umumnya dalam kisaran ukuran 0,1 sampai 0,3 mm. Partikel yang digunakan sebagai *bed material* umumnya yaitu pasir atau kerikil, batu kapur segar atau bekas, dan abu dari batu bara [4]. Partikel *bed material* inilah yang menyebabkan terjadinya penyebaran temperatur secara merata dalam reaktor pembakaran [5].

3. Metode Penelitian

3.1 Skema Reaktor

DRFB merupakan gasifier berbahan *stainless steel schedule 304*, *gasifier* DRFB terdiri dari dua reaktor, dimana gasifikasi dan pembakaran berlangsung terpisah, kedua reaktor terhubung secara termal oleh *bed material* yang bersirkulasi [6]. Perubahan bahan bakar menjadi gas mampu bakar dengan diameter 101,6 mm terjadi pada reaktor

gasifikasi, sedangkan pada reaktor pembakaran membutuhkan tekanan yang lebih tinggi karena sebagai tempat terjadinya proses pembakaran sehingga memiliki diameter yang lebih kecil yaitu 50,8 mm. Sebagai saluran penghubung antar kedua reaktor digunakan pipa *upper* dan *lower* dengan diameter 25,4 mm. Dalam bagian atas reaktor pembakaran terdapat *cyclone* yang akan memisahkan *bed material* dan abu menuju reaktor gasifikasi melalui *upper*. Sedangkan pipa *lower* berfungsi guna mensirkulasi *bed material* serat bahan bakar mencapai reaktor pembakaran dengan dibantu udara pendorong dari kompresor, lalu kemudian pasir dan arang akan dihembuskan ke bagian atas reaktor pembakaran dengan bantuan blower berkecepatan 9



m/s.

Gambar 1. Skema DRFB dan Arah Sirkulasi Bed Material.

3.2 Bahan Penelitian

Bed material yang digunakan dalam penelitian merupakan pasir silika, dolomit, dan pasir besi dengan ukuran yang sama yaitu 0,5-0,75 mm dengan menggunakan mesh 25 dan 35. Ketiga jenis pasir tersebut dipilih sebagai *bed material* dikarenakan memiliki titik leleh pada suhu yang cukup tinggi, serta merupakan jenis *bed material* dengan harga yang relatif murah dan mudah didapatkan.

3 Metode Uji

Penelitian diawali dengan memasukan *bed material* ke dalam reaktor melalui bagian atas reaktor gasifikasi. Reaktor gasifikasi dibiarkan terbuka untuk melakukan pengamatan serta pengambilan sampel pasir yang bersirkulasi. Setelah itu menyalakan blower terlebih dahulu agar suplai udara di bagian bawah reaktor pembakaran berlangsung dengan baik. Kemudian menyalakan kompresor untuk mensuplai udara pada pipa *upper* dan *lower* sehingga pasir di dalam reaktor dapat bersirkulasi. Terlihat dari reaktor gasifikasi pasir akan keluar melalui pipa *upper* dan menandakan bahwa pasir dapat bersirkulasi di dalam reaktor.

Pengambilan sampel pada pengujian dilakukan dengan menampung jumlah pasir yang keluar dari pipa *upper* menggunakan gelas ukur selama 1 menit. Pengujian dilaksanakan sejumlah empat kali dengan variasi ukuran pasir yang tidak sama.

4. Hasil dan Pembahasan

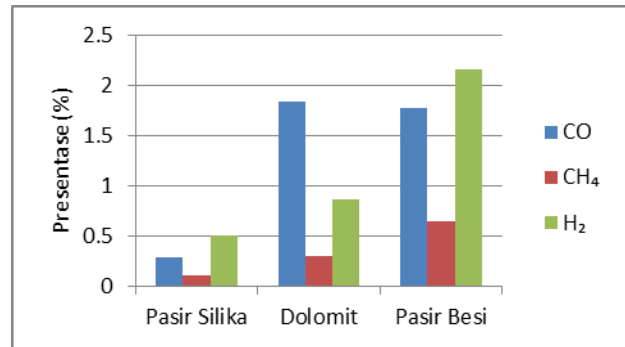
Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan variasi tiga jenis *bed material* dengan ukuran yang sama yaitu 0,5-0,75 mm guna melihat pengaruhnya terhadap kandungan *syngas* pada *dual reactor fluidized bed* berbahan bakar RDF, *bed material* yang digunakan yaitu pasir silika, dolomit, dan pasir besi. Data *syngas* hasil gasifikasi diukur menggunakan gas analyzer, pengukuran dilakukan dengan cara merekam hasil *syngas* yang keluar dari saluran *syngas* yang terletak pada bagian atas reaktor gasifikasi kemudian hasil kandungan *syngas* akan tertera pada layar gas analyzer.

Terlihat bahwa jenis *bed material* akan mempengaruhi volume *syngas* dan LHV yang dihasilkan, hal tersebut dikarenakan dari ketiga jenis *bed material* yang digunakan memiliki karakteristiknya masing-masing. Perolehan *syngas* paling tinggi terdapat pada pasir besi dengan total volume, 4,584 % dengan rincian 1,773 % CO, 0,648 % CH₄, 2,165 % H₂ serta memiliki LHV sebesar 1,646 MJ/m³.

Tabel 1. Kandungan Syngas dan LHV Gasifikasi

Variasi Bed Material	Kandungan Syngas (% Volume)			Total (% Volume)	LHV (MJ/m ³)
	CO	CH ₄	H ₂		
Pasir Silika	0,283	0,102	0,505	0,890	0,580
Dolomit	1,848	0,294	0,867	3,008	0,908
Pasir Besi	1,773	0,648	2,165	4,584	1,646

Tingginya kandungan *syngas* pasir besi yang digunakan sebagai *bed material* juga dikarenakan pasir besi memiliki nilai puncak pada laju pemanasan yang mengalami degradasi tinggi yaitu 16,71 % pada suhu 428,40 °C [7], serta pasir besi memiliki kapasitas serapan sangat tinggi dan dapat berinteraksi baik dengan molekul gas lain seperti O₂, CO, NH₃, dan CO₂.



Gambar 2. Grafik Kandungan Syngas

5. Kesimpulan

Mengamati riset yang diselenggarakan untuk mengetahui pengaruh variasi *bed material* terhadap kandungan *syngas dual reactor fluidized bed* berbahan bakar RDF, maka diperoleh kesimpulan yaitu kandungan *syngas* yang dihasilkan dari proses gasifikasi *dual reactor fluidized bed* paling tinggi didapat dengan penggunaan pasir besi sebagai *bed material* sebanyak 4,584% , dengan rincian 1,773% CO, 0,648% CH₄, 2,165% H₂.

Daftar Pustaka

- [1] Putri, Niluh Wiwik Eka., 2019, **Komunikasi Sosial dalam Mensosialisasikan Penetapan Kebijakan Gubernur Bali Tentang Pembatasan Timbulan Sampah Plastik Sekali Pakai**, Jurnal Nomosleca, 5(1), 44-57.
- [2] Ummatin, K. K., & Pratama, N. B. P., 2021, **Analisa Perilaku Rumah Tangga Dalam Mengelola Sampah Dalam Upaya Mendukung Energi Alternatif Refuse Derived Fuel (RDF)**, Jurnal Dinamika Teknik, 4(1), 40-47.
- [3] Basu, P., & Fraser, S. A., 1991, **Circulating Fluidized Bed Boilers**, Butterworth-Heinemann. United States of America.
- [4] Yuliyani, Ika., Maridjo, Muhammad Abdul M., 2019, **Analisis Sistem Ruang Bakar Boiler Jenis Fluidized Bed Combustion Untuk PLTU Kapasitas 8 MW**, Jurnal Teknik Energi, 9(1), 1-8.
- [5] Santoso, Guntur Budi, 2019, **Analisa Kerusakan Refractory Sealpot CFB Boiler PLTU Tenayan Unit 2**, Skripsi. Universitas Muhammadiyah Riau.
- [6] Wilk, V., & Hofbauer, H., 2013, **Conversion of fuel nitrogen in a dual fluidized bed steam gasifier**, Fuel, 106,

793-801.

- [7] Rajendra, I. M., Winaya, I. N. S., Ghurri, A., & Wirawan, I. K. G., 2021, **Comprehensive Kinetic Study of Pyrolysis of Sunan Candlenut: The Effect of Using Iron Oxide, Zeolite and ZSM-5 as Bed Materials**, *Journal homepage: <http://iieta.org/journals/ijht>*, 39(2), 493-502.

	<p>Farid Aziz Maulana Zen menyelesaikan studi S1 Program Studi Teknik Mesin Universitas Udayana pada tahun 2022</p>
<p>Konsentrasi Penelitian Bidang Konversi Energi</p>	

Perancangan Sistem Kontrol Penerbangan Fuzzy untuk Stabilitas Drone Menggunakan Matlab/Simulink

Muhammad Arif Rahman, I Wayan Widhiada dan Anak Agung Adhi Suryawan
Program Studi Teknik Mesin Universitas Udayana, Kampus Bukit Jimbaran Bali

Abstrak

Seiring dengan berjalannya waktu, dunia teknologi sudah menunjukkan perkembangan yang begitu pesat. Ditemukannya drone atau unmanned aerial vehicle (UAV) adalah salah satu bukti berkembangnya teknologi yang telah membantu manusia melaksanakan banyak tugas. Penelitian ini akan membahas kontrol fuzzy untuk menstabilkan error dan sikap quadcopter saat mendapat beban dan gangguan sehingga drone tidak akan jatuh atau tetap melayang dengan stabil. Penelitian ini dilakukan membuat model quadcopter dan memberi pengontrol fuzzy yang kemudian disimulasikan dan diterapkan pada quadcopter yang ada. Menurut hasil data dari percobaan tanpa dan dengan menggunakan kontrol fuzzy dapat disimpulkan bahwa fuzzy kontrol yang telah diaplikasikan pada drone dapat memperbaiki kondisi drone yang mengalami error. Hal ini diakibatkan oleh sinyal error yang telah didapat dari sensor drone telah difuzifikasi oleh fuzzy logic control. Dari hasil grafik penerbangan menggunakan kontrol fuzzy, hasilnya tentu lebih baik dari percobaan penerbangan tanpa menggunakan kontrol fuzzy drone yang tidak mencapai tujuan posisi dan gagal memperbaiki error yang mengakibatkan drone jatuh dalam hanya 3s waktu terbang.

Kata kunci : drone, fuzzy logic, kontrol, error

Abstract

As time goes by, the technology development has shown a very rapid growth. The discovery of drones or unmanned aerial vehicles (UAV) is one of the developed examples of technology that has helped humans finishes many task. This study will discuss fuzzy control to stabilize the error and attitude of the quadcopter when it gets a load and disturbance so that the drone will not fall or remain stable. This research was conducted to create a quadcopter model and provide a fuzzy controller which then simulated and applied to the existing quadcopter. According to the data from experiments without and using fuzzy control, it can be concluded that fuzzy control that has been applied to drones can improve the condition of drones that experience errors. This is caused by the error signal that has been obtained from the drone sensor has been fuzzified by fuzzy logic control. The flight graphs show that using fuzzy controls resulting a better flight outcome than the experiments without using fuzzy. Without control, drone do not reach the destination position and fail to correct errors that cause the drone to fall in only 3s of flight time.

Keywords : drone, fuzzy logic, control, error

1. Pendahuluan

Seiring dengan berjalannya waktu, dunia teknologi sudah menunjukkan perkembangan yang begitu pesat. Ditemukannya drone atau unmanned aerial vehicle (UAV) adalah salah satu bukti berkembangnya teknologi yang telah membantu manusia melaksanakan banyak tugas. Drone merupakan robot yang beroperasi di udara yang dikendalikan melalui remote control atau terbang secara otomatis menggunakan software. Drone termasuk dalam rotorcraft atau rotary-wing aircraft yang berarti drone terbang dengan menggunakan gaya angkat yang diciptakan oleh putaran propeller.

Penelitian ini akan membahas kontrol fuzzy untuk menstabilkan error dan sikap quadcopter saat mendapat beban dan gangguan sehingga drone tidak akan jatuh atau tetap melayang dengan stabil. Penelitian ini dilakukan membuat model quadcopter dan memberi pengontrol fuzzy yang kemudian disimulasikan dan diterapkan pada quadcopter yang ada.

2. Metode

2.1. Deskripsi Penelitian

Korespondensi: Tel./Fax.:
E-mail :

Penelitian ini bertujuan untuk mendapat sistem kontrol fuzzy agar drone tetap stabil bahkan saat mendapat beban. Sistem kendali MATLAB/SIMULINK berbasis fuzzy akan dirancang dan diimplementasikan untuk mencapai drone yang stabil. Penelitian dilakukan dengan membuat simulasi pada model-based design yang dibuat pada aplikasi MATLAB/SIMULINK. Simulasi dilakukan untuk melihat perilaku drone setelah diberikan command yang telah diberi pengontrol fuzzy pada aplikasi MATLAB/SIMULINK. Setelah simulasi, model tersebut diterapkan pada drone untuk melihat apakah drone sudah bertindak sesuai dengan apa yang diharapkan. Berikut adalah komponen yang ada pada quadcopter sesuai dengan gambar dibawah:



Parrot
FR.Drone2.0 >

Gambar 1. Komponen Quadcopter

2.2.1. Propeller

Propeller atau Baling-baling dari *quadcopter* merupakan komponen yang berperan besar untuk dinamika *quadcopter* dan plant model. Saat berputar, baling-baling akan menghasilkan gaya dorong untuk mengatasi gaya yang *drone* alami karena gravitasi dan membuat *quadcopter* terbang. *quadcopter* dapat menggunakan berbagai jenis baling-baling.

2.2.2. Motor

Motor adalah bagian penting dari plant *quadcopter* karena motor adalah komponen yang memutar baling-baling untuk menghasilkan gaya dorong.

2.2.3. Baterai

Baterai merupakan bagian yang sangat penting pada *quadcopter* yang berfungsi untuk memberi daya pada pengontrol penerbangan, *receiver*, dan motor.

2.2.4. Flight Controller

Pengontrol penerbangan pada dasarnya adalah otak dari *quadcopter*. Pengontrol dapat dikonfigurasi dan diprogram untuk memungkinkan penyesuaian berdasarkan berbagai konfigurasi *quadcopter*. Perangkat keras kontrol penerbangan terdiri dari papan sirkuit kompleks dan sensor bawaan, seperti akselerometer dan giroskop, yang dapat mendeteksi percepatan dan perubahan arah. Dengan menggunakan sensor ini, pengontrol penerbangan dapat menstabilkan *quadcopter* dengan mengontrol RPM motor.

2.2.5. Sensor Giroskop

Giroskop merupakan sensor yang digunakan untuk mendeteksi rotasi atau perputaran *drone* berdasarkan gerakan. Giroskop juga bisa disebut perangkat yang digunakan untuk mempertahankan orientasi sebuah sudut agar tetap stabil [1].

2.2.6. Sensor Akselerometer

Akselerometer merupakan sensor yang digunakan untuk mengukur kecepatan suatu benda atau objek. Percepatan dinamis (pengukuran percepatan pada objek yang bergerak) dan statis (pengukuran terhadap gravitasi bumi) dapat diukur oleh akselerometer [2].

2.2.7. Transmitter/receiver

Transmitter dan *receiver* adalah apa yang memungkinkan pengguna untuk berkomunikasi dengan *quadcopter*. *Transmitter* adalah perangkat yang memungkinkan pengguna untuk mengontrol *quadcopter* secara nirkabel.

2.2.8. Frame

Frame dari *quadcopter* umumnya memiliki bentuk “x” atau “+”. Satu lengan untuk setiap motor dan area pusat untuk pengontrol penerbangan, *receiver*, dan pemasangan baterai.

Perangkat laptop yang digunakan untuk penelitian mempunyai spesifikasi processor Intel Core i5 10th Gen, RAM 8 Gigabyte dan sistem operasi Windows 10, 64-bit yang telah ter-install aplikasi MATLAB R2020a.

2.2. Mekanisme Quadcopter saat Melayang

Quadcopter terbang melayang atau tetap dengan cara menyamakan kecepatan pada dua bagian motor yang bergerak searah jarum jam dan yang berlawanan arah jarum jam. Torsi yang dihasilkan oleh *quadcopter* dan berat yang dialami sama dengan nol, yang mengakibatkan *quadcopter* melayang [3], [4].

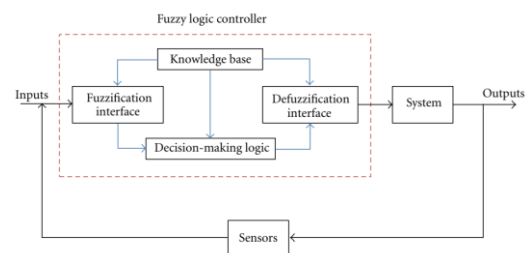
Quadcopter adalah sebuah robot dengan empat baling-baling yang berputar searah dengan jarum jam dan berlawanan arah jarum jam untuk memudahkan pergerakan. Baling-baling terdapat pada *frame* berbentuk *cross* (X) yang memudahkan pilot untuk mengontrol *quadcopter* [4].

2.3. Parrot AR.Drone Support-Package

Support-package untuk Parrot *AR.Drone* adalah salah satu add-on yang terdapat pada aplikasi MATLAB. *Add-on* ini memungkinkan pengguna untuk merancang dan membangun algoritma kontrol penerbangan dari Parrot *AR.Drone*. Aplikasi ini dapat menerapkan algoritma secara nirkabel menggunakan wi-fi. Algoritma tersebut dapat mengakses sensor yang ada pada *drone* (seperti ultrasound, akselerometer, giroskop, dan sensor tekanan barometrik) serta kamera [5].

2.4. Fuzzy Logic Control

Logika fuzzy digunakan karena keunggulannya dalam mengubah hasil yang buruk/tidak pasti yang disebabkan oleh kondisi yang mempengaruhi desain gerakan. Logika fuzzy menggunakan pengetahuan heuristik untuk mengubah *input* dan mengubahnya menjadi *output* dalam tiga tahap: *fuzzifikasi*, pengambilan keputusan, dan *defuzzifikasi*. Kontroler fuzzy ditunjukkan pada Gambar 2. *Fuzzifikasi* mengambil *input* analog dan mengubahnya menjadi nilai kontinu antara 0 dan 1 berdasarkan keanggotaannya dalam fungsi. Logika dasar kemudian digunakan untuk membentuk aturan yang menghubungkan *input* dan *output* dalam bentuk pernyataan *if-then*. *Output* akhirnya dikonversi kembali ke angka menggunakan metode *defuzzifikasi* [6].



Gambar 2. Skema Fuzzy Logic Control

2.5. Variabel Penelitian

Menurut hubungan antara satu variabel dengan variabel yang lain, variabel-variabel desain dibagi atas :

1. Variabel Bebas

Variabel bebas yang ada pada penelitian ini adalah: *error* yang berupa posisi yang diberikan ke sistem oleh *drone*.

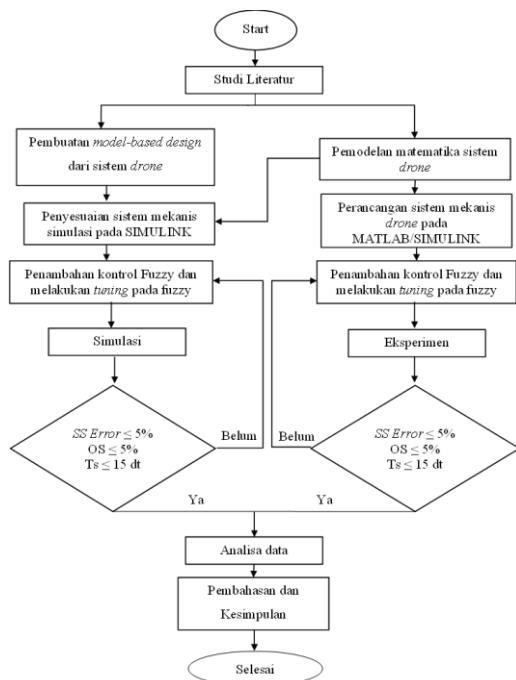
2. Variabel Terikat

Variabel terikat yang ada pada penelitian ini adalah: posisi sebenarnya dari *drone* setelah diperbaiki *error*nya atau output yang akan dianalisa. Dalam penelitian ini, *output*nya adalah posisi real *drone* (*roll*, *pitch*, dan *yaw*). Nilai tolok ukur dari *output* sistem ini akan diukur dalam *steady state error signal*, *percentage overshoot*, dan *settle time*.

3. Variabel Kontrol

Variabel terkontrol yang ada pada penelitian ini adalah: posisi (x, y, z) yang diinginkan, yaitu pada koordinat (0, 0, 0).

2.6. Diagram Alir Penelitian



Gambar 3. Diagram alir penelitian

3. Hasil dan Pembahasan

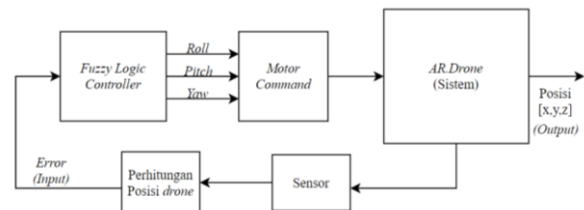
3.1. Fuzzy Logic

Flight controller harus melakukan dua tugas terpisah secara bersamaan: Mengontrol posisi Quadrotor dan menjaga posisi drone stabil. Model matematis menjelaskan fakta bahwa gerakan X dan Y masing-masing digabungkan dengan gerakan pitch dan roll. Sehingga di ketiga posisi sudut yaw (ψ), sudut roll (ϕ) dan sudut pitch (θ) harus dikontrol secara bersamaan. Setiap fuzzy logic controller memiliki dua input yaitu error dan error rate dan satu output yang merupakan nilai kecepatan motor. Fuzzy Logic Toolbox pada program MATLAB digunakan untuk membuat fuzzy yang menggunakan metode

tipe Mamdani dan metode centroid untuk defuzzifikasi.

3.2. Perancangan Sistem

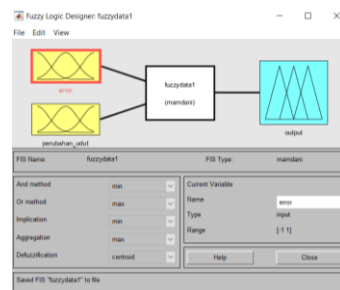
Tahap selanjutnya adalah merancang skema kontrol yang akan diterapkan pada *AR.Drone*. Diagram blok sistem kendali yang akan digunakan dalam penelitian ini ditunjukkan pada Gambar 4. Pada dasarnya terdapat tiga subsistem penting sebagai berikut: subsistem *AR.Drone*, subsistem *fuzzy control logic*, serta subsistem pembaca sensor untuk menghitung posisi. Subsistem *AR.Drone* adalah sistem di dalam *AR.Drone*, yang dikendalikan melalui Wi-Fi yang mencakup gambaran dari fisik *drone* dan fitur yang ada pada *drone* seperti motor, kamera, baterai, dan *user command*. Subsistem sensor menyiapkan nilai jarak dan sudut yang merupakan *input* dari kontroler *fuzzy logic*. Rancangan menggunakan *error* yang terdapat dalam posisi yang terbaca pada sensor *drone* sebagai *input*. Kemudian hasil difuzzifikasi hingga mendapatkan *output* posisi *drone*.



Gambar 4. Rancangan Sistem Drone menggunakan Fuzzy Logic Controller

2.7. Fuzzy pada Sudut Roll dan Pitch

Fuzzy control yang akan digunakan pada penelitian adalah Fuzzy mamdani. *Fuzzy control* menggunakan *input error* dan perubahan sudut yang kemudian menghasilkan *output* yang telah difuzzifikasi. Setiap sudut euler akan dikontrol menggunakan fuzzy. *Roll* dan *Pitch* akan menggunakan sistem fuzzy yang terdapat pada gambar 5.



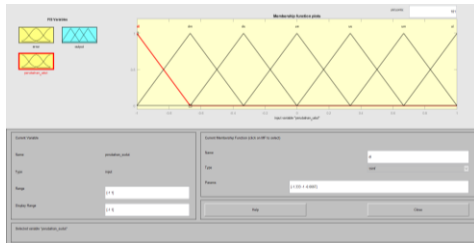
Gambar 5. Tampilan Fuzzy Logic Designer untuk Roll dan Pitch



Gambar 6. Input Error

Input error dapat dilihat pada gambar 6 yang terdiri atas 7 membership function berbentuk trimf (segitiga) dengan susunan sebagai berikut:

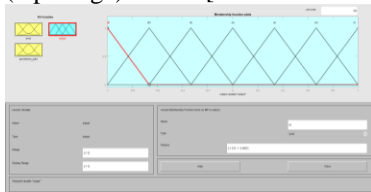
- DL (Down Large) : [-1.333 -1 -0.6667]
- DM (Down Medium): [-1 -0.6667 -0.3334]
- DS (Down Small) : [-0.6667 -0.3334 0]
- ZE (Zero) : [-0.3334 0 0.3334]
- US (Up Small) : [0 0.3334 0.6667]
- UM (Up Medium) : [0.3334 0.6667 1]
- UL (Up Large) : [0.6667 1 1.334]



Gambar 7. Input Perubahan Sudut

Input perubahan sudut dapat dilihat pada gambar 7 yang terdiri atas 7 membership function berbentuk trimf (segitiga) dengan susunan sebagai berikut:

- DM (Down Medium): [-1 -0.6667 -0.3334]
- DS (Down Small) : [-0.6667 -0.3334 0]
- ZE (Zero) : [-0.3334 0 0.3334]
- US (Up Small) : [0 0.3334 0.6667]
- UM (Up Medium) : [0.3334 0.6667 1]
- UL (Up Large) : [0.6667 1 1.334]



Gambar 8. Output Fuzzy

Output yang telah difuzzifikasi dapat dilihat pada gambar 8 yang terdiri atas 7 membership function berbentuk trimf (segitiga) dengan susunan sebagai berikut:

- DM (Down Medium): [-1 -0.6667 -0.3334]
- DS (Down Small) : [-0.6667 -0.3334 0]
- ZE (Zero) : [-0.3334 0 0.3334]
- US (Up Small) : [0 0.3334 0.6667]
- UM (Up Medium) : [0.3334 0.6667 1]
- UL (Up Large) : [0.6667 1 1.334]

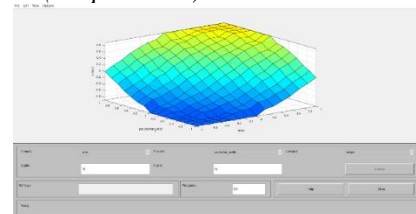
Perubahan Sudut \ Error	DL	DM	DS	ZE	US	UM	UL
DL	DL	DL	DL	DL	DM	DS	ZE
DM	DL	DL	DL	DM	DS	ZE	US
DS	DL	DL	DM	DS	ZE	US	UM
ZE	DL	DM	DS	ZE	US	UM	UL
US	DM	DS	ZE	US	UM	UL	UL
UM	DS	ZE	US	UM	UL	UL	UL
UL	ZE	US	UM	UL	UL	UL	UL

Tabel 1. Rule Fuzzy untuk Roll dan Pitch

Aturan juga bisa dijelaskan secara mendetail seperti berikut:

- If (Error is DL) and (Perubahan_Sudut is ZE) then (Output is DL)

- If (Error is DL) and (Perubahan_Sudut is US) then (Output is DM)
- If (Error is DL) and (Perubahan_Sudut is UM) then (Output is DS)
- If (Error is DL) and (Perubahan_Sudut is UL) then (Output is ZE)
- If (Error is DM) and (Perubahan_Sudut is NM) then (Output is DL)
- If (Error is DM) and (Perubahan_Sudut is NS) then (Output is DL)
- If (Error is DM) and (Perubahan_Sudut is ZE) then (Output is DM)
- If (Error is DM) and (Perubahan_Sudut is US) then (Output is DS)
- If (Error is DM) and (Perubahan_Sudut is UM) then (Output is ZE)
- If (Error is DM) and (Perubahan_Sudut is UL) then (Output is US)
- If (Error is DS) and (Perubahan_Sudut is NS) then (Output is DM)
- If (Error is DS) and (Perubahan_Sudut is ZE) then (Output is DS)
- If (Error is DS) and (Perubahan_Sudut is US) then (Output is ZE)
- If (Error is DS) and (Perubahan_Sudut is UM) then (Output is US)
- If (Error is DS) and (Perubahan_Sudut is UL) then (Output is UM)
- If (Error is ZE) and (Perubahan_Sudut is ZE) then (Output is ZE)
- If (Error is ZE) and (Perubahan_Sudut is US) then (Output is US)
- If (Error is ZE) and (Perubahan_Sudut is UM) then (Output is UM)
- If (Error is ZE) and (Perubahan_Sudut is UL) then (Output is UL)
- If (Error is US) and (Perubahan_Sudut is US) then (Output is UM)
- If (Error is US) and (Perubahan_Sudut is UM) then (Output is UL)
- If (Error is US) and (Perubahan_Sudut is UL) then (Output is UL)
- If (Error is UM) and (Perubahan_Sudut is UM) then (Output is UL)
- If (Error is UM) and (Perubahan_Sudut is UL) then (Output is UL)
- If (Error is UL) and (Perubahan_Sudut is UL) then (Output is UL)



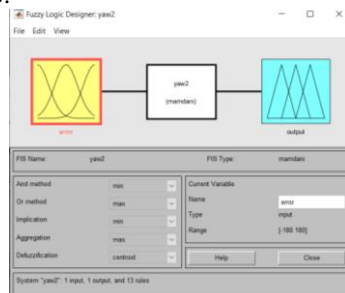
Gambar 9. Ilustrasi dari Aturan Kontrol Roll dan Pitch

Gambar 9 adalah surface viewer dari aturan fuzzy logic yang telah dibuat. Sumbu X merupakan

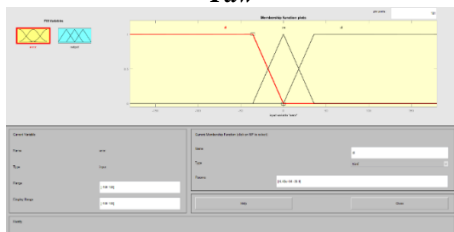
Input Error, sumbu Y merupakan *Input* perubahan sudut, dan sumbu Z yang merupakan *Output* sudut.

3.3. Fuzzy pada Sudut Yaw

Sudut yaw akan menggunakan sistem fuzzy yang menggunakan *input error* dan difuzzifikasi menjadi *output*. Sistem fuzzy logic dapat dilihat pada gambar 10.

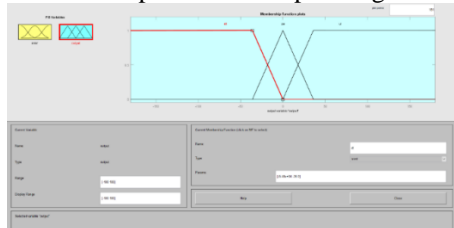


Gambar 10. Tampilan Fuzzy Logic Designer untuk Yaw



Gambar 11. Input Error

Input error dapat dilihat pada gambar 11 yang terdiri atas 3 *membership function* yaitu {DL, ZE, UL} berbentuk trimf (segitiga) dengan range yang digunakan berada pada -180 sampai dengan 180.

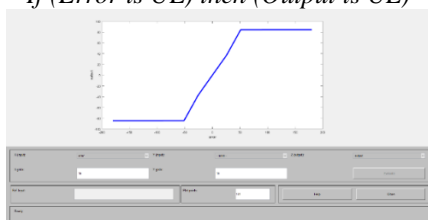


Gambar 12. Output Fuzzy

Output yang telah difuzzifikasi dapat dilihat pada gambar 12 yang terdiri atas 3 *membership function* yaitu {DL, ZE, UL} berbentuk trimf (segitiga) dengan range yang digunakan berada pada -180 sampai dengan 180.

Rule base menggunakan 3 aturan. Aturan tersebut dapat dilihat seperti berikut:

- *If (Error is DL) then (Output is DL)*
- *If (Error is ZE) then (Output is ZE)*
- *If (Error is UL) then (Output is UL)*



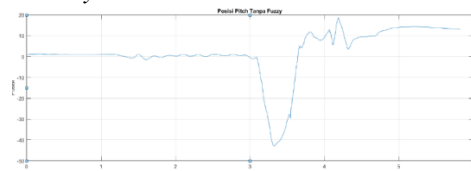
Gambar 13. Ilustrasi dari Aturan Kontrol Yaw

Gambar 13 adalah *surface viewer* dari aturan fuzzy logic yang telah dibuat. Sumbu X merupakan

Input Error dan sumbu Z yang merupakan *Output* sudut.

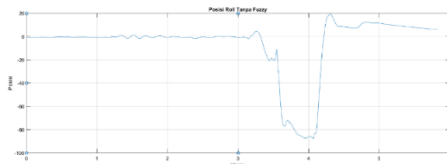
3.4. Hasil Tanpa Kontrol

Penelitian akan dimulai dengan memberi perintah yang terdapat pada *subsystem user command* MATLAB/SIMULINK untuk menerbangkan *drone* dalam ketinggian 1 meter. Langkah selanjutnya adalah mengambil hasil data penerbangan dan melakukan analisa. Dapat disimak pada gambar 14 sampai 16 merupakan hasil terbang *drone* tanpa menggunakan fuzzy logic control pada tiap sudut euler. Dengan melihat grafik dapat disimpulkan bahwa *drone* mengalami *error* yang sangat besar terhadap posisi yang diinginkan. Hal lain yang dapat disimpulkan adalah posisi *drone* tidak mencapai posisi *steady state* karena tidak diberi kontrol.



Gambar 14. Posisi Pitch Tanpa Fuzzy

Menurut gambar 14 posisi *pitch* tanpa menggunakan fuzzy tidak mencapai *steady state*. *Drone* kemudian mengalami *error* yang dialami sebesar 40% setelah terbang selama 3 detik dan terjatuh karena tidak ada kontrol untuk *error* yang ada.



Gambar 15. Posisi Roll Tanpa Fuzzy

Menurut gambar 15 posisi *roll* tanpa menggunakan fuzzy tidak mencapai *steady state*. *Drone* kemudian mengalami *error* yang dialami sebesar 80% setelah terbang selama 3 detik dan terjatuh karena tidak ada kontrol untuk *error* yang ada.



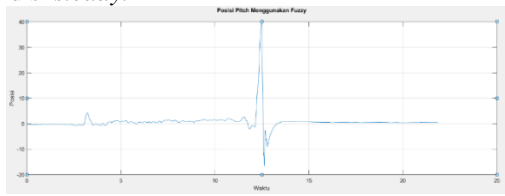
Gambar 16. Posisi Yaw Tanpa Fuzzy

Menurut gambar 16 posisi *yaw* tanpa menggunakan fuzzy tidak mencapai *steady state*. *Drone* kemudian mengalami *error* yang dialami sebesar 35% setelah terbang selama 3 detik dan terjatuh karena tidak ada kontrol untuk *error* yang ada.

3.5. Hasil Menggunakan Kontrol

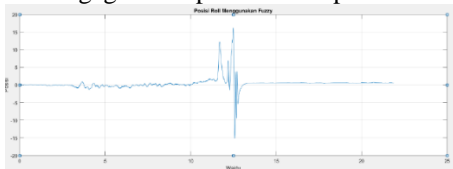
Pada eksperimen ini akan dilihat hasil terbang *drone* yang akan dikontrol oleh fuzzy hingga mencapai ketinggian 1 meter. Tiap sudut euler (*roll*,

pitch, dan *yaw*) akan dilampirkan pada gambar 17 sampai dengan gambar 19. Dengan melihat grafik dapat disimpulkan bahwa *drone* mencapai posisi yang diinginkan dan mempertahankan posisi dalam kondisi *steady*.



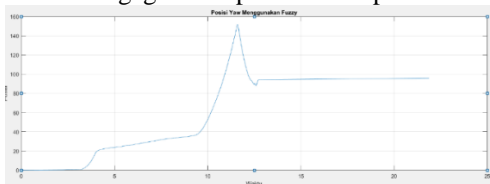
Gambar 17. Posisi Pitch Menggunakan Fuzzy

Menurut gambar 17 posisi *pitch* mengalami *steady* pada 4.5s. Posisi *drone* kemudian mengalami *overshoot* sebesar 5% dan *error* yang dialami sebesar 40% setelah gagal mempertahankan posisi *steady*.



Gambar 18. Posisi Roll Menggunakan Fuzzy

Menurut gambar 18 posisi *roll* mengalami *steady* pada 4.5s. posisi *drone* kemudian mengalami *overshoot* sebesar 2.5% dan mengalami *error* sebesar 12.5% setelah gagal mempertahankan posisi *steady*.



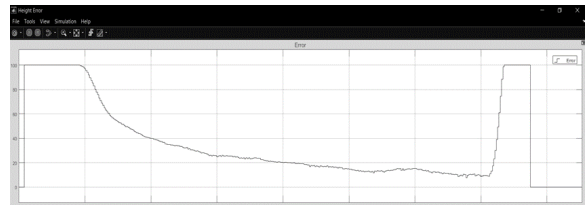
Gambar 19. Posisi Yaw Menggunakan Fuzzy

Menurut gambar 19 posisi *yaw* tidak mencapai posisi *steady*. *Drone* kemudian mengalami *overshoot* sebesar 20% dan mengalami *error* sebesar 140% setelah gagal mempertahankan posisi *steady*.



Gambar 20. Hasil Error Ketinggian Terbang Drone Tanpa Fuzzy

Gambar diatas merupakan hasil baca sensor *ultrasound*, dengan sumbu X yang merupakan ketinggian yang belum tercapai oleh *drone* (*error*) dan sumbu Y merupakan waktu pengujiannya. Hasil memberikan data *error* ketinggian dari *drone* yang diterbangkan tanpa menggunakan kontroler fuzzy. Dapat disimpulkan bahwa *drone* tidak berhasil mencapai ketinggian yang diperintahkan (1 meter) atau menghilangkan *error* yang dialami.



Gambar 21. Hasil Error Ketinggian Terbang Drone Menggunakan Fuzzy

Kemudian dapat dibandingkan hasil terbang dengan menggunakan kontroler fuzzy pada gambar 21. Dapat dilihat bahwa *drone* berhasil untuk meminimalisir *error* yang terjadi untuk mencapai ketinggian yang diperintahkan yaitu 1 meter. Tetapi, hasil kurang baik ini juga tidak luput dengan hubungan dari pengontrol sudut lain. Dari eksperimen dapat dilihat bahwa *drone* terbang dengan sudut *yaw* yang tidak sesuai sehingga mengakibatkan *drone* terbang berputar putar.

3.6. Analisa Data Hasil

Menurut hasil data dari percobaan tanpa dan dengan menggunakan kontrol fuzzy dapat disimpulkan bahwa fuzzy kontrol yang telah diaplikasikan pada *drone* dapat memperbaiki kondisi *drone* yang mengalami *error*. Hal ini diakibatkan oleh sinyal *error* yang telah didapat dari sensor *drone* telah difuzifikasi oleh *fuzzy logic control*. Dari hasil grafik penerbangan menggunakan kontrol fuzzy, hasilnya tentu lebih baik dari percobaan penerbangan tanpa menggunakan kontrol fuzzy yang dapat dilihat bahwa *drone* tidak mencapai posisi *steady* dan gagal memperbaiki *error* yang mengakibatkan *drone* jatuh dalam hanya 3s waktu terbang.

Program kontrol fuzzy yang telah dibuat masih memiliki kekurangan karena hasil data terbang kurang baik yang bisa terjadi karena kesalahan kalkulasi kecepatan motor pada *subsystem drone* atau karena pembacaan sensor yang dilakukan oleh *drone* sehingga *drone* tidak mencapai waktu *steady* yang lebih baik. Kemudian penambahan sistem fuzzy juga masih menghasilkan perbaikan *error* yang kurang responsif terhadap perubahan yang terjadi.

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil pada percobaan hasil terbang kontrol fuzzy pada *drone* menggunakan program *matlab/simulink*, kesimpulan yang dapat diambil antara lain:

- Sistem *drone* dengan kontrol fuzzy membantu *drone* dapat take-off menuju posisi x, y, z yang diinginkan (0, 0, 0) dibandingkan sistem tanpa kontrol yang tidak mampu mencapai posisi take-off. Hasil dengan kontrol juga membantu mengurangi OS% rata-rata menjadi 9%.
- Sistem menggunakan fuzzy logic control menunjukkan bahwa fuzzy merupakan sistem kontrol yang dapat mengurangi dan memperbaiki *error* yang terjadi di sudut roll, pitch dan yaw namun tidak berhasil mempertahankannya oleh

karena itu diperlukan sistem yang lebih responsif dan efektif terhadap perubahan yang terjadi.

Daftar Pustaka

- [1] Anonim-a, **BAKTI - Informasi Tentang Teknologi Gyroscope, Fungsi dan Cara Kerjanya yang Wajib Dibaca**, https://www.baktikominfo.id/id/informasi/pengertian/informasi_tentang_teknologi_gyroscope_fungsi_dan_cara_kerjanya_yang_wajib_dibaca-780 (accessed Oct. 28, 2022).
- [2] Anonim-b, **BAKTI - Pengertian, Fungsi dan Kelebihan Accelerometer yang Tak Banyak Orang Ketahui**, https://www.baktikominfo.id/id/informasi/pengertian/pengertian_fungsi_dan_kelebihan_accelerometer_yang_tak_banyak_orang_ketahui-785 (accessed Oct. 28, 2022).
- [3] A. Yulistiyanto, **Pembuatan Quadcopter Sebagai Pemantau Area Yang Dikendalikan Jarak Jauh Dan Diakses Melalui WEB**, 2013.
- [4] Nurhayati, **Implementasi Pid Kontrol Untuk Mengontrol Kestabilan Posisi Quadcopter Guna Mengidentifikasi Objek Dari Ketinggian Maksimal 6 Meter**, 2014.
- [5] F. Asadi, R. E. Bolanos, and J. Rodríguez, **Feedback Control Systems: The MATLAB/SIMULINK Approach**, Synthesis Lectures on Control and Mechatronics, vol. 4, no. 1, pp. 1–226, Apr. 2019, doi: 10.2200/S00909ED1V01Y201903CRM005.
- [6] M. R. Kaplan, A. Eraslan, A. Beke, and T. Kumbasar, **Altitude and Position Control of Parrot Mambo Minidrone with PID and Fuzzy PID Controllers**, ELECO 2019 - 11th International Conference on Electrical and Electronics Engineering, no. February 2020, pp. 785–789, 2019, doi: 10.23919/ELECO47770.2019.8990445.

	<p>Muhammad Arif Rahman menyelesaikan studi program sarjana di Program Studi Teknik Mesin Universitas Udayana dari tahun 2017 hingga sampai 2022. Menyelesaikan studi program sarjana dengan topik penelitian “Perancangan Sistem Kontrol Penerbangan Fuzzy untuk Stabilitas Drone Menggunakan Matlab/Simulink”.</p>
---	--

Performansi *Green Inhibitor* Berbasis Ekstrak Propolis *Kele-Kele* Terhadap Laju Korosi Sambungan Las Pipa Sch 40 Pada Medium Korosif NaCl 3.5%

I Made Suastika Jaya, I Nyoman Budiarsa, Dewa Ngakan Ketut Putra Negara¹⁾
Program Studi Teknik Mesin Universitas Udayana, Kampus Bukit Jimbaran Bali

Abstrak

Korosi merupakan kondisi dimana suatu logam mengalami penurunan mutu yang diakibatkan oleh reaksi elektrokimia terhadap lingkungannya. Upaya pengendalian dan perawatan berkala merupakan faktor penting dalam pencegahan korosi. Terdapat berbagai macam cara pengendalian korosi dan salah satunya penggunaan inhibitor korosi berbasis bahan alami. Bahan alami dipilih karena bersifat ramah terhadap lingkungan, mudah didapatkan, dan biaya yang relatif murah. Didalam propolis *Trigona Sp.* Terdapat senyawa antioksidan yang meliputi senyawa fenol dan flavonoid. Propolis yang bersifat ramah terhadap lingkungan dapat digunakan sebagai inhibitor korosi berbasis bahan alami dalam upaya pengendalian korosi pada sambungan las pipa Sch 40 pada lingkungan korosif NaCl 3,5 %. Dalam penelitian kali ini memakai teori kehilangan berat sesuai dengan pedoman ASTM G31 – 72, dengan variasi penambahan inhibitor sebanyak 0, 4, 6, 8 ml dengan waktu perendaman selama 336 jam. Kemudian dilakukan pengamatan morfologi permukaan terkorosi dengan foto struktur mikro, pengujian FTIR untuk mengetahui kandungan yang terdapat didalam propolis. Hasil yang didapat nilai laju korosi menurun pada variasi inhibito sebanyak 4 ml senilai 1,374 mpy, pada penambahan inhibitor 6 ml menjadi 1,148 mpy dan puncaknya terdapat pada variasi inhibitor sebanyak 8 ml dengan nilai laju korosi sebesar 0,903 mpy dan efisiensi inhibitor terdapat pada penambahan inhibitor 8 ml dengan efisiensi sebesar 84%. Hal ini menunjukkan inhibitor ekstrak propolis *Trigona Sp.* (*kele-kele Bali*) layak disebut *Green Inhibitor*.

Kata Kunci : Pipa Sch 40; Propolis; *Trigona Sp.*; Inhibitor organik; Metode kehilangan berat; NaCl 3,5 %

Abstract

Corrosion is a condition in which a metal experiences a decrease in quality caused by an electrochemical reaction to its environment. Efforts to control and periodic maintenance is an important factor in the prevention of corrosion. There are various ways of controlling corrosion and one of them is the use of corrosion inhibitors based on natural materials. Natural materials were chosen because they are friendly to the environment, easy to obtain, and relatively inexpensive. In the propolis *Trigona Sp.* There are antioxidant compounds which include phenolic compounds and flavonoids. Propolis which is friendly to the environment can be used as a corrosion inhibitor based on natural materials in an effort to control corrosion in welding joints of Sch 40 pipes in a corrosive environment of 3.5% NaCl. In this study, the theory of weight loss was used according to ASTM G31 – 72 guidelines, with variations in the addition of 0, 4, 6, 8 ml of inhibitor with a soaking time of 336 hours. Then observed the corroded surface morphology with microstructure photos, FTIR testing to determine the content contained in propolis. The results obtained showed that the corrosion rate decreased in the 4 ml inhibito variation with a value of 1.374 mpy, with the addition of 6 ml inhibitor it became 1.148 mpy and the peak was in the 8 ml inhibitor variation with a corrosion rate value of 0.903 mpy and the efficiency of the inhibitor was found in the addition of 8 ml inhibitor with an efficiency of 84%. This shows the propolis extract inhibitor *Trigona Sp.* (*Balinese kele-kele*) deserves to be called *Green Inhibitor*.

Keywords: Sch 40 pipe; Propolis; *Trigona Sp.*; Organic inhibitors; Weight loss method; NaCl 3,5%

1. Pendahuluan

Negara Indonesia merupakan salah satu negara dimana dua per tiga luas wilayahnya terdiri dari bentang lautan. Indonesia masuk dalam kategori negara beriklim tropis dengan curah hujan yang tinggi, sehingga dalam kondisi lingkungan seperti ini menyebabkan tingkat korosifitas semakin meningkat. Karena pada dasarnya korosi merupakan kerusakan akibat dari reaksi kimia antara logam atau paduan logam dengan lingkungannya [1].

Penggunaan material berjenis baja karbon pada era saat ini sudah banyak di aplikasikan pada dunia industri umumnya digunakan sebagai material pembuatan tangki, sistem saluran perpipaan, dan struktur lainnya yang penyimpanannya tertanam di bawah permukaan

tanah ataupun di dasar laut. Pada dunia industri, terjadinya korosi disebabkan peralatan yang terbuat dari baja karbon dimana sebagian besar akan mengalami kontak langsung dengan lingkungan atau kondisi lainnya. Korosi menjadi salah satu masalah pada dunia industri karena korosi menyebabkan beberapa kerugian baik secara material maupun finansial, Adapun beberapa contoh kerugian yang di akibatkan seperti pengurangan efisiensi kinerja alat, kerusakan pada instalasi alat atau produk, dan biaya perawatan yang tinggi. Korosi sulit dihindari, akan tetapi korosi dapat dikendalikan dengan penggunaan inhibitor laju korosi dapat dihambat. Inhibitor korosi merupakan zat kimia yang jika di tambahkan dalam medium korosif, dapat menyebabkan penurunan laju korosi pada suatu material logam

[2]. Material baja karbon rendah yang banyak digunakan salah satunya yaitu pipa Sch 40. Industri manufaktur atau pabrik - pabrik menggunakan pipa Sch 40 untuk mengalirkan berbagai macam fluida. Seperti cairan bahan bakar, cairan produk atau bahan produksi, menyalurkan air bersih, dan sebagainya.

Pipa Sch 40 merupakan sebuah pipa yang sudah menempuh proses percobaan pengetesan dengan tekanan air, aman sampai pada tekanan 40 kg/cm². Pengertian pipa *Schedule* (Sch) 40 secara utuh, dapat didefinisikan sebagai pipa dengan kekuatan pengetesan sampai pada tekanan maksimum 40 kg/cm². Pipa akan ditunjukkan oleh pabrik pembuat dengan sertifikat yang telah di disetujui oleh badan sertifikasi [3]. Dalam pengaplikasian pipa pada lingkungan industri tidak terlepas dari proses penyambungan (*joint*), salah satu metode penyambungan yang umum digunakan yaitu sambungan las listrik (SMAW) dengan parameter dan standar yang telah ditetapkan sehingga diharapkan instalasi perpipaan (*piping*) dalam dunia industri menghasilkan inovasi terbaru khususnya dalam hal penanganan korosi pada pipa dan sejenisnya.

Cara untuk mengurangi dan menghambat laju korosi diantaranya dengan penggunaan zat inhibitor. Inhibitor organik dari ekstrak bahan alami menjadi suatu solusi, dikarenakan terbukti aman penggunaannya, mudah untuk didapatkan, biaya lebih murah, dan ramah terhadap lingkungan, serta bersifat *biodegradable*. Ekstrak bahan alam khususnya senyawa yang didalamnya mengandung atom O, S, P, dan N serta atom - atom lainnya yang mempunyai pasangan elektron bebas sehingga dapat berguna sebagai ligan yang dapat membentuk suatu senyawa kompleks dengan suatu logam.

Penelitian ini memiliki tujuan untuk mengetahui kandungan atau komposisi kimia didalam ekstrak propolis *Kele - kele*, dan pengaruh penambahan inhibitor sebanyak 4, 6, dan 8 ml pada medium korosif NaCl 3,5 % terhadap laju korosi sambungan las pipa Sch 40 dan melihat morfologi permukaan logam yang terkorosi.

2. Dasar Teori

2.1 Prinsip Dasar Korosi

Korosi adalah suatu kondisi dimana terjadi degradasi material logam dan paduannya sebagai efek reaksi elektrokimia material tersebut terhadap lingkungannya (Trethewey, K R, and Chamberlain, 1995) [4]. Lingkungan yang berkaitan dengan korosi tersebut dapat berbentuk cair, padat, gas dan sebagainya [5].

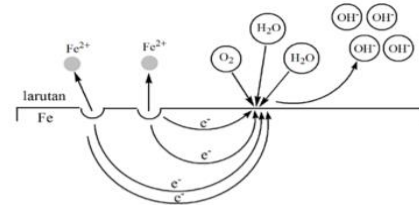
2.2 Faktor Penyebab Terjadinya Korosi

Korosi pada logam dan paduannya terjadi akibat dengan adanya beberapa faktor yang

mempengaruhi logam dan paduannya, faktor tersebut antara lain :

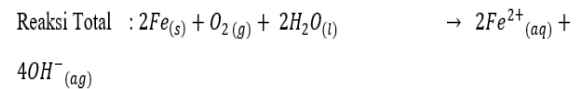
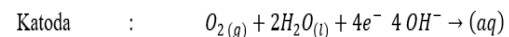
1. Faktor Elektrokimia

Terjadinya korosi melibatkan reaksi kimia dan elektrokimia. Reaksi ini memiliki hubungan dengan perpindahan elektron yang terjadi pada logam dan paduannya. Elektron yang bermuatan negatif akan berpindah yang menyebabkan terjadinya perpindahan arus listrik. Hal ini disebabkan oleh potensial listrik.



Gambar 1. Reaksi Elektrokimia pada Besi

Reaksi elektrokimia yang terjadi pada besi dalam proses korosi :



2. Faktor Lingkungan

Faktor perubahan lingkungan juga merupakan salah satu faktor terjadinya korosi. Pengaruh lingkungan terhadap laju korosi antara lain [5] : Pengaruh oksigen, pengaruh kecepatan, pengaruh temperatur, dan pengaruh konsentrasi lingkungan.

3. Faktor Metalurgi

Faktor metalurgi menjadi salah satu faktor bawaan dari material ini. Faktor metalurgi dapat menentukan sebuah logam menjadi tahan korosi, kecepatan proses korosi yang mungkin terjadi dalam suatu kondisi, jenis korosi yang paling mudah terjadi pada logam, serta lingkungannya yang menyebabkan korosi terjadi terhadap logam.

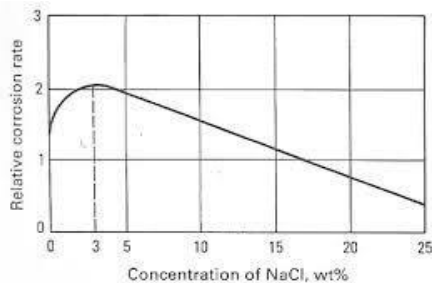
Tabel 1. Seri Galvanik Logam dan Beberapa Paduannya

Katodic ↑	Platina
	Emas
	Titanium
	Perak
	Perunggu
	Tembaga

<p>↓</p> <p>Anodic</p>	Kuningan
	Timah
	Besi tuang
	Baja atau besi
	Aluminium 2024
	Kadmium
	Aluminium murni komersial (1100)
	Magnesium dan paduannya

2.3 Pengaruh Konsentrasi NaCl 3,5%

Garam dapur yang mempunyai nama kimia Natrium Klorida adalah senyawa kimia dengan rumus molekulnya yaitu NaCl. Adanya elektrolit garam NaCl dapat dijadikan medium korosif yang dapat mempercepat proses terjadi korosi. Ion – ion elektrolit akan membantu menghantarkan electron – electron bebas yang lepas dari reaksi reduksi pada katoda dan oksidasi pada anoda.



Gambar 2. Pengaruh konsentrasi NaCl terhadap Laju Korosi

Kadar atau nilai konsentrasi NaCl yang semakin tinggi didalam sebuah larutan dapat menyebabkan semakin besar pula konduktivitas larutan tersebut. Hal ini dapat mempercepat laju korosi pada logam. Namun jika konsentrasi terlalu pekat akan menyebabkan kelarutan agen pereduksi menurun sehingga terjadi penurun laju korosi. Hal ini terjadi oleh karena tingkat kejenuhan dari pada larutan NaCl tersebut, sehingga dapat membentuk sejenis endapan yang tidak dapat bereaksi dan akhirnya mengurangi agen pereduksi di dalam larutan tersebut.

2.4 Pengendalian Korosi

Prinsip utama teoritis mengenai terjadinya proses korosi dapat menjelaskan dari pada mekanisme terjadinya suatu korosi, serta dapat dilakukan beberapa upaya pengendalian dan pencegahan terjadinya korosi. Salah satu yang menjadi cara pencegahan korosi yaitu dengan penggunaan inhibitor. Inhibitor merupakan suatu zat kimia yang dapat memperlambat reaksi kimia, Sedangkan pengertian dari inhibitor korosi yaitu zat kimia yang bila ditambahkan kedalam lingkungan,

dapat menurunkan laju korosi lingkungannya terhadap suatu material logam.

2.5 Inhibitor Organik

Inhibitor organik dapat dipakai sebagai inhibitor korosi dikarenakan struktur heteroatom yang dimilikinya seperti sulfur, nitrogen, dan oksigen. Beberapa kelompok fungsi ditampilkan dalam Tabel 2.3. Gugus fungsi ini menunjukkan senyawa yang melekat pada rantai utama sehingga meningkatkan kemampuan molekul inhibitor untuk melindungi luas permukaan.

Tabel 2. Beberapa gugus fungsi dalam inhibitor organik [5].

Struktur	Nama	Struktur	Nama
-OH	hydroxyl	-CONH2	amide
-C≡C-	yne	-SH	thiol
-C-O-C-	epoxy	-S-	sulfide
-COOH	carboxy	-S=O	sulfoside
-C-N-C-	amine	-C=S-	thio
-NH2	amino	-P=O-	phosphonium
-NH	imino	-P-	phospo
-NO2	nitro	-As-	arsano
-N=N-N-	triazole	-Se-	seleno

Salah satu sifat dari inhibitor organik yaitu ramah lingkungan, dimana bahan yang digunakan banyak tersedia di alam dan sumber terbarukan. Penggunaan inhibitor organik sintetik telah beralih menjadi senyawa organik ramah lingkungan. Hal ini dapat memicu munculnya bahan dasar inhibitor organik dari bahan alam. Bahan yang sering digunakan pada inhibitor organik yaitu bagian dari tumbuhan seperti ekstrak dari biji, buah, daun, maupun batang. Selain itu juga dapat dari ekstrak bunga sansievera, merica hitam, madu, maupun propolis lebah [6].

2.6 Lebah *Trigona Sp.* (Kele – kele Bali)

Lebah *Trigona Sp.* (*Apidae*) merupakan jenis lebah yang tidak menyengat (*stingless bee*), namun dapat menggunakan gigitannya dan kerumunan sebagai upaya untuk pertahanan jika dalam keadaan bahaya. Beberapa jenis lebah *Trigona Sp.* hidup dalam koloni atau sosial. Biasanya didalam sarangnya terdapat lebah ratu, lebah pekerja, telur kantong madu, serta propolis. Di Bali, khususnya daerah Badung, Tabanan, Klungkung, dan Karangasem beberapa masyarakatnya sudah mulai melakukan budidaya lebah jenis *Trigona Sp.* (*Kele – Kele Bali*) dengan cara dibuatkan kotak – kotak kecil dan ditempatkan di areal kebun dan pekarangan rumah. Adapun upaya pemenuhan suplai makanan dibuatkan vegetasi buatan seperti penanaman bunga air terjun pengantin, dan bunga santos lemon sebagai pakan favorit dari Lebah *Trigona sp.*

Produksi madu *Kele - kele* sangat bergantung pada besarnya koloni mereka. Produksi madu maupun produksi lainnya yang tergantung pada

jumlah lebah pekerja yang bertugas mencari pakan menjadi pengaruh dari besarnya koloni mereka. Propolis merupakan lapisan tipis berwarna coklat yang dapat menyelimuti kantung madu dan kantung *bee pollen*. Propolis ini menjadi lem lebah yang digunakan sebagai pertahanan diri untuk melindungi diri dari serangan predator. Oleh karena itu, propolis akan diproduksi lebih banyak daripada madu. Propolis dapat dipengaruhi oleh jenis, umur tumbuhan, serta asal propolis. Komposisi dari propolis meliputi: resin dan balsam $\pm 50\%$, lilin (wax) $\pm 10\%$, pollen $\pm 5\%$, senyawa organik, dan mineral $\pm 5\%$ [7].

2.7 Pengelasan SMAW

Proses pengelasan SMAW (*Shield Metal Arc Welding*) yang sering disebut dengan Las Busur Listrik merupakan sebuah proses pengelasan yang menggunakan panas. Panas yang digunakan tersebut berfungsi sebagai pencair logam induk dan bahan pengisi (elektroda), panas yang dihasilkan dari loncatan ion listrik yang terjadi diantara anoda dan katoda. Besarnya tingkat panas yang dihasilkan dari loncatan ion listrik tersebut kisaran 4000° sampai dengan 4500° Celcius.

Terdiri dua macam tegangan yang digunakan dalam proses pengelasan ini diantaranya arus AC (bolak – balik) dan arus DC (searah). Pengelasan terjadi karena proses kontak diantara ujung dari elektroda las dan logam induk, sehingga menimbulkan hubungan arus pendek, dalam momen ini ahli las (*welder*) melakukan penarikan elektroda sesuai jalur las yang diinginkan maka terbentuklah busur listrik yang menimbulkan efek panas. Panas inilah yang akan mencairkan elektroda las dan logam induk, maka akan mengakibatkan cairan dari elektroda dan cairan dari logam induk akan menyatu dan membentuk logam hasil lasan (*weld metal*)

3. Metode Penelitian

3.1 Bahan Penelitian

- Propolis lebah *Trigona Sp.* (Kele – kele Bali)
- Pipa Sch 40 *seamless* diameter $\frac{3}{4}$ inch
- NaCl 3,5%
- Aquades

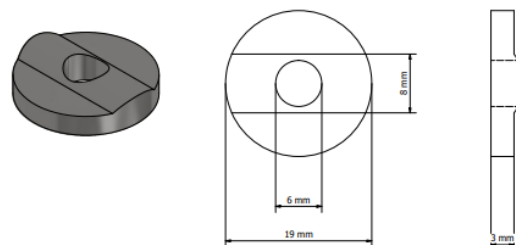
3.2 Preparasi Sampel Uji

- Ekstraksi Inhibitor Korosi
Propolis diekstrak menggunakan metode maserasi yang dicampur dengan campuran etanol 70%, kemudian dilakukan proses evaporasi (*rotary evaporator*) untuk mendapatkan ekstrak propolis yang pekat.
- Pengelasan pipa
Pipa Sch 40 di las menggunakan las SMAW dengan posisi pengelasan 1G (pipa berputar terhadap sumbu horizontal),

arus elektroda sebesar 144 A, dan elektroda yang digunakan tipe E6013 diameter 3,2 mm.

- Pengeboran hasil pengelasan pipa

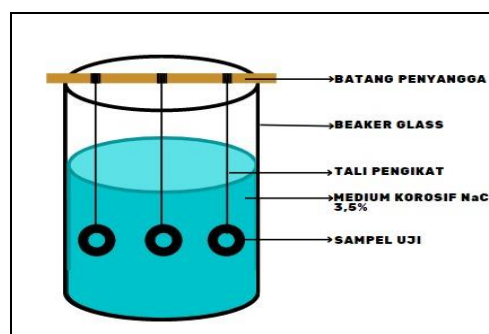
Bagian sambungan las pipa kemudian di bor menggunakan mata bor *Holesaw* berdiameter 19 mm. Kemudian sampel di bersihkan dan dihaluskan, sampel siap untuk dilakukan pengujian.



Gambar 3. Dimensi Sampel Uji

- Pembuatan medium korosif NaCl 3,5%

Media korosif dalam penelitian ini adalah NaCl dengan kadar 3,5%. Adapun cara pembuatannya dengan melarutkan naCl sebanyak 35 gram dengan aquades sebanyak 1 liter, sehingga dapat disebut kadar NaCl dalam larutan sebesar 3,5%. Selanjutnya dilakukan perendaman sampel uji kedalam larutan korosif dengan variasi penambahan inhibitor sebanyak 4, 6, dan 8 ml.



Gambar 4. Proses perendaman sampel uji dalam medium korosif NaCl 3.5%

3.3 Pengujian (*Fourier Transform Infrared*) FTIR

Pengujian FTIR untuk memperoleh informasi profil komposisi kimia dilakukan pada sampel propolis. FTIR dapat mengukur vibrasi dari ikatan antara gugus fungsi, sehingga menghasilkan spektrum yang dianggap sebagai sidik jari metabolik (*metabolic fingerprint*). Data spektrum FTIR yang digunakan berada pada kisaran bilangan gelombang 3996.21 sampai dengan 399.24 cm^{-1} . Uji FTIR dilakukan di Laboratorium Penelitian Terpadu, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Udayana dengan menggunakan alat uji FTIR IRPrestige-21 SHIMADZU.

3.4 Pengujian Korosi

Metode *weight losses* atau kehilangan berat merupakan salah satu cara untuk mendapatkan nilai laju korosi. Nilai berat sampel yang berkurang setelah pengujian perendaman berlangsung sesuai dengan standar pengujian korosi ASTM G31-72, laju korosi dapat dihitung menggunakan rumus :

1. Pengurangan berat

Pengurangan berat pada sampel uji dihitung dengan menghitung berat awal sampel sebelum perendaman dan berat akhir setelah perendaman, dengan persamaan :

$$\Delta W = W_0 - W_1$$

Dimana:

ΔW = Pengurangan Berat

W_0 = Berat Awal Sampel (g)

W_1 = Berat Akhir Sampel (g)

2. Laju Korosi (*mpy*)

Laju korosi dapat dihitung menggunakan persamaan :

$$CR = \frac{KW}{AT\rho}$$

Dimana :

CR = Laju Korosi / *Corrosion Rate* (*mpy*)

W = Kehilangan berat / *Weight loss* (g)

K = Konstanta ($3,45 \times 10^6$)

ρ = Densitas spesimen (g/cm^3)

A = Luas permukaan / *Surface area* (cm^2)

T = Waktu / *Exposure Time* (jam)

3. Efisiensi Inhibitor (%)

$$\eta = \frac{CR_x - CR_y}{CR_x} \times 100\%$$

Dimana :

η = Efisiensi Inhibitor (%)

CR_x = Laju Korosi (*Corrosion Rate*) tanpa inhibitor (*mpy*)

CR_y = Laju Korosi (*Corrosion Rate*) dengan inhibitor (*mpy*)

3.5 Foto Mikro

Pengamatan foto mikro dilakukan untuk mengetahui kondisi dari material uji. Pengamatan yang dilakukan biasanya melibatkan batas butir dari fasa-fasa yang ada dalam suatu bahan atau material tersebut. Perbesaran yang digunakan adalah 5x. Uji foto mikro dilakukan di Laboratorium Metalurgi, Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Udayana dengan menggunakan alat uji microscope Nikon LV 150NL.

3.6 Variabel Penelitian

a. Variabel bebas

Variasi penambahan inhibitor ekstrak propolis *Trigona Sp. (Kele – kele Bali)* sebanyak 0, 4, 6, dan 8 ml ke dalam medium korosif NaCl 3,5% dengan waktu perendaman 336 Jam.

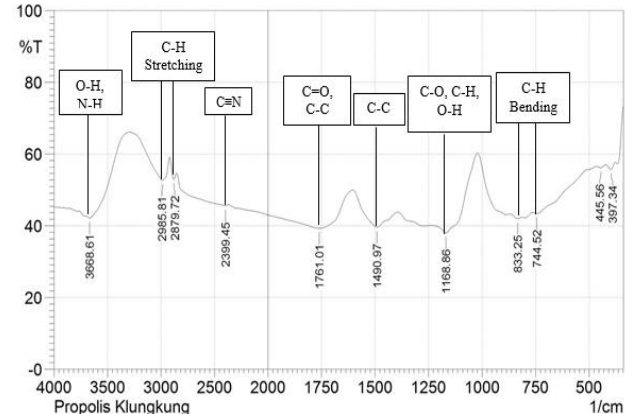
b. Variabel terikat

Senyawa kimia *Green Inhibitor*, nilai laju korosi (*Corrosion Rate*), efisiensi inhibitor, dan morfologi permukaan sampel uji.

4. Hasil Dan Pembahasan

4.1 Hasil Uji *Fourier Transform InfraRed* (FTIR)

Tujuan dari pengujian ini adalah untuk menganalisis kandungan kimia yang terdapat didalam inhibitor ekstrak propolis *Trigona Sp. (Kele -kele Bali)*. Hasil dari pengujian FTIR didapat data berupa gelombang, dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Grafik FTIR Ekstrak Propolis *Trigona Sp. (Kele – kele Bali)*

Dari grafik pada gambar, dapat dianalisis beberapa ikatan senyawa yang terdapat dalam ekstrak propolis sesuai dengan peaknya, dapat dijabarkan sesuai table dibawah ini :

Tabel 3. Analisa Gugus Fungsi Ekstrak Propolis

No	Serapan Peak (cm-1)	Ikatan	Tipe Senyawa
1.	744.52 & 833.25	C-H bending	Alkana
2.	1168.86	C-O, C-H, O-H	Alkohol, Asam Karbosilat, Ester
3.	1490.97	C-C	Aromatik
4.	1761.01	C=O, C-O	Aldehida, Keton
5.	2399.45	C≡N	Nitril
6.	2879.72 & 2985.81	C-H stretching	Alkana
7.	3668.61	OH-, N-H	Alkohol, Fenol (ikatan H), Amina

Dari hasil analisa pada Tabel 3, kandungan senyawa yang terdapat dalam ekstrak propolis berupa fenol. Senyawa fenol mempunyai gugus

hidroksil (OH⁻) yang dapat berfungsi sebagai anti oksidan. Antioksidan menjadi zat penghambat proses reduksi oksigen (oksidasi), sehingga ekstrak propolis *Trigona Sp. (Kele – kele Bali)* dapat dikatakan berpotensi menghambat laju korosi.

4.2 Hasil Pengujian Weight Losses

Berikut merupakan hasil data pengujian pengurangan berat pada sampel sebelum (W₀) dan sesudah (W₁) perendaman dalam medium korosif NaCl 3,5% selama 336 jam.

Tabel 4. Data Pengurangan Berat Sampel Uji

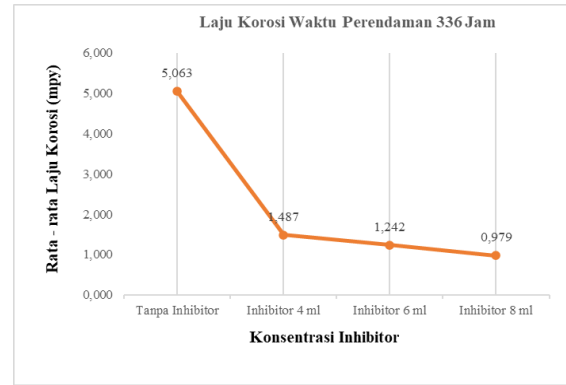
No.	Konsentrasi Inhibitor (ml)	Berat (gr)			Rata-rata ΔW
		W ₀	W ₁	ΔW	
1A	Tanpa Inhibitor	6,653	6,568	0,085	0,090
2A		6,570	6,482	0,088	
3A		6,054	5,958	0,096	
1B	Inhibitor 4 ml	6,843	6,817	0,026	0,026
2B		6,419	6,394	0,025	
3B		6,448	6,420	0,028	
1C	Inhibitor 6 ml	6,796	6,773	0,023	0,022
2C		6,388	6,367	0,021	
3C		6,776	6,754	0,022	
1D	Inhibitor 8 ml	6,604	6,588	0,016	0,017
2D		6,617	6,599	0,018	
3D		6,672	6,654	0,018	

Dari Tabel 4 dapat dihitung laju korosi dan efisiensi dari inhibitor, hasil penghitungan laju korosi dan efisiensi inhibitor ditampilkan pada tabel dibawah ini :

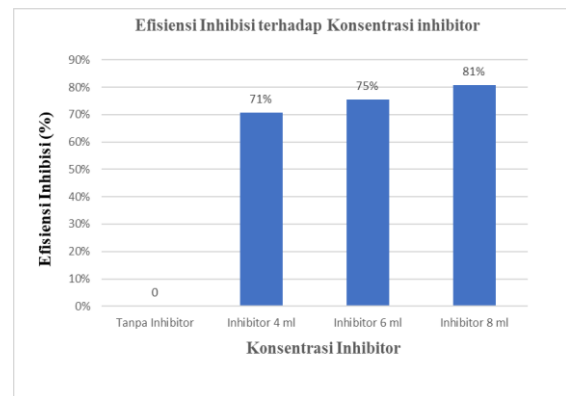
Tabel 5. Nilai laju Korosi dan Efisiensi Inhibitor

No.	Laju Korosi (mpy)	Rata-rata Laju Korosi (mpy)	Efisiensi Inhibitor (%)
1A	4,799	5,063	-
2A	4,969		
3A	5,421		
1B	1,468	1,487	71%
2B	1,412		
3B	1,581		
1C	1,299	1,242	75%
2C	1,186		
3C	1,242		
1D	0,903	0,979	81%
2D	1,016		
3D	1,016		

Berdasarkan data hasil perhitungan laju korosi dan efisiensi inhibitor, sehingga didapatkan grafik sebagai berikut :



Gambar 6. Grafik Laju Korosi

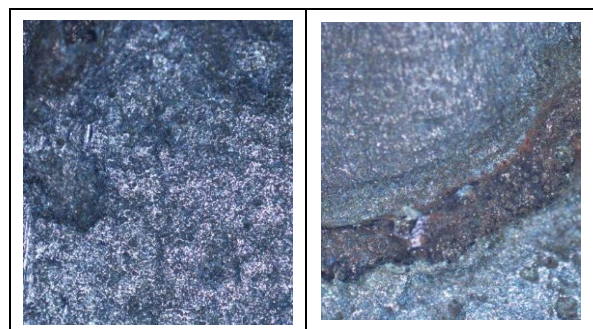


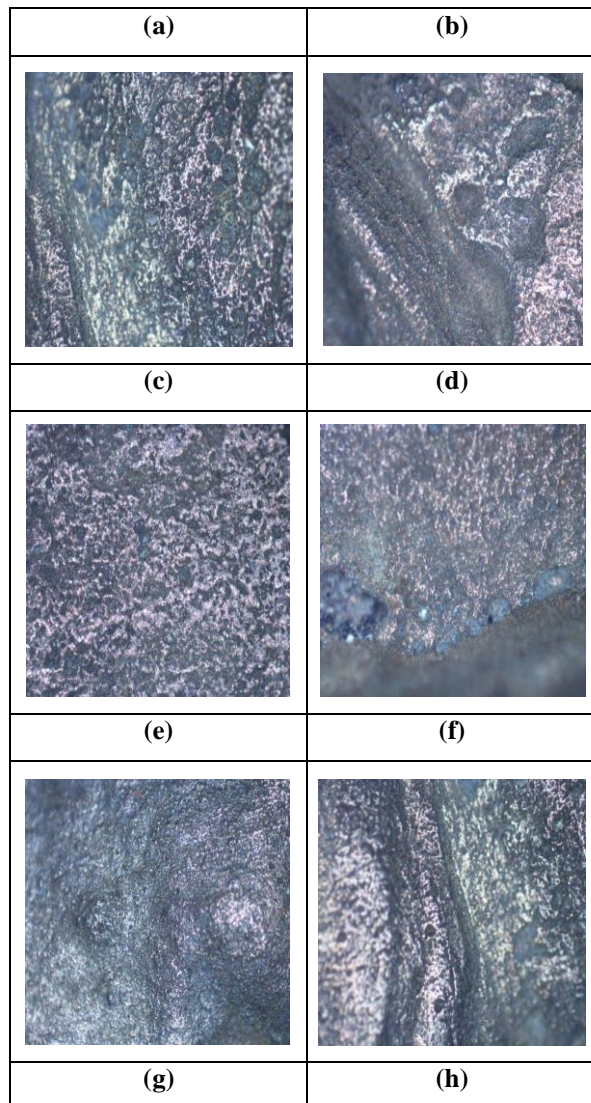
Gambar 7. Grafik Efisiensi Inhibitor

Seperti yang terlihat pada grafik diatas semakin bertambahnya konsentrasi inhibitor yang diberikan pada medium korosif, dapat menghambat laju korosi pada sampel uji, dilihat dari data penghitungan laju korosi diperoleh sebnilai 5,816 mpy untuk sampel uji tanpa pemberian inhibitor, dimana nilai laju korosi tersebut sangat besar dibandingkan dengan penambahan inhibitor organik sebesar 4, 6, dan 8 ml. Selain itu nilai efisiensi inhibitor yang didapat untuk sampel uji dengan pemberian inhibitor sebanyak 8 ml mempunyai tingkat efisiensi tertinggi dibandingkan dengan sampel uji yang di tambahkan inhibitor 4 ml dan 6 ml.

4.3 Hasil Foto Mikro

Untuk mengamati morfologi permukaan sampel uji yang terkorosi digunakan pengamatan foto mikro, seperti ditunjukkan pada gambar dibawah :





Gambar 8. Hasil Pengamatan Foto Mikro Sampel Uji

Hasil pengamatan struktur mikro pada perbesaran 5x dapat dilihat pada di atas yang merupakan sampel tanpa proteksi inhibitor (a) dan (b), yang menunjukkan adanya cacat berbentuk rongga pada bagian sambungan las SMAW. Porositas di sekitar permukaan antarmuka las disebabkan oleh udara yang terperangkap selama pengelasan material/sampel, yang menyebabkan korosi. Karena merupakan saluran masuk oksigen, ia mengeluarkan elektron Fe ketika oksigen masuk, menyebabkan kekurangan elektron Fe, yang menyebabkan korosi. Gambar (c) dan (d) adalah fotomikrograf sampel dengan penambahan inhibitor sebanyak 4 ml, menunjukkan bahwa produk menunjukkan cacat termasuk kotoran yang terperangkap pada antarmuka las dan porositas udara yang terperangkap dalam bahan las. Beberapa lubang (porositas), tetapi tidak sebanyak pada sampel tanpa inhibitor, karena ditambahkan ekstrak propolis, yang mencegah korosi. Gambar (e) dan (f) menunjukkan permukaan sampel dengan penambahan inhibitor 6 ml, dan juga dapat dilihat bahwa permukaan tersebut memiliki lubang-lubang

kecil dan beberapa produk cacat berupa kotoran yang terperangkap dari sambungan las. Selain itu, gambar (g) dan (h) menunjukkan permukaan sampel dengan penambahan 8 mL inhibitor, lubang (porositas) dan kotoran kurang terlihat dibandingkan dua sampel sebelumnya yang diberi perlakuan penambahan inhibitor korosi. . . Hal ini karena lapisan pelindung ekstrak propolis (*Kele - kele*) terbentuk pada permukaan pipa Sch 40 dan sambungan las. Diperkirakan lubang-lubang kecil pada permukaan sampel terjadi karena lapisan pelindung yang terbentuk tidak cukup menutupi retakan kecil pada permukaan sampel atau tidak meluas hingga retakan kecil pada permukaan sampel, sehingga bagian yang tidak tertutup dengan baik akan lebih cepat terkorosi.

5. Simpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan dapat disimpulkan sebagai berikut:

- Ekstrak propolis *Trigona sp. (Kele – kele Bali)* setelah diuji FTIR untuk mengetahui komposisi kimia yang terdapat didalamnya, dan dengan hasil yang menunjukkan terdapat kandungan senyawa fenol. Gugus hidroksil (OH-) yang terdapat dalam fenol dapat berfungsi sebagai anti oksidan, dimana antioksidan ini dapat menghambat proses reduksi oksigen (oksidasi), inhibitor dapat memproteksi spesimen uji dengan membentuk lapisan tipis pada permukaan spesimen, sehingga ekstrak propolis *Kele – kele* layak disebut sebagai *Green Inhibitor*.
- Pengaruh konsentrasi penambahan inhibitor sebanyak 4, 6, dan 8 mililiter dalam medium NaCl 3,5% mampu menurunkan laju korosi pada sambungan las pipa Sch 40, dalam pengujian perendaman selama 336 jam dengan penambahan inhibitor sebanyak 4 mililiter nilai korosi yang didapat senilai 1,374 mpy, inhibitor 6 mililiter nilai korosi senilai 1,148 mpy, 8 mililiter nilai korosi senilai 0,903 mpy. Nilai efisiensi maksimum penambahan inhibitor terdapat pada penambahan inhibitor sebanyak 8 ml yaitu sebesar 84%.
- Hasil pengamatan morfologi permukaan spesimen terkorosi menggunakan mikroskop struktur mikro memperlihatkan permukaan spesimen uji yang tanpa inhibitor terdapat banyak produk korosi pada permukaan maupun bagian sambungan las, sedangkan pada spesimen yang terinhibisi produk korosi mulai berkurang seiring penambahan inhibitor sebanyak 4 ml, 6 ml, dan puncaknya pada penambahan inhibitor 8 ml ditandai dengan berkurangnya lubang (porositas) dan kotoran pada permukaan spesimen.

Daftar Pustaka

- [1] Jones, D., 1996. *Principles and Prevention*

of Corrosion. Prentice - Hall.

- [2] Park, M., 2018. *Corrosion in Materials* 41 (13), 13-16
<https://doi.org/10.31399/asm.hb.v13b.9781627081832>
- [3] Jokosisworo, S. 2008. **Studi Komparasi Pipa Sch 40 Galvanize Dengan Sch 40 Non Galvanize Pada Sistem Pipa Ballast Dikaji Dari Segi Teknis Dan Ekonomis**. 1–4.
- [4] Trethewey, K R, and Chamberlain, J., 1995. *Corrosion for Science and Engineering, Second Edition*. United States: N. p., 1995. Web., 2.
- [5] Gapsari, F., Press, U. B., Media, U. B., & Soenoko, R., 2017. **Pengantar Korosi**. Universitas Brawijaya Press.
<https://books.google.co.id/books?id=FFpVDwAAQBAJ>
- [6] Mulyaningsih, N., Mujiarto, S., & Ubaydilah, G., 2019. **Pengaruh Daun Jambu Biji Sebagai Inhibitor Korosi Alami Rantai Kapal**. *Journal of Mechanical Engineering*, 3(1).
- [7] Watiniasih, N. L., Budiarsa, I. N., Antara, I. N. G., & Wiradana, P. A., 2022. *Propolis Extract as a Green Bacterial Corrosion Inhibitor on Three Types of Metals*. *Jurnal Biodiversitas*, 23(9), 4852–4860.

	<p>I Made Suastika Jaya Menyelesaikan Studi S1 di Universitas Udayana Program Studi Teknik Mesin Tahun 2022.</p>
<p>Konsentrasi Penelitian Bidang Rekayasa Manufaktur</p>	

Kekuatan Sambungan Dan Ketahanan Korosi Melalui Penambahan *Filler Zinc* Pada Las Titik *Dissimilar* Antara Aluminium AL 1100 Dan Baja Tahan Karat SS 316

Gede Jovial Jumaniana Jaya, I Nyoman Budiarsa, Dewa Ngakan Ketut Putra
Negara

Program Studi Teknik mesin Universitas Udayana, Kampus Bukit Jimbaran Bali

Abstrak

Las titik merupakan salah satu metode pengelasan yang dapat digunakan untuk menyambungkan plat logam yang tipis dan dapat diaplikasikan pada industri otomotif. Ada beberapa parameter yang mempengaruhi kekuatan sambungan yang dihasilkan pada las titik. Parameter yang diketahui dan dapat mempengaruhi hasil sambungan las pada penelitian ini diantaranya adalah penggunaan sambungan dissimilar pada logam, diameter taper elektroda yang digunakan, lamanya waktu penekanan saat proses pengelasan, dan penambahan filler zinc pada sambungan las. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui kekuatan sambungan las melalui pengujian geser dan ketahanan logam terhadap korosi pada sambungan dissimilar antara logam AL 1100 dan SS 316 dengan penambahan filler zinc. Hasil data yang diperoleh dari pengujian geser adalah tegangan geser dan regangan. Sambungan las yang memiliki tegangan geser maksimum tertinggi adalah sambungan pada penggunaan variasi ($\varnothing 7\text{mm}$, 1detik, filler zinc) dengan tegangan geser maksimum sebesar 66,5 MPa. Hasil dari pengujian korosi adalah pengamatan korosi secara visual pada logam dan nilai laju korosi, serta efisiensi penggunaan filler zinc. Pada pengamatan visual, sampel uji yang tanpa filler zinc mengalami perubahan yang signifikan dibandingkan sampel yang menggunakan filler zinc. Untuk laju korosi yang dimiliki oleh sampel yang tanpa filler zinc adalah 12,586 mpy sedangkan pada sampel yang menggunakan filler zinc memiliki laju korosi sebesar 4,413 mpy. Sehingga filler zinc ini memiliki efisiensi sebesar 64,9%. Berdasarkan pengujian korosi yang dilakukan, filler zinc sebagai anoda korban dapat berfungsi dengan baik dalam memperlambat laju korosi pada sambungan dissimilar antara logam AL 1100 dan SS 316.

Kata Kunci: sambungan dissimilar, las titik, aluminium 1100, stainless steel 316, uji korosi, uji geser.

Abstract

Spot welding is a welding method that can be used to connect thin metal plates and can be applied to the automotive industry. There are several parameters that affect the strength of the resulting joint at a given point. Parameters that are known and can affect the results of welded joints in this study include the use of different joints on the metal, the diameter of the taper electrode used, the pressing time during the welding process, and the addition of zinc filler to the weld joint. The purpose of this study was to determine the strength of the welded connection through testing and the metal's resistance to corrosion at different joints between AL 1100 and SS 316 metals with the addition of zinc filler. The results of the data obtained from the shear test are the shear stress and strain. Welded joints that have the maximum shear stress are connections with variations ($\varnothing 7\text{mm}$, 1s, zinc filler) with a maximum shear stress of 66.5 MPa. The results of the test are a visual assessment of corrosion of the metal and the rate of corrosion, as well as the efficiency of using zinc filler. On visual observation, the test sample without zinc filler experienced a significant change compared to the sample using zinc filler. The corrosion rate of the sample without zinc filler is 12,586 Mpy while the sample using zinc filler has a corrosion rate of 4,413 Mpy. So that this zinc filler has an efficiency of 64.9%. Based on the corrosion tests carried out, zinc filler as a sacrificial anode can work well in slowing the corrosion rate at different joints between AL 1100 and SS 316 metals.

Keywords: dissimilar connection, spot welding, aluminum 1100, stainless steel 316, corrosion test, shear test.

1. Pendahuluan

Seiring kemajuan teknologi, terutama pada industri di bidang otomotif salah satu contohnya adalah pada bagian *body* kendaraan dalam pengembangan kualitas material yang dapat dilas dan sebagai tambahan dapat mempertahankan kondisinya terhadap korosi. Terdapat 2000-5000 sambungan yang menggunakan las titik pada kendaraan modern karena penggunaan plat tipis juga diterapkan pada perakitan *body* kendaraan [1]. Pengelasan titik adalah suatu proses dialirkannya tekanan listrik pada dua elektroda yang menuju

pada logam yang ingin disambungkan dan menghasilkan energi panas sehingga terdapat satu atau lebih titik sambungan [2].

Pada saat ini, metode pengelasan yang dikembangkan salah satunya adalah dengan metode penyambungan logam yang tidak sejenis atau dengan kata lain penyambungan *dissimilar* logam, dengan tujuan untuk mendapatkan kualitas material yang kuat dan ringan dalam mempertahankan bobot kendaraan sehingga pada pemakaian bahan bakar kendaraan menjadi lebih efisien [3].

Material logam dapat mengalami korosi. Korosi ini dapat terjadi karena adanya reaksi yang berupa reaksi elektrokimia dengan lingkungan disekitar logam, sehingga material berbahan logam ataupun paduannya dapat mengalami kerusakan akibat korosi [4]. Maka dari itu diperlukan suatu metode yang dapat menghambat proses korosi atau laju korosi yang dialami suatu logam terutama pada penggunaan logam untuk sambungan las titik.

Metode yang dapat menjadi solusi untuk menghambat laju korosi pada logam adalah salah satunya dengan penggunaan anoda korban atau *sacrificial anode*. Metode ini merupakan pengendalian korosi yang sengaja membuat logam yang memiliki sifat lebih reaktif menjadi dikorbankan sehingga logam tersebut dapat sebagai pelindung korosi [5]. Pada metode ini, logam yang sengaja dikorbankan ini disebut sebagai anoda dan logam yang dilindungi atau diproteksi disebut sebagai katoda. Dalam hal ini, logam yang digunakan sebagai anoda haruslah bersifat lebih *anodic* dibandingkan logam yang digunakan sebagai katoda. Karena logam yang lebih *anodic* adalah jenis logam yang lebih mudah mengalami korosi dibandingkan logam katoda yang digunakan, Sehingga logam yang sebagai anoda dapat berfungsi sebagai proteksi katodik atau anoda korban. Pada umumnya, logam yang dapat digunakan sebagai anoda korban atau *sacrificial anode* adalah Al, Zn, dan Mg [5].

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kekuatan geser dan ketahanan korosi dengan penambahan *filler zinc* pada sambungan las titik *dissimilar* antara logam AL 1100 dan SS 316.

2. Dasar Teori

2.1 Material Logam

- Logam SS 316
Logam *Stainless Steel* 316 atau SS 316 merupakan jenis logam yang mengandung unsur kromium-molibdenum-nikel [6].
- Logam AL 1100
Logam Aluminium 1100 atau AL 1100 merupakan jenis logam dengan seri 1XXX yang memiliki komposisi aluminium murni tetapi tidak sepenuhnya berkomposisi aluminium. Unsur lainnya dapat berupa Si, Fe, Mn, dan Cu [7].
- Logam *Zinc*
Logam seng atau *zinc* untuk anoda korban adalah yang berkomposisi *zinc* murni. Unsur lainnya dapat berupa Al, Fe, dan Cd [8].

2.2 Panas yang dihasilkan saat pengelasan

Panas yang dihasilkan yang dimaksud adalah jumlah panas yang masuk pada benda kerja karena dialirkan arus listrik melewati benda kerja. Ada tiga faktor yang mempengaruhi jumlah panas yang dihasilkan, diantaranya adalah arus, resistansi, dan

durasi arus. Ketiga faktor ini dapat dinyatakan dalam persamaan berikut [9]:

$$Q = I^2Rt \quad (1)$$

Dimana:

- Q = total masukan panas (joule)
- I = Arus (Ampere)
- R = Resistansi elektrik (Ω)
- t = Durasi arus (detik)

Pada penelitian ini menggunakan parameter durasi arus sebagai waktu penekanan saat proses pengelasan titik untuk memvariasikan spesimen uji. Karena semakin lama waktu penekanan, maka semakin banyak jumlah masukan panas yang dihasilkan sehingga berpengaruh pada kekuatan sambungan las yang dimiliki.

2.3 Kualitas Las Titik

Salah satu standar prosedur untuk mengetahui diameter taper elektroda pada las titik adalah berdasarkan tebal material yang dimiliki. Umumnya, hal ini bertujuan untuk mendapatkan diameter taper elektroda yang dibutuhkan pada spesimen yang dimiliki [10]. Standar diameter taper elektroda ini telah direkomendasikan oleh beberapa industri dan dapat ditentukan dengan persamaan berikut [11].

- Menurut standar AWS/ANSI/AISI, ukuran diameter taper elektroda dapat ditentukan dengan persamaan berikut:

$$D = 4t^{0.5} \quad (2)$$

Dimana:

- D = diameter las (mm)
- t = ketebalan benda kerja (mm)

- Menurut standar DVS 2923178 Jerman, dan JIS Z3140177 Jepang, ukuran diameter taper elektroda dapat ditentukan dengan persamaan berikut:

$$D = 5t^{0.5} \quad (3)$$

Dimana:

- D = diameter las (mm)
- t = ketebalan benda kerja (mm)

2.4 Seri Galvanik logam

Berikut merupakan beberapa seri galvanik pada logam tertentu.

Tabel 1. Deret galvanik [5]

<i>katodic</i> ↑	Emas
	Perak
	Perunggu
	Tembaga
	Kuningan
	Timah
	Besi tuang
	Baja atau besi
	Aluminium 2024

<p style="text-align: center;">anodic</p>	Kadmium
	Aluminium murni komersial (1100)
	Seng
	Magnesium dan paduannya

Berdasarkan tabel 1, dapat diketahui bahwa logam *zinc* yang digunakan pada penelitian ini bersifat lebih *anodic* dibandingkan AL 1100 dan SS 316 yang merupakan jenis baja. Maka, *filler zinc* dapat digunakan sebagai anoda korban atau *sacrificial anode*.

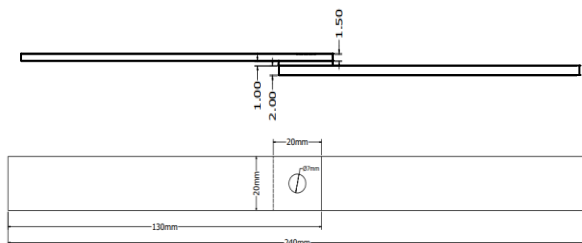
3. Metode Penelitian

3.1 Bahan Penelitian

- Plat logam aluminium AL 1100, tebal 2mm.
- Plat baja tahan karat SS 316, tebal 1,5mm
- Plat logam *zinc*, tebal 1mm
- Larutan Aseton

3.2 Pengujian Geser

Sampel uji pengujian geser menggunakan standar JIS Z3138 (1989)



Gambar 1. Skema sampel pengujian geser

Pengujian geser ini didapatkan data tentang tegangan geser maksimum. Berikut persamaan dalam pengujian geser:

$$\tau = \frac{Ps}{A} \quad (4)$$

Dimana:

τ = Tegangan geser maksimum (MPa)

Ps = Beban geser (N)

A = Luas penampang (mm^2)

3.3 Pengujian Korosi

Pengujian korosi ini didapatkan data tentang laju korosi berdasarkan metode kehilangan berat. Berikut persamaan untuk menentukan laju korosi[12]:

$$CR = \frac{KW}{AT\rho} \quad (5)$$

CR = laju korosi / *corrosion rate* (mpy)

W = kehilangan berat / *weight loss* (g)

K = konstanta

ρ = densitas sampel uji (g/cm^3)

A = luas permukaan / *surface area* (cm^2)

T = waktu / *time* (jam)

3.4 Variabel penelitian

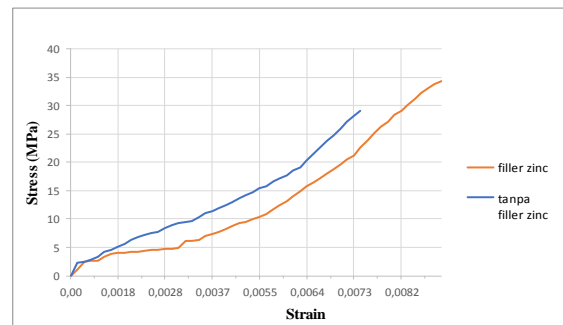
- Variabel bebas
Variasi diameter taper elektroda ukuran $\varnothing 5\text{mm}$, $\varnothing 6\text{mm}$, dan $\varnothing 7\text{mm}$ dengan waktu penekanan 1detik dan 2detik pada penggunaan *filler zinc* dan tanpa *filler zinc*.
- Variabel terikat
Tegangan geser dan Laju korosi

4. Hasil dan Pembahasan

4.1 Hasil Pengujian Geser

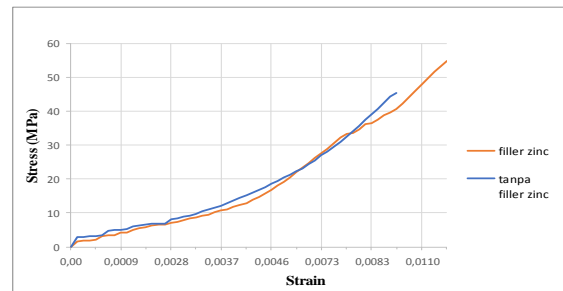
Pada pengujian geser terhadap sambungan las titik dengan variasi diameter taper, waktu penekanan, dan penggunaan *filler zinc* maupun tanpa *filler zinc* didapatkan data yang berupa grafik dan tabel sebagai berikut.

- Hasil pengujian geser ($\varnothing 5\text{mm}$, 1detik, dengan dan tanpa *filler zinc*)



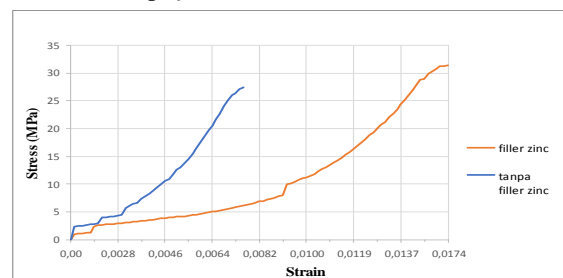
Gambar 2. Grafik uji geser ($\varnothing 5\text{mm}$, 1detik, dengan dan tanpa *filler zinc*)

- Hasil pengujian geser ($\varnothing 5\text{mm}$, 2detik, dengan dan tanpa *filler zinc*)



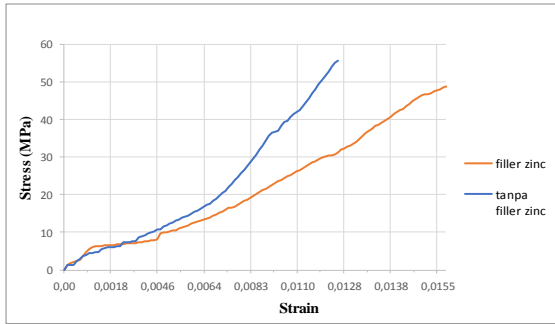
Gambar 3. Grafik uji geser ($\varnothing 5\text{mm}$, 2detik, dengan dan tanpa *filler zinc*)

- Hasil pengujian geser ($\varnothing 6\text{mm}$, 1detik, dengan dan tanpa *filler zinc*)



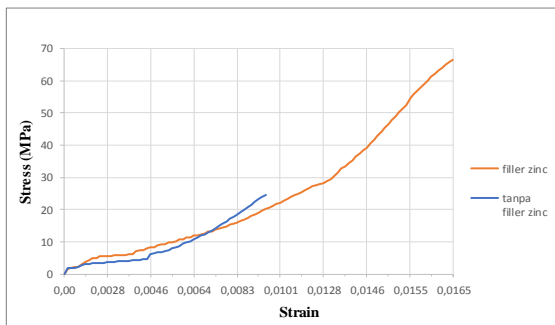
Gambar 4. Grafik uji geser ($\varnothing 6\text{mm}$, 1detik, dengan dan tanpa *filler zinc*)

- Hasil pengujian geser ($\varnothing 6\text{mm}$, 2detik, dengan dan tanpa *filler zinc*)



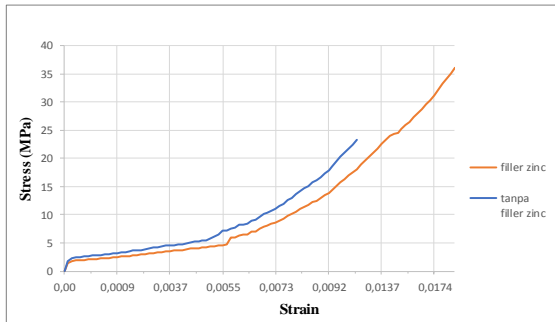
Gambar 5. Grafik uji geser ($\varnothing 6\text{mm}$, 2detik, dengan dan tanpa *filler zinc*)

- Hasil pengujian geser ($\varnothing 7\text{mm}$, 1detik, dengan dan tanpa *filler zinc*)



Gambar 6. Grafik uji geser ($\varnothing 7\text{mm}$, 1detik, dengan dan tanpa *filler zinc*)

- Hasil pengujian geser ($\varnothing 7\text{mm}$, 2detik, dengan dan tanpa *filler zinc*)



Gambar 7. Grafik uji geser ($\varnothing 7\text{mm}$, 2detik, dengan dan tanpa *filler zinc*)

- Hasil perhitungan uji geser
Data yang diperoleh dari pengujian geser adalah beban geser (N) dan regangan (mm), yang selanjutnya dihitung dengan persamaan pengujian geser untuk menentukan nilai tegangan geser maksimum pada sampel uji. Grafik diatas sudah dikonversikan menjadi grafik perbandingan tegangan geser (MPa) dan regangan. Nilai tegangan geser maksimum pada setiap sampel uji dapat dilihat pada tabel hasil perhitungan pengujian geser dengan parameter-parameter yang telah ditentukan ketika proses pengelasan sambungan AL 1100 dan SS 316. Tabel yang dimaksud adalah sebagai berikut.

Tabel 2. Data Hasil Perhitungan Uji Geser

No	Variasi			Tegangan Geser Maks.
	Diameter taper	Waktu tekan	Jenis Sambungan	
1	$\varnothing 5 \text{ mm}$	1	Tanpa <i>filler zinc</i>	29
2	$\varnothing 5 \text{ mm}$	1	<i>filler zinc</i>	34,4
3	$\varnothing 5 \text{ mm}$	2	Tanpa <i>filler zinc</i>	45,4
4	$\varnothing 5 \text{ mm}$	2	<i>filler zinc</i>	54,8
5	$\varnothing 6 \text{ mm}$	1	Tanpa <i>filler zinc</i>	27,4
6	$\varnothing 6 \text{ mm}$	1	<i>filler zinc</i>	31,4
7	$\varnothing 6 \text{ mm}$	2	Tanpa <i>filler zinc</i>	55,7
8	$\varnothing 6 \text{ mm}$	2	<i>filler zinc</i>	48,8
9	$\varnothing 7 \text{ mm}$	1	Tanpa <i>filler zinc</i>	24,5
10	$\varnothing 7 \text{ mm}$	1	<i>filler zinc</i>	66,5
11	$\varnothing 7 \text{ mm}$	2	Tanpa <i>filler zinc</i>	23,3
12	$\varnothing 7 \text{ mm}$	2	<i>filler zinc</i>	36,1

4.2 Analisa Hasil Pengujian Geser

Berdasarkan hasil data uji geser diatas, terdapat beberapa faktor yang menjadi pengaruh pada penggunaan variasi terhadap kekuatan sambungan las titik dalam pengujian geser. Faktor-faktor tersebut adalah sebagai berikut.

Penggunaan variasi diameter taper elektroda $\varnothing 5\text{mm}$, $\varnothing 6\text{mm}$, dan $\varnothing 7\text{mm}$ pada sampel uji sambungan las titik. Berdasarkan data yang diperoleh, sampel uji yang memiliki tegangan geser maks. tertinggi adalah sambungan las dengan penggunaan diameter taper elektroda $\varnothing 7\text{mm}$ (waktu tekan 1detik) yang memiliki tegangan geser sebesar 66,5 MPa. Menurut standar DVS 2923178 Jerman, dan JIS Z3140177 Jepang, ukuran dari diameter taper elektroda berdasarkan tebalnya plat yang digunakan dapat ditentukan dengan persamaan $D = 5t^{0.5}$. Dimana t merupakan tebal plat dalam satuan mm. Pada penelitian ini digunakan plat AL 1100 dengan tebal 2mm dan plat SS 316 dengan tebal 1,5mm, dari persamaan tersebut didapatkan standar untuk ketebalan plat AL 1100 yang memiliki tebal 2mm adalah dengan diameter taper elektroda 7mm dan standar untuk ketebalan plat SS 316 yang memiliki tebal 1,5mm adalah dengan diameter taper elektroda 6mm. Namun berdasarkan hasil data pengujian geser yang telah dilakukan, penggunaan diameter taper elektroda $\varnothing 7\text{mm}$ (waktu tekan 1detik) memiliki tegangan geser maks. lebih tinggi dibandingkan penggunaan diameter taper elektroda 5mm dan 6mm untuk sambungan *dissimilar* antara AL 1100 dan SS 316 yang memiliki ketebalan plat yang berbeda.

Penggunaan variasi waktu penekanan 1 detik dan 2 detik pada sampel uji sambungan las titik.

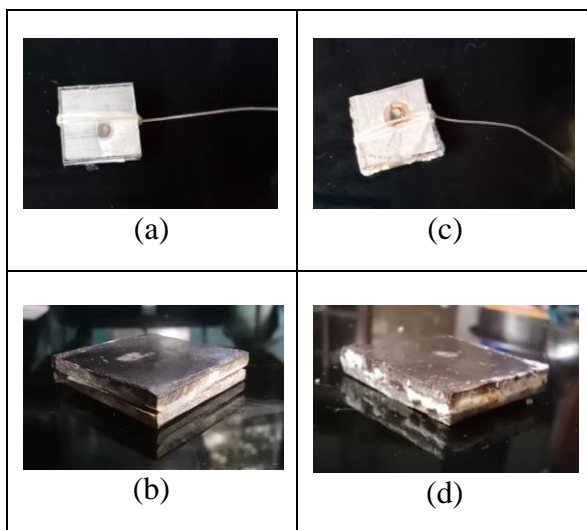
Hasil pengujian sambungan las pada variasi diameter taper 5mm dan 6mm yang menggunakan waktu penekanan 2 detik lebih baik dibandingkan yang menggunakan waktu penekanan 1 detik dan sebaliknya untuk hasil pengujian sambungan las pada variasi diameter taper 7mm yang menggunakan waktu penekanan 1 detik lebih baik dibandingkan yang menggunakan waktu penekanan 2 detik. Hal ini didasarkan pada persamaan masukan panas yaitu $Q = I^2Rt$. Bila nilai t (waktu) yang diberikan semakin besar maka nilai Q (panas) yang diperoleh juga akan semakin besar, sehingga waktu penekanan pada saat proses pengelasan dapat berpengaruh pada kekuatan sambungan las terhadap pengujian geser.

Penggunaan variasi dengan *filler zinc* dan tanpa *filler zinc* pada sampel uji sambungan las titik. Sampel uji yang memiliki sambungan las terbaik adalah sambungan las dengan penggunaan *filler zinc*. Dimana pada setiap sampel uji terdapat peningkatan kekuatan sambungan las bila ditambahkan *filler zinc*. Namun berbeda dengan sambungan las pada penggunaan diameter taper 6mm dengan waktu penekanan 2 detik yang kekuatannya menjadi menurun bila ditambahkan *filler zinc*. Hal ini dapat dipengaruhi karena faktor penggunaan diameter taper dan waktu penekanannya sehingga bila ditambahkan *filler zinc* akan berpengaruh pada kekuatan sambungan las yang dihasilkan.

4.3 Hasil Pengujian Korosi

Dari pengujian yang dilakukan, didapatkan hasil yang berupa pengamatan korosi dan nilai laju korosi pada sampel yang diujikan. Berikut adalah hasil dari pengujian korosi.

a. Hasil Pengamatan Visual



Gambar 8. Sampel hasil pengujian korosi

Gambar (a) dan (b) adalah sampel dengan *filler zinc*, sedangkan gambar (c) dan (d) adalah sampel yang tanpa *filler zinc*. Berdasarkan pengamatan visual yang dilakukan, dapat dikatakan bahwa *filler*

zinc sebagai *Sacrificial Anode* dapat berfungsi dengan baik. Hal ini ditunjukkan pada sampel yang tanpa *filler zinc* mengalami perubahan yang signifikan dibandingkan sampel yang dengan *filler zinc*, yaitu ditandai dengan menumpuknya butiran garam pada bagian celah sambungan las yang tanpa *filler zinc*, berbeda dengan sampel yang menggunakan *filler zinc* terlihat lebih bersih. Selain itu kedua sampel mengalami perubahan warna pada logam AL 1100 menjadi kehitaman, akan tetapi sampel yang dengan *filler zinc* perubahan warna yang dialami lebih sedikit dibandingkan sampel yang tanpa *filler zinc*. Sehingga ditambahkan *filler zinc* dapat mempengaruhi ketahanan korosi pada logam sambungan las titik.

b. Nilai laju korosi dan efisiensi *filler zinc*

Dari pengujian korosi yang dilakukan, didapatkan data kehilangan berat sebagai berikut :

Tabel 3. Data kehilangan berat sampel uji

Status sampel	Waktu (T)	Berat		
		W0 (g)	W1 (g)	ΔW (g)
<i>Filler zinc</i>	168 jam	9,388	9,375	0,013
Tanpa <i>filler zinc</i>	168 jam	7,830	7,793	0,037

Berdasarkan data kehilangan berat yang diperoleh, maka dapat ditentukan laju korosi dan efisiensi *filler zinc* dari sampel yang telah diujikan. Berikut merupakan hasil dari perhitungannya :

Tabel 4. Hasil perhitungan laju korosi dan efisiensi *filler zinc*

Status sampel	Laju korosi (mpy)	Efisiensi <i>filler zinc</i>
<i>Filler zinc</i>	4,413	64,9%
Tanpa <i>filler zinc</i>	12,586	

Efisiensi *filler zinc* tersebut dapat diperoleh dengan menggunakan persamaan berikut [12]:

$$\eta(\%) = \frac{(CR_{unanoded} - CR_{anoded})}{CR_{unanoded}} \times 100\% \quad (6)$$

Dimana:

η = Efisiensi anoda

$CR_{unanoded}$ = laju korosi tanpa anoda (mpy)

CR_{anoded} = laju korosi dengan anoda (mpy)

5. Simpulan

Dari hasil pengujian yang dilakukan, maka dapat disimpulkan sebagai berikut :

- Dari hasil pengujian geser, sambungan las yang memiliki nilai tegangan geser maks. tertinggi tanpa *filler zinc* adalah pada variasi (\varnothing 6mm, 2detik) dengan nilai tegangan geser maks. sebesar 55,7. Serta yang memiliki nilai

tegangan geser maks. tertinggi dengan *filler zinc* adalah sambungan las pada variasi (\varnothing 7mm, 1detik) dengan nilai tegangan geser maks. sebesar 66,5 MPa. Maka, dengan ditambahkannya *filler zinc* dapat mempengaruhi kekuatan las titik terhadap pengujian geser.

- b. Dari pengamatan visual dan perhitungan laju korosi, *filler zinc* sebagai *sacrificial anode* dapat berfungsi dengan baik dalam memperlambat laju korosi pada sambungan *dissimilar* antara logam AL 1100 dan SS 316. Pada sampel yang dengan *filler zinc* memiliki laju korosi sebesar 4,413 *mpy*, sedangkan sampel yang tanpa *filler zinc* memiliki laju korosi sebesar 12,586 *mpy*.

Daftar Pustaka

- [1] Pouranvari, M., & Marashi, S. P. H, 2013, *Critical review of automotive steels spot welding: Process, structure and properties*, Science and Technology of Welding and Joining, 18(5), 361–403.
- [2] Charde, N, 2003, *Effects of Electrode Deformation on Carbon Steel Weld Geometry of Resistance Spot Welding*, Archives of ..., 1(2), 1–12.
- [3] Rusmawan, D. D., & Hendrawan, M. A, 2014, *Studi Pengaruh Arus Dan Waktu Pengelasan Terhadap Sifat Mekanik Sambungan Las Titik (Spot Welding) Logam Tak Sejenis*. 6–13.
- [4] Haryono, G., Sugiarto, B., & Tanoto, H. F. dan Y, 2010, *Ekstrak Bahan Alam sebagai Inhibitor Korosi*, Pengembangan Teknologi Kimia untuk Pengolahan Sumber Daya Alam Indonesia Yogyakarta. www.chem-is-try.org
- [5] Gapsari, F., Press, U. B., Media, U. B., & Soenoko, R, 2017, *Pengantar Korosi*. Universitas Brawijaya Press. <https://books.google.co.id/books?id=FFpVDwAAQBAJ>
- [6] Sandmeyer, S, 2014, *Specification Sheet: Alloy 316 / 316L. 1*, 9–11.
- [7] ASTM International, 1996, *Standard Specification For Aluminum And Aluminum-Alloy Sheet And Plate*. In ASTM International, pp. 296–325.
- [8] Ihza, T. dan D, 2022, *Proteksi Katodik Menggunakan Zinc Anode Untuk Menghambat Korosi Pada Lambung Kapal*, Port Link Vii Jakarta, 3(1), 56–62.

- [9] Aslanlar, S., Ogur, A., Ozsarac, U., & Ilhan, E, 2008, *Welding time effect on mechanical properties of automotive sheets in electrical resistance spot welding*. Materials and Design, 29(7), 1427–1431. <https://doi.org/10.1016/j.matdes.2007.09.004>
- [10] Williams, N. T., & Parker, J. D, 2004, *Review of resistance spot welding of steel sheets: Part 1 - Modelling and control of weld nugget formation*. International Materials Reviews, 49(2), 45–75. <https://doi.org/10.1179/095066004225010523>
- [11] Pouranvari, M., Asgari, H. R., Mosavizadch, S. M., Marashi, P. H., & Goodarzi, M, 2007, *Effect of weld nugget size on overload failure mode of resistance spot welds*. Science and Technology of Welding and Joining, 12(3), 217–225. <https://doi.org/10.1179/174329307X164409>
- [12] Mulyaningsih, N., Mujiarto, S., & Ubaydilah, G, 2019, *Pengaruh Daun Jambu Biji Sebagai Inhibitor Korosi Alami Rantai Kapal*. Journal of Mechanical Engineering, 3(1). <https://doi.org/10.31002/jom.v3i1.1523>



Gede Jovial Jumaniana Jaya

- a. Menyelesaikan studi di SMKN 1 Denpasar tahun 2018
- b. Program studi S1 Teknik Mesin Universitas Udayana tahun 2018-2022.

Penelitian ini adalah bagian dari bidang konsentrasi Rekayasa Manufaktur