

# TUGAS AKHIR

## UJI PERFORMA MESIN DIESEL DARI BIODIESEL CAMPURAN MINYAK GORENG SISA DAN MINYAK BIJI MIMBA

*Diajukan Untuk Memenuhi Syarat Memperoleh  
Gelar Sarjana Teknik Mesin Pada Fakultas Teknik  
Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara*

Disusun Oleh:

**MUHAMMAD RASYID RIDHO PULUNGAN**  
2107230177P



**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA  
MEDAN  
2023**

## HALAMAN PENGESAHAN

Tugas Akhir ini diajukan oleh:

Nama : Muhammad Rasyid Ridho Pulungan  
NPM : 2107230177P  
Program Studi : Teknik Mesin  
Judul Tugas Akhir : Uji Performa Mesin Diesel Dari Biodiesel Campuran Minyak Goreng Sisa Dan Minyak Biji Mimba  
Bidang Ilmu : Konstruksi Manufaktur

Telah berhasil dipertahankan dihadapan Tim Penguji dan diterima sebagai salah satu syarat yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

Medan, 19 Agustus 2023

Mengetahui dan Menyetujui:

Dosen Penguji I



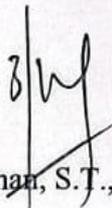
Sudirman Lubis, S.T., M.T.

Dosen Penguji II



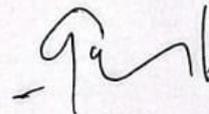
H. Muhamrif M, S.T., M.Sc.

Dosen Penguji III



Suherman, S.T., M.T.

Program Studi Teknik Mesin  
Ketua,



Chandra A. Siregar, S.T., M.T.

## SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama Lengkap : Muhammad Rasyid Ridho Pulungan  
Tempat /Tanggal Lahir : Pematang Siantar, 30 Mei 2000  
NPM : 2107230177P  
Fakultas : Teknik  
Program Studi : Teknik Mesin

Menyatakan dengan sesungguhnya dan sejujurnya, bahwa laporan Tugas Akhir saya yang berjudul:

**“Uji Performa Mesin Diesel Dari Biodiesel Campuran Minyak Goreng Sisa Dan Minyak Biji Mimba”**,

Bukan merupakan plagiarisme, pencurian hasil karya milik orang lain, hasil kerja orang lain untuk kepentingan saya karena hubungan material dan non-material, ataupun segala kemungkinan lain, yang pada hakekatnya bukan merupakan karya tulis Tugas Akhir saya secara orisinal dan otentik.

Bila kemudian hari diduga kuat ada ketidaksesuaian antara fakta dengan kenyataan ini, saya bersedia diproses oleh Tim Fakultas yang dibentuk untuk melakukan verifikasi, dengan sanksi terberat berupa pembatalan kelulusan/kesarjanaan saya.

Demikian Surat Pernyataan ini saya buat dengan kesadaran sendiri dan tidak atas tekanan ataupun paksaan dari pihak manapun demi menegakkan integritas akademik di Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

Medan, 19 Agustus 2023  
Saya yang menyatakan,



Muhammad Rasyid Ridho Pulungan

## ABSTRAK

Biodiesel minyak goreng sisa- minyak biji mimba (WCONO) merupakan bahan bakar potensial untuk mesin diesel. Biodiesel WCONO memerlukan proses pemurnian awal yang disebut degumming dan proses perlakuan awal asam sebelum mengubahnya menjadi metil ester menggunakan proses transesterifikasi. Penelitian ini mencampur bahan bakar dari biodiesel WCONO dan solar dengan perbandingan volume yang berbeda (10% hingga 40% campuran biodiesel dengan 90% hingga 60% solar). Biodiesel WCONO dan bahan bakar campuran memenuhi standar ASTM D6751 dan EN 14214. Bahan bakar campuran diperiksa untuk mengetahui pengaruhnya terhadap kinerja saat beroperasi pada mesin diesel (1500 rpm hingga 2100 rpm). Dari hasil tersebut, performa mesin campuran Biodiesel-diesel menunjukkan Pengujian performansi mesin diesel menunjukkan bahwa daya yang dibangkitkan mesin diesel akan semakin besar seiring dengan kenaikan dari putaran mesin diesel. Adapun jenis bahan bakar yang memiliki nilai daya mesin yang tertinggi adalah B-30. Jenis campuran bahan bakar biodiesel 10% (B-10) memiliki nilai dari konsumsi bahan bakar spesifik terendah jika dibandingkan dengan jenis campuran bahan bakar lainnya, hal ini menyatakan bahwa biodiesel 10% menggunakan lebih sedikit bahan bakar biodiesel untuk membangkitkan energi 1 kWh. Adapun nilai dari konsumsi bahan bakar terendah ada pada putaran mesin 1900 RPM yaitu sebesar 0,333 kg/kWh. Nilai efisiensi thermal tertinggi juga dimiliki oleh jenis campuran biodiesel 30% (B-30) yang mana mengartikan bahwa jenis campuran biodiesel 30% memiliki kemampuan bagus dalam memanfaatkan energi panas dari bahan bakar menjadi energi mekanis. Adapun nilai efisiensi thermal tertinggi adalah sebesar 23,64% yaitu pada putaran mesin 1900 RPM. Campuran biodiesel-solar minyak goreng sisa-biji mimba 30% menunjukkan kemampuannya untuk menggantikan bahan bakar solar dengan memberikan kinerja puncak.

Kata Kunci : Biodiesel, mesin diesel, perfoma mesin, minyak goreng sisa-biji mimba

## **ABSTRACT**

*Biodiesel residual cooking oil-neem seed oil (WCONO) is a potential fuel for diesel engines. WCONO biodiesel requires a pre-purification process called degumming and an acid pre-treatment process before converting it into methyl ester using a transesterification process. This research mixes WCONO biodiesel and diesel fuel with different volume ratios (10% to 40% biodiesel mixture with 90% to 60% diesel). WCONO biodiesel and fuel blends comply with ASTM D6751 and EN 14214 standards. Fuel blends are examined for their effect on performance when operating in diesel engines (1500 rpm to 2100 rpm). From these results, the performance of the mixed Biodiesel-diesel engine shows. The performance test of the diesel engine shows that the power generated by the diesel engine will be greater as the diesel engine speed increases. The type of fuel that has the highest engine power value is B-30. The type of 10% biodiesel fuel mixture (B-10) has the lowest specific fuel consumption value when compared to other types of fuel mixtures, this states that 10% biodiesel uses less biodiesel fuel to generate 1 kWh of energy. The value of the lowest fuel consumption is at 1900 RPM engine speed, which is 0.333 kg/kWh. The highest thermal efficiency value is also owned by the 30% biodiesel mixture (B-30), which means that the 30% biodiesel mixture has a good ability to convert heat energy from fuel into mechanical energy. The highest thermal efficiency value is 23.64% at 1900 RPM engine speed. The biodiesel-diesel blend of 30% neem seed-residue cooking oil demonstrated its ability to replace diesel fuel by providing peak performance.*

*Keywords : Biodiesel, diesel engine, engine performance, neem seed cooking oil*

## KATA PENGANTAR

Dengan nama Allah Yang Maha Pengasih lagi Maha Penyayang. Segala puji dan syukur penulis ucapkan kehadiran Allah SWT yang telah memberikan karunia dan nikmat yang tiada terkira. Salah satu dari nikmat tersebut adalah keberhasilan penulis dalam menyelesaikan laporan Tugas Akhir ini yang berjudul “Uji Performa Mesin Diesel Dari Biodiesel Campuran Minyak Goreng Sisa Dan Minyak Biji Mimba” sebagai syarat untuk meraih gelar akademik Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara (UMSU), Medan. Banyak pihak telah membantu dalam menyelesaikan laporan Tugas Akhir ini, untuk itu penulis menghaturkan rasa terimakasih yang tulus dan dalam kepada:

1. Bapak Suherman, S.T., M.T. selaku Dosen Pembimbing yang telah banyak membimbing dan mengarahkan penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
2. Bapak Sudirman Lubis, S.T., M.T. selaku dosen penguji I dan bapak H. Muharnif M, S.T., M.Sc. selaku dosen penguji II yang telah banyak membimbing dan mengarahkan penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
3. Bapak Chandra A Siregar, S.T., M.T. dan Bapak Ahmad Marabdi Siregar , S.T, M.T. sebagai Ketua dan Sekretaris Program Studi Teknik Mesin, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
4. Bapak Munawar Alfansury Siregar, S.T, M.T. selaku Dekan Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
5. Seluruh Bapak/Ibu Dosen di Program Studi Teknik Mesin, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara yang telah banyak memberikan ilmu keteknikmesinan kepada penulis.
6. Orang tua penulis: Fitriani Pasaribu dan Ahmad Azrin Pulungan, yang telah bersusah payah membesarkan dan memotivasi peneliti.
7. Bapak/Ibu Staf Administrasi di Biro Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

8. Sahabat-sahabat penulis: Bela Nurulita, Alfira Faradhila, Abdul Gaffar, Nabila Dwi Putri, Dawami Ma'ruf, Jefri Kurniawan Tarigan, Ali Rahman Syakbani Pulungan serta Nisa Saidatul Fatimah yang selalu memotivasi, mendukung, menasehati dalam penyusunan Tugas Akhir ini.

Laporan Tugas Akhir ini tentunya masih jauh dari kesempurnaan, untuk itu penulis berharap kritik dan masukan yang konstruktif untuk menjadi bahan pembelajaran berkesinambungan penulis di masa depan. Semoga laporan Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi dunia Teknik Mesin.

Medan, 19 Agustus 2023



Muhammad Rasyid Ridho Pulungan

## DAFTAR ISI

<b>HALAMAN PENGESAHAN</b>	<b>ii</b>
<b>SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR</b>	<b>iii</b>
<b>ABSTRAK</b>	<b>iv</b>
<b>ABSTRACT</b>	<b>v</b>
<b>KATA PENGANTAR</b>	<b>vi</b>
<b>DAFTAR ISI</b>	<b>viii</b>
<b>DAFTAR TABEL</b>	<b>x</b>
<b>DAFTAR GAMBAR</b>	<b>xi</b>
<b>DAFTAR NOTASI</b>	<b>xii</b>
<b>BAB 1 PENDAHULUAN</b>	<b>1</b>
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Penelitian	4
1.3. Ruang Lingkup	4
1.4. Tujuan Penelitian	5
1.5. Manfaat Penelitian	5
<b>BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA</b>	<b>6</b>
2.1. Biodiesel	6
2.2. Proses Pembuatan Biodiesel	7
2.2.1. Esterifikasi	7
2.2.2. Transesterifikasi	8
2.3. Bahan Baku Biodiesel	10
2.3.1. Minyak Goreng Sisa	10
2.3.2. Mimba	11
2.3.3. Metanol (CH <sub>3</sub> OH)	12
2.3.4. Katalis	13
2.4. Mesin Diesel	14
2.4.1. Prinsip Kerja Mesin Diesel	17
2.4.2. Performansi Mesin Disel	19
<b>BAB 3 METODOLOGI</b>	<b>21</b>
3.1. Waktu dan Tempat Pengujian	21
3.2. Alat dan Bahan	21
3.2.1. Alat	21
3.2.2. Diagram Alir Penelitian	24

3.2.3. Persiapan Biodiesel	25
3.2.4. Bahan	28
3.3. Metode Pengumpulan Data	28
3.4. Metode Pengolahan Data	28
3.5. Pengamatan dan Tahap Pengujian	29
3.6. Prosedur Pengujian Nilai Kalor Bahan Bakar	29
3.7. Prosedur Pengujian Performansi Mesin Diesel	29
<b>BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN</b>	<b>32</b>
4.1. Hasil Pengujian Karakteristik Biodiesel	32
4.2. Hasil Pengujian Performansi Mesin Diesel	33
4.2.1. Hasil Uji Performansi Mesin Diesel Menggunakan Biodiesel (B-10)	33
4.2.2. Hasil Uji Performansi Mesin Diesel Menggunakan Biodiesel (B-20)	37
4.2.3. Hasil Uji Performansi Mesin Diesel Menggunakan Biodiesel (B-30)	38
4.2.4. Hasil Uji Performansi Mesin Diesel Menggunakan Biodiesel (B-40)	40
4.3. Perbandingan Daya Mesin Dari Berbagai Campuran Bahan Bakar	41
4.4. Perbandingan Konsumsi Bahan Bakar Spesifik Dari Setiap Bahan Bakar	43
4.5. Perbandingan Efisiensi Thermal Dari Setiap Bahan Bakar	45
<b>BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN</b>	<b>48</b>
5.1. Kesimpulan	48
5.2. Saran	48
<b>DAFTAR PUSTAKA</b>	<b>50</b>
<b>LEMBAR ASISTENSI TUGAS AKHIR</b>	
<b>LEMBAR SURAT DAN HASIL PENGUJIAN</b>	
<b>LEMBAR DOKUMENTASI PENELITIAN</b>	
<b>SURAT KEPUTUSAN PEMBIMBING</b>	
<b>BERITA ACARA SEMINAR HASIL</b>	
<b>DAFTAR RIWAYAT HIDUP</b>	

## DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Karakteristik dari Minyak Goreng Sisa (Raqeeb dkk., 2015)	11
Tabel 3. 1 Jadwal Kegiatan Penelitian	21
Tabel 3. 2 Spesifikasi Mesin Yanmar TF 65 R	30
Tabel 4. 1 Karakteristik Biodiesel Minyak goreng sisa-biji mimba	32
Tabel 4. 2 Uji Karakteristik B-10, B-20, B-30, B-40	33
Tabel 4. 3 Data Pengujian Menggunakan Biodiesel (B-10)	33
Tabel 4. 4 Data Performansi Mesin Diesel Menggunakan Biodiesel (B-10)	36
Tabel 4. 5 Data Pengujian Menggunakan Biodiesel (B-20)	37
Tabel 4. 6 Data Performansi Mesin Diesel Menggunakan Biodiesel (B-20)	38
Tabel 4. 7 Data Pengujian Menggunakan Biodiesel (B-30)	39
Tabel 4. 8 Data Performansi Mesin Diesel Menggunakan Biodiesel (B-30)	39
Tabel 4. 9 Data Pengujian Menggunakan Biodiesel (B-40)	40
Tabel 4. 10 Data Performansi Mesin Diesel Menggunakan Biodiesel (B-40)	41

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Klasifikasi bahan baku biodiesel	6
Gambar 2. 2 Proses esterifikasi	8
Gambar 2. 3 Proses Trans-esterifikasi dengan bantuan katalis basa	9
Gambar 2. 4 P-v diagram	15
Gambar 2. 5 Diagram T-S	16
Gambar 2. 6 Prinsip Kerja Mesin Diesel	18
Gambar 3. 1 Mesin Diesel Small Engine Test Yanmar TF 65R	22
Gambar 3. 2 Tachometer	22
Gambar 3. 3 Gelas ukur	23
Gambar 3. 4 Laptop	23
Gambar 3. 5 Diagram alir penelitian	24
Gambar 3. 6 Proses degumming	26
Gambar 3. 7 Proses Pencucian	27
Gambar 3. 8 Tahap Evaporator	27
Gambar 3. 9 Proses Filtrasi	28
Gambar 3. 10 Skematik Uji Performansi	30
Gambar 4. 1 Grafik Perbandingan Daya Mesin Dari Berbagai Campuran Bahan Bakar	43
Gambar 4. 2 Grafik Perbandingan Konsumsi Bahan Bakar Spesifik Dari Berbagai Campuran Bahan Bakar	45
Gambar 4. 3 Grafik Perbandingan Efisiensi Thermal Dari Berbagai Campuran Bahan Bakar	47

## DAFTAR NOTASI

WCO	: Waste Cooking Oil
NO	: Neem Seeds Oil
ASTM	: American Standard Testing And Material
EN	: European Standard
ASME	: American Of Mechanical Engineers
SAE	: Society Of Automotive Engineers
EN	: European Standard
WFO	: Waste Fish Oil
ALB	: Asam Lemak Bebas / Free Fatty Acid (FFA)
KOH	: Pottasium Hidroksida
H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	: Sulfurid Acid
H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub>	: Phosporic Acid
Nb	: Daya Mesin (HP)
E	: Tegangan Listrik (V)
I	: Kuat arus listrik (A)
Pf	: Faktor daya untuk satu fasa tunggal (1)
Eg	: Efisiensi generator listrik untuk mesin kecil dibawah 50 kVA
Sfc	: Konsumsi bahan bakar spesifik (Kg/KWh)
$\dot{m}_f$	: Jumlah konsumsi bahan bakar (Kg/jam)
$\eta_{th}$	: Efisiensi Generator Listrik (%)
LHV	: Nilai kalor bahan bakar (Kcal/Kg)
H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub>	: <i>Phosporic Acid</i>

# **BAB 1**

## **PENDAHULUAN**

### 1.1. Latar Belakang

Gas rumah kaca yang dihasilkan dari penggunaan bahan bakar fosil telah mengakibatkan kerusakan lingkungan yang sangat besar. Fenomena pemanasan global merupakan salah satu bencana utama yang dihadapi umat manusia akibat emisi gas rumah kaca. Telah dilaporkan bahwa lebih dari 62% dari total gas rumah kaca antropogenik berasal dari pembakaran bahan bakar fosil, sedangkan persentasenya disumbangkan oleh sektor transportasi sebesar 14% (Dharma dkk., 2016).

Biofuel, salah satu bentuk energi terbarukan, disebut-sebut sebagai alternatif terbaik bahan bakar fosil terbatas yang dapat membantu mengurangi pemanasan global (Hanfi dkk., 2016). Ini dianggap berkelanjutan dan kurang berbahaya bagi lingkungan, dibandingkan dengan sumber energi konvensional, yaitu bahan bakar fosil. Biodiesel merupakan salah satu jenis bahan bakar nabati yang dapat digunakan pada mesin diesel tanpa modifikasi yang berarti pada mesin yang ada. Bahan bakar ini memiliki sifat yang mirip dengan petrodiesel, tetapi dengan kualitas tambahan seperti tidak mudah terbakar, tidak beracun, angka oktan tinggi, emisi polutan rendah, dan bebas sulfur (Hena dkk., 2015). Tidak seperti petrodiesel, yang tidak mengandung oksigen, keberadaan oksigen dalam biodiesel (biasanya lebih dari 10% berat) akan membantu pembakaran yang lebih sempurna (Holilah dkk., 2015). Saat ini, negara-negara Amerika Selatan dan Utara seperti Brasil, Argentina, AS, dan Kanada sangat bergantung pada kedelai dan minyak kanola untuk produksi biodiesel mereka (Kusumo dkk., 2017).

Di samping semakin menipisnya cadangan bahan bakar fosil, alasan utama untuk mengurangi penggunaannya adalah harga yang terus melambung, beban subsidi yang terus membengkak, serta masalah kerusakan lingkungan terutama pada kota-kota besar yang penuh dengan polusi asap kendaraan industri. Salah satu upaya yang dapat dilakukan untuk mengurangi penggunaan bahan bakar fosil adalah mencari sumber energi terbarukan yang berasal dari alam sekitar. Bahan bakar alternatif berupa biodiesel adalah salah satu sumber energi terbarukan yang dapat dioptimalkan terutama di Indonesia. Biodiesel merupakan bahan bakar

alternatif yang ramah lingkungan karena dapat mengurangi emisi gas karbon monoksida (CO) sekitar 50%, gas karbon dioksida (CO<sub>2</sub>) sekitar 78,45 %, dan bebas kandungan sulfur.

Indonesia adalah negara agraris yang dimana memiliki banyak jenis tanaman sebagai sumber biodiesel yang secara spesifik tersebar di seluruh pelosok. Sehingga memungkinkan Indonesia menjadi negara percontohan dengan menggunakan bahan bakar alternatif. Adapun bahan bakar alternatif yang dimungkinkan antara lain seperti kelapa, dedak padi, kanola, biji jarak, kedelai, biji bunga matahari, kacang tanah dan nyamplung, Biji Mimba. Di samping dengan menggunakan biodiesel, untuk meningkatkan kualitas bahan bakar dapat ditambahkan *aditif biofuel*. WCO (waste cooking oil) memiliki sifat fisikokimia rendah sehingga perlu ditingkatkan (Milano et al., 2018). Campuran minyak yang berbeda untuk produksi biodiesel telah diselidiki dan menguraikan bahwa jenis campuran minyak memungkinkan peningkatan karakteristik biodiesel, seperti viskositas dan stabilitas oksidasi (VB Borugadda et al., 2018; Milano et al., 2022). Mimba adalah pohon dalam keluarga 'maliaceae' yang tumbuh di berbagai bagian di Bangladesh dan Indonesia. Nama ilmiahnya 'Azadirachta indica'. Pohon mimba, tingginya mencapai 12 hingga 18 meter dengan ketebalan hingga 1,8 hingga 2,4 meter. Jumlah seluruh kandungan minyak biji mimba bervariasi dari 40% sampai 50% (V.S. Kumar et al., 2013) yaitu, 7 sampai 8 kg kebutuhan biji menghasilkan satu liter minyak mimba yang memiliki potensi tinggi untuk produksi biodiesel. Minyaknya memiliki berat molekul, viskositas, densitas, dan titik nyala yang lebih tinggi daripada bahan bakar diesel. Minyak mimba umumnya berwarna coklat muda sampai gelap, pahit dan memiliki bau yang kuat yang dikatakan menggabungkan bau kacang dan bawang putih (Boontawee et al., 2017; Anya dkk., 2016). Mimba terutama terdiri dari trigliserida dan sejumlah besar senyawa triterpenoid. Ini mengandung empat asam lemak jenuh yang signifikan, dua di antaranya adalah asam palmitat dan dua adalah asam stearat. Selain itu juga mengandung asam lemak tak jenuh ganda seperti asam oleat dan asam linoleat (Boontawee et al., 2017). Campuran biji mimba diharapkan dapat memperbaiki sifat fisikokimia dari minyak goreng sisa (WCO).

Mesin diesel banyak digunakan dalam pembangkit listrik dan memiliki aplikasi yang luas karena keandalan dan daya tahannya yang tinggi dibandingkan mesin bensin dan turbin gas (Chen et al., 2019b). Namun, polusi yang berasal dari aplikasi mesin diesel telah menyebabkan polusi parah terhadap lingkungan melalui emisi gas rumah kaca seperti karbon dioksida (CO<sub>2</sub>), karbon monoksida (CO), nitrogen oksida (NO<sub>x</sub>), hidrokarbon yang tidak terbakar (UHC) dan partikel. (PM) (Adam et al., 2018; Goh et al., 2020). Paparan konsumsi solar jangka panjang ini secara bertahap mempen. Sebagai alternatif, biodiesel telah berfungsi sebagai bahan bakar pilihan untuk menggantikan penggunaan solar. Beberapa peneliti seperti dan Ashok et al. (2018) telah mencampur biodiesel dengan solar bahan bakar dan menilainya dalam mesin injeksi langsung tanpa memodifikasi mesin. Mencampur solar konvensional dengan biodiesel telah terbukti meminimalkan keburaman asap, partikulat, UHC, CO<sub>2</sub> dan CO, tetapi tingkat NO<sub>x</sub> telah meningkat secara signifikan. Tidak ada masalah mesin serius yang teridentifikasi selama mesin diesel performa, uji durabilitas, dan analisis tribologi bertenaga dengan campuran biodiesel-diesel (Milano et al., 2022; Dharma et al., 2021). Selanjutnya, pencampuran bahan bakar telah meningkatkan rem efisiensi termal dan menurunkan emisi NO<sub>x</sub> bila dibandingkan dengan diesel konvensional dan emisi hidrokarbon dan CO meningkat sedikit (Ilkylç et al., 2011). Namun demikian, penggunaan biodiesel bahan bakar membutuhkan pengujian eksperimental dan numerik pengaruhnya terhadap kinerja mesin dan emisi gas buang. Membutuhkan banyak percobaan dan pengujian yang memakan waktu konsumsi dan mahal. Sebaliknya, simulasi pemodelan mendapatkan lebih banyak perhatian karena sangat berguna untuk mengeksplorasi dan menangani formasi untuk studi parameter kinerja biodiesel-bioetanol-diesel yang mempengaruhi kondisi operasi mesin dan emisi gas buang.

Oleh karena itu, Biodiesel dalam penelitian ini berasal dari minyak goreng sisa- minyak biji mimba digunakan untuk dicampur dengan diesel. Penelitian ini mempelajari dan mengevaluasi sifat-sifat utama dari campuran biodiesel-solar kemudian membandingkannya dengan solar sebagai (referensi). Pencampuran berbagai rasio volume biodiesel-solar dilakukan untuk menentukan campuran bahan bakar sifat optimal. Tujuan pencampuran biodiesel dengan solar adalah untuk

meningkatkan kandungan oksigen dari bahan bakar campuran sekaligus menjaga sifat lain seperti viskositas, stabilitas oksidasi dan kalor. Nilai dalam kisaran yang diizinkan yang ditetapkan dalam ASTM dan EN. Pada penelitian ini, campuran bahan bakar biodiesel minyak goreng sisa- biji mimba dengan bahan bakar solar berbasis minyak bumi dengan variasi B10, B20, B30, B40.

### 1.2. Rumusan Penelitian

Adapun rumusan penelitian ini adalah

1. Bagaimana memproduksi biodiesel dari campuran minyak goreng sisa dan minyak biji mimba ?
2. Bagaimana mengetahui perbandingan performansi mesin diesel (daya mesin, konsumsi bahan bakar spesifik, efisiensi termal) menggunakan bahan bakar campuran solar dengan biodiesel campuran minyak goreng sisa dan minyak biji mimba ?

### 1.3. Ruang Lingkup

Adapun ruang lingkup dalam penelitian ini adalah

1. Bahan bakar yang digunakan dalam pengujian adalah:
  - Solar + 10% Biodiesel campuran minyak goreng sisa dan minyak biji mimba,
  - Solar + 20% Biodiesel campuran minyak goreng sisa dan minyak biji mimba,
  - Solar + 30% Biodiesel campuran minyak goreng sisa dan minyak biji mimba,
  - Solar + 40% Biodiesel campuran minyak goreng sisa dan minyak biji mimba,
2. Pengujian nilai kalor bahan bakar dalam penelitian ini menggunakan Bomb Calorimeter.
3. Mesin uji yang digunakan untuk mendapatkan unjuk kerja mesin diesel adalah Mesin *Diesel Small Engine Test* Yanmar TF 65R pada Laboratorium Motor Bakar Departemen Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Syiah Kuala.
4. Performansi mesin yang dihitung meliputi :
  - a. Daya Mesin (*Brake Power*)
  - b. Konsumsi Bahan Bakar Spesifik (*Specific Fuel Consumption*)
  - c. Efisiensi Termal (*Thermal Efficiency*)Variasi beban dan putaran mesin meliputi :
  - a. Beban 1500 Watt (Lampu)

b. Variasi Putaran : (1500, 1700, 1900, 2100) rpm

#### 1.4. Tujuan Penelitian

Adapun tujuan penelitian ini adalah

1. Memproduksi biodiesel dari campuran minyak goreng sisa dan minyak biji mimba.
2. Mengetahui proses pembuatan biodiesel yang optimum untuk memberikan hasil kualitas yang terbaik.
3. Mengetahui perbandingan performansi mesin diesel (daya mesin, konsumsi bahan bakar spesifik, efisiensi termal) menggunakan bahan bakar campuran solar dengan biodiesel campuran minyak goreng sisa dan minyak biji mimba.

#### 1.5. Manfaat Penelitian

Adapun manfaat penelitian ini adalah

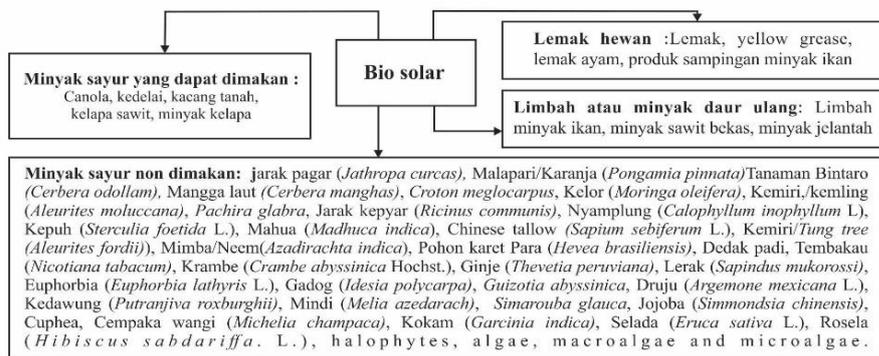
1. Untuk mengetahui kelebihan dan kekurangan masing-masing bahan bakar yang diuji yaitu: Solar dengan campuran biodiesel Campuran minyak goreng sisa dan minyak biji mimba.
2. Untuk memaksimalkan penggunaan biodiesel dan *aditif biofuel* untuk mengurangi pemakaian bahan bakar fosil.

## BAB 2

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1. Biodiesel

Bahan bakar alternatif adalah bahan bakar baik padatan, cairan ataupun gas yang dihasilkan dari bahan-bahan organik. Biodiesel dapat dihasilkan secara langsung dari tanaman atau secara tidak langsung dari limbah industri, komersial, domestik atau pertanian. Biodiesel adalah salah satu alternatif yang menarik karena menunjukkan suatu penurunan emisi gas buang CO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, SO<sub>x</sub> dan hidrokarbon-hidrokarbon tak terbakar selama pembakaran, bila dibanding dengan bahan bakar fosil. Biodiesel salah satu bahan bakar alternatif yang ramah lingkungan, tidak mempunyai efek terhadap kesehatan yang dapat dipakai sebagai bahan bakar kendaraan bermotor yang dapat menurunkan emisi bila dibandingkan dengan minyak diesel. Ada berbagai bahan baku yang tersedia untuk produksi biodiesel (Mofijur dkk., 2013). Saat ini, ada lebih dari 350 jenis tanaman dengan minyak di seluruh dunia yang diidentifikasi sebagai bahan baku potensial untuk produksi biodiesel (Silitonga dkk., 2013). Salah satu persyaratan utama dalam produksi biodiesel adalah untuk mengurangi biaya produksi keseluruhan produksi biodiesel. Bahan baku biodiesel dapat dikelompokkan menjadi empat kelompok besar, yaitu minyak nabati yang dapat dikonsumsi (*edible*), minyak nabati tidak-dikonsumsi (*non-edible*), limbah atau minyak daur ulang, dan lemak hewani. Bahan baku ini dirangk



Gambar 2. 1 Klasifikasi bahan baku biodiesel

WCO dapat diperoleh dari rumah tangga, restoran, hotel, dan perusahaan pengolahan makanan setelah menggoreng dan proses persiapan makanan lainnya

(Chen dkk., 2021). Biodiesel dihasilkan dari minyak goreng bekas (WCO) adalah biofuel generasi kedua karena diperoleh dari bahan baku non-tanaman. Hal ini sangat menjanjikan dari segi kualitas dan biaya produksi (Foteinis dkk., 2020). Minyak WCO jauh lebih murah daripada minyak nabati, pembuangan minyak bekas dapat menyebabkan pencemaran lingkungan. Selain itu sebagai bahan baku berbiaya murah dibanding solar dari fosil (Babaki dkk., 2017). Produksi biodiesel bisa dilakukan melalui proses transesterifikasi (juga disebut alkoholisis). Katalis yang digunakan sangat menentukan laju reaksi dan hasil. Jumlah alkohol yang berlebihan digunakan karena reaksinya cenderung *reversible* (Naveen dkk., 2020). Beberapa metode seperti transesterifikasi dengan katalis basa, transesterifikasi katalis asam, katalis enzim, superkritis super transesterifikasi dan pirolisis, telah digunakan untuk memproduksi biodiesel dari limbah minyak nabati (Outili dkk., 2020).

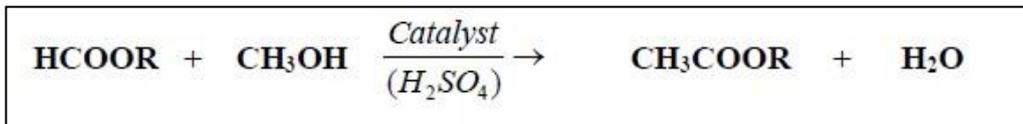
## 2.2. Proses Pembuatan Biodiesel

Biodiesel dapat dibuat dari berbagai jenis minyak hayati (minyak nabati atau lemak hewani) dengan proses esterifikasi gliserida atau proses alkoholisis. Minyak nabati yang memiliki asam lemak bebas sangat rendah (kurang dari 1,5%) dapat diolah dengan menggunakan satu tahap transesterifikasi dengan menggunakan katalis alkohol basa. Jika ALB lebih besar dari 2%, reaksi menggunakan katalis alkohol basa tidak dapat dilakukan langsung. Hal ini disebabkan karena ALB akan bereaksi dengan katalis alkohol basa. Oleh karena itu, diperlukan upaya penurunan ALB menggunakan katalis alkohol asam atau disebut reaksi esterifikasi (Gerpen, 2005). Minyak nabati yang dapat dijadikan biodiesel antara lain sawit, kapuk, kesambi, kanola, jarak pagar, nyamplung, mimba dan puluhan tanaman penghasil minyak lainnya. Proses pembuatan minyak nabati menjadi biodiesel dapat dilakukan dengan reaksi kimia menggunakan dua cara yaitu.

### 2.2.1. Esterifikasi

Metode esterifikasi menggunakan katalis alkohol asam yang bertujuan mengonversi ALB dari minyak nabati ester. Selanjutnya reaksi konversi trigliserida (reaksi lambat) menjadi metil ester. Hal ini disebabkan ALB bereaksi dengan

katalis alkohol asam sehingga membentuk metil ester dan air. Reaksi esterifikasi merupakan reaksi substitusi nukleofilik dan bukan reaksi asam basa. Gugus OH dari asam karboksilat disubstitusi oleh gugus OR dari alkohol. Menurut Canacki dan Cerpen, reaksi esterifikasi termasuk reaksi dapat balik karena gugus OH sebagai gugus pergi juga merupakan suatu nukleofil (Canacki dkk., 1999). Reaksi esterifikasi dipengaruhi oleh beberapa faktor di antaranya adalah waktu reaksi, suhu, kandungan katalis, jumlah pereaksi alkohol dan ALB serta kandungan air dalam minyak.



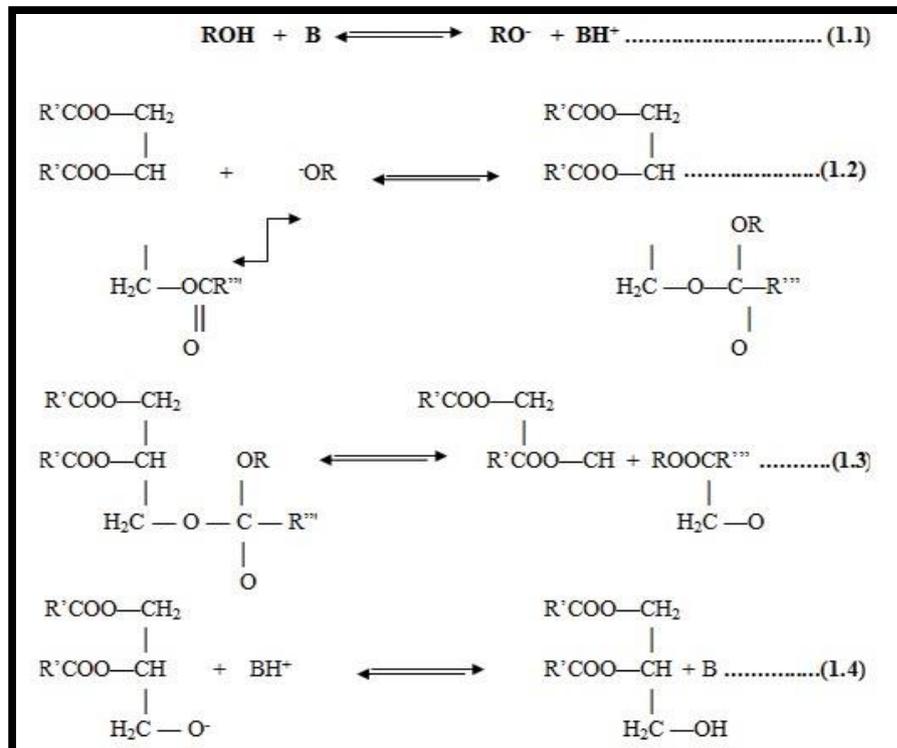
Gambar 2. 2 Proses esterifikasi

### 2.2.2. Transesterifikasi

Hal ini disebabkan sifat metanol dan minyak yang tidak dapat bercampur (*immiscible*). Oleh karena itu, diperlukan katalis yang bertindak dalam menyediakan ion untuk pertukaran ion antara kedua fase methanol dan minyak serta menurunkan energi aktivasi sehingga reaksi berlangsung lebih cepat (Altic, 2010). Katalis basa yang biasa digunakan dalam proses transesterifikasi adalah NaOH dan KOH. Katalis NaOH secara teknis lebih mudah diperoleh dan harganya pun lebih murah serta menghasilkan waktu reaksi cenderung lebih cepat dari penggunaan katalis KOH (Vicente, 2006).

Menurut (Singh, 2008), reaksi transesterifikasi trigliserida menjadi alkil ester terbagi menjadi tiga reaksi dengan monogliserida dan gliserida sebagai hasil reaksi parsial. Pertama-tama trigliserida bereaksi dengan methanol membentuk digliserida dan metil ester pertama. Hal ini disebabkan dengan pembentukan katalis yang telah terprotonasi ( $\text{BH}^+$ ) dan metoksida ( $\text{RO}^-$ ) hasil reaksi methanol dengan katalis basa. Setelah hasil reaksi di atas terjadi, selanjutnya serangan nukleofil dari metoksida menyerang trigliserida untuk membentuk metil ester dan digliserida. Hal ini juga berlangsung pada digliserida dengan reaksi serupa untuk membentuk metil ester dan monogliserida serta kepada monogliserida untuk membentuk metil ester dan gliserol. Hasil akhir diperoleh adalah tiga molekul dan

satu metil ester dan 1 molekul trigliserida dan tiga molekul methanol seperti pada gambar di bawah.



Gambar 2. 3 Proses Trans-esterifikasi dengan bantuan katalis basa

Dalam proses transesterifikasi terdapat hal-hal yang dapat mempengaruhi, yaitu :

1. Pengaruh jenis alkohol

Pada rasio 6:1, metanol akan memberikan perolehan ester yang tertinggi dibandingkan dengan menggunakan etanol atau butanol.

2. Pengaruh jenis katalis

Katalis basa akan mempercepat reaksi transesterifikasi bila dibandingkan dengan katalis asam. Katalis basa yang umum digunakan untuk reaksi transesterifikasi adalah natrium hidroksida (NaOH), kalium hidroksida (KOH), natrium metoksida (NaOCH<sub>3</sub>), dan kalium metoksida (KOCH<sub>3</sub>). Katalis sejati bagi reaksi sebenarnya adalah ion metilat (metoksida) Reaksi transesterifikasi akan menghasilkan konversi yang maksimum dengan jumlah katalis 0,5-1,5%-b minyak nabati. Jumlah katalis yang efektif untuk

reaksi adalah 0,5%-b minyak nabati untuk natrium metoksida dan 1%-b minyak nabati untuk natrium hidroksida.

3. Pengaruh perbandingan molar alkohol dengan bahan mentah
4. Pengaruh asam lemak bebas dan air

Minyak nabati yang di transesterifikasi harus memiliki angka asam yang lebih kecil dari 1. Para peneliti yang menyarankan agar kandungan asam lemak bebas lebih kecil dari 0.5%. Selain itu, semua bahan yang akan digunakan harus bebas dari air. Hal ini disebabkan karena air akan bereaksi dengan katalis, sehingga jumlah katalis menjadi berkurang. Katalis harus terhindar dari udara agar tidak mengalami reaksi dengan uap air dan karbon dioksida.

5. Pengaruh temperatur

Proses reaksi transesterifikasi dapat dilakukan pada temperatur 30 - 65° C (titik didih methanol sekitar 65° C). Semakin tinggi temperatur, konversi yang diperoleh akan semakin tinggi untuk waktu yang lebih singkat.

6. Metanolisis *Crude* dan *Refined* minyak nabati

Perolehan metil ester akan lebih tinggi jika menggunakan minyak nabati *refined*. Namun, apabila produk metil ester akan digunakan sebagai bahan bakar mesin diesel, dapat digunakan bahan baku berupa minyak yang telah dihilangkan getahnya serta disaring.

## 2.3. Bahan Baku Biodiesel

### 2.3.1. Minyak Goreng Sisa

Bahan baku berasal dari limbah minyak nabati atau umumnya dikenal sebagai minyak goreng sisa. Minyak goreng sisa mudah didapat seperti pemakaian dalam rumah tangga dan restoran serta lebih murah dibanding minyak lainnya (minyak sulingan). Oleh karena itu, dengan menggunakan minyak tersebut sebagai bahan baku, kita dapat mengurangi biaya pembuatan biodiesel. Keuntungan menggunakan minyak goreng bekas untuk pembuatan biodiesel adalah biaya murah dan mencegah pencemaran lingkungan. Minyak tersebut perlu di-*treat* sebelum dibuang ke lingkungan untuk mencegah polusi. Karena mahalnya biaya pembuangan, banyak orang membuang limbah minyak goreng langsung ke

lingkungan terutama di daerah pedesaan. Sehingga, penggunaan minyak goreng bekas sebagai bahan baku merupakan cara efektif untuk mengurangi biaya pembuatan biodiesel (Gashaw dkk., 2014).

Tabel 2. 1 Karakteristik dari Minyak Goreng Sisa (Raqeab dkk., 2015)

<b>Karakteristik</b>	<b>Satuan</b>	<b>Nilai</b>
Densitas	g/cm <sup>3</sup>	0,91 - 0,924
Viskositas kinematik (40 °C)	mm <sup>2</sup> /s	36,4 – 42
Angka penyabunan	mgKOH/g	188,2 – 207
Angka asam	mgKOH/g	1,32 - 3,6
Angka iodin	gI <sub>2</sub> /100 g	83 - 141,5
<i>Specific gravity</i> (g/cm <sup>3</sup> , 15 °C)	g/cm	0,92
Nilai kalor	(MJ/kg)	44,44
Bilangan setana	-	32,48
Titik tuang	°C	6
Titik keruh	°C	15
Berat molekul rata-rata	g/mol	585,36 ± 8
Komposisi asam lemak: Asam		
miristat (C14:0)	%b	0,90
Asam palmitat (C16:0)	%b	20,40
Asam palmitoleat (C16:1)	%b	4,60
Asam stearat (C18:0)	%b	4,80
Asam oleat (C18:1)	%b	52,90
Asam linoleat (C18:2)	%b	13,50
Asam linolenat (C18:3)	%b	0,80
Asam arakid (C20:0)	%b	0,12
Asam eikosenoat (C20:1)	%b	0,84
Asam behenic (C22:0)	%b	0,03
Asam erukik (C22:1)	%b	0,07
Asam tetrakosanoat (C24:0)	%b	0,04

### 2.3.2. Mimba

Mimba yang termasuk dalam famili Meliaceae, nama ilmiahnya 'Azadirachta indica' merupakan tanaman pohon yang umum ditemukan di daerah tropis dan subtropis di dunia termasuk India, Indonesia. Umur pohon Mimba hampir 200 tahun dan mulai berbuah 3 sampai 5 tahun atau maksimal 10 tahun. Pohon mimba besar, tingginya mencapai 12 hingga 18 meter dengan ketebalan hingga 1,8 hingga 2,4 meter (T.A. Mallah, et al., 2020). Jumlah seluruh kandungan minyak biji mimba bervariasi dari 40% sampai 50% (V.S. Kumar et al., 2013) yaitu,

7 sampai 8 kg kebutuhan biji menghasilkan satu liter minyak mimba. Minyak mimba umumnya berwarna coklat muda sampai gelap, pahit dan memiliki bau yang kuat yang dikatakan menggabungkan bau kacang dan bawang putih (Boontawee et al., 2017; Anya dkk., 2016). Mimba terutama terdiri dari trigliserida dan sejumlah besar senyawa triterpenoid. Ini mengandung empat asam lemak jenuh yang signifikan, dua di antaranya adalah asam palmitat dan dua adalah asam stearat. Selain itu juga mengandung asam lemak tak jenuh ganda seperti asam oleat dan asam linoleat (Anya dkk., 2016).

### 2.3.3. Metanol (CH<sub>3</sub>OH)

Biodiesel biasanya diproduksi dari minyak nabati atau lemak hewani dengan alkohol rantai pendek melalui proses transesterifikasi. Umumnya, alkohol yang banyak digunakan adalah metanol dan etanol (Gashaw dkk., 2015). Metanol digunakan sebagai alkohol karena harganya murah dan memiliki keunggulan fisik dan kimia. Metanol cepat bereaksi dengan minyak nabati dan NaOH mudah larut di dalamnya (Gashaw dkk., 2015) Jenis alkohol terbukti memiliki pengaruh yang luar biasa tidak hanya pada kinetika reaksi tetapi juga pada karakteristik bahan bakar yang dihasilkan. Berdasarkan literatur, *yield* biodiesel yang menggunakan metanol lebih tinggi daripada yang menggunakan etanol.

Salah satu parameter paling penting yang mempengaruhi *yield* biodiesel adalah rasio molar trigliserida terhadap alkohol. Secara stoikiometri, dalam reaksi transesterifikasi, dibutuhkan 1 mol trigliserida dan 3 mol alkohol (rasio molar reaktan 1:3). Namun dalam reaksi yang sebenarnya, alkohol yang berlebih dibutuhkan untuk menggeser kesetimbangan ke arah produk dan meningkatkan *yield* biodiesel. Hal ini dikaitkan dengan sifat alkohol yang mudah menguap (Koochi dkk., 2012). Faktor seperti suhu reaksi juga sangat penting. Suhu reaksi yang terlalu tinggi dapat menyebabkan metanol menguap sehingga terjadi penurunan *yield* biodiesel. Suhu reaksi harus di bawah titik didih metanol untuk mencegah terjadinya penguapan metanol. Rentang suhu reaksi optimum bervariasi dari 50 °C hingga 60 °C tergantung pada minyak atau lemak yang digunakan (Gashaw dkk., 2015).

#### 2.3.4. Katalis

Katalis adalah suatu zat yang meningkatkan laju reaksi tanpa dirinya sendiri terlibat reaksi secara permanen sehingga pada akhir reaksi katalis tidak bergabung dengan senyawa produk reaksi. Ketika reaksi selesai maka akan didapatkan massa katalis yang sama. Untuk meningkatkan laju reaksi yaitu dengan meningkatkan jumlah tumbukan – tumbukan pada reaksi. Tumbukan – tumbukan akan menghasilkan reaksi jika partikel – partikel yang bertumbukan dengan energi yang cukup untuk memulai suatu reaksi. Hal ini dapat dilakukan dengan menurunkan energi aktivasi. Energi aktivasi adalah energi minimum yang diperlukan untuk memulai suatu reaksi.

Katalis dapat dibagi menjadi 3 bagian besar yaitu sebagai berikut:

1. Katalis Homogen

Katalis homogen basa yang biasa digunakan antara lain adalah logam alkali hidroksida (kebanyakan NaOH dan KOH) dan logam berat alkali hidroksida dan alkoksida. Faktor yang membuat katalis ini banyak digunakan dalam proses transesterifikasi adalah hasil yang diperoleh memiliki konversi yang tinggi dalam waktu reaksi yang relatif kecil.

2. Katalis Heterogen

Katalis heterogen jika digunakan pada proses transesterifikasi banyak memberikan kelebihan, diantaranya tidak korosif, mudah dipisahkan dan didaur ulang, dapat digunakan pada operasi kontinyu. Namun katalis ini juga memiliki kelemahan diantaranya adalah waktu reaksi yang digunakan cukup lama jika dibandingkan dengan katalis homogen. Katalis yang termasuk tipe ini antara lain adalah golongan logam oksida, zeolit, katalis berpenyangga logam dan mineral.

3. Katalis Enzim

Katalis enzim yang biasa digunakan adalah lipase, lipase yang digunakan pada proses transesterifikasi dapat berupa larutan encer atau bukan larutan encer. Proses enzimatik memiliki banyak kelebihan seperti pemisahan produk yang sangat mudah dan asam lemak bebas yang terkandung dalam minyak dapat terkonversi dengan sempurna, namun biaya produksi lipase

atau katalis enzim lainnya sangat besar jika dibandingkan dengan sistem katalis yang lain. (Krishnamurthy and Viswanathan, 2013).

Biodiesel diproduksi secara baik dengan memanfaatkan berbagai jenis katalis homogen seperti KOH, H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, dan NaOH (Abukhadra et al, 2018). Penggunaan jenis dan jumlah katalis sangat mempengaruhi jumlah rendemen (yield) biodiesel yang dihasilkan. Dari penelitian (Suherman dkk., 2021) mengatakan rendemen (yield) minyak biodiesel sangat dipengaruhi oleh persentase katalis homogen basa (KOH) yang diberikan pada saat proses transesterifikasi. Angka yield optimum diperoleh sebesar 85% dengan jumlah katalis KOH sebesar 1% pada temperatur 60 °C dengan waktu proses 90 menit dan putaran 800 rpm. (M.-C. Hsiao et al., 2021) menyebutkan penerapan NaOH (0,75%) pada proses produksi biodiesel WCO menghasilkan rendemen sebesar 97 %. Penggunaan jumlah katalis yang lebih rendah yaitu sebesar 0,7% menghasilkan rendemen sebesar 95% (I. Contreras Andrade et al., 2014). NaOH juga digunakan untuk menghasilkan biodiesel dari WCO (M. Mohadesi et al., 2019). Penggunaan katalis sebesar 0,5% menghasilkan rendemen sebesar 90%. Sedangkan dalam penelitian (G. H. Soegiantoro et al., 2019) membandingkan katalis NaOH dengan CaO dalam pembuatan biodiesel dari WFO. Hasilnya menunjukkan penggunaan katalis NaOH jauh lebih baik dalam menghasilkan rendemen dibanding CaO (77%). (S. Vedha Lakshmi et al., 2019) menggunakan katalis KOH sebesar 0,8% menghasilkan rendemen sebesar 94%. Hasil rendemen yang sama diperoleh dimana dengan jumlah katalis sebesar 1% menghasilkan rendemen sebesar 94% (Sahar et al., 2018).

#### 2.4. Mesin Diesel

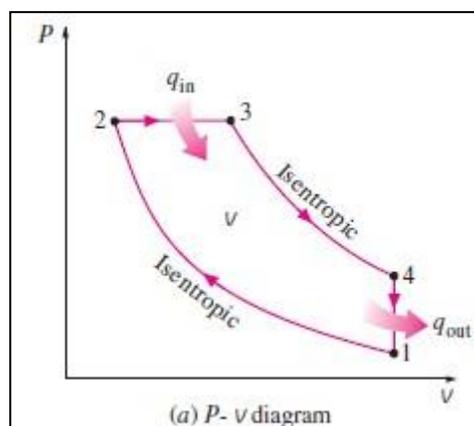
Mesin diesel atau sering juga disebut mesin pemacu kompresi merupakan motor bakar pembakaran dalam (*internal combustion engine*) yang menggunakan panas kompresi untuk menghasilkan penyalaan serta membakar bahan bakar yang telah diinjeksikan ke dalam ruang bakar. Mesin diesel tidak menggunakan busi seperti mesin otto. Agar bahan bakar dapat terbakar dengan sendirinya, maka tekanan kompresinya mencapai 20-40 bar dengan suhu 500°C-700°C sedangkan kompresi mesin diesel berkisar antara 15-22. Motor diesel mengkonsumsi bahan

bakar  $\pm 25\%$  lebih rendah dari motor bensin, lebih murah dan perawatannya lebih sederhana (Kubota, 2001). Oleh karena itu, aplikasi dari motor diesel banyak digunakan pada industri-industri sebagai kendaraan-kendaraan dan kapal laut dengan ukuran yang besar ataupun sebagai motor stasioner.

Mesin diesel memiliki efisiensi termal terbaik bila dibandingkan dengan mesin pembakaran luar ataupun pembakaran dalam lainnya, karena memiliki rasio kompresi yang tinggi. Mesin diesel pada kecepatan rendah (seperti mesin kapal) memiliki efisiensi termal hingga lebih dari 50%. Pada awalnya mesin diesel digunakan sebagai pengganti mesin uap. Kemudian mulai tahun 1910-an, mesin diesel mulai digunakan pada kapal dan kapal selam, lokomotif, pembangkit listrik, truk dan peralatan berat lainnya. Menurut *British Society of Motor Manufacturing and Traders*, 50% mobil baru yang terjual di Uni-Eropa adalah mobil bermesin diesel, bahkan di Prancis mencapai hingga 70%.

Mesin diesel menghasilkan tekanan kerja yang tinggi, sehingga konstruksi motor diesel lebih kokoh dan lebih besar. Di sisi lain, mesin diesel menghasilkan bunyi yang lebih nyaring, warna dan bau gas yang kurang menyenangkan. Tetapi bila dipandang dari segi ekonomis, bahan bakar serta polusi udara, motor diesel masih lebih disukai (marthur, dkk., 1980).

Siklus diesel (ideal) pembakaran tersebut dimisalkan dengan pemasukan panas pada volume konstan (cengel dkk., 2006). Siklus diesel ini ditunjukkan pada gambar 2.4 dan 2.5 sebagai berikut.



Gambar 2. 4 P-v diagram

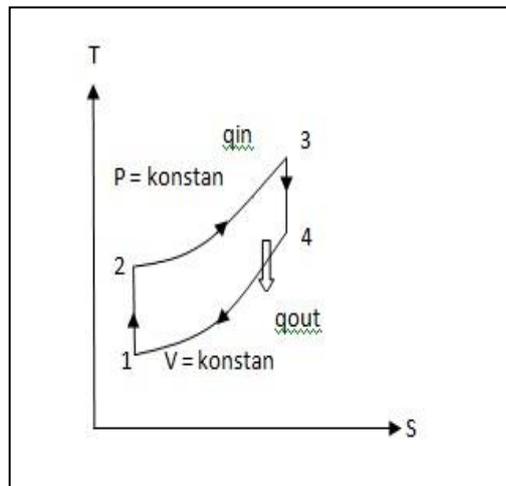
Keterangan Gambar :

- P = Tekanan (atm)
- V = Volume Spesifik ( $\text{m}^3/\text{kg}$ )
- T = Temperatur (K)
- S = Entropi ( $\text{kJ}/\text{kg}\cdot\text{K}$ )

Keterangan grafik sebagai berikut:

1. Langkah isap (0-1) adalah tekanan konstan (isobarik)
2. Langkah kompresi (1-2) adalah proses isentropik
3. Proses pembakaran volume konstan (2-3) merupakan proses pemasukan kalor pada volume konstan
4. Langkah kerja (3-4) adalah proses isentropik
5. Proses pembuangan (4-1) merupakan proses pengeluaran kalor pada volume konstan
6. Langkah buang (0-1) adalah proses tekanan konstan

Diagram T-S



Gambar 2. 5 Diagram T-S

Keterangan Gambar:

- 1-2 Kompresi Isentropik
- 2-3 Pemasukan kalor pada volume konstan
- 3-4 Ekspansi Isentropik
- 4-1 Pengeluaran kalor pada volume konstan

#### 2.4.1. Prinsip Kerja Mesin Diesel

Prinsip kerja mesin diesel 4 tak hampir sama dengan prinsip kerja mesin otto, yang membedakan yaitu cara memasukkan bahan bakarnya. Pada mesin diesel, bahan bakar di injeksikan langsung ke ruang bakar dengan menggunakan injector [21]. Pembakaran pada mesin diesel terjadi injector atau nozzle menginjeksikan bahan bakar ke dalam ruang bakar. Bahan bakar yang diinjeksikan ini akan terbakar karena temperature yang tinggi yang disebabkan oleh tekanan kompresi mesin. Di bawah ini adalah langkah dalam proses mesin diesel 4 langkah:

##### 1. Langkah Isap

Pada saat langkah isap, piston bergerak dari TMA (Titik Mati Atas) ke TMB (Titik Mati Bawah). Pada saat piston bergerak ke bawah katup isap terbuka yang menyebabkan tekanan udara di dalam silinder seketika lebih rendah dari tekanan atmosfer, sehingga udara murni langsung masuk ke ruang silinder melalui filter udara.

##### 2. Langkah Kompresi

Pada langkah kompresi ini, piston dari TMB menuju TMA serta katup isap dan katup buang tertutup. Pada saat langkah kompresi, udara yang ada di dalam ruang silinder akan dikompresi oleh piston sehingga akan menaikkan tekanan dan temperatur di dalam ruang bakar.

##### 3. Langkah Usaha

Pada langkah ini baik katup isap maupun katup buang masih dalam keadaan tertutup, akibat semprotan bahan bakar di ruang bakar akan menyebabkan terjadi ledakan pembakaran akan meningkatkan suhu dan tekanan di ruang bakar. Tekanan yang besar tersebut akan mendorong piston ke bawah yang menyebabkan terjadi gaya aksial. Gaya aksial ini diubah dan diteruskan oleh poros engkol menjadi gaya putar (radial).

##### 4. Langkah Buang

Pada saat langkah buang, piston akan bergerak dari posisi TMB menuju ke posisi TMA dan keadaan katup buang akan membuka, sedangkan katup isap dalam keadaan menutup sehingga udara sisa pembakaran akan didorong keluar dari ruang silinder menuju *exhaust manifold*.

Langkah ini berlanjut terus sehingga terjadi siklus pergerakan piston yang tidak berhenti. Siklus ini tidak akan berhenti selama faktor yang mendukung siklus ini tidak ada yang terputus. Untuk lebih jelas, prinsip kerja mesin diesel dapat dilihat pada gambar 2.6.



Gambar 2. 6 Prinsip Kerja Mesin Diesel

Untuk meningkatkan kemampuan mesin diesel, pada umumnya ditambahkan komponen seperti:

- *Turbocharger* atau *supercharger* berfungsi untuk memperbanyak volume udara yang masuk ruang bakar karena udara yang masuk ruang bakar didorong oleh turbin pada *turbo/supercharger*.
- *Intercooler* untuk mendinginkan udara yang akan masuk ruang bakar. Udara yang panas volumenya akan mengembang begitu juga sebaliknya, maka dengan didinginkan bertujuan supaya udara yang menempati ruang bakar bisa lebih banyak.

## 2.4.2. Performansi Mesin Diesel

### 1. Daya Mesin

Daya mesin (*Brake Power*) merupakan daya yang dibangkitkan oleh mesin ketika mesin beroperasi atau bekerja. Daya mesin diesel yang telah dihubungkan dengan generator dapat dihitung dengan persamaan yang mengacu pada buku B. Priambodo dan V.L Maleev, persamaan daya mesin yang dibangkitkan oleh mesin yang dihubungkan ke generator a-c fasa tunggal termuat pada persamaan 2.1 :

$$N_b = \frac{E.I.P_f}{746.E_g} \quad (2.1)$$

Keterangan:

$N_b$  = Daya Mesin (HP)

$E$  = Tegangan Listrik (V)

$I$  = Kuat arus listrik (A)

$P_f$  = Faktor daya untuk satu fasa tunggal (1)

$E_g$  = Efisiensi generator listrik untuk mesin kecil dibawah 50 kVA = 87%-89%  
Untuk generator yang menggunakan sabuk V maka daya yang dihasilkan dibagi dengan  $e_b = 0.96$ .

### 2. Konsumsi Bahan Bakar Spesifik

Konsumsi bahan bakar spesifik (*brake specific fuel consumption*) adalah jumlah bahan bakar yang dikonsumsi oleh mesin untuk menghasilkan daya satu KW dalam kurun waktu tertentu. Menurut R. A. Marthur dan S. Sharma, perhitungan konsumsi bahan bakar spesifik dapat dilakukan dengan persamaan 2.2:

$$sfc = \frac{\dot{m}_f}{N_b} \quad (2.2)$$

Keterangan:

$sfc$  =Konsumsi bahan bakar spesifik (Kg/KWh)

$\dot{m}_f$  = Jumlah konsumsi bahan bakar (Kg/jam)

$N_b$  = Daya mesin (HP)

### 3. Efisiensi Generator Listrik

Efisiensi thermal (*Thermal Efficiency*) Generator Listrik suatu mesin diesel dapat didefinisikan sebagai besarnya pemanfaatan panas yang dihasilkan dari pembakaran bahan bakar menjadi kerja mekanis. Panas/tenaga yang diberikan oleh bahan bakar dapat dilihat melalui besarnya konsumsi bahan bakar. Sedangkan besarnya kerja mekanis dapat dilihat dari daya mesin yang dihasilkan. Sehingga harga dari efisiensi termal ini akan dipengaruhi oleh perubahan daya mesin dan perubahan laju bahan bakar yang dikonsumsi oleh mesin tersebut. Persamaan yang digunakan untuk menghitung efisiensi thermal menurut R. A. Marthur dan S. Sharma adalah sebagai tertulis pada 2.3:

$$\eta_{th} = \frac{N_b \cdot 632,5}{\dot{m}_f \cdot LHV} \quad (2.3)$$

Keterangan:

$\eta_{th}$  = Efisiensi Generator Listrik (%)

$N_b$  = Daya mesin (KW)

$\dot{m}_f$  = Konsumsi bahan bakar (Kg/jam)

LHV = Nilai kalor bahan bakar (Kcal/Kg)

## BAB 3 METODOLOGI

### 3.1. Waktu dan Tempat Pengujian

Persiapan bahan baku dilakukan di Laboratorium Energi Baru Terbarukan Politeknik Negeri Medan. Proses Esterifikasi transesterifikasi dilakukan selama lebih kurang 6 minggu. Pengujian dilakukan di Laboratorium Motor Bakar Departemen Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Syiah Kuala selama 2 minggu.

Tabel 3. 1 Jadwal Kegiatan Penelitian

No	Uraian Kegiatan	Waktu (bulan)											
		11	12	1	2	3	4	5	6	7	8		
1	Pengajuan Judul												
2	Studi Literatur												
3	Seminar Proposal												
4	Pengujian Alat												
5	Pengolahan Data												
6	Penulisan Laporan												
7	Seminar Hasil												
8	Sidang Sarjana												

### 3.2. Alat dan Bahan

#### 3.2.1. Alat

Alat yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari:

1. Mesin Diesel Small Engine Test Yanmar TF 65R.

Mesin yang digunakan dalam pengujian ditunjukkan pada gambar 3.1 di bawah ini:



Gambar 3. 1 Mesin Diesel Small Engine Test Yanmar TF 65R

**Spesifikasi:**

Model	: Yanmar TF 65R
Type	: 1 Silinder, 4 Langkah, dan Horizontal
Max output	: 4.8 kW
Torsi Maksimum	: 24.2 Nm/1600 RPM
Rated output	: 3 kW
Max speed	: 2200 rpm

2. Tachometer

*Tachometer* digunakan untuk melihat kecepatan putaran (rpm). Gambar Tachometer ditunjukkan pada gambar 3.2 di bawah ini:



Gambar 3. 2 Tachometer

**Spesifikasi:**

Model : Tachometer DT-2234C<sup>+</sup>  
Test Range : 2,5 – 99.999 rpm  
Resolution : 0,1 rpm (2,5 – 999,9 rpm)  
1 rpm ( over 1.000 rpm)  
Accuracy : ± 0.05%  
Battery : 6F22 9V

3. Gelas Ukur

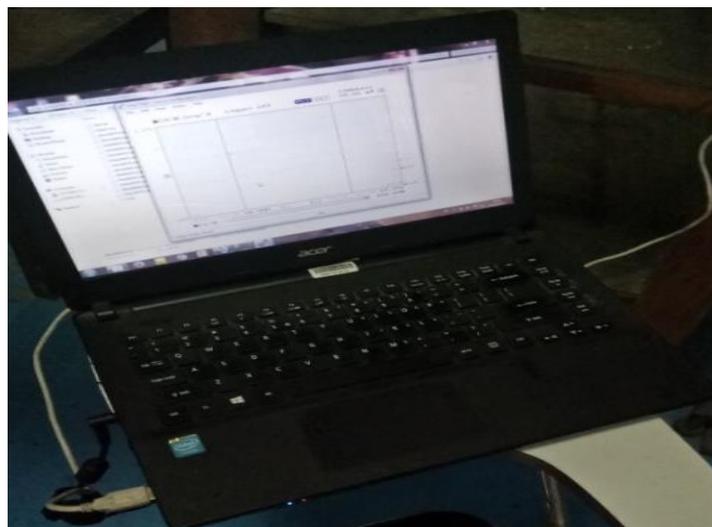
Gelas ukur digunakan untuk mengukur jumlah biodiesel yang akan dicampurkan dengan solar.



Gambar 3. 3 Gelas ukur

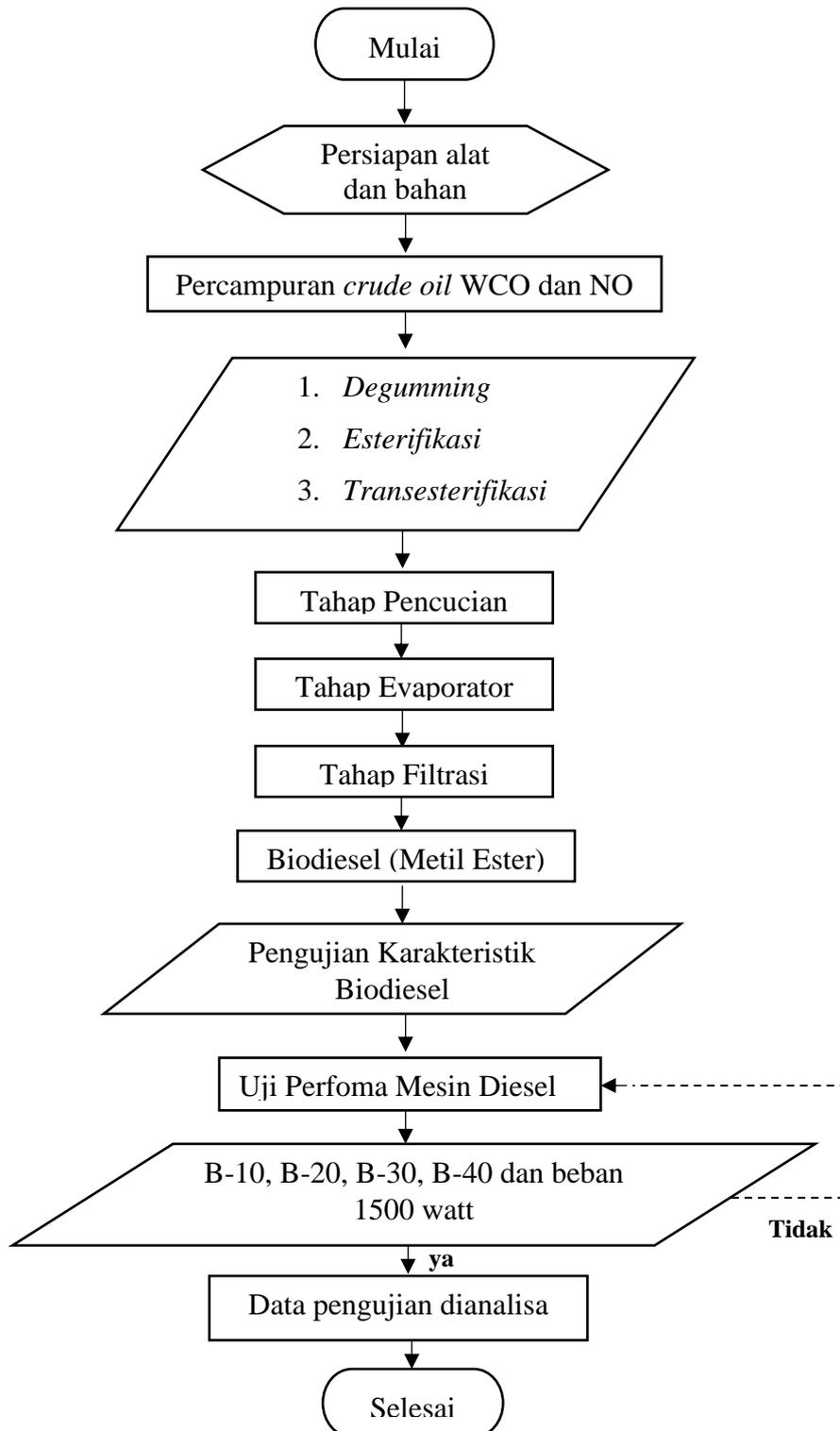
4. Laptop

Digunakan untuk mendata hasil pengujian dan membuat grafik.



Gambar 3. 4 Laptop

### 3.2.2. Diagram Alir Penelitian



Gambar 3. 5 Diagram alir penelitian

### 3.2.3. Persiapan Biodiesel

Campuran minyak mentah (*crude oil*) yaitu minyak goreng sisa (*waste cooking oil*) dan minyak biji mimba (*Neem seed oil*) dengan perbandingan tertentu diuji terlebih dahulu sifat fisikokimia (FFA, Nilai Kalor, Oksidasi, Viskositas, Densitas), diantara 4 persentase perbandingan campuran *crude oil* (WCO90NO10, WCO80NO20, WCO70NO30) tersebut yang memiliki sifat fisikokimia yang tinggi akan diproduksi biodiesel untuk diuji karakteristik. Untuk mendapatkan campuran homogen maka kedua campuran minyak diaduk dengan putaran 1000 rpm, temperatur 60 °C, proses dilakukan selama 15 menit. Sebelum dilakukan proses esterifikasi, proses *degumming* perlu dilakukan terlebih dahulu untuk menghilangkan fosfatida dan menurunkan nilai asam tergantung dari *fatty acid* dari minyak mentah setelah pengujian bilangan asam. Adapun tahapan pembuatan biodiesel dilakukan sebagai berikut:

1. Tahap *degumming*, proses ini dilakukan pada minyak mentah (*crude oil*) untuk meningkatkan stabilitas oksidasi. Secara umum, minyak mentah mengandung jumlah fosfatida yang bervariasi (dikenal sebagai getah) dan fosfatida ini perlu dihilangkan dari minyak karena tidak diinginkan untuk produksi biodiesel. Proses pemisahan getah atau lendir yang terdiri dari fosfatida, protein residu, karbohidrat, air dan resin disebut *degumming*. Pada proses ini, campuran minyak mentah yaitu minyak goreng sisa dan minyak biji mimba dimasukkan didalam *double jacket* ditambahkan 2% vol %  $H_3PO_4$  20% dipanaskan dengan temperatur 60 °C, putaran 1000 rpm dilakukan selama 30 menit. Kemudian dilakukan proses filtrasi dicorong pemisah selama 2 jam, dimana pembentukan fosfatida (getah) dapat diamati didasar labu. Setelah itu dipisahkan dari campuran minyak dicuci 2 kali dengan air suling pada temperatur 50 °C. Proses *degumming* dapat dilihat pada gambar 3.6.



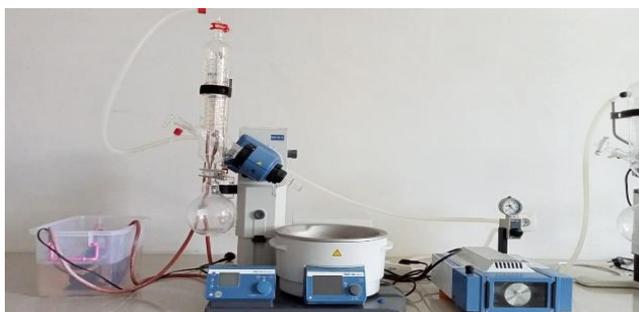
Gambar 3. 6 Proses degumming

2. Tahap esterifikasi, minyak yang sudah di proses *degumming* dicampurkan dengan metanol dengan perbandingan 2:1 setelah itu tambahkan 1% vol %  $H_2SO_4$ . Reaksi esterifikasi dalam penelitian ini berlangsung selama 1,5 jam pada temperatur 60 °C, putaran 1000 rpm. Pada akhir reaksi akan terbentuk metil ester dengan kadar asam kurang dari 2%. Selanjutnya produk ini diendapkan selama waktu tertentu untuk memisahkan gliserol dan metil ester di corong pemisah. Gliserol yang terbentuk berada di lapisan bawah karena berat jenisnya lebih besar daripada metil ester. Gliserol kemudian dipisahkan dikeluarkan dari reaktor agar tidak mengganggu proses transesterifikasi.
3. Tahap transesterifikasi, pada tahapan ini dilakukan proses transesterifikasi pada metil ester yang sudah mempunyai kadar asam yang rendah. Pada tahap ini dilakukan pencampuran antara katalis KOH dengan persentasi perbandingan (0,5%; 0,75%; 1%) dan metanol ( $CH_3OH$ ) perbandingan persentasi 1:2 dengan minyak hasil esterifikasi. Reaksi transesterifikasi dalam penelitian ini berlangsung sekitar 1,5 jam pada temperatur 60 °C. Setelah proses transesterifikasi selesai, dilakukan pengendapan selama waktu tertentu agar gliserol terpisah dari metil ester.
4. Tahap pencucian, setelah tahap transesterifikasi biodiesel dilakukan, selanjutnya dilakukan tahap pencucian dengan menambahkan *aquadest* pada temperatur 45-60 °C kedalam biodiesel dengan tujuan agar gliserol, alkohol dan sisa-sisa katalis basa dan sabun larut dalam air. Pencucian dilakukan dua kali sampai pH campuran menjadi normal. Proses pencucian diperlihatkan pada gambar 3.7 sebagai berikut.



Gambar 3. 7 Proses Pencucian

5. Tahap evaporasi, pengeringan bertujuan untuk menghilangkan air yang tercampur dalam metil ester. Pengeringan dilakukan sekitar 10 menit pada suhu yang cukup tinggi. Pengeringan dilakukan dengan cara memberikan panas pada produk dengan suhu sekitar  $95^{\circ}\text{C}$  secara sirkulasi. Ujung pipa sirkulasi ditempatkan di tengah permukaan cairan pada alat evaporasi. Tahap evaporator dapat diperlihatkan pada gambar 3.8 sebagai berikut.



Gambar 3. 8 Tahap Evaporator

6. Tahap filtrasi, pada tahap akhir dilakukan filtrasi dari proses pembuatan biodiesel. Filter yang dilakukan berukuran 10 mikron. Masukkan minyak kedalam kertas filter. Tahap filtrasi ditunjukkan pada gambar 3.9 sebagai berikut.



Gambar 3. 9 Proses Filtrasi

#### 3.2.4. Bahan

1. Solar + Biodiesel campuran minyak goreng sisa dan minyak biji mimba 10%
2. Solar + Biodiesel campuran minyak goreng sisa dan minyak biji mimba 20%
3. Solar + Biodiesel campuran minyak goreng sisa dan minyak biji mimba 30%
4. Solar + Biodiesel campuran minyak goreng sisa dan minyak biji mimba 40%.

#### 3.3. Metode Pengumpulan Data

Data yang digunakan dalam penelitian ini meliputi:

1. Data primer, merupakan data yang didapat langsung dari pembacaan dan pengukuran pada unit instrumentasi dan alat ukur pada masing-masing pengujian.
2. Data sekunder, merupakan data tentang karakteristik bahan bakar solar dan biodiesel minyak padi yang digunakan dalam pengujian ini.

#### 3.4. Metode Pengolahan Data

Data yang didapatkan dari hasil pengujian diolah menggunakan rumus yang ada. Kemudian data dari perhitungan ditampilkan dalam bentuk tabulasi dan grafik.

### 3.5. Pengamatan dan Tahap Pengujian

Parameter yang ditinjau dalam pengujian ini adalah:

1. Daya (*Brake Power*)
2. Konsumsi bahan bakar spesifik (*Specific Fuel Consumption*)
3. Efisiensi termal (*Thermal Efficiency*)

Prosedur pengujian pada penelitian ini dibagi menjadi beberapa tahap:

1. Solar + Biodiesel campuran minyak goreng sisa dan minyak biji mimba 10%
2. Solar + Biodiesel campuran minyak goreng sisa dan minyak biji mimba 20%
3. Solar + Biodiesel campuran minyak goreng sisa dan minyak biji mimba 30%
4. Solar + Biodiesel campuran minyak goreng sisa dan minyak biji mimba 40%

### 3.6. Prosedur Pengujian Nilai Kalor Bahan Bakar

Alat yang digunakan untuk mengukur nilai kalor bahan bakar dalam pengujian ini adalah Bom kalorimeter

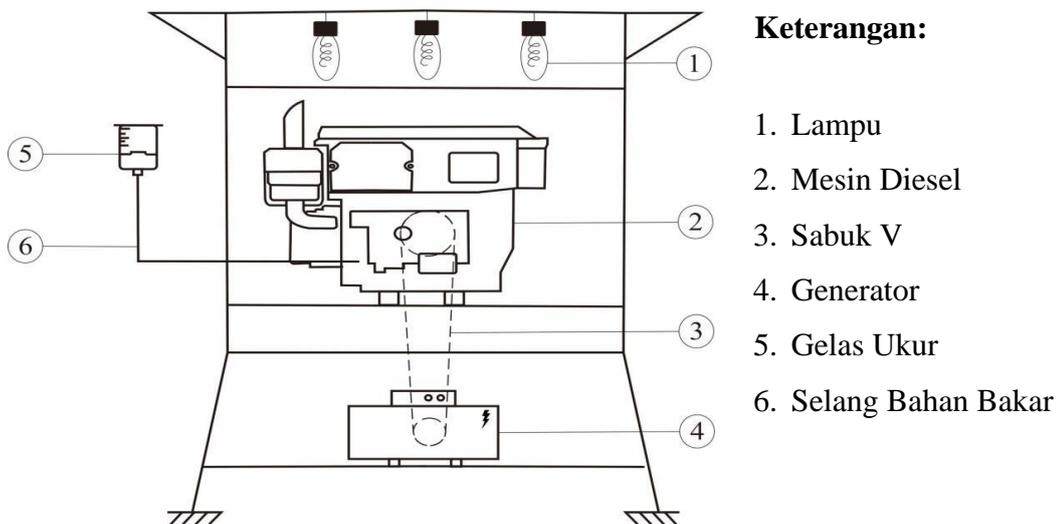
### 3.7. Prosedur Pengujian Performansi Mesin Diesel

Pada pengujian performansi mesin diesel akan dilakukan dengan 4 variasi bahan bakar (B-10, B-20, B-30, B-40 dan Beban 1500 Watt). Prosedur pengujian performansi motor dilakukan dengan langkah-langkah sebagai berikut:

Pengujian performansi mesin diesel akan dilakukan menggunakan mesin diesel Yanmar TF65R-di yang dihubungkan dengan sabuk V untuk menggerakkan generator listrik dengan daya maksimum 3 KW. Uji performansi dilakukan untuk mencari berapa besar daya mesin yang dibangkitkan mesin diesel untuk semua jenis campuran bahan bakar, berapa besar konsumsi bahan bakar spesifik dari semua jenis campuran bahan bakar, dan berapa besar nilai dari efisiensi thermal yang dimiliki dari setiap jenis campuran bahan bakar. Adapun spesifikasi dari mesin diesel Yanmar TF 65 R di yaitu:

Tabel 3. 2 Spesifikasi Mesin Yanmar TF 65 R

Spesifikasi Yanmar TF 65 R	
Tipe Vendor	TF 65 R
Merk	Yanmar
Tenaga Mesin	6.5 HP
Start Mesin	Engkol
Pendingin Mesin	Radiator
Putaran Mesin	2200 RPM
Torsi Maksimum Mesin	24.2 Nm/1600 RPM
Diameter x Langkah Piston	78 x 80 mm
Tipe Oli	SAE 40 CC/CD
Kapasitas Mesin	382 cc
Sistem Pembakaran Mesin	Direct
Langkah Mesin	4 Langkah
Jumlah Silinder Mesin	1
Kapasitas Tanki Bahan Bakar	7.1 L
Kapasitas Oli	1.8 L
Dimensi (Pxlxt)	80 x 480 x 700 mm



Gambar 3. 10 Skematik Uji Performansi

Pengambilan data dilakukan pada setiap variasi bahan bakar dari B-10, B-20, B-30, dan B-40. Tiap campuran bahan bakar akan dilakukan pengambilan data pada putaran mesin 1500 RPM, 1700 RPM, 1900 RPM dan 2100 RPM. Setiap pengujian akan dilakukan dua kali pengulangan. Prosedur pengujian performansi mesin diesel dan pengambilan data adalah sebagai berikut:

- a. Bahan bakar diisi ke dalam gelas ukur, kemudian mesin dinyalakan
- b. Lampu dinyalakan dan putaran mesin diatur pada RPM yang diinginkan
- c. Stopwatch dihidupkan untuk menghitung waktu konsumsi bahan bakar sebanyak 10 ml, begitu pula dengan kuat arus dan tegangan listrik juga diukur selama proses konsumsi bahan bakar sebanyak 10 ml. Setelah konsumsi bahan bakar sebanyak 10 ml selesai maka stopwatch dimatikan dan dicatat berapa lama waktu yang dibutuhkan untuk konsumsi bahan bakar sebanyak 10 ml
- d. Setiap pengujian dilakukan dua kali pengambilan data

## BAB 4

### HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 4.1. Hasil Pengujian Karakteristik Biodiesel

Pengujian Karakteristik biodiesel minyak goreng sisa dan minyak biji mimba B-10, B-20, B-30, B-40 di Pusat Energi Baru Terbarukan Politeknik Negeri Medan adapun karakteristik yang diuji berupa katrakteristik fisik dan kimia. Karakteristik fisik yang diuji berupa densitas, viskositas, titik nyala, oksidasi stabilitas. Berikut adalah karakteristik biodiesel, B-10, B-20, B-30, B-40, ASTM dan EN yang termuat pada tabel 4.1:

Tabel 4. 1 Karakteristik Biodiesel Minyak goreng sisa-biji mimba

Properties	Unit	Biodiesel				Data pengujian
		ASTM D6751	Standard test method	EN 14214	Standard test method	KOH 0.5%
Viskositas 40 °C	mm <sup>2</sup> /s	1,9-6.0	D445	3.5-5.0	EN ISO 3104	4.531
Densitas 40 °C	kg/m <sup>3</sup>	850-890	D4052	860-900	EN ISO 3675	860
Bilangan asam	mgKOH/g	0,5 (maks)	D664	0.5 (max)	EN ISO 14104	0.17
Nilai kalor	MJ/kg	-	D240	-	-	38.77
Oksidasi stabilitas 110 °C	°h	3 (min)	EN 14112	6 (min)	EN ISO 14112	10.03
Titik nyala	°C	100-170	D93	101 (min)	EN ISO 22719	164.3
Angka iodin	% massa (g-I <sub>2</sub> /100g), maks	115	AOCS Cd 1-25	-	-	98.2

Tabel 4. 2 Uji Karakteristik B-10, B-20, B-30, B-40

Properties	Unit	Biodiesel				Data pengujian			
		ASTM D6751	Standard test method	EN 14214	Standard test method	B-10	B-20	B-30	B-40
Viskositas 40 °C	mm <sup>2</sup> /s	1,9-6.0	D445	3.5-5.0	EN ISO 3104	3,166	3,269	3,398	3,676
Densitas 40 °C	kg/m <sup>3</sup>	850-890	D4052	860-900	EN ISO 3675	828,2	833,4	838,6	844,4
Nilai Kalor	J/g		ASTM-4809-06		ASTM-4809-06	45120	45628	44158	43756

#### 4.2. Hasil Pengujian Performansi Mesin Diesel

Data yang didapat dari proses uji performansi mesin diesel akan digunakan untuk mencari besarnya daya mesin, konsumsi bahan bakar spesifik, dan efisiensi thermal. Adapun tabel data yang termuat adalah hasil perhitungan rata-rata dari dua kali pengujian performansi mesin diesel.

##### 4.2.1. Hasil Uji Performansi Mesin Diesel Menggunakan Biodiesel (B-10)

Hasil pengujian performansi mesin diesel menggunakan bahan bakar B-10 mendapatkan datapengujian sebagaimana yang termuat dalam tabel 4.3:

Tabel 4. 3 Data Pengujian Menggunakan Biodisel (B-10)

B-10					
No	Bahan Bakar Dikonsumsi (ml)	Putaran Mesin (RPM)	Kuat Arus (Ampere)	Tegangan (Volt)	Waktu (Detik)
1	10	1500	7.21	149.9	57.5
2	10	1700	7.98	171.9	50
3	10	1900	8.62	199.1	44.5
4	10	2100	9.04	223.4	36.5

Dari data yang didapat akan dilakukan perhitungan daya mesin, konsumsi bahan bakar spesifik, dan efisiensi thermal menggunakan persamaan 2.1, 2.2, dan 2.3.

○ Daya Mesin ( $N_b$ ) B-10

Daya Mesin dapat dihitung menggunakan persamaan :

$$N_b = \frac{E \cdot I \cdot P_f}{746 \cdot E_g}$$

**Keterangan:**

$N_b$  = Daya Mesin (HP)

E = Tegangan Listrik (V)

I = Kuat arus listrik (A)

$P_f$  = Faktor daya untuk satu fasa tunggal (1)

$E_g$  = Efisiensi generator listrik untuk mesin kecil dibawah 50 kVA = 87%-89% Untuk generator yang menggunakan sabuk V maka daya yang dihasilkan dibagi dengan  $e_b = 0.96$ .

$$N_b = \frac{149,9 \cdot 7,21 \cdot 1}{746 \cdot 0,88}$$

$$N_b = \frac{1,080.779}{656,48}$$

$$N_b = 1.646324335851816 \text{ HP}/0,96 \text{ (eb)}$$

$$N_b = 1.714921183178975 \text{ HP}$$

Mengubah HP ke KW :

$$N_b = 1.714921183178975 \text{ HP} \times 0,746$$

$$N_b = 1.279331202651515 \text{ kW}$$

○ Konsumsi Bahan Bakar Spesifik ( $sfc$ ) B-10

Konsumsi Bahan Bakar Spesifik dapat dihitung menggunakan persamaan:

$$sfc = \frac{\dot{m}_f}{N_b}$$

**Keterangan:**

Sfc =Konsumsi bahan bakar spesifik (Kg/KWh)

$\dot{m}_f$  = Jumlah konsumsi bahan bakar (Kg/jam)

$N_b$  = Daya mesin (HP)

Namun, kita harus menghitung terlebih dahulu Jumlah konsumsi bahan bakar:

$$\dot{m}_f = \frac{V \cdot \rho}{t}$$

**Keterangan:**

$\dot{m}_f$  = Jumlah konsumsi bahan bakar (Kg/jam)

$V$  = Volume bahan bakar (ml)

$\rho$  = Densitas bahan bakar ( $kg/m^3$ )

$t$  = Waktu (s)

$$\dot{m}_f = \frac{10 \text{ ml (Dijadikan } m^3) \cdot 828,2 \text{ kg}/m^3}{57,5 \text{ Detik (Dijadikan Jam)}}$$

$$\dot{m}_f = \frac{0,00001 \text{ m}^3 \cdot 828,2 \text{ kg}/m^3}{0.0159722222222222 \text{ Jam}}$$

$$\dot{m}_f = \frac{0,008282 \text{ kg}}{0.0159722222222222 \text{ Jam}}$$

$$\dot{m}_f = 0.5185252173913051 \text{ kg/Jam}$$

$$sfc = \frac{\dot{m}_f}{N_b}$$

$$sfc = \frac{0.5185252173913051 \text{ kg kg/Jam}}{1.279331202651515 \text{ kW}}$$

$$sfc = 0.4053095995131055 \text{ kg/kWh}$$

● Efisiensi Thermal ( $n_{th}$ ) B-10

Efisiensi Thermal dapat dihitung menggunakan persamaan:

$$\eta_{th} = \frac{N_b \cdot 632,5}{\dot{m}_f \cdot LHV}$$

**Keterangan:**

$\eta_{th}$  = Efisiensi thermal (%)

$N_b$  = Daya mesin (KW)

$\dot{m}_f$  = Konsumsi bahan bakar (Kg/jam)

LHV = Nilai kalor bahan bakar (Kcal/Kg)

$$\eta_{th} = \frac{1.714921183178975 \text{ HP} \cdot 632,5}{0.5185252173913051 \text{ kg/Jam} \cdot 45,120 \text{ kj/kg} : 4,184 \text{ (Ke Kcal)}}$$

$$\eta_{th} = \frac{1.714921183178975 \text{ HP} \cdot 632,5}{0.5185252173913051 \text{ kg/Jam} \cdot 10783,939 \text{ kcal/kg}}$$

$$\eta_{th} = \frac{1084.687648360702}{5,591.744314309573}$$

$$\eta_{th} = 0.1939801942633407 \times 100\%$$

$$\eta_{th} = 19,40\%$$

Perhitungan diatas adalah perhitungan dari pengujian performansi mesin diesel menggunakan B-10 pada putaran mesin 1500 RPM. Untuk hasil perhitungan lainnya dapat dilihat pada tabel 4.4:

Tabel 4. 4 Data Performansi Mesin Diesel Menggunakan Biodiesel (B-10)

No	Putaran Mesin (RPM)	$\dot{m}_f$ (kg/jam)	Daya mesin (HP)	Daya mesin (kW)	SFC (kg/kWh)	Efisisensi thermal (%)
1	1500	0.519	1.715	1.279	0.405	19.40%
2	1700	0.596	2.177	1.623	0.367	21.41%
3	1900	0.670	2.723	2.031	0.330	23.84%
4	2100	0.817	3.204	2.390	0.342	23.01%

Tabel 4.4 menjelaskan hubungan antara putaran mesin terhadap daya mesin menggunakan bahan bakar biodiesel 10%. Grafik menjelaskan bahwa terjadi peningkatan besarnya daya mesin yang dihasilkan seiring dengan makin besarnya putaran mesin, hal ini terjadi karena makin banyaknya langkah usaha yang

terjadi pada putaran tinggi. Daya mesin tertinggi untuk biodiesel 10% adalah sebesar 3,204 HP.

Tabel 4.4 menjelaskan hubungan putaran mesin terhadap konsumsi bahan bakar spesifik menggunakan bahan biodiesel 10%, dimana pada putaran mesin 1500 RPM besarnya konsumsi bahan bakar spesifik adalah sebesar 0,405 kg/kWh, kemudian terjadi penurunan hingga pada putaran mesin 2100 RPM. Hasil dari perhitungan efisiensi thermal dari jenis bahan bakar biodiesel 10% dapat dilihat pada Tabel 4.4 pada 1500 RPM mempunyai nilai efisiensi thermal sebesar 19,40 % dan terus mengalami kenaikan yang signifikan sampai pada putaran mesin 1900 RPM lalu kemudian menurun sedikit pada putaran mesin 2100 RPM.

#### 4.2.2. Hasil Uji Performansi Mesin Diesel Menggunakan Biodiesel (B-20)

Hasil pengujian performansi mesin diesel menggunakan bahan bakar B-20 mendapatkan data pengujian sebagaimana yang termuat dalam tabel 4.5.

Tabel 4. 5 Data Pengujian Menggunakan Biodiesel (B-20)

B-20					
No	Bahan Bakar Dikonsumsi (ml)	Putaran Mesin (RPM)	Kuat Arus (Ampere)	Tegangan (Volt)	Waktu (Detik)
1	10	1500	7.18	149.5	57.7
2	10	1700	7.95	171.5	50
3	10	1900	8.6	198.5	44.5
4	10	2100	9.03	222.3	36.5

Dari data yang diperoleh tersebut kemudian akan dilakukan perhitungan untuk daya mesin, konsumsi bahan bakar spesifik, dan efisiensi thermal sehingga diperoleh data hasil perhitungan yang termuat dalam tabel 4.6.

Tabel 4. 6 Data Performansi Mesin Diesel Menggunakan Biodiesel (B-20)

No	Putaran Mesin (RPM)	$\dot{m}_f$ (kg/jam)	Daya mesin (HP)	Daya mesin (kW)	SFC (kg/kWh)	Efisiensi thermal (%)
1	1500	0.520	1.703	1.270	0.409	19.00%
2	1700	0.600	2.163	1.613	0.372	20.91%
3	1900	0.674	2.709	2.020	0.334	23.30%
4	2100	0.822	3.185	2.375	0.346	22.47%

Tabel 4.6 menjelaskan hubungan antara putaran mesin terhadap daya mesin menggunakan bahan bakar biodiesel 20%. Tabel 4.6 menjelaskan bahwa terjadi peningkatan besarnya daya mesin yang dihasilkan seiring dengan makin besarnya putaran mesin, hal ini terjadi karena makin banyaknya Langkah usaha yang terjadi pada putaran tinggi. Daya mesin tertinggi untuk biodiesel 20% adalah sebesar 3,185 HP.

Tabel 4.6 menjelaskan hubungan putaran mesin terhadap konsumsi bahan bakar spesifik menggunakan bahan biodiesel 20%, dimana pada putaran mesin 1500 RPM besarnya konsumsi bahan bakar spesifik adalah sebesar 0.409 kg/kWh, kemudian terjadi penurunan pada putaran mesin 2100 RPM menjadi 0.346 kg/kWh. Hasil dari perhitungan efisiensi thermal dari jenis bahan bakar biodiesel 20% dapat dilihat pada tabel 4.6 dapat dilihat pada 1500 RPM mempunyai nilai efisiensi thermal sebesar 19,00%, pada putaran mesin 1700 RPM meningkat menjadi 20,91%, untuk angka efisiensi thermal pada pada putaran mesin 1900 RPM terus mengalami peningkatan signifikan menjadi 23,30% yang dipengaruhi oleh jumlah konsumsi bahan bakar dan daya mesin yang dibangkitkan.

#### 4.2.3. Hasil Uji Performansi Mesin Diesel Menggunakan Biodiesel (B-30)

Hasil pengujian performansi mesin diesel menggunakan bahan bakar biodiesel 30% mendapatkan data pengujian sebagaimana yang termuat dalam tabel 4.7.

Tabel 4. 7 Data Pengujian Menggunakan Biodisel (B-30)

B-30					
No	Bahan Bakar Dikonsumsi (ml)	Putaran Mesin (RPM)	Kuat Arus (Ampere)	Tegangan (Volt)	Waktu (Detik)
1	10	1500	7.15	148.9	56.5
2	10	1700	7.92	170.9	48.7
3	10	1900	8.58	198.1	43
4	10	2100	9.02	221.2	35.5

Dari data yang diperoleh tersebut kemudian akan dilakukan perhitungan untuk daya mesin, konsumsi bahan bakar spesifik, dan efisiensi thermal sehingga diperoleh data hasil perhitungan yang termuat dalam tabel 4.8.

Tabel 4. 8 Data Performansi Mesin Diesel Menggunakan Biodiesel (B-30)

No	Putaran Mesin (RPM)	$\dot{m}_f$ (kg/jam)	Daya mesin (HP)	Daya mesin (kW)	SFC (kg/kWh)	Efisiensi thermal (%)
1	1500	0.534	1.689	1.260	0.424	18.95%
2	1700	0.620	2.148	1.602	0.387	20.76%
3	1900	0.702	2.697	2.011	0.349	23.02%
4	2100	0.850	3.166	2.361	0.360	22.31%

Tabel 4.8 menjelaskan hubungan antara putaran mesin terhadap daya mesin menggunakan bahan bakar biodiesel 30%, bahwa terjadi peningkatan besarnya daya mesin yang dihasilkan seiring dengan makin besarnya putaran mesin, hal ini terjadi karena makin banyaknya Langkah usaha yang terjadi pada putaran tinggi. Daya mesin tertinggi untuk biodiesel 30% adalah sebesar 3,166 HP. Tabel 4.8 merupakan grafik yang menjelaskan hubungan putaran mesin terhadap konsumsi bahan bakar spesifik menggunakan bahan biodiesel 30%, dimana pada putaran mesin 1500 RPM besarnya konsumsi bahan bakar spesifik adalah sebesar 0.424 kg/kWh, kemudian

terjadi penurunan pada putaran mesin 1700 RPM menjadi 0.387 kg/kWh, hingga pada putaran mesin 1900 RPM masih mengalami penurunan menjadi 0.349 kg/kWh dan kemudian pada putaran mesin 2100 RPM mengalami kenaikan sedikit menjadi 0.360 kg/kWh, hal sesuai dengan karakteristik mesin yang digunakan dalam proses penelitian. Hasil dari perhitungan efisiensi thermal dari jenis bahan bakar biodiesel 30% dapat dilihat pada Tabel 4.8 dapat dilihat pada 1500 RPM mempunyai nilai efisiensi thermal sebesar 18,95%, kemudian mengalami kenaikan angka efisiensi thermal pada putaran mesin 1900 RPM menjadi 20,76%, lalu kemudian pada putaran mesin 1900 RPM mengalami peningkatan efisiensi thermal menjadi 23,02% yang dipengaruhi oleh jumlah konsumsi bahan bakar dan besarnya daya mesin yang dibangkitkan oleh mesin diesel itu sendiri.

#### 4.2.4. Hasil Uji Performansi Mesin Diesel Menggunakan Biodiesel (B-40)

Hasil pengujian performansi mesin diesel menggunakan bahan bakar biodiesel 40% mendapatkan data pengujian sebagaimana yang termuat dalam tabel 4.9.

Tabel 4. 9 Data Pengujian Menggunakan Biodiesel (B-40)

B-40					
No	Bahan Bakar Dikonsumsi (ml)	Putaran Mesin (RPM)	Kuat Arus (Ampere)	Tegangan (Volt)	Waktu (Detik)
1	10	1500	7.12	148.5	56.5
2	10	1700	7.89	170.5	48.5
3	10	1900	8.56	197.5	43
4	10	2100	9.01	220.1	35.5

Dari data yang diperoleh tersebut kemudian akan dilakukan perhitungan untuk daya mesin, konsumsi bahan bakar spesifik, dan efisienssi thermal sehingga diperoleh data hasil perhitungan yang termuat dalam tabel 4.10.

Tabel 4. 10 Data Performansi Mesin Diesel Menggunakan Biodiesel (B-40)

No	Putaran Mesin (RPM)	$\dot{m}_f$ (kg/jam)	Daya mesin (HP)	Daya mesin (kW)	SFC (kg/kWh)	Efisiensi thermal (%)
1	1500	0.538	1.678	1.251	0.430	18.86%
2	1700	0.627	2.135	1.592	0.394	20.60%
3	1900	0.707	2.683	2.000	0.353	22.95%
4	2100	0.856	3.147	2.346	0.365	22.23%

Tabel 4.10. menjelaskan hubungan antara putaran mesin terhadap daya mesin menggunakan bahan bakar biodiesel 40%. Grafik menjelaskan bahwa terjadi peningkatan besarnya daya mesin yang dihasilkan seiring dengan makin besarnya putaran mesin, hal ini terjadi karena makin banyaknya Langkah usaha yang terjadi pada putaran tinggi. Daya mesin tertinggi untuk biodiesel 40% adalah sebesar 3,147 HP. Tabel 4.10 menjelaskan hubungan putaran mesin terhadap konsumsi bahan bakar spesifik menggunakan bahan biodiesel 40%, dimana pada putaran mesin 1500 RPM besarnya konsumsi bahan bakar spesifik adalah sebesar 0.430 kg/kWh, kemudian terjadi penurunan dratis pada putaran mesin 1700 RPM menjadi 0,394 kg/kWh, hal sesuai dengan karakteristik mesin yang digunakan dalam proses penelitian. Hasil dari perhitungan efisiensi thermal dari jenis bahan bakar biodiesel 40% dapat dilihat pada Tabel 4.10. 1500 RPM mempunyai nilai efisiensi thermal sebesar 18,86%, kemudian mengalami kenaikan angka efisiensi thermal pada putaran mesin 1900 RPM menjadi 22,95%, lalu kemudian pada putaran mesin 2100 mengalami sedikit penurunan efisiensi thermal menjadi 22,23% yang dipengaruhi oleh jumlah konsumsi bahan bakar dan besarnya daya mesin yang dibangkitkan oleh mesin diesel itu sendiri.

#### 4.3. Perbandingan Daya Mesin Dari Berbagai Campuran Bahan Bakar

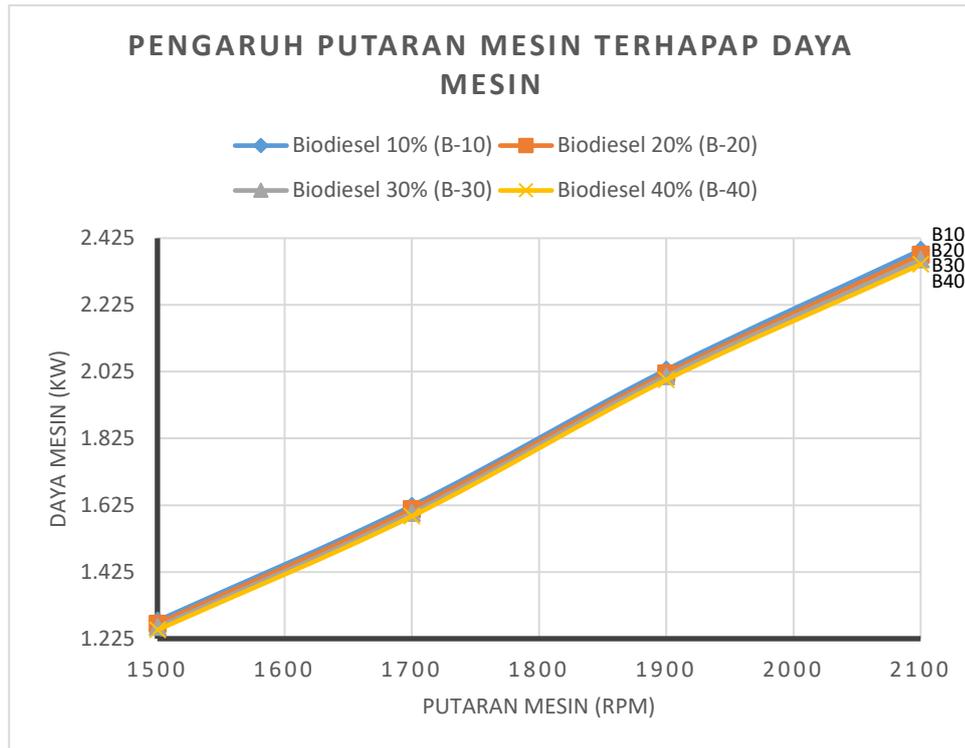
Pada gambar 4.1 menjelaskan perbandingan daya mesin dari semua campuran bahan bakar. Dapat dilihat bahwa kenaikan putaran mesin mengakibatkan kenaikan daya mesin yang diangkitkan, hal ini disebabkan karena pada putaran tinggi langkah kerja mesin akan semakin banyak. Variasi daya

campuran biodiesel-solar dengan perbedaan persentase volume biodiesel WCONO yang diuji menggunakan mesin diesel injeksi langsung satu silinder ditunjukkan pada Gambar 4.1. Dari hasil pengujian dapat dilihat bahwa variasi daya sebagai fungsi kecepatan engine serupa untuk semua bahan bakar yang diuji dalam penelitian ini. Terbukti bahwa pencampuran biodiesel WCONO dengan bahan bakar solar menurunkan daya, meskipun penurunannya tidak begitu mencolok. Daya tertinggi dicapai untuk bahan bakar diesel, dengan nilai 2,396 kW.

Penambahan biodiesel WCONO menurunkan daya mesin, meskipun penurunannya tidak terlalu signifikan. Daya mesin campuran B10, B20, B30, dan B40 menurun rata rata sebesar 0,6% Selain itu, tenaga mesin meningkat seiring dengan peningkatan putaran mesin, dimana tenaga mesin mencapai nilai maksimum pada 2100 rpm, diikuti dengan penurunan pada putaran mesin yang lebih tinggi.

Menurut (Boons, Montalvo, Quist, & Wagner, 2013; Singh, 2013) penambahan 10% metil ester minyak jelantah menghasilkan daya pengereman yang paling tinggi, dengan nilai yang sebanding dengan solar. Namun, daya mesin berkurang dengan peningkatan persentase volume biodiesel dalam campuran. Penurunan daya mesin disebabkan oleh gaya gesek, pembentukan campuran yang kurang baik, serta viskositas dan densitas biodiesel yang lebih tinggi (Ong et al., 2014; Sanjid et al., 2014).

Secara keseluruhan daya mesin tertinggi dihasilkan oleh bahan bakar (B-10). Penurunan daya pada bahan bakar campuran tersebut dapat terjadi dikarenakan angka setana bahan bakar campuran lebih besar dibandingkan angka solar, hal itu menyebabkan pembakaran yang lebih cepat dan tidak sesuai dengan mesin diesel yang digunakan sehingga daya yang dibangkitkan tidak optimal. Bahan bakar dengan angka setana yang tinggi bagus digunakan untuk mesin kendaraan besar dan mesin industry (Zhang et al., 2022).



Gambar 4. 1 Grafik Perbandingan Daya Mesin Dari Berbagai Campuran Bahan Bakar

Dari penelitian sebelumnya (Lesmana, Hartantrie, & Sunjaya, 2022) dapat disimpulkan bahwa campuran solar dengan biodiesel yang mempunyai daya tertinggi untuk putaran 1800 rpm adalah B-50 minyak jarak, yaitu sebesar 2,007 kW. Daya ini lebih tinggi dari solar murni yang hanya menghasilkan daya sebesar 1.833 kW. Bahkan B-30 nya saja mampu menghasilkan sebesar 1.92 kW untuk putaran 1800 rpm. Sedangkan B-20, B-30, B-40 dan B-50 CPO berada pada titik terendah dengan hanya menghasilkan daya sebesar 1.3 kW. Jadi, untuk menghasilkan daya yang besar pada putaran 1800 rpm, maka bahan bakar yang paling bagus adalah campuran solar dengan B-50 minyak jarak.

Viskositas yang lebih tinggi dan nilai kalor yang lebih rendah dari biodiesel menghasilkan karakteristik pembakaran yang tidak merata, yang menurunkan daya rem mesin (Mofijur et al., 2013).

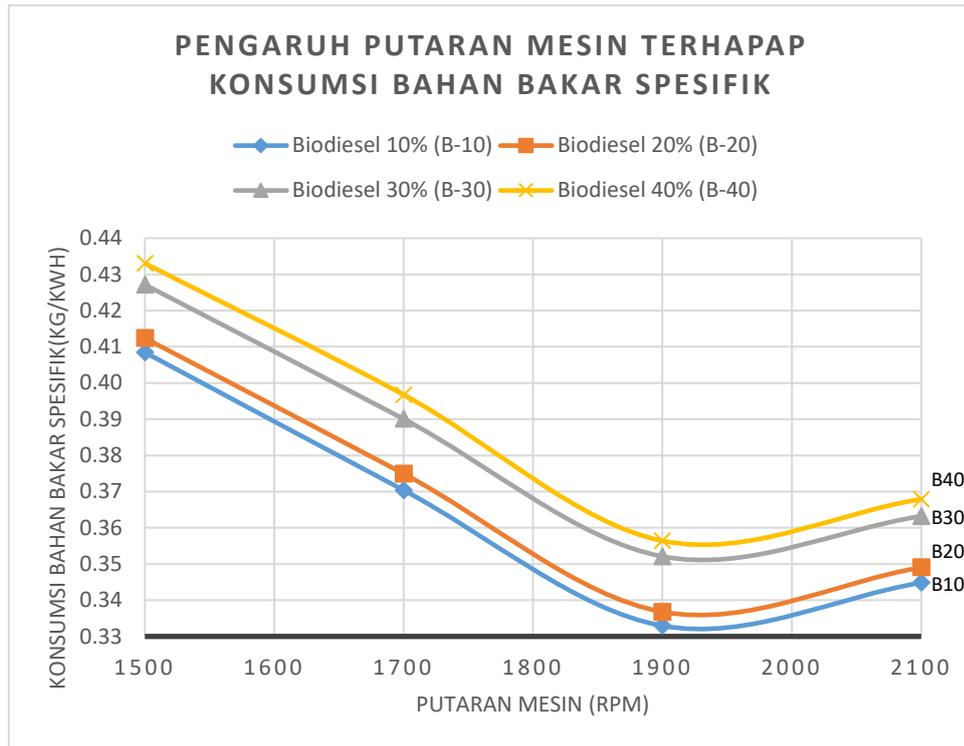
#### 4.4. Perbandingan Konsumsi Bahan Bakar Spesifik Dari Setiap Bahan Bakar

Konsumsi Bahan Bakar Spesifik merupakan parameter penting yang digunakan untuk mengevaluasi pengaruh campuran bahan bakar yang berbeda pada

kinerja mesin diesel. Gambar 4.2 merupakan grafik perbandingan konsumsi bahan bakar spesifik dari setiap bahan bakar yang diuji. Grafik dari setiap jenis bahan bakar sudah sesuai dengan grafik karakteristik dari mesin yang digunakan. Spesifikasi dari mesin diesel tergantung pada sejumlah variabel: sistem injeksi bahan bakar volumetrik, kepadatan bahan bakar, viskositas, dan nilai kalor bersih (Hwang, Qi, Jung, & Bae, 2014).

Variasi Konsumsi Bahan Bakar Spesifik untuk campuran biodiesel-solar dengan persentase volume biodiesel WCONO yang berbeda ditunjukkan pada Gambar 4.2 Secara umum diketahui bahwa Konsumsi Bahan Bakar Spesifik akan menurun dengan bertambahnya putaran mesin. Konsumsi Bahan Bakar Spesifik penurunan untuk semua bahan bakar yang diuji dalam penelitian ini saat putaran mesin dinaikkan dari 1500 menjadi 2100 rpm. Konsumsi Bahan Bakar Spesifik cenderung meningkat dengan peningkatan kandungan biodiesel dari campuran. Campuran B40 pada putaran 1500 memiliki Konsumsi Bahan Bakar Spesifik tertinggi sedangkan B10 pada putaran 1900 memiliki Konsumsi Bahan Bakar Spesifik terendah. Hasil ini sesuai dengan hasil penelitian (Srithar & Balasubramanian, 2014) yang menemukan bahwa penambahan biodiesel *Pongamia pinnata*-mustard ke dalam solar meningkatkan Konsumsi Bahan Bakar Spesifik. Hasil penelitian menunjukkan bahwa BSFC adalah 320, 350, dan 370 g/kWh dengan kandungan biodiesel masing-masing 10, 20, dan 40%. Sebaliknya, BSFC untuk solar adalah 310 g/kWh.

Secara umum, Konsumsi Bahan Bakar Spesifik untuk biodiesel lebih tinggi daripada solar (Dharmaa et al., 2017; Montcho et al., 2021), sedangkan nilai kalor biodiesel lebih rendah dibandingkan solar. Menurut (Dharmaa et al., 2017) konsumsi bahan bakar meningkat sebanding dengan peningkatan biodiesel. Kandungan campuran biodiesel-solar. Namun, terjadi penurunan nilai kalor biodiesel selama pembakaran karena angka cetane yang tinggi serta variasi waktu injeksi.



Gambar 4. 2 Grafik Perbandingan Konsumsi Bahan Bakar Spesifik Dari Berbagai Campuran Bahan Bakar

Hasil penelitian terdahulu yang dihasilkan Konsumsi Bahan Bakar Spesifik dari campuran biodiesel-solar *Sterculia foetida* (SFB) dan operasi diesel pada berbagai kecepatan mesin. Campuran SFB10–SFB30 menunjukkan konsumsi bahan bakar yang lebih tinggi daripada diesel dan SFB5, yang disebabkan oleh sifat bahan bakar seperti densitas dan viskositas yang lebih tinggi. Kenaikan rata-rata 22% pada Konsumsi Bahan Bakar Spesifik diamati dibandingkan dengan diesel biasa. Penurunan Konsumsi Bahan Bakar Spesifik disebabkan oleh sifat fisik dan kimia bahan bakar yang lebih baik yang membantu meningkatkan pembakaran pada kecepatan mesin rendah. Di sisi lain, pada kecepatan tinggi, terjadi kerugian panas gesekan dan pembakaran yang memburuk yang meningkatkan Konsumsi Bahan Bakar Spesifik. Konsumsi bahan bakar terendah terjadi karena viskositas dan densitas yang lebih rendah, serta nilai kalor yang lebih tinggi (Bhuiya, Rasul, Khan, & Ashwath, 2017).

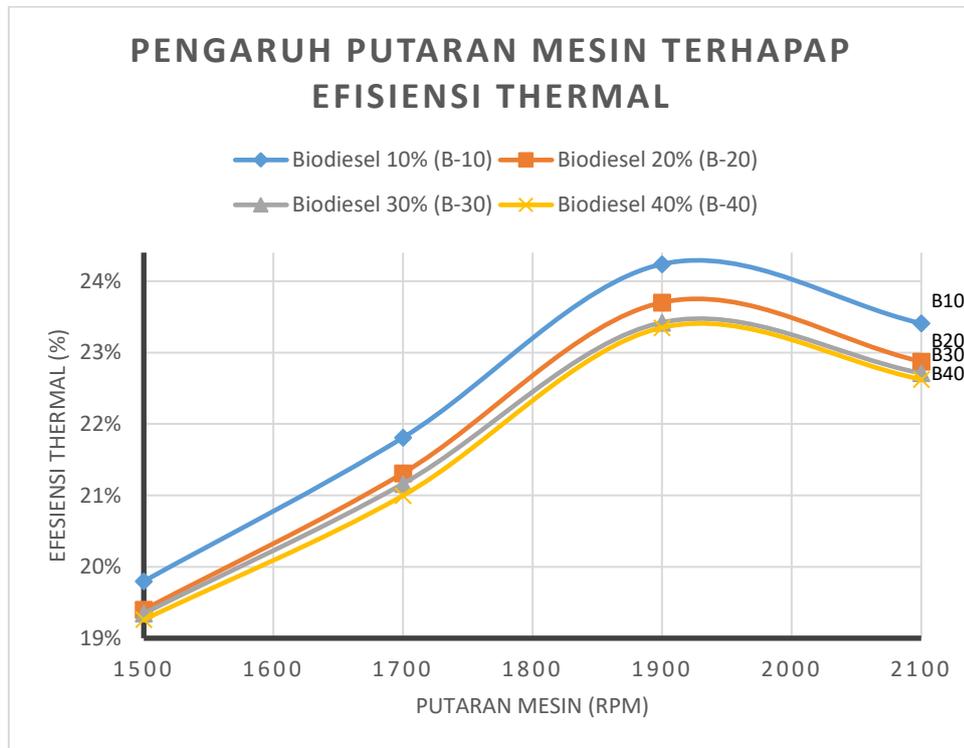
#### 4.5. Perbandingan Efisiensi Thermal Dari Setiap Bahan Bakar

Efisiensi thermal mesin diesel dapat diartikan kemampuan mesin untuk memanfaatkan energi panas dari bahan bakar menjadi kerja mekanis. Energi panas

dari bahan bakar ditentukan oleh jumlah konsumsi bahan bakar dan nilai kalor bahan bakarnya, sedangkan kerja mekanis mesin diesel dapat dilihat dari besarnya daya mesin yang dihasilkan. Maka nilai dari efisiensi thermal akan dipengaruhi oleh perubahan daya mesin, perubahan jumlah konsumsi bahan bakar, dan nilai kalor bahan bakar. Peningkatan daya mesin yang seiring dengan penurunan besarnya jumlah konsumsi bahan bakar dan nilai kalor bahan bakar akan meningkatkan nilai dari efisiensi thermal, namun sebaliknya jika rasio perbandingan daya mesin dengan jumlah konsumsi bahan bakarnya kecil akan membuat nilai dari efisiensi thermalnya mengalami penurunan. Pada gambar 4.3 dapat dilihat bahwa jenis bahan bakar yang memiliki nilai efisiensi thermal tertinggi adalah jenis bahan bakar biodiesel 10% (B-10) yaitu 23,84%, hal ini dapat terjadi dikarenakan biodiesel 10% memiliki nilai jumlah konsumsi bahan bakar yang kecil dan nilai kalor yang lebih kecil juga. Nilai efisiensi thermal terendah terdapat di jenis bahan bakar biodiesel 40% (B40) pada putaran mesin 1500 RPM yaitu sebesar 18,86%. WCONOB 20 hingga WCONOB 40 memiliki efisiensi termal yang lebih rendah daripada WCONOB 10 dan solar, hal ini menunjukkan bahwa WCONOB 10 dan solar memiliki sifat pembakaran yang lebih baik dan viskositas yang lebih rendah dibandingkan campuran lainnya. WCONOB 10 terbukti lebih sesuai daripada campuran lain dengan nilai efisiensi thermal lebih besar. Pada 1900 rpm, efisiensi termal maksimum untuk WCONOB 10, WCONOB 20, WCONOB 30 dan WCONOB 40 masing-masing adalah 23,84%; 23,30 %; 23,02% dan 22,95%. SFB meningkatkan viskositas yang menyebabkan semburan bahan bakar terbentuk dengan buruk, yang mempengaruhi pembakaran mesin (Sebayang et al., 2022). Viskositas yang meningkat menyebabkan atomisasi semprotan yang buruk dan membentuk tetesan yang lebih besar yang secara signifikan mengganggu pembakaran sempurna.

Dari penelitian uji performa efisiensi termal WCONOB dapat disimpulkan bahwa campuran bahan bakar solar dengan biodiesel WCONO yang mempunyai efisiensi yang paling baik adalah B-10 minyak WCONO, karena mempunyai efisiensi termal tertinggi pada putaran 1900 rpm, yaitu 23,84%. Ketika kecepatan mesin mencapai batas tertentu, tren efisiensi termal berbalik dan mulai menurun

sebagai fungsi dari konsentrasi campuran bahan bakar, yang konsisten dengan temuan. (Vairamuthu, Bhushan, Srikanth, & Babu, 2016)



Gambar 4. 3 Grafik Perbandingan Efisiensi Thermal Dari Berbagai Campuran Bahan Bakar

Dari penelitian sebelumnya (Mohammed, Atnaw, Ramaya, & Alemayehu, 2023) terlihat bahwa harga yang ditunjukkan tidak naik atau turun secara linear meskipun putaran yang diberikan sama. Sedangkan pada pengujian biodiesel CPO, untuk putaran 1800 rpm diperoleh efisiensi termal untuk campuran biodiesel solar rata-rata 10,37 %, dimana efisiensi minimum didapat pada campuran B-40 dan B-50 dan harga maksimum diperoleh pada campuran B-10. Dari penelitian tersebut dapat disimpulkan bahwa campuran bahan bakar solar dengan biodiesel yang mempunyai efisiensi yang paling baik adalah B-10, karena mempunyai efisiensi termal tertinggi pada putaran 1800 rpm.

## **BAB 5**

### **KESIMPULAN DAN SARAN**

#### **5.1. Kesimpulan**

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Karakteristik biodiesel campuran minyak goreng sisa dan minyak biji mimba dan Solar telah memenuhi standar ASTM D6751 dan EN 14214. Karakteristik biodiesel yang diuji adalah densitas, viskositas kinematic, kadar air, titik nyala, angka setana, dan nilai kalor.
2. Pengujian performansi mesin diesel menunjukkan bahwa daya yang dibangkitkan mesin diesel akan semakin besar seiring dengan kenaikan dari putaran mesin diesel. Adapun jenis bahan bakar yang memiliki nilai daya mesin yang tertinggi adalah B-10.
3. Jenis campuran bahan bakar biodiesel 10% (B-10) memiliki nilai dari konsumsi bahan bakar spesifik terendah jika dibandingkan dengan jenis campuran bahan bakar lainnya, hal ini menyatakan bahwa biodiesel 10% menggunakan lebih sedikit bahan bakar biodiesel untuk membangkitkan energi 1 kWh. Adapun nilai dari konsumsi bahan bakar terendah ada pada putaran mesin 1900 RPM yaitu sebesar 0,330 kg/kWh.
4. Nilai efisiensi thermal tertinggi juga dimiliki oleh jenis campuran biodiesel 10% (B-10) yang mana mengartikan bahwa jenis campuran biodiesel 10% memiliki kemampuan bagus dalam memanfaatkan energi panas dari bahan bakar menjadi energi mekanis. Adapun nilai efisiensi thermal tertinggi adalah sebesar 23,84% yaitu pada putaran mesin 1900 RPM.

#### **5.2. Saran**

Dari penelitian yang telah dilakukan maka dapat diperoleh beberapa saran yang mungkin dapat dipertimbangkan, adapun sarannya sebagai berikut:

1. Perlunya penelitian lebih lanjut mengenai bahan bakar biodiesel dari campuran minyak goreng sisa dan minyak biji mimba baik itu di proses pembuatan biodiesel, mendapatkan variasi campuran paling bagus untuk

digunakan di mesin diesel, dan emisi gas buang dari pembakaran biodiesel minyak goreng sisa-biji mimba.

2. Perlunya penelitian tentang perhitungan ongkos produksi dari biodiesel minyak goreng sisa dan minyak biji mimba.

## DAFTAR PUSTAKA

- Abukhadra, M. R., & Sayed, M. A. (2018). *K<sup>+</sup> trapped kaolinite (Kaol/K<sup>+</sup>) as low cost and eco-friendly basic heterogeneous catalyst in the transesterification of commercial waste cooking oil into biodiesel*. *Energy Conversion and Management*, 177, 468–476. doi:10.1016/j.enconman.2018.09.083.
- Atabani, A.E., Silitonga, A.S., Badruddin, I.A., Mahlia, T., Masjuki, H., & Mekhilef, S., 2012. *A comprehensive review on biodiesel as an alternative energy resource and its characteristics*. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 16, 2070-2093.
- Atabani, A. E., Silitonga, A. S., Ong, H. C., Mahlia, T. M. I., Masjuki, H. H., Badruddin, I. A. and Fayaz, H. 2013. *Non-edible vegetable oils: A critical evaluation of oil extraction, fatty acid compositions, biodiesel production, characteristics, engine performance and emissions production*. *Renew Sust Energ Rev* 18: 211-245.
- Babaki, M., Yousefi, M., Habibi, Z., & Mohammadi, M. (2017). Process optimization for biodiesel production from waste cooking oil using multienzyme systems through response surface methodology. *Renewable Energy*, 105, 465–472.
- Bhuiya, M., Rasul, M., Khan, M., & Ashwath, N. (2017). Performance and emission characteristics of binary mixture of poppy and waste cooking biodiesel. *Energy Procedia*, 110, 523-528.
- Boontawee, C., Nakason, A., Kaesaman, A., Thitithammawong, S., 2017. *Adv. Polym. Technol* 36, 21610.
- Boons, F., Montalvo, C., Quist, J., & Wagner, M. (2013). Sustainable innovation, business models and economic performance: an overview. *Journal of Cleaner Production*, 45, 1-8.
- Chen, C., Chitose, A., Kusadokoro, M., Nie, H., & Xu, W. (2021). *Sustainability and challenges in biodiesel production from waste cooking oil : An advanced bibliometric analysis*. *Energy Reports*, 7, 4022–4034.
- Dharma, S., Masjuki, H.H., Hwai Chyuan Ong., Sebayang, A.H., Silitonga, A.S., Kusumo, F., & Mahlia, T.M.I. 2016. *Optimization of biodiesel production process for mixed Jatropha curcas–Ceiba pentandra biodiesel using response surface methodology*. *Energy Conversion and Management*, 115, 178-190.
- Dharma, S., Ong, H. C., Masjuki, H. H., Sebayang, A. H. and Silitonga, A. S. 2016b. *An overview of engine durability and compatibility using biodiesel–bioethanol–diesel blends in compression-ignition engines*. *Energ Convers Manage* 128: 66-81.
- Dharmaa, S., Hassana, M. H., Onga, H. C., Sebayanga, A. H., Silitongab, A. S., Kusumoa, F., & Milanoa, J. (2017). Experimental study and prediction of the performance and exhaust emissions of mixed biodiesel blends in diesel engine using Jatropha curcas-Ceiba pentandra artificial neural networks. *Journal of Cleaner Production*, 10.
- Foteinis, S., Chatzisyneon, E., Litinas, A., & Tsoutsos, T. (2020). *Used-cookingoil biodiesel: Life cycle assessment and comparison with first- and thirdgeneration biofuel*. *Renewable Energy*, 153, 588–600.

- G. H. Soegiantoro, J. Chang, P. Rahmawati, M. F. Christiani, and Z. Mufrodi, "Home-made ECO green biodiesel from chicken fat (CIAT) and waste cooking oil (pail)," *Energy Procedia*, vol. 158, pp. 1105–1109, 2019, doi: 10.1016/j.egypro.2019.01.267.
- Kumar, S., Ghaly, A., & Brooks, M., 2015. *Production of Biodiesel from Animal Tallow via Enzymatic Transesterification using the Enzyme Catalyst Ns88001 with Methanol in a Solvent-Free System. Journal of Fundamentals of Renewable Energy and Applications* 5, 1-8.
- Lesmana, I. G. E., Hartantrie, R. C., & Sunjaya, E. (2022). Analisis Perbandingan Emisi Gas Buang Bahan Bakar Biodiesel B-30 Dan Solar Dexlite Pada Mesin Diesel R175A. *ALMIKANIKA*, 4(1), 22-27.
- S. Vedha Lakshmi, A. M. Aparna, and R. Baskaran, "Production of Biodiesel from Waste Cooking Oil," 5th Int. Conf. Sci. Technol. Eng. Math. ICONSTEM 2019, vol. 1, pp. 270–274, 2019, doi: 10.1109/ICONSTEM.2019.8918857.
- Mahlia, T.M.I., Ismail, N., Hossain, N., Silitonga, A.H., & Abd Halim Shamsuddin, A.H. 2019. *Palm oil and its wastes as bioenergy sources: a comprehensive review. Environmental Science and Pollution Research* 26, 15, 14849-14866.
- M.-C. Hsiao, P.-H. Liao, N. V. Lan, and S.-S. Hou, "Enhancement of Biodiesel Production from High-Acid-Value Waste Cooking Oil via a Microwave Reactor Using a Homogeneous Alkaline Catalyst," *Energies*, vol. 14, no. 2, p. 437, 2021, doi: 10.3390/en14020437.
- Mofijur, M., Atabani, A. E., Masjuki, H. H., Kalam, M. A. and Masum, B. M. 2013. *A study on the effects of promising edible and non-edible biodiesel feedstocks on engine performance and emissions production: A comparative evaluation. Renew Sust Energy Rev* 23: 391-404.
- Milano, J., Shamsuddin, A.H., Silitonga, A.S., Sebayang, A.H., Siregar, A. Munawar, Masjuki, H.H., Pulungan, M.A, Chia, S.R., M.F.M *Tribological study on the biodiesel produced from waste cooking oil, waste cooking oil blend with Calophyllum inophyllum and its diesel blends on lubricant oil. Renew. Sustain. Energy Reports.* 58, 180–197.
- Milano, J., Ong, H.C., Masjuki, H., Chong, W., Lam, M.K., Loh, P.K., Vellayan, V., 2016. *Microalgae biofuels as an alternative to fossil fuel for power generation. Renew. Sustain. Energy Rev.* 58, 180–197.
- Milano, J., Ong, H.C., Masjuki, H.H., Silitonga, A.S., Chen, W.-H., Kusumo, F., Dharma, S., Sebayang, A.H., 2018a. *Optimization of biodiesel production by microwave irradiation-assisted transesterification for waste cooking oil Calophyllum inophyllum oil via response surface methodology. Energy Convers. Manage.* 158, 400–415.
- Milano, J., Ong, H.C., Masjuki, H.H., Silitonga, A.S., Kusumo, F., Dharma, S., Sebayang, A.H., Cheah, M.Y., Wang, C.-T., 2018b. *Physicochemical property enhancement of biodiesel synthesis from hybrid feedstocks of waste cooking vegetable oil and beauty leaf oil through optimized alkaline-catalysed transesterification. Waste Manage.* 80, 435–449.
- M. Mohadesi, B. Aghel, M. Maleki, and A. Ansari, "Production of biodiesel from waste cooking oil using a homogeneous catalyst: Study of semi-industrial pilot of microreactor," *Renew. Energy*, vol. 136, pp. 677–682, 2019, doi: 10.1016/j.renene.2019.01.039.

- Mofijur, M., Atabani, A., Masjuki, H., Kalam, M., & Masum, B., 2013a. *A study on the effects of promising edible and non-edible biodiesel feedstocks on engine performance and emissions production: a comparative evaluation. Renewable and Sustainable Energy Reviews* 23, 391-404.
- Mohammed, A. S., Atnaw, S. M., Ramaya, A. V., & Alemayehu, G. (2023). A comprehensive review on the effect of ethers, antioxidants, and cetane improver additives on biodiesel-diesel blend in CI engine performance and emission characteristics. *Journal of the Energy Institute*, 101227.
- M. R. Abukhadra and M. A. Sayed, "K+ trapped kaolinite (Kaol/K+) as low cost and eco-friendly basic heterogeneous catalyst in the transesterification of commercial waste cooking oil into biodiesel," *Energy Convers. Manag.*, vol. 177, no. July, pp. 468–476, 2018, doi: 10.1016/j.enconman.2018.09.083.
- Naveen, S., Gopinath, K. P., Malolan, R., Ramesh, S. J., Aakriti, K., & Arun, J. (2020). *Novel Solar Parabolic Trough Collector cum Reactor for the Production of Biodiesel from Waste Cooking Oil using Calcium Oxide catalyst derived from seashells waste. Chemical Engineering and Processing - Process Intensification*, 157, 108145-108158.
- R. A. Marthur, S. Sharma, *Course in Internal Combustion Engine*. Kapur, J., Ed. Dhanpat Rai & Son. New Delhi, India, 1980.
- Raqeeb, Mohammed Abdul dan Bhargavi R. 2015. *Biodiesel Production from Waste Cooking Oil. Journal of Chemical and Pharmaceutical Research*. Volume 7, Nomor 12. Halaman 670-681. ISSN: 0975-7384.
- Sebayang, A.H., Masjuki, H.H., Ong, H.C., Dharma, S., Silitonga, A.S., Kusumo, F., & Milano, J., 2017. *Optimization of bioethanol production from sorghum grains using artificial neural networks integrated with ant colony. Industrial Crops and Products* 97, 146-155.
- Silitonga, A., Masjuki, H., Mahlia, T., Ong, H., Atabani, A., & Chong, W., 2013. *A global comparative review of biodiesel production from jatropha curcas using different homogeneous acid and alkaline catalysts: Study of physical and chemical properties. Renewable and Sustainable Energy Reviews* 24, 514-533.
- Suherman, Abdullah, I., Sabri, M., Silitonga, A.R., Surono, B. 2022. "Pengaruh Perbedaan Jumlah Katalis Terhadap Angka Yield Pada Proses Pembuatan Biodiesel dari Minyak Goreng Sisa Menggunakan Pemanas Double Jacket. Jurnal Rekayasa Mesin. p-ISSN: 1411-6863, e-ISSN: 2540-7678 Vol.17, No.1, hal. 113-12.
- T.A. Mallah, A.R. Sahito, *Optimization of castor and neem biodiesel blends and development of empirical models to predicts its characteristics, Fuel* 262 (2020) 116341, <https://doi.org/10.1016/j.fuel.2019.116341>.
- V. Priambodo, B. Maleev, *Operasi dan Pemeliharaan Mesin Diesel*. Jakarta: Erlangga, 1995.
- V.S. Kumar, V. Navaratnam, *Neem (Azadirachta indica): prehistory to contemporary medicinal uses to humankind, Asian Pac. J. Trop. Biomed.* 3 (7) (2013) 505–514, [https://doi.org/10.1016/S2221-1691\(13\)60105-7](https://doi.org/10.1016/S2221-1691(13)60105-7).
- Zhang, Z., Lv, J., Li, W., Long, J., Wang, S., Tan, D., & Yin, Z. (2022). Performance and emission evaluation of a marine diesel engine fueled with natural gas ignited by biodiesel-diesel blended fuel. *Energy*, 256, 124662.

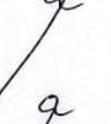
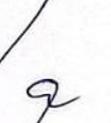
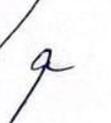
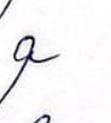
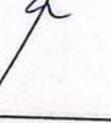
- Dharmaa, S., Hassana, M. H., Onga, H. C., Sebayanga, A. H., Silitongab, A. S., Kusumoa, F., & Milanoa, J. (2017). Experimental study and prediction of the performance and exhaust emissions of mixed biodiesel blends in diesel engine using *Jatropha curcas*-*Ceiba pentandra* artificial neural networks. *Journal of Cleaner Production*, *10*.
- Hwang, J., Qi, D., Jung, Y., & Bae, C. (2014). Effect of injection parameters on the combustion and emission characteristics in a common-rail direct injection diesel engine fueled with waste cooking oil biodiesel. *Renewable Energy*, *63*, 9-17.
- Lesmana, I. G. E., Hartantrie, R. C., & Sunjaya, E. (2022). Analisis Perbandingan Emisi Gas Buang Bahan Bakar Biodiesel B30 Dan Solar Dexlite Pada Mesin Diesel R175A. *ALMIKANIK*, *4*(1), 22-27.
- Mohammed, A. S., At Naw, S. M., Ramaya, A. V., & Alemayehu, G. (2023). A comprehensive review on the effect of ethers, antioxidants, and cetane improver additives on biodiesel-diesel blend in CI engine performance and emission characteristics. *Journal of the Energy Institute*, 101227.
- Montcho, P. S., Nonviho, G., Bazile, J.-P., Dossa, C. P. A., Chrotowska, A., Bessieres, D., & Sohounhloue, D. (2021). Ethyl esters of fatty acids and thermophysical properties of bio-diesel derived from *Ceiba pentandra* L. seed oil acclimatized in Benin and bio-diesel-diesel blends. *Journal of Applied Chemistry*, *14*(4), 1-13.
- Ong, H. C., Masjuki, H., Mahlia, T. I., Silitonga, A., Chong, W., & Yusaf, T. (2014). Engine performance and emissions using *Jatropha curcas*, *Ceiba pentandra* and *Calophyllum inophyllum* biodiesel in a CI diesel engine. *Energy*, *69*, 427-445.
- Sanjid, A., Masjuki, H., Kalam, M., Rahman, S. A., Abedin, M., & Palash, S. (2014). Production of palm and *Jatropha* based biodiesel and investigation of palm-*Jatropha* combined blend properties, performance, exhaust emission and noise in an unmodified diesel engine. *Journal of Cleaner Production*, *65*, 295-303.
- Sebayang, A., Milano, J., Alfansuri, M., Silitonga, A., Kusumo, F., Prahmana, R. A., . . . Zamri, M. (2022). Modelling and prediction approach for engine performance and exhaust emission based on artificial intelligence of *Sterculia foetida* biodiesel. *Energy Reports*, *8*, 8333-8345.
- Singh, J. P. (2013). Predictive validity performance indicators in violence risk assessment: A methodological primer. *Behavioral Sciences & the Law*, *31*(1), 8-22.
- Srithar, K., & Balasubramanian, K. A. (2014). Dual biodiesel for diesel engine-Property, performance and emission analysis. *International Energy Journal*, *14*(3), 107-120.
- Vairamuthu, R., Bhushan, B. M., Srikanth, R., & Babu, N. R. (2016). Performance enhancement of cylindrical grinding process with a portable diagnostic system. *Procedia Manufacturing*, *5*, 1320-1336.
- Zhang, Z., Lv, J., Li, W., Long, J., Wang, S., Tan, D., & Yin, Z. (2022). Performance and emission evaluation of a marine diesel engine fueled with natural gas ignited by biodiesel-diesel blended fuel. *Energy*, *256*, 124662.

## LEMBAR ASISTENSI TUGAS AKHIR

### UJI PERFORMA MESIN DIESEL DARI BIODIESEL CAMPURAN MINYAK GORENG SISA DAN MINYAK BIJI MIMBA

Nama : Muhammad Rasyid Ridho Pulungan  
NPM : 2107230177P

Dosen Pembimbing 1: Suherman, S.T., M.T.

No	Hari/Tanggal	Kegiatan	Paraf
1.		Diskusi Judul & Bahan	
2.		Mencari Literatur - Literatur	
3.		Membahas lebih lanjut Materi	
4.		Mengetujui Judul	
5.		Mengetjahan Bab I	
6.		Mengetjahan Bab II	
7.		Mengetjahan Bab III	
8.		Seminar Proposal Asistesi	
9.		Mengetjahan Bab IV & V	
10.		Seminar Hasil	
11.		Finalisasi Skripsi untuk Sidang	

## LEMBAR SURAT DAN HASIL PENGUJIAN



**PUSAT ENERGI BARU TERBARUKAN**  
**POLITEKNIK NEGERI MEDAN**  
Jl. Almamater No. 1 Kampus USU, Medan 20155, Indonesia  
Telp. (061) 8210371, 8211235, 8213951, Fax : (061) 8215845  
<http://www.polmed.ac.id>  
e-mail : [polmed@polmed.ac.id](mailto:polmed@polmed.ac.id), [cbt@polmed.ac.id](mailto:cbt@polmed.ac.id)



Medan, 17 Januari 2023

Nomor : 011/LAB/EN/2023  
Lampiran : 2 (dua) Berkas  
Hal : Laporan Uji Karakteristik Biodiesel WCONO

Kepada Yth.  
**Bela Nurulita**  
di  
Tempat

Dengan Hormat,  
Sehubungan dengan permintaan dari Bapak/Ibu Kepala Laboratorium Teknik Konversi Energi untuk melaksanakan pengujian Karakteristik biodiesel, maka disini disampaikan bahwa pengujian tersebut telah selesai. Berikut laporannya telah kami selesaikan seperti tertera pada lembaran data, dan pengujian yang kami lakukan sesuai dengan material yang kami terima.

Demikian kami sampaikan, atas kerjasamanya kami ucapkan terima kasih.

Koordinator Pusat Energi Baru Terbarukan  
Politeknik Negeri Medan



Arridina Susan Silijono S.T., M.Eng., P.h.D.  
NIP. 1981012320021220002



**PUSAT ENERGI BARU TERBARUKAN**  
**POLITEKNIK NEGERI MEDAN**  
Jl. Almamater No. 1 Kampus USU, Medan 20155, Indonesia  
Telp. (061) 8210371, 8211235, 8213951, Fax : (061) 8215845  
<http://www.polmed.ac.id> e-mail : [polmed@polmed.ac.id](mailto:polmed@polmed.ac.id), [ebt@polmed.ac.id](mailto:ebt@polmed.ac.id)



**LAPORAN HASIL UJI KARAKTERISTIK BIODIESEL WCONO**  
**NO : 011/LAB/EN/2023**

Nama  
Perusahaan/ Instituti  
Jenis Sampel

: Beta Nurulita  
: Universitas Muhamadiyah Sumatera Utara  
: Biodiesel WCONO (*Pfaste Cooking Oil-Nean Seed Oil*)

Table 1. Hasil Uji Karakteristik Biodiesel WCONO

Propertis	Unit	Biodiesel		Data pengujian					
		ASTM D6751	Standard test method	EN 14214	Standard test method	KOH 0,5%	KOH 0,75%	KOH 1%	KOH 1,5%
Viskositas 40 °C	mm <sup>2</sup> /s	1,9-6,0	D445	3,5-5,0	EN ISO 3104	4,531	4,601	4,547	4,641
Densitas 40 °C	kg/m <sup>3</sup>	850-890	D4052	860-900	EN ISO 3675	860	863,8	862,3	890,1
Bilangan asam	mgKOH/g	0,5 (maks)	D664	0,5 (maks)	EN ISO 14104	0,17	0,23	0,21	0,52
Nilai kalor	MJ/kg	-	D240	-	-	38,77	39,75	38,77	41,35
Oksidasi stabilitas 110 °C	h	3 (min)	EN 14112	6 (min)	EN ISO 14112	10,03	9,48	9,45	8,37
Titik nyala	°C	100-170	D93	101 (min)	EN ISO 22719	164,3	159,2	163	178,3
Angka iodin	%massa (g-I <sub>2</sub> /100g), maks	115	AOCS Cd 1-25	-	-	98,2	104	110	115



Diuji Oleh:  
Siti Marjani Benu, S.T., M.T.  
NIP. 19870315 201903 2015

Disaksikan Oleh:  
  
Dr. Abdi Hamra Sebayang, S.T., M.T.  
NIP. 19680417 199801 2 001

Tanggal:  
19 Januari 2023



**PUSAT ENERGI BARU TERBARUKAN  
POLITEKNIK NEGERI MEDAN**

Jl. Almamater No. 1 Kampus USU, Medan 20155, Indonesia  
Telp. (061) 8210371, 8211235, 8213951,  
Fax : (061) 8215845  
<http://www.polmed.ac.id>  
e-mail : [polmed@polmed.ac.id](mailto:polmed@polmed.ac.id), [ebt@polmed.ac.id](mailto:ebt@polmed.ac.id)



---

Medan, 17 April 2023

Nomor : 03/EBT/EN/2023  
Lampiran : 1 (satu) Berkas  
Hal : Laporan Uji Karakteristik Biosolar WCONO

Kepada Yth.  
**M. Rasyid Ridho Pulungan, A.Md.T.**  
di  
Tempat

Dengan Hormat,  
Sehubungan dengan permintaan dari Bapak/Ibu Pusat Energi Baru Terbarukan untuk melaksanakan pengujian Karakteristik biosolar, maka disini disampaikan bahwa pengujian tersebut telah selesai. Berikut laporannya telah kami selesaikan seperti tertera pada lembaran data, dan pengujian yang kami lakukan sesuai dengan material yang kami terima.

Demikian kami sampaikan, atas kerjasamanya kami ucapkan terima kasih.

Disahkan Oleh,  
Direktur  
Politeknik Negeri Medan  
  
Abdul Rahman, S.E., Ak., M.Si.  
NIP. 19711210 199802 1 001

Ko. Pusat Energi Baru Terbarukan  
Politeknik Negeri Medan

  
Arridina Susan Silitonga, S.T., M.Eng., Ph.D.  
NIP. 1981012320021220002



## PUSAT ENERGI BARU TERBARUKAN POLITEKNIK NEGERI MEDAN

Jl. Almamater No. 1 Kampus USU, Medan 20155, Indonesia  
Telp. (061) 8210371, 8211235, 8213951, Fax : (061) 8215845

<http://www.polmed.ac.id> e-mail : [polmed@polmed.ac.id](mailto:polmed@polmed.ac.id) [chr@polmed.ac.id](mailto:chr@polmed.ac.id)



### LAPORAN HASIL UJI KARAKTERISTIK BIOSOLAR WCONO

No : 03/EBT/EN/2023

Nama  
Perusahaan/ Instituti  
Jenis Sampel

: M. Rasyid Ridho Pulungan, A.Md.T.  
: Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara  
: Biosolar WCONO

Tabel 1. Hasil Uji Karakteristik Biosolar WCONO

Propertis	Unit	Biodiesel			Data pengujian Biosolar WCONO				
		ASTM D6751	Standard test method	EN 14214	Standard test method	B10	B20	B30	B40
Viskositas kinematik 40 °C	mm <sup>2</sup> /s	1,9-6,0	D445	3,5-5,0	EN ISO 3104	3,166	3,269	3,398	3,676
Densitas 15 °C	kg/m <sup>3</sup>	850-890	D4052	860-900	EN ISO 3675	828,2	833,4	838,6	844,4

Diuji Oleh  
  
Bela Nurulita, S.T.

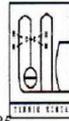
Ditandatangani Oleh  
  
Sebyang, S.T., M.T.  
NIP. 199801111111111111  
199801 2 001





**LABORATORIUM PENGUJIAN**  
**JURUSAN TEKNIK KIMIA**  
**POLITEKNIK NEGERI LHOKEUMAWE**

Jalan Banda Aceh-Medan Km. 280,3 Buketrata-Lhokseumawe, 24301 P.O Box 90 Telepon / Fax : (0645) 42785



LAPORAN HASIL UJI

No. Contoh Uji : .....  
Nama Pengirim : M.Rasyid Ridho Pulungan  
Instansi : Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara  
Jenis Contoh Uji : Biodiesel  
Lokasi Pengambilan Contoh Uji : -  
Tanggal Penerimaan : 23 Juni 2023  
Tanggal Selesai Analisis : 26 Juni 2023  
Acuan : -  
Peralatan pengujian Automatic Calorimeter. IKA- C 2000

Tabel Hasil Pengujian:

No	Nama Sampel	Spesifikasi	Metode	Nilai kalor ( J/g )	Keterangan
1.	Biodiesel	WCONO 10 (B10)	astm-4809-06	45120	LHV ( gas)
2	Biodiesel	WCONO 20 (B20)	astm-4809-06	45628	LHV ( gas)
3	Biodiesel	WCONO 30 (B30)	astm-4809-06	44158	LHV ( gas)
4	Biodiesel	WCONO 40 (B40)	astm-4809-06	43756	LHV ( gas)

Ka. Laboratorium Pengujian  
Teknik Kimia  
**LABORATORIUM  
PENGUJIAN**  
JURUSAN TEKNIK KIMIA POLITEKNIK NEGERI LHOKEUMAWE  
Etiyana, ST.,MT  
Nip.19721118 1998032003

Buketrata, 26 Juni 2023  
Analisis Laboratorium,

Syafari, ST.,MT  
Nip.198108122009121002



KEMENTERIAN PENDIDIKAN, KEBUDAYAAN,  
RISET, DAN TEKNOLOGI  
UNIVERSITAS SYIAH KUALA  
FAKULTAS TEKNIK  
Jalan Tengku Syech Abdur Rauf No.7, Darussalam, Banda Aceh 23111  
Telepon/Fax. (0651) 7552222  
Laman: <http://ft.unsyiah.ac.id>; Surel : [dekan\\_ft@unsyiah.ac.id](mailto:dekan_ft@unsyiah.ac.id)

Nomor : 1379/UN11.1.4/TU/2023  
Hal : Pemberian Izin Pengambilan Data

14 Maret 2023

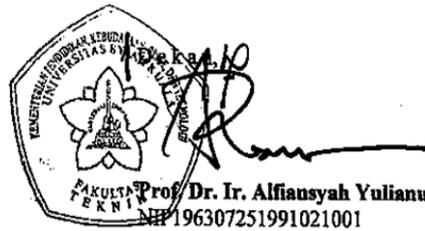
Yth. Dekan Fakultas Teknik  
Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara  
Jl. Mukhtar Basri No. 3, Medan

Dengan hormat, sehubungan dengan surat Saudara Nomor 239/II.3.AU/UMSU-07/B/2023 tanggal 10 Maret 2023 tentang Pengambilan Data atas nama mahasiswa sebagai berikut:

No.	Nama/NPM	Jurusan	Judul Tugas Akhir
1	Muhammad Rasyid Ridho Pulungan 2107230177P	Teknik Mesin	Uji Performa Mesin Diesel dari Biodiesel Campuran Minyak Goreng Sisa dan Minyak Biji Mimba

maka bersama ini dapat kami sampaikan kepada Saudara bahwa secara prinsip dapat diizinkan mahasiswa tersebut untuk pengambilan data Tugas Akhir (TGA) pada Fakultas Teknik Universitas Syiah Kuala.

Demikian atas perhatian dan kerjasama yang baik diucapkan terima kasih.

  
Prof. Dr. Ir. Alfiansyah Yulianur BC  
NIP.196307251991021001



KEMENTERIAN PENDIDIKAN, KEBUDAYAAN, RISET , DAN TEKNOLOGI  
UNIVERSITAS SYIAH KUALA  
FAKULTAS TEKNIK  
JURUSAN TEKNIK MESIN DAN INDUSTRI  
LABORATORIUM MOTOR BAKAR DAN SISTEM PROPULSI  
Jalan Tengku Syech Abdur Rauf No.7, Darussalam, Banda Aceh 23111  
Telepon/Fax. (0651) 7552222  
Laman: <https://mesin.unsyiah.ac.id> ; e-mail: [labmotorbakar.usk@gmail.com](mailto:labmotorbakar.usk@gmail.com)

**SURAT KETERANGAN**

**No: LMB/22/V/2023**

Yang bertandatangan dibawah ini

Nama : Ir.Samsul Bahri.S.T.M.T

Jabatan : Laboran Laboratorium Motor Bakar dan Sistem Propulsi

Menerangkan dengan sesungguhnya bahwa yang bersangkutan dibawah ini.

Nama : Muhammad Rasyid Ridho Pulungan

NIP : 2107230177P

Mahasiswa : Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara

Adalah benar pernah melaksanakan penelitian pada **Laboratorium Motor Bakar dan Sistem Propulsi, Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Syiah Kuala** yang berkedudukan di Jl. Tgk. Syeh Abdul Rauf No. 7 Darussalam - Banda Aceh dari 15 Mei 2023 sampai dengan 18 Mei 2023 Untuk Penelitian **Tugas Akhir**.

Demikian surat ini di buat, agar dapat digunakan sebagaimana mestinya.

Darussalam, 22 Mei 2023

Laboran Lab.Motor Bakar dan

Sistem Propulsi

**Ir.Samsul Bahri.ST.MT**

**NIPK. 19911008 201701 101**





KEMENTERIAN PENDIDIKAN, KEBUDAYAAN, RISET, DAN TEKNOLOGI  
UNIVERSITAS SYIAH KUALA  
FAKULTAS TEKNIK  
JURUSAN TEKNIK MESIN DAN INDUSTRI  
LABORATORIUM MOTOR BAKAR DAN SISTEM PROPULSI  
Jalan Tengku Syech Abdur Rauf No.7, Darussalam, Banda Aceh 23111  
Telepon/Fax. (0651) 7552222  
Laman: <https://mesin.unsviah.ac.id> ; e-mail: [labmotorbakar.usk@gmail.com](mailto:labmotorbakar.usk@gmail.com)

Laporan Hasil Uji Penelitian

No: LMB/22/V/2023

Sampel Bahan : B - 0                      Mesin Diesel : Yanmar TF65R  
Pengujian Ke : 1                              Motor Mesin : Xinxing Alternator NES 3

Beban : 1500 Watt

No	Kecepatan Mesin	Tegangan (volt)	Kuat Arus (ampere)	Waktu (10 ml)	Keterangan
1	1500 rpm	149,2	7,29	60	Detik
2	1700 rpm	171,6	7,63	53	Detik
3	1900 rpm	201,6	8,25	47	Detik
4	2100 rpm	222,4	9,26	42	Detik

Sampel Bahan : B - 10                      Mesin Diesel : Yanmar TF65R  
Pengujian Ke : 1                              Motor Mesin : Xinxing Alternator NES 3

Beban : 1500 Watt

No	Kecepatan Mesin	Voltase Tegangan	Kuat Arus Listrik	Waktu (10 ml)	Keterangan
1	1500 rpm	152,3	7,16	68	Detik
2	1700 rpm	175,4	7,65	59	Detik
3	1900 rpm	199,4	8,56	51	Detik
4	2100 rpm	223	8,95	44	Detik

Sampel Bahan : B - 20                      Mesin Diesel : Yanmar TF65R  
Pengujian Ke : 1                              Motor Mesin : Xinxing Alternator NES 3

Beban : 1500 Watt

No	Kecepatan Mesin	Voltase Tegangan	Kuat Arus Listrik	Waktu (10 ml)	Keterangan
1	1500 rpm	148,2	7,12	60	Detik
2	1700 rpm	173,1	8,05	57	Detik
3	1900 rpm	196,7	8,8	51	Detik
4	2100 rpm	218,2	8,54	43	Detik





KEMENTERIAN PENDIDIKAN, KEBUDAYAAN, RISET, DAN TEKNOLOGI  
UNIVERSITAS SYIAH KUALA  
FAKULTAS TEKNIK  
JURUSAN TEKNIK MESIN DAN INDUSTRI  
LABORATORIUM MOTOR BAKAR DAN SISTEM PROPULSI  
Jalan Tengku Syech Abdur Rauf No.7, Darussalam, Banda Aceh 23111  
Telepon/Fax. (0651) 7552222

Laman: <https://mesin.unsviah.ac.id> ; e-mail: [labmotorbakar.usk@gmail.com](mailto:labmotorbakar.usk@gmail.com)

Sampel Bahan :	B - 30	Mesin Diesel :	Yanmar TF65R
Pengujian Ke :	1	Motor Mesin :	Xinxing Alternator NES 3
			Beban : 1500 Watt

No	Kecepatan Mesin	Voltase Tegangan	Kuat Arus Listrik	Waktu (10 ml)	Keterangan
1	1500 rpm	149,3	7,31	60	Detik
2	1700 rpm	171,6	7,98	53	Detik
3	1900 rpm	198,5	8,69	46	Detik
4	2100 rpm	223,5	8,8	40	Detik

Sampel Bahan :	B - 40	Mesin Diesel :	Yanmar TF65R
Pengujian Ke :	1	Motor Mesin :	Xinxing Alternator NES 3
			Beban : 1500 Watt

No	Kecepatan Mesin	Voltase Tegangan	Kuat Arus Listrik	Waktu (10 ml)	Keterangan
1	1500 rpm	146,5	7,26	58	Detik
2	1700 rpm	172,5	7,91	49	Detik
3	1900 rpm	195,8	8,4	44	Detik
4	2100 rpm	224,4	8,93	40	Detik



**Sampel Bahan :** B - 0                      **Mesin Diesel :** Yanmar TF65R  
**Pengujian Ke :** 2                              **Motor Mesin :** Xinxing Alternator NES 3

**Beban :** 1500 Watt

No	Kecepatan Mesin	Voltase Tegangan	Kuat Arus Listrik	Waktu (10 ml)	Keterangan
1	1500 rpm	149,2	7,29	60	Detik
2	1700 rpm	171,6	7,63	53	Detik
3	1900 rpm	201,6	8,25	47	Detik
4	2100 rpm	222,4	9,26	42	Detik

**Sampel Bahan :** B - 10                      **Mesin Diesel :** Yanmar TF65R  
**Pengujian Ke :** 2                              **Motor Mesin :** Xinxing Alternator NES 3

**Beban :** 1500 Watt

No	Kecepatan Mesin	Voltase Tegangan	Kuat Arus Listrik	Waktu (10 ml)	Keterangan
1	1500 rpm	149,1	7,06	57	Detik
2	1700 rpm	171,7	7,81	53	Detik
3	1900 rpm	199,9	8,46	45	Detik
4	2100 rpm	223,1	9,04	38	Detik

**Sampel Bahan :** B - 20                      **Mesin Diesel :** Yanmar TF65R  
**Pengujian Ke :** 2                              **Motor Mesin :** Xinxing Alternator NES 3

**Beban :** 1500 Watt

No	Kecepatan Mesin	Voltase Tegangan	Kuat Arus Listrik	Waktu (10 ml)	Keterangan
1	1500 rpm	147,5	7,18	56	Detik
2	1700 rpm	170,2	7,95	49	Detik
3	1900 rpm	198,2	8,76	43	Detik
4	2100 rpm	219,6	9,03	38	Detik



KEMENTERIAN PENDIDIKAN, KEBUDAYAAN, RISET, DAN TEKNOLOGI  
UNIVERSITAS SYIAH KUALA

FAKULTAS TEKNIK  
JURUSAN TEKNIK MESIN DAN INDUSTRI  
LABORATORIUM MOTOR BAKAR DAN SISTEM PROPULSI

Jalan Tengku Syech Abdur Rauf No.7, Darussalam, Banda Aceh 23111

Telepon/Fax. (0651) 7552222

Laman: <https://mesin.unsyiah.ac.id> ; e-mail: [labmotorbakar.usk@gmail.com](mailto:labmotorbakar.usk@gmail.com)

Sampel Bahan : B - 30      Mesin Diesel : Yanmar TF65R  
Pengujian Ke : 2      Motor Mesin : Xinxing Alternator NES 3  
Beban : 1500 Watt

No	Kecepatan Mesin	Voltase Tegangan	Kuat Arus Listrik	Waktu (10 ml)	Keterangan
1	1500 rpm	148,4	7,13	59	Detik
2	1700 rpm	171,1	7,95	46	Detik
3	1900 rpm	198,4	8,68	41	Detik
4	2100 rpm	222,5	9,1	39	Detik

Sampel Bahan : B - 40      Mesin Diesel : Yanmar TF65R  
Pengujian Ke : 2      Motor Mesin : Xinxing Alternator NES 3  
Beban : 1500 Watt

No	Kecepatan Mesin	Voltase Tegangan	Kuat Arus Listrik	Waktu (10 ml)	Keterangan
1	1500 rpm	148,4	7,21	57	Detik
2	1700 rpm	171	8,05	46	Detik
3	1900 rpm	197,2	8,56	42	Detik
4	2100 rpm	220,2	9,01	39	Detik

Darussalam, 22 Mei 2023  
Laboran Lab. Motor Bakar dan  
Sistem Propulsi

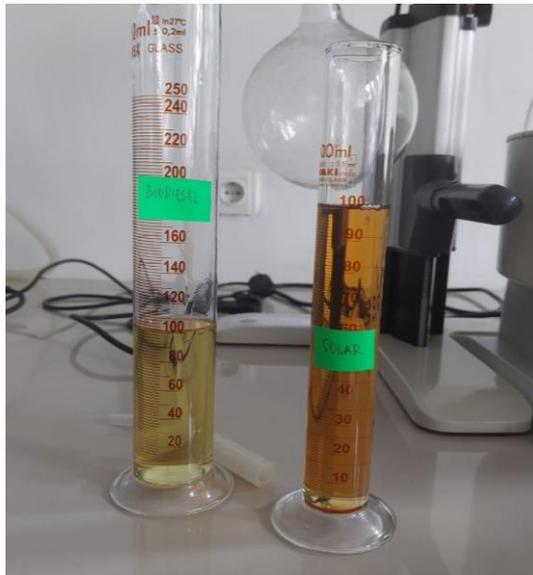
Ir. Samsul Bahri ST, MT  
NIPK. 19911008 201701 101



## LEMBAR DOKUMENTASI PENELITIAN







## SURAT KEPUTUSAN PEMBIMBING



**UMSU**

Unggul | Cerdas | Terpercaya

Bila menjawab surat ini agar disebutkan nomor dan tanggalnya

MAJELIS PENDIDIKAN TINGGI PENELITIAN & PENGEMBANGAN PIMPINAN PUSAT MUHAMMADIYAH  
**UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA**  
**FAKULTAS TEKNIK**

UMSU Terakreditasi A Berdasarkan Keputusan Badan Akreditasi Nasional Perguruan Tinggi No. 89/SK/BAN-PT/Akred/PT/III/2019  
Pusat Administrasi: Jalan Mukhtar Basri No. 3 Medan 20238 Telp. (061) 6622400 - 66224567 Fax. (061) 6625474 - 6631003  
<http://fatek.umsu.ac.id> [fatek@umsu.ac.id](mailto:fatek@umsu.ac.id) [umsumedan](#) [umsumedan](#) [umsumedan](#) [umsumedan](#)

### PENENTUAN TUGAS AKHIR DAN PENGHUJUKAN DOSEN PEMBIMBING

Nomor : 1099/II.3AU/UMSU-07/F/2022

Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara, berdasarkan rekomendasi Atas Nama Ketua Program Studi Teknik Mesin Pada Tanggal 05 Agustus 2022 dengan ini Menetapkan :

Nama : MUHAMMAD RASYID RIDHO PULUNGAN  
Npm : 2107230177 P  
Program Studi : TEKNIK MESIN  
Semester : V111 ( DELAPAN )  
Judul Tugas Akhir : UJI PERFORMA BIODISEL DARI CAMPURAN MINYAK GORENG SISA DAN MINYAK BIJI MIMBA

Pembimbing-I : H. SUHERMAN ST. MT

Dengan demikian diizinkan untuk menulis tugas akhir dengan ketentuan :

1. Bila judul Tugas Akhir kurang sesuai dapat diganti oleh Dosen Pembimbing setelah mendapat persetujuan dari Program Studi Teknik Mesin
2. Menulis Tugas Akhir dinyatakan batal setelah 1 (satu) Tahun dan tanggal yang telah ditetapkan.

Demikian surat penunjukan dosen Pembimbing dan menetapkan Judul Tugas Akhir ini dibuat untuk dapat dilaksanakan sebagaimana mestinya.

Ditetapkan di Medan pada Tanggal.  
Medan, 07 Muharram 1444 H  
05 Agustus 2022 M

Dekan



Muhawar Alfansury Siregar, ST., MT

NIDN: 0101017202



BERITA ACARA SEMINAR HASIL

DAFTAR HADIR SEMINAR  
TUGAS AKHIR TEKNIK MESIN  
FAKULTAS TEKNIK – UMSU  
TAHUN AKADEMIK 2022 – 2023

Peserta seminar

Nama : Muhammad Rasyid Ridho Pulungan  
NPM : 2107230177P  
Judul Tugas Akhir : Uji Performa Mesin Diesel Dari Biodiesel Campuran Minyak Goreng Sisa Dan Minyak Biji Mimba

DAFTAR HADIR		TANDA TANGAN	
Pembimbing – I : Suherman, ST, MT		:.....	
Pembanding – I : Sudirman Lubis, ST, MT		:.....	
Pembanding – II : H. Muharaif M, ST. M.Sc		:.....	
No	NPM	Nama Mahasiswa	Tanda Tangan
1	2107230177P	M. Rasyid Ridho P	
2	2107230132	SAMANTHA AUREA	
3	2107230160	Priyanka Pankaj Andy	
4	1807230082	M. Kevin Februan	
5			
6			
7			
8			
9			
10			

Medan, 20 Dzulhijah 1444 H  
08 Juli 2023 M

Ketua Prodi. T. Mesin



Chandra A Siregar, ST, MT

**DAFTAR EVALUASI SEMINAR FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA**

---

Nama : Muhammad Rasyid Ridho Pulungan  
NPM : 2107230177P  
Judul Tugas Akhir : Uji Performa Mesin Diesel Dari Biodiesel Campuran Minyak Goreng  
Sisa Dan Minyak Biji Mimba

Dosen Pemanding – I : Sudirman Lubis, ST, MT  
Dosen Pemanding – II : H. Muharnif M, ST. M.Sc  
Dosen Pembimbing – I : Suberman, ST, MT

**KEPUTUSAN**

1. Baik dapat diterima ke sidang sarjana ( collogium)  
2. Dapat mengikuti sidang sarjana (collògium) setelah selesai melaksanakan perbaikan antara lain :

*faktor dari hal*  
*perbaikan tersebut yaitu*  
*perbaikan grafik (diperbaiki)*

3. Harus mengikuti seminar kembali  
Perbaikan :

.....  
.....  
.....  
.....

Medan, 20 Dzulhijah 1444 H  
08 Juli 2023 M

Diketahui :  
Ketua Prodi. T. Mesin



Chandra A Siregar, ST, MT

Dosen Pemanding- I



Sudirman Lubis, ST, MT

**DAFTAR EVALUASI SEMINAR FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA**

---

Nama : Muhammad Rasyid Ridho Pulungan  
NPM : 2107230177P  
Judul Tugas Akhir : Uji Performa Mesin Diesel Dari Biodiesel Campuran Minyak Goreng  
Sisa Dan Minyak Biji Mimba

Dosen Pembanding – I : Sudirman Lubis, ST, MT  
Dosen Pembanding – II : H. Muharnif M, ST. M.Sc  
Dosen Pembimbing – I : Suherman, ST, MT

**KEPUTUSAN**

1. Baik dapat diterima ke sidang sarjana ( collogium)
2. Dapat mengikuti sidang sarjana (collogium) setelah selesai melaksanakan perbaikan antara lain :

.....  
.....  
.....  
.....

3. Harus mengikuti seminar kembali  
Perbaikan :

.....  
.....  
.....  
.....

Medan, 20 Dzulhijah 1444 H  
08 Juli 2023 M

Diketahui :  
Ketua Prodi. T. Mesin

Dosen Pembanding- II



Chandra A Siregar, ST, MT



H. Muharnif M, ST. M.Sc

## DAFTAR RIWAYAT HIDUP



### A. Data Pribadi

Nama : Muhammad Rasyid Ridho Pulungan  
Jenis Kelamin : Laki - Laki  
Tempat Tanggal Lahir : Pematang Siantar, 30 Mei 2000  
Alamat : Jl. Lingkar Barat 2, Lorong Gerhana, Perumahan  
Griya Cipta Pesona No.15 Kel. Bagan pete, Kec.  
Kota Baru Kota Jambi. Provinsi Jambi  
Agama : Islam  
Email : [rasyidridho.pulungan@gmail.com](mailto:rasyidridho.pulungan@gmail.com)  
No. HP : 085216162514 / 087747713155

### B. Riwayat Pendidikan

1. SD N 1 Desa Mangsang Tahun 2005 - 2011
2. MTsN Kenali Besar Kota Jambi Tahun 2011 - 2014
3. MAN Insan Cendekia Jambi Tahun 2014 - 2017
4. Politeknik Negeri Medan Tahun 2017 - 2020
5. Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara Tahun 2021 - 2023