



TUGAS AKHIR – AB 1956 409

**APLIKASI REAKTOR UNTUK MEMBUAT
BIODIESEL SEBAGAI BAHAN BAKAR
ALTERNATIF MESIN PENGHANCUR BATU DI
GUNUNG MADDAH**

**Muhammad Badrus Syafa’
NRP. 33212201038**

**Dosen Pembimbing:
Abdul Hamid, S.Si., M.Si.
Amin Jakfar, S.T., M.T.**

**PROGRAM STUDI DIII TEKNIK MESIN ALAT BERAT
JURUSAN REKAYASA MESIN DAN INDUSTRI
POLITEKNIK NEGERI MADURA
SAMPANG
2025**



TUGAS AKHIR – AB 1956 409

**APLIKASI REAKTOR UNTUK MEMBUAT
BIODIESEL SEBAGAI BAHAN BAKAR
ALTERNATIF MESIN PENGHANCUR BATU DI
GUNUNG MADDAH**

**Muhammad Badrus Syafa’
NRP. 33212201038**

**Dosen Pembimbing:
Abdul Hamid, S.Si., M.Si.
Amin Jakfar, S.T., M.T.**

**PROGRAM STUDI DIII TEKNIK MESIN ALAT BERAT
JURUSAN REKAYASA MESIN DAN INDUSTRI
POLITEKNIK NEGERI MADURA
SAMPANG
2025**

HALAMAN PERNYATAAN KEASLIAN

Saya mahasiswa Politeknik Negeri Madura, Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, Riset dan Teknologi :

Nama : Muhammad Badrus Syafa

NRP. : 33212201038

Program Studi : D3 – Teknik Mesin Alat Berat

Jurusan : Rekayasa Mesin dan Industri

Dengan ini menyatakan bahwa Tugas Akhir yang saya buat dengan judul **“Aplikasi Reaktor Untuk Membuat Biodiesel Sebagai Bahan Bakar Alternatif Mesin Penghancur Batu Di Gunung Maddah”**

- Dibuat dan diselesaikan sendiri dengan menggunakan literatur hasil kuliah, survei lapangan, bimbingan dengan dosen pembimbing dan pembimbing penelitian, melalui tanya jawab maupun asistensi serta buku-buku jurnal acuan yang tertera dalam referensi pada Tugas Akhir ini.
- Bukan merupakan duplikasi yang sudah dipublikasikan atau yang pernah dipakai untuk mendapatkan gelar sarjana di Universitas/Perguruan Tinggi lain, kecuali pada bagian-bagian tertentu digunakan referensi pendukung untuk melengkapi informasi dan sumber informasi dengan dicantumkan melalui referensi yang semestinya.
- Bukan merupakan karya tulis terjemahan dari kumpulan buku atau jurnal acuan yang tertera dalam referensi pada Tugas Akhir ini. Jika terbukti saya tidak memenuhi apa yang telah saya nyatakan seperti apa yang di atas, maka Tugas Akhir saya ini dibatalkan.

Sampang, Juli 2025



Muhammad Badrus Syafa'

LEMBAR PERSETUJUAN SIDANG TUGAS AKHIR

Judul Tugas Akhir : Aplikasi reaktor untuk membuat biodiesel sebagai bahan bakar alternatif mesin penghancur batu di Gunung Maddah

Penulis : Muhammad Badrus Syafa'

NRP : 33212201038

Program Studi : D3-Teknik Mesin Alat Berat

Jurusan : Rekayasa Mesin dan Industri

Tugas Akhir ini telah diperiksa dan disetujui untuk disidangkan.
Ditandatangani di Sampang, 2 Juli 2025

Menyetujui,

Ketua Program Studi
Teknik Mesin Alat Berat



Mohammad Anas Fikri, S.T., M.T.
NIPPPK. 197705222021211005

LEMBAR PENGESAHAN

APLIKASI REAKTOR UNTUK MEMBUAT BIODIESEL SEBAGAI BAHAN BAKAR ALTERNATIF MESIN PENGHANCUR BATU DI GUNUNG MADDAH

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Ahli Madya Teknik (A.Md. T.)

Pada

Jurusan Teknik Rekayasa Mesin Dan Industri
Politeknik Negeri Madura

Oleh:

Muhammad Badrus Syafa'

NRP. 33212201038

Tugas Akhir ini telah disidangkan pada tanggal 2 Juli 2025
dan telah sesuai dengan ketentuan.

Disetujui Tim Penguji Tugas Akhir:

1. Abdul Hamid, S.Si., M.Si. (Pembimbing I)
2. Amin Jakfar, S.T., M.T. (Pembimbing II)
3. Misbakhul Fatah, S.T., M.T. (Penguji I)
4. Ike Dayi Febriana, S.Si., M.T. (Penguji II)
5. Lukman Hadiwijaya, S.T., M.T. (Penguji III)

Sampang

Juli 2025

APLIKASI REAKTOR UNTUK MEMBUAT BIODIESEL SEBAGAI BAHAN BAKAR ALTERNATIF MESIN PENGHANCUR BATU DI GUNUNG MADDAH

Nama : Muhammad Badrus Syafa'
NRP : 33212201038
Dosen Pembimbing 1 : Abdul Hamid, S.Si., M.Si.
Dosen Pembimbing 2 : Amin Jakfar, S.T., M.T.

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan mengembangkan biodiesel dari minyak jelantah sebagai bahan bakar alternatif yang ramah lingkungan dan berkelanjutan. Produksi dilakukan melalui proses degumming, esterifikasi, dan transesterifikasi dengan reaktor skala sederhana. Biodiesel yang dihasilkan dicampur dengan solar dalam variasi B10, B20, B30, dan B40, kemudian diuji pada mesin diesel Yanmar TF 70 LY-DI. Hasil menunjukkan torsi dan daya tertinggi diperoleh dari solar murni, namun campuran B10 dan B20 masih mempertahankan performa mesin dengan penurunan minimal. Campuran B10 menghasilkan torsi 9,87 N·m dan daya 2,067 kW. Konsumsi bahan bakar spesifik terendah tercatat pada solar murni sebesar 0,465 kg/kW·h, sementara B40 menunjukkan efisiensi terendah namun emisi CO, NO, dan NO_x paling rendah. Pengujian pada mesin penghancur batu menunjukkan campuran B20 mampu mendukung kinerja mesin secara normal. Selain itu, biodiesel telah memenuhi standar mutu fisik berdasarkan SNI 7182:2015. Dengan demikian, B20 direkomendasikan sebagai batas maksimum penggunaan pada mesin diesel konvensional.

Kata Kunci: Biodiesel, Minyak Jelantah, Reaktor Skala Sederhana

**APPLICATION OF A REACTOR FOR BIODIESEL
PRODUCTION AS AN ALTERNATIVE FUEL FOR
STONE CRUSHER MACHINES IN GUNUNG MADDAH**

Name : Muhammad Badrus Syafa'
NRP : 33212201038
Supervisor 1 : Abdul Hamid, S.Si., M.Si.
Supervisor 2 : Amin Jakfar, S.T., M.T.

ABSTRACT

This study aims to develop biodiesel from used cooking oil as an environmentally friendly and sustainable alternative fuel. Production is carried out through degumming, esterification, and transesterification processes using a simple scale reactor. The resulting biodiesel is blended with diesel fuel in B10, B20, B30, and B40 ratios, then tested on a Yanmar TF 70 LY-DI diesel engine. The results show that the highest torque and power are obtained from pure diesel fuel, but the B10 and B20 blends still maintain engine performance with minimal reduction. The B10 blend produced a torque of 9.87 N·m and power of 2.067 kW. The lowest specific fuel consumption was recorded for pure diesel at 0.465 kg/kW·h, while B40 showed the lowest efficiency but the lowest emissions of CO, NO, and NO_x. Tests on a rock crusher engine showed that the B20 blend could support normal engine performance. Additionally, biodiesel has met physical quality standards according to SNI 7182:2015. Therefore, B20 is recommended as the maximum usage limit for conventional diesel engines

Keywords: Biodiesel, Used Cooking Oil, Small-Scale Reactor.

KATA PENGANTAR

Alhamdulillah segala puji syukur kepada Allah Yang Maha Esa yang telah memberi kekuatan, kemampuan, dan kesabaran kepada penulis, sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini dengan baik. Tujuan penulisan tugas akhir adalah memenuhi salah satu persyaratan bagi mahasiswa untuk dapat menyelesaikan pendidikan Diploma3 Program Studi Teknik Mesin Alat Berat jurusan Rekayasa Mesin dan Industri di Politeknik Negeri Madura.

Dalam tugas akhir ini, penulis mempunyai ide gagasan untuk memanfaatkan bahan bakar alternatif, sehingga penulis menyusun laporan TA berjudul **“Aplikasi Reaktor Untuk Membuat Biodiesel Sebagai Bahan Bakar Alternatif Mesin Penghancur Batu Di Gunung Maddah”**

Laporan TA ini tidak akan selesai dengan baik tanpa bantuan, bimbingan, dan dorongan dari orang-orang yang berada di sekitar penulis. Oleh karena itu, penulis ingin mengucapkan terima kasih banyak kepada:

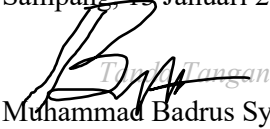
1. Ibu Laily Ulfyah, S.T., MT., Direktur Politeknik Negeri Madura.
2. M. Musta'in, S.T., MT., Wakil Direktur Bidang Akademik.
3. Bapak Mohammad Anas Fikri, S.T., M.T., selaku Ketua Jurusan Rekayasa Mesin Dan Indutri, Prodi D3 Teknik Mesin Alat Berat Politeknik Negeri Madura.
4. Ibu Ike Dayi Febriana, S.Si., M.T., Sekretaris Jurusan Rekayasa Mesin Dan Indutri Politeknik Negeri Madura.
5. Ibu Faizatur Rohmah, S.Si., M.Si. selaku Koordinator Tugas Akhir Politeknik Negeri Madura, Program Studi D3 Teknik Mesin Alat Berat

6. Bapak Abdul Hamid, S.Si., M.Si. selaku dosen pembimbing I yang senantiasa memberikan kritik dan saran kepada penulis.
7. Bapak Amin Jakfar, S.T., M.T., selaku dosen pembimbing II yang senantiasa memberikan kritik dan saran kepada penulis
8. Bapak, ibu dan keluarga yang telah memberikan dukungan serta doakepada penulis.
9. Keluarga besar Teknik Mesin Alat Berat

Para dosen dan tenaga kependidikan Politeknik Negeri Madura yang telah melayani mahasiswa selama penulis menempuh pendidikan di sini.

Penulis menyadari masih banyak kekurangan dalam tugas akhir ini. Oleh sebab itu, penulis mengharapkan saran dan kritik yang membangun untuk tugas akhir ini.

Sampang, 13 Januari 2025



Muhammad Badrus Syafa'
NRP. 33212201038

DAFTAR ISI

HALAMAN PERNYATAAN KEASLIAN	i
LEMBAR PERSETUJUAN SIDANG TUGAS AKHIR.....	ii
LEMBAR PENGESAHAN.....	iii
ABSTRAK	iv
<i>ABSTRACT</i>	v
KATA PENGANTAR	vi
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR LAMPIRAN	xii
DAFTAR SIGKATAN DAN LAMBANG.....	xiii
BAB I	1
PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah.....	4
1.3 Batasan Masalah	4
1.4 Tujuan	4
1.5 Manfaat	4
BAB II.....	5
TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1 Penelitian Sebelumnya.....	5
2.2 Biodiesel	7
2.3 Mesin Penghancur Batu (<i>Crusher Machine</i>)	9
2.4 Aplikasi Biodiesel Untuk Alat Berat.....	12
2.5 Parameter Pengujian Pada Mesin Diesel	13
2.5.1 Torsi	13
2.5.2 Daya	14
2.5.3 <i>Spesific fuel consumption</i>	14
BAB III.....	17

METODOLOGI PENELITIAN	17
3.1 Tahapan Penelitian	17
3.2 Alat dan Bahan	19
3.3 Siklus Pembuatan Biodiesel.....	19
3.4 Prosedur Kerja	19
3.4.1 Preparasi Biodiesel	19
3.5 Prosedur Pengujian Performa Mesin Diesel Yanmar TF 70 LY-DI.	25
3.6 Prosedur Pengujian Biodiesel Pada Mesin Penghancur Batu.....	30
BAB IV	33
ANALISA DAN PEMBAHASAN	33
4.1 Data Pengujian Pada Mesin Diesel dan Mesin Penghancur Batu	33
4.2 Analisa Performance Mesin Diesel.....	34
4.3 Pengujian bahan bakar di mesin penghancur batu kapur	45
4.4 Analisa Hasil Uji Karakteristik Biodiesel	47
BAB V.....	49
KESIMPULAN DAN SARAN	49
5.1 Kesimpulan	49
5.2 Saran	50
DAFTAR PUSTAKA	51
LAMPIRAN.....	57

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Mesin Penghancur Batu.....	11
Gambar 3. 1 Diagram Alir Penelitian.....	17
Gambar 3. 2 Diagram alir proses pengujian biodiesel	18
Gambar 3. 3 Siklus Pembuatan Biodiesel	19
Gambar 3. 4 Penyaringan minyak jelantah	21
Gambar 3. 5 Prepare degumming.....	21
Gambar 3. 6 Proses Degumming.....	22
Gambar 3. 7 Prepare esterifikasi	22
Gambar 3. 8 Proses esterifikasi	23
Gambar 3. 9 Proses pemisahan hasil esterifikasi	23
Gambar 3. 10 Proses transesterifikasi	24
Gambar 3. 11 Proses pemisahan hasil transesterifikasi	24
Gambar 3. 12 Hasil biodiesel	25
Gambar 3. 13 Menguras bahan bakar.....	26
Gambar 3. 14 Memasukkan bahan bakar ke burret.....	26
Gambar 3. 15 Mengukur rpm mesin diesel	27
Gambar 3. 16 Mengukur waktu bahan bakar	27
Gambar 3. 17Mengukur voltase generator	28
Gambar 3. 18 Mengukur arus generator.....	28
Gambar 3. 19 Gas analyzer	29
Gambar 3. 20 Pengukuran emisi gas buang	30
Gambar 3. 21 Pengujian pada mesin penghancur batu	31
Gambar 4. 1 Grafik torsi terhadap bahan bakar	34
Gambar 4. 2 Grafik daya terhadap bahan bakar	36
Gambar 4. 3 Grafik SFC terhadap bahan bakar	38
Gambar 4. 4 Grafik CO.....	41
Gambar 4. 5 Grafik NO.....	43
Gambar 4. 6 Grafik No _x	44
Gambar 4. 7 Asap emisi mesin penghancur batu	46

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Penelitian sebelumnya terkait biodiesel menggunakan reaktor	5
Tabel 3. 1 Parameter eksperimen	29
Tabel 4. 1 Data hasil performa mesin diesel	33
Tabel 4. 2 Data hasil uji emisi mesin diesel	33
Tabel 4. 3 Pengujian Pada Mesin Penghancur Batu	34
Tabel 4. 4 Data hasil uji karakteristik biodiesel	34

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Hasil pengujian emisi	57
Lampiran 2 Perhitungan komposisi.....	58
Lampiran 3 Perhitungan Performa mesin diesel	60

DAFTAR SIGKATAN DAN LAMBANG

CSt	: Centistokes.
kal/g	: Kilokalori per gram.
CPO	: Crude Palm Oil
kg/m ³	: Kilogram per meter kubik
St	: Stokes
mg-KOH/g	: Miligram Kalium Hidroksida per gram
SO ₂	: Sulfur Dioksida
Nox	: Nitrogen oksida
CO	: Karbon Monoksida,
PK	: Paardenkracht
Nm	: Newton-meter
kW	: Kilowatt
rpm	: Rotasi per menit
HP	: Horsepower
°C	:Celsius
°F	:Fahrenheit
KOH	:Kalium Hidroksida

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Gunung Maddah, merupakan gunung yang berada di kabupaten Sampang, pada daerah tersebut menyimpan kekayaan alam yang melimpah, khususnya dalam bentuk deposit mineral batu dan pasir. Potensi sumber daya alam yang signifikan ini telah menjadikan wilayah tersebut sebagai pusat perhatian bagi para pelaku industri pertambangan. Keberadaan cadangan mineral yang melimpah telah mendorong minat untuk melakukan eksploitasi, melihat peluang ekonomi yang besar yang dapat dihasilkan dari sektor pertambangan ini. Dengan demikian, Desa Gunung Maddah telah menjadi titik fokus dalam pengembangan industri ekstraktif di wilayah tersebut.

Industri pertambangan batu kapur di Pulau Madura, terutama di wilayah gunung Maddah, sangat bergantung pada mesin diesel sebagai sumber tenaga utama untuk mengoperasikan alat berat seperti mesin penghancur batu. Ketergantungan yang tinggi pada solar sebagai bahan bakar utama telah menjadi kendala utama bagi kelangsungan kegiatan pertambangan. Fluktuasi harga solar yang tidak menentu dan keterbatasan pasokan di beberapa wilayah seringkali mengganggu proses produksi dan meningkatkan biaya operasional. Selain itu, pemakaian solar dalam jumlah besar turut menyumbang pada meningkatnya emisi gas rumah kaca dan pencemaran udara, yang berdampak buruk terhadap lingkungan. Oleh karena itu, pencarian alternatif sumber energi yang lebih bersih dan berkelanjutan menjadi sangat penting untuk mengatasi permasalahan tersebut dan memastikan keberlanjutan industri pertambangan batu kapur.

Dalam penelitian ini, peneliti memiliki kesempatan untuk memperoleh informasi langsung dari masyarakat Gunung Maddah, yang menunjukkan antusiasme tinggi terhadap upaya pengembangan inovasi bahan bakar alternatif. Masyarakat setempat mengeluhkan keterbatasan dan kelangkaan pasokan bahan bakar, sehingga diharapkan bahwa inovasi ini dapat memberikan solusi untuk mengatasi permasalahan tersebut. Selain itu, inovasi bahan bakar ini diharapkan dapat berperan sebagai sarana edukatif bagi masyarakat mengenai potensi pemanfaatan energi alternatif, yang pada akhirnya dapat mengurangi ketergantungan terhadap bahan bakar fosil, sekaligus memperkuat dan memperluas keberagaman pasokan energi dan bahan bakar serta mendorong pertumbuhan ekonomi di wilayah pedesaan [1].

Dalam hal ini, peneliti akan melakukan pengembangan dengan mengkonversi minyak jelantah menjadi biodiesel dengan menggunakan reaktor skala sederhana, sehingga mineral bahan bakar bisa tergantikan dengan alternatif yang lebih ramah lingkungan, yaitu biodiesel [2]. Melihat potensi besar limbah minyak jelantah yang belum dimanfaatkan, penelitian ini menawarkan solusi yang sangat relevan untuk mengatasi masalah lingkungan dan energi. Mengingat sebagian besar negara masih mengandalkan bahan bakar fosil untuk memenuhi kebutuhan energinya, upaya menuju pertumbuhan yang berkelanjutan kerap terhambat, sementara dampak lingkungan akibat penggunaan energi fosil terus bertambah parah.

Minyak jelantah adalah sisa minyak goreng yang telah digunakan berulang kali dan menjadi limbah setelah mengalami penurunan kualitas akibat pemanasan berulang, sehingga menyebabkan perubahan pada sifat dan kandungan kimianya.

Minyak goreng mengandung asam lemak dalam jumlah yang relatif tinggi. Menurut pernyataan Direktur Eksekutif Gabungan Industri Minyak Nabati Indonesia, kandungan ini menjadi salah satu karakteristik utama dari minyak goreng yang berpengaruh terhadap kualitas dan potensi daur ulangnya, seperti dalam produksi biodiesel, konsumsi minyak goreng di Indonesia mencapai 5,2 juta ton per tahun. Dengan estimasi penyusutan sebesar 40–60%, jumlah minyak jelantah yang dihasilkan diperkirakan mencapai 2 hingga 3 juta ton setiap tahunnya. Jika tidak dikelola dengan baik, limbah minyak jelantah ini dapat menimbulkan permasalahan lingkungan. Sayangnya, isu mengenai limbah minyak jelantah masih kurang mendapatkan perhatian serius dari masyarakat, tidak seperti isu sampah plastik yang cenderung lebih disoroti [3]. Pemanfaatan minyak goreng bekas sebagai bahan dasar biodiesel dapat membantu menurunkan jumlah limbah yang dibuang ke alam. Transformasi minyak nabati menjadi biodiesel memiliki nilai ekonomis yang signifikan (95%), sehingga minyak jelantah dianggap sebagai sumber yang sangat berharga dan mudah didapat. [4].

Untuk mengoptimalkan proses produksi biodiesel dari minyak jelantah, reaktor biodiesel yang dirancang berfokus pada efisiensi proses transesterifikasi, Transesterifikasi adalah proses yang umum digunakan karena konversi tinggi, biaya produksi rendah, kondisi reaksi ringan, produk mirip petrodiesel, dan cocok untuk produksi skala industri [5]. Pada reaktor ini dilengkapi dengan fitur seperti pengaduk otomatis dan pengontrol suhu, reaktor ini mampu menghasilkan biodiesel berkualitas tinggi secara konsisten.

Merujuk pada penjelasan latar belakang yang telah disampaikan sebelumnya., saya akan membuat biodiesel

berbahan baku minyak jelantah menggunakan reaktor yang telah dibuat biodeisel yang dihasilkan kemudian diaplikasikan dan diuji coba pada mesin penghancur batu di area gunung maddah.

1.2 Rumusan Masalah

1. Bagaimana pengaruh B20 hasil pencampuran biodiesel berbahan baku minyak jelantah yang diproduksi menggunakan reaktor yang telah dibuat terhadap kinerja mesin diesel dan mesin penghancur batu di Gunung Maddah?

1.3 Batasan Masalah

1. Bahan baku pembuatan biodiesel menggunakan minyak jelantah.
2. Pengujian ini diaplikasikan pada mesin penghancur batu dan terbatas pada pengamatan visual terhadap emisi gas buang yang dihasilkan selama mesin beroperasi.

1.4 Tujuan

1. Mengetahui pengaruh bahan bakar B20 yang dihasilkan dari pencampuran biodiesel berbahan baku minyak jelantah menggunakan reaktor skala sederhana, pada kinerja mesin diesel dan mesin penghancur batu di gunung maddah.

1.5 Manfaat

1. Mengurangi pencemaran lingkungan akibat pembuangan minyak jelantah.
2. Mengubah limbah menjadi produk bernilai tinggi.
3. Mengurangi ketergantungan pada bahan bakar fosil.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penelitian Sebelumnya

Pada tahap awal penelitian, penulis melakukan kajian pustaka sebagai referensi dalam merancang dan menyusun penelitian **“Aplikasi Reaktor Untuk Membuat Biodiesel Sebagai Bahan Bakar Alternatif Mesin Penghancur Batu Di Gunung Maddah”**. Studi literatur yang dilakukan berupa metode penelitian yang sudah pernah dibuat penulis sebelumnya. Terdapat studi literatur pada tabel 2.1:

Tabel 2. 1 Penelitian sebelumnya terkait biodiesel menggunakan reaktor

No	Judul	Nama Penulis	Kesimpulan Penelitian
1.	Pembuatan Biodiesel Dari Minyak Goreng Bekas Dalam Reaktor Tangki Alir Berpengaduk	Aziz 2008 [6]	a. Minyak Jelantah dapat dipakai menjadi bahan baku pembuatan biodiesel b. Produksi biodiesel dilakukan dengan memanfaatkan reaktor tangki yang dilengkapi pengaduk (RATB) yang dioperasikan pada suhu 60°C, dengan kecepatan pengadukan mencapai 800 rpm, serta waktu retensi selama 60 menit. c. Biodiesel yang dihasilkan menunjukkan karakteristik fisik sebagai berikut: densitas 0,8898; viskositas sebesar 5,6263 CSt; titik tuang 33,4 °F; titik nyala 253 °F; kandungan residu karbon sebesar 2,0827%; warna 1,5; kadar air 0,16%; dan nilai kalor mencapai 9427kal/g.

2.	Pembuatan Biodiesel Dengan Reaktor Bersirkulasi Sederhana Menggunakan Katalis KOH	Hartono 2023 [7]	a. Minyak jelantah sebanyak 20 liter digunakan. Biodiesel yang dihasilkan memiliki yield sebesar 80-90%. b. Kondisi optimum untuk memproduksi biodiesel ditemukan ketika menggunakan metanol sebanyak 21% v/v dari total volume minyak jelantah, ditambah dengan 100 gram katalis KOH dan reaksi berlangsung selama 55 menit. c. Biodiesel yang dihasilkan memiliki titik tuang (pour point) sebesar 9°C, yang masih berada di bawah batas maksimum yang ditetapkan dalam Standar Nasional Indonesia (SNI) untuk biodiesel, yaitu sebesar 18°C. d. Waktu 55 menit merupakan durasi yang dibutuhkan untuk mencapai kondisi setimbang antara reaktan dan produk, di mana pada variasi metanol sebesar 17% v/v telah berhasil menghasilkan biodiesel sebanyak 90%, dengan viskositas paling optimal yaitu 2,98 mm²/s.
3	Sintesis Biodiesel Dari Minyak Jelantah Dalam Reaktor Ultrasonik	Priscilla ,dkk 2024 [8]	a. Biodiesel yang dihasilkan diuji berdasarkan parameter fisik dan kimia, dengan hasil sebagai berikut; Viskositas kinematik: 5,37 cSt, Massa jenis: 885 kg/m³, Angka asam: 0,135 mg KOH/gram, Angka setana: 44,6, Kadar metil ester: 97,14%, Kadar monogliserida: 0,72%

4	Pembuatan Biodiesel Dari Minyak Goreng Bekas (Jelantah) Menggunakan Reaktor Membran (Variasi Rasio Molar Umpan Dan Konsentrasi Katalis)	Kalsum, dkk, 2015 [9]	a. Sebanyak 94,56% asam lemak berhasil dikonversi menjadi metil ester. b. Ciri-ciri fisik dan kimia dari biodiesel yang diproduksi sudah memenuhi standar mutu biodiesel yang berlaku di Indonesia., yaitu memiliki densitas dalam kisaran 850–873 kg/m³, viskositas kinematik antara 5,12–5,97 cSt, angka asam sebesar 0,55–0,64 mg-KOH/g sampel, serta titik nyala berada pada rentang 150–160 °C. c. Hasil optimum produksi biodiesel diperoleh sebesar 94,81% pada perbandingan mol minyak bekas dengan metanol 1:16, dengan kadar katalis sebanyak 2% berat.
---	---	-----------------------	---

2.2 Biodiesel

Biodiesel, yang sering disebut sebagai metil ester asam lemak (*fatty acid methyl ester*) adalah sumber energi alternatif yang dapat menggantikan minyak fosil (minyak diesel) atau bioenergi yang berasal dari minyak tumbuhan ataupun hewan. Minyak tumbuhan yang berfungsi sebagai bahan baku utama biodiesel dapat diperoleh dari bermacam-macam jenis tanaman yang bergantung pada sumber daya utama dari suatu wilayah atau negara [10].

Biodiesel adalah salah satu pilihan bahan bakar yang lebih bersahabat dengan lingkungan. sebagai pengganti panel surya, karena memiliki sejumlah keunggulan seperti titik nyala yang tinggi, tidak bersifat toksik, angka setana yang tinggi, kemampuan pelumasan yang baik, tingkat kemudahan terbakar

yang rendah, daya simpan yang stabil, emisi karbon monoksida yang rendah, serta mudah terurai secara alami. [11]. Biodiesel dapat dimanfaatkan sebagai pengganti bahan bakar minyak yang digunakan pada mesin diesel dalam kondisi tidak tercampur (B100), atau dicampurkan dengan solar dalam berbagai konsentrasi tertentu. Sebagai contoh, campuran 15% biodiesel dengan 85% solar dikenal sebagai B15. Biodiesel mempunyai beberapa keunggulan, Yakni sebagai alternatif bahan bakar konvensional yang menawarkan manfaat tambahan, seperti sumber energi terbarukan, sifat fisikokimia ideal dan lebih mudah tersedianya [12], Memiliki viskositas yang lebih rendah dibandingkan minyak nabati, biodiesel dapat dicampur dengan solar dalam berbagai rasio, mampu terbakar di mesin diesel dengan sedikit atau tanpa perlu modifikasi, serta dapat menurunkan emisi SO_2 , partikel, NO_x , hidrokarbon, dan karbon monoksida (CO).

Karena pemanfaatan yang berkelanjutan, bahan bakar nabati dianggap sebagai salah satu jenis sumber energi terbarukan. Selain berfungsi sebagai sumber energi terbarukan, biodiesel juga bersifat mudah terurai secara hayati, tidak beracun, serta tidak mengandung senyawa aromatik maupun sulfur. Selain itu, titik nyala (suhu terendah di mana uap biodiesel dapat terbakar) biodiesel lebih tinggi dibandingkan dengan diesel konvensional, lebih aman karena tidak mudah terbakar. Biodiesel memiliki berbagai manfaat, antara lain mengurangi frekuensi perawatan mesin, meningkatkan ketahanan mesin dengan sifatnya sebagai pelumas, memiliki karakteristik emisi yang rendah, serta mengandung 10-11% oksigen [13].

Biodiesel dihasilkan melalui proses kimia yang melibatkan lemak dari hewan atau minyak yang diperoleh dari

sumber daya alam yang dapat diperbaharui, yang kemudian direaksikan dengan alkohol rantai pendek seperti etanol, metanol, atau butanol dengan adanya katalis. Proses ini dikenal sebagai transesterifikasi. Penggunaan biodiesel dapat mengurangi pemanfaatan bahan bakar fosil dan menurunkan emisi karbonmonoksida serta karbondioksida. Biodiesel juga dipandang sebagai nontoksik dan *biodegradable* [14]

Saat ini, transesterifikasi adalah teknik yang paling umum diterapkan untuk menghasilkan biodiesel dari minyak sayur. Proses ini berfokus pada pengubahan gliserida (mono, di, atau trigliserida) yang merupakan bagian utama minyak kelapa sawit yang memiliki viskositas tinggi menjadi metil ester asam lemak., di mana gliserin digantikan oleh metanol atau etanol..

Transesterifikasi adalah reaksi yang penting dalam berbagai industri, tidak hanya untuk produksi biodiesel, tetapi juga sangat signifikan dalam produksi berbagai produk rumah tangga, sabun, dan deterjen. Proses ini digunakan untuk menghasilkan biodiesel yang diproduksi secara global.[10]

2.3 Mesin Penghancur Batu (*Crusher Machine*)

Mesin penghancur batu merupakan alat yang dirancang secara khusus untuk mentransformasi batu menjadi ukuran yang lebih kecil atau menjadi serpihan-serpihan halus yang dapat mempermudah proses pengolahan dan penggunaannya. Alat ini memiliki peran yang signifikan dalam berbagai sektor industri, seperti industri pertambangan, konstruksi, dan pengolahan bahan galian. Mesin penghancur batu tidak hanya berfungsi untuk mengurangi ukuran batu kapur, tetapi juga memiliki kemampuan untuk menghancurkan berbagai jenis material lainnya, seperti granit, basal, batu bara, dan bahan tambang lainnya yang memiliki tingkat kekerasan berbeda. Dengan

kemampuan tersebut, mesin ini sangat membantu dalam proses pemrosesan awal material sebelum masuk ke tahap selanjutnya, seperti pemisahan, pencucian, atau pencetakan. Efisiensi dan keandalan mesin penghancur batu sangat memengaruhi produktivitas industri secara keseluruhan.

Dalam sektor pertambangan, alat penghancur batu sangat penting untuk memecahkan bijih yang padat agar dapat diproses lebih lanjut, seperti dalam prosedur ekstraksi mineral. Dalam bidang konstruksi, alat ini dimanfaatkan untuk memproduksi material seperti kerikil, pasir, atau batu pecah yang digunakan sebagai bahan utama dalam pembangunan jalan, jembatan, gedung, dan infrastruktur lainnya. Selain itu, dalam pengolahan bahan tambang, alat ini berperan dalam mengolah bahan mentah menjadi produk dengan ukuran yang diinginkan untuk memenuhi standar industri atau kebutuhan pasar.

Dari aspek metode penggunaannya, mesin crusher terbagi menjadi berbagai tipe yang dirancang untuk menyesuaikan karakteristik bahan material serta jenis batu yang ingin diproduksi. Setiap tipe mesin crusher memiliki fungsi dan karakteristik yang khas, mulai dari memecahkan, menggiling, hingga menghaluskan batu menjadi ukuran tertentu sesuai dengan kebutuhan. Mesin-mesin ini dirancang untuk berbagai aplikasi, seperti pengolahan batu keras, material lunak, atau bahan tambang. Berikut ini adalah jenis-jenis mesin crusher yang umumnya digunakan di pasar, antara lain:[15]

1. *Jaw crusher*
2. *Roll Crusher*
3. *Impact Crusher*
4. *Hammer Mill Crusher*



Foto Dokumen Pribadi

Gambar 2. 1 Mesin Penghancur Batu

Pada masyarakat di Gunung Maddah, mesin penghancur yang digunakan memiliki spesifikasi teknis yang mendukung kinerjanya secara efektif. Mesin penghancur batu ini merupakan jenis *Hammer Mill crusher*. Mesin ini beroperasi dengan menggunakan sistem pukul rotari pada kecepatan rpm yang tinggi dan dapat menghasilkan materi akhir yang halus [16]. Mesin ini menggunakan tenaga dari mesin Dongfeng dengan daya 15 PK dan kapasitas tangki bahan bakar sebesar 20 liter, dirancang untuk mendukung operasi pemecahan batu dalam durasi yang cukup panjang. Dalam operasionalnya, mesin ini dapat bekerja selama 7 jam per hari. Dari segi performa, mesin tersebut mampu menghancurkan batu dengan kapasitas hingga lima meter kubik (m^3) dalam rentang waktu 45 menit hingga 1 jam.

Untuk menjalankan proses pemecahan batu dengan kapasitas tersebut, mesin membutuhkan bahan bakar sebanyak 2 liter setiap 5-meter kubik (m^3). Dengan spesifikasi tersebut, mesin ini menjadi salah satu alat yang diandalkan masyarakat

Gunung Maddah untuk mempermudah pengolahan material batuan sesuai kebutuhan lokal, seperti konstruksi bangunan atau kegiatan lainnya yang memerlukan material hasil pemecahan.

2.4 Aplikasi Biodiesel Untuk Alat Berat

Penggunaan biodiesel sebagai bahan bakar alternatif pada alat berat telah diterapkan di berbagai sektor industri, termasuk pertambangan, konstruksi, dan kehutanan, sebagai langkah untuk mendukung keberlanjutan serta mengurangi emisi karbon. Biodiesel, yang dihasilkan dari sumber-sumber tanaman seperti minyak kelapa sawit, minyak soya, atau minyak bekas masak memiliki keunggulan ekologis dibandingkan bahan bakar fosil. Untuk mendukung pemanfaatan biodiesel, mesin alat berat telah mengalami berbagai penyesuaian teknis, seperti modifikasi pada sistem injeksi bahan bakar, filter, dan material yang bersentuhan langsung dengan bahan bakar. Penyesuaian ini bertujuan untuk memastikan kinerja mesin tetap optimal saat menggunakan biodiesel, baik dalam konsentrasi rendah seperti B10 maupun konsentrasi tinggi seperti B30. Selain itu, penerapan biodiesel pada alat berat juga mendukung pengurangan polusi udara dan peningkatan efisiensi operasional, menjadikannya pilihan yang lebih berkelanjutan untuk berbagai sektor industri.

Peralihan dari solar ke biodiesel sebagai sumber bahan bakar merupakan langkah yang positif karena dapat mengurangi ketergantungan terhadap solar, yang ketersediaannya semakin menurun mengingat solar termasuk energi fosil yang tidak dapat diperbarui. Sebaliknya, biodiesel merupakan sumber daya energi yang lebih ramah lingkungan dan berkelanjutan. [17].

Dalam penelitian yang dilakukan oleh Magfirotunnisa dan rekan-rekannya pada tahun 2018 terhadap mesin Komatsu

SAA6D107E-1 [18], dilakukan uji kinerja mesin menggunakan dynotest dengan berbagai jenis bahan bakar. Saat memakai bahan bakar solar, torsi puncak yang dicapai yaitu 612 Nm pada 1526 rpm, dengan tenaga maksimum sebesar 113 Kw (151,5 HP) pada 1958 rpm. Dalam uji coba menggunakan bahan bakar biodiesel B15, mesin menghasilkan torsi tertinggi 559 Nm pada 1500 rpm dan tenaga maksimum 110 Kw (147,5 HP) pada 1955 rpm. Sementara pada pengujian dengan biodiesel B20, torsi maksimal yang dicatat adalah 549 Nm pada 1500 rpm, dan daya maksimum yaitu 106 Kw (142,1 HP) pada 1904 rpm. [18].

Dari data penelitian, dapat disimpulkan bahwa penggunaan biodiesel B15 dan B20 menurunkan torsi dan daya maksimum dibandingkan solar. Semakin tinggi proporsi biodiesel, penurunan kinerja mesin, terutama torsi dan daya, semakin besar

Meskipun terjadi penurunan performa mesin saat menggunakan campuran biodiesel dan solar sebagai bahan bakar, penurunan tersebut tergolong tidak signifikan. Oleh karena itu, peralihan dari solar ke biodiesel B15 atau B20 untuk mesin diesel masih layak untuk dipertimbangkan. Namun demikian, penggunaan biodiesel tetap memerlukan perhatian khusus guna menjaga agar kinerja mesin tetap maksimal. [18].

2.5 Parameter Pengujian Pada Mesin Diesel

2.5.1 Torsi

Torsi ialah gaya yang memiliki kapasitas untuk menghasilkan gerakan rotasi atau perputaran pada suatu benda. Sebuah benda akan mengalami rotasi apabila dikenakan torsi [19]. Berikut adalah rumus torsi yang ditunjukkan dalam persamaan 2.1:

$$T = \frac{P}{2\pi n/60} \quad (\text{Persamaan 2.1})$$

Dengan:

T = Torsi (N.m) P = Daya (watt)

n = Kecepatan Putaran Mesin (rpm)

2.5.2 Daya

Daya, atau kekuatan, mengacu pada kemampuan untuk melakukan kerja atau usaha dalam rentang waktu tertentu. Dalam proses ini, Gerakan langsung piston dari Titik Mati Atas (TMA) ke Titik Mati Bawah (TMB) saat langkah kerja diubah menjadi gerakan rotasi crankpin pada poros engkol (crankshaft)[20]. Berikut adalah rumus daya yang ditunjukkan pada persamaan 2.2[21]:

$$P = V \times I \quad (\text{Persamaan 2.2})$$

Dengan:

P = Daya (W)

V = Tegangan listrik generator (V)

I = Arus listrik generator (A)

2.5.3 *Specific fuel consumption*

Konsumsi bahan bakar merujuk pada jumlah bahan bakar yang diperlukan oleh suatu mesin untuk menghasilkan daya tertentu dalam waktu satu jam. Secara tidak langsung, konsumsi bahan bakar per unit dapat digunakan sebagai ukuran efisiensi mesin dalam mengubah energi hasil pembakaran bahan bakar menjadi energi mekanis yang bermanfaat [22]. Berikut ini adalah rumus *specific fuel consumption* dapat dilihat pada persamaan 2.3[23]:

$$Sfc = \frac{Mb}{P} \quad (\text{Persamaan 2.3})$$

Dengan:

SFC = *Specific fuel consumption* (kg/ Kw.h)

Mb = Fuel consumption (Kg/h)

P = Daya (Kw)

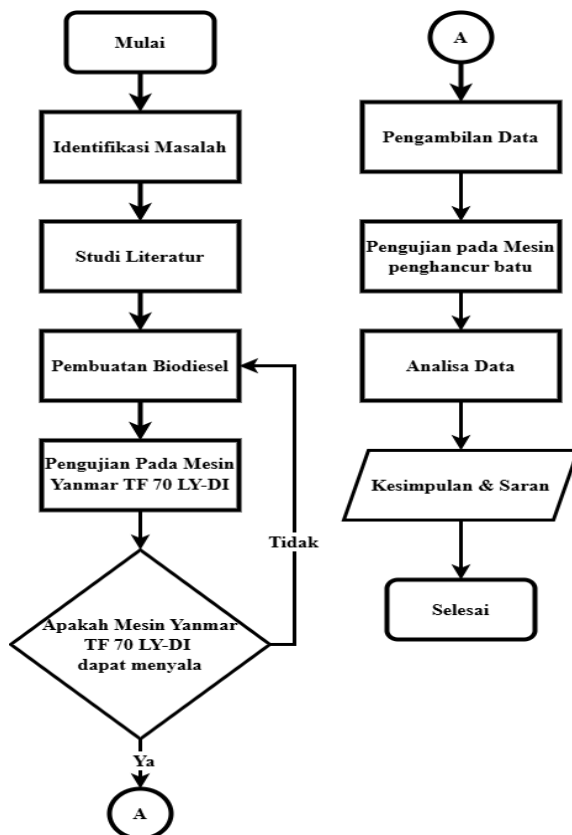
Halaman Ini sengaja Dikosongkan

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Tahapan Penelitian

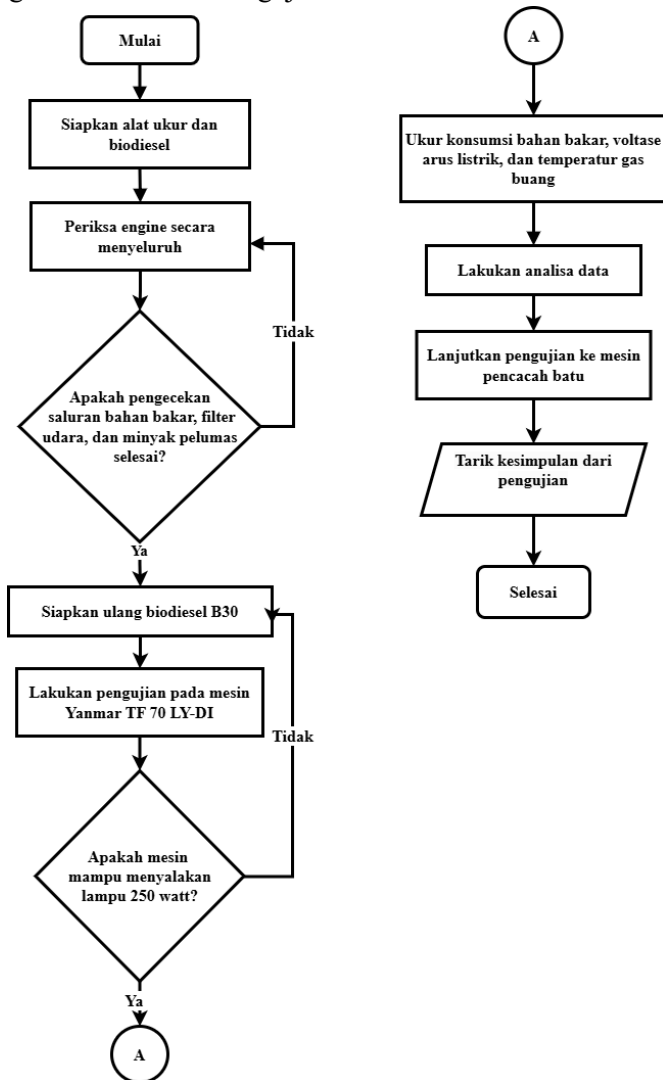
Dalam tugas akhir ini, penulis menggunakan diagram alir yang ditunjukkan pada gambar 3.1:

Diagram Alir Penelitian



Gambar 3. 1 Diagram Alir Penelitian
Sumber dokumen pribadi

Diagram Alir Proses Pengujian Biodiesel



Gambar 3. 2 Diagram alir proses pengujian biodiesel

Sumber: dokumen pribadi

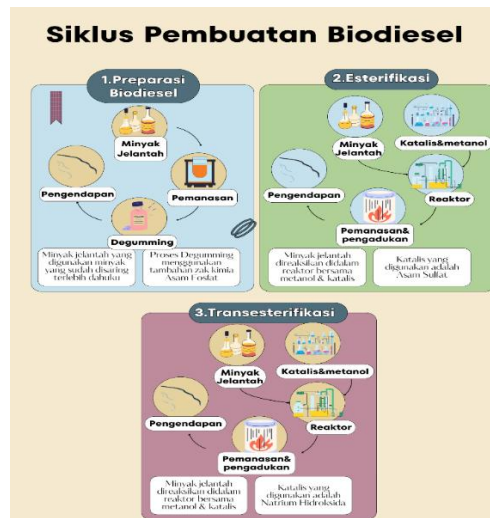
3.2 Alat dan Bahan

Penelitian ini menggunakan berbagai peralatan laboratorium dan mesin untuk mendukung proses pembuatan dan pengujian biodiesel, seperti *hotplate*, gelas beaker, labu leher tiga, kondensor, pompa air, termometer, *stirrer*, corong pisah, buret, *tachometer*, *gas analyzer*, dan mesin diesel Yanmar TF 70 LY-DI.

Bahan yang digunakan meliputi minyak jelantah sebagai bahan baku utama, metanol 99% (Merk Merck), asam sulfat (H_2SO_4), asam fosfat (H_3PO_4), dan natrium hidroksida (NaOH) sebagai katalis.

3.3 Siklus Pembuatan Biodiesel

Pada proses biodiesel terdiri dari 3 tahap yang ditunjukkan pada gambar 3.3 :



Gambar 3. 3 Siklus Pembuatan Biodiesel

Sumber: dokumen pribadi

3.4 Prosedur Kerja

3.4.1 Preparasi Biodiesel

1. *Degumming*

Minyak jelantah mula-mula disaring terlebih dahulu untuk memisahkan kotorannya. Kemudian dilanjutkan dengan proses degumming. Tujuan utama dari proses ini adalah untuk menghilangkan zat-zat pengotor yang dapat mengganggu proses transesterifikasi dan menurunkan kualitas biodiesel. Proses ini dilakukan dengan menambahkan H_3PO_4 sebanyak 0,3% dari volume minyak jelantah yang digunakan. Minyak tersebut kemudian dipanaskan pada suhu 80°C sambil diaduk dengan kecepatan 1000 rpm selama 15 menit. Minyak hasil *degumming* kemudian diproses untuk reaksi esterifikasi.

2. Esterifikasi

Dalam proses ini, minyak jelantah seberat 358 gram direaksikan dengan methanol sebanyak 78 gram, menggunakan katalis H_2SO_4 sebanyak 2% (8 ml) dari volume minyak jelantah. Adapun perbandingan mol minyak & methanol yang digunakan yaitu 1:6. Proses reaksi dilakukan pada suhu 60°C selama satu jam dengan kecepatan pengadukan sebesar 600 rpm. Setelah tahap esterifikasi selesai, campuran ddiamkan selama 24 jam hingga terbentuk dua lapisan yang terpisah. Selanjutnya, lapisan atas dipisahkan dan diambil dan disiapkan untuk proses transesterifikasi.

3. Transesterifikasi

Sebanyak 120-gram direaksikan dengan 0,5% NaOH (1,84 gram) dari berat minyak jelantah sambil diaduk hingga larutan tercampur. Perbandingan mol minyak & metanol yang digunakan ketika transesterifikasi adalah sebesar 1:9. Campuran tersebut kemudian ditambahkan minyak jelantah sebanyak 368 gram. Selanjutnya, dilakukan pengadukan pada kecepatan 800 rpm dengan suhu 60°C selama 2 jam, untuk memastikan proses reaksi berjalan secara maksimal. Setelah

pemanasan, campuran didiamkan dalam corong pisah selama 24 jam. Lapisan biodiesel yang terbentuk kemudian dilakukan dan pengujian pada *performance* dan emisi mesin diesel Yanmar 70 LY-DI

Berikut merupakan langkah-langkah pembuatan Biodiesel dari minyak jelantah :

- Penyaringan Minyak jelantah



Gambar 3. 4 Penyaringan minyak jelantah

Sumber : dokumen pribadi

- Proses *Degumming*
 1. Melakukan pencampuran minyak jelantah dengan katalis H_3PO_4



Gambar 3. 5 *Prepare degumming*

Sumber : dokumen pribadi

2. Kemudian dilakukan pemanasan sampai suhu 80° dengan waktu 15 menit dan dilakukan pengadukan kecepatan 1000 rpm



Gambar 3. 6 Proses *Degumming*

Sumber : dokumen pribadi

3. Minyak didinginkan hingga suhu ruang, lalu didiamkan hingga kotoran mengendap.

- Proses Esterifikasi

1. Minyak hasil proses pertama dicampur dengan katalis H_2SO_4 dan methanol



Gambar 3. 7 *Prepare esterifikasi*

Sumber : dokumen pribadi

2. Kemudian, campuran melalui pemanasan hingga mencapai suhu 60°C selama satu jam, sambil diaduk dengan kecepatan 600 rpm.



Gambar 3. 8 Proses esterifikasi

Sumber : dokumen pribadi

3. Campuran didiamkan 24 jam dalam corong pisah hingga terbentuk dua lapisan, lalu lapisan atas diambil untuk tahap berikutnya.



Gambar 3. 9 Proses pemisahan hasil esterifikasi

Sumber : dokumen pribadi

- Proses Transesterifikasi
 1. Minyak hasil dari proses esterifikasi dicampurkan dengan metanol dan katalis NaOH.
 2. Campuran melalui pemansan hingga suhu 60°C selama dua jam sambil melakukan pengadukan kecepatan 800 rpm.



Gambar 3. 10 Proses transesterifikasi

Sumber : dokumen pribadi

3. Campuran didiamkan selama 24 jam dalam corong pisah hingga terbentuk dua fase. Fase atas yang merupakan biodiesel kemudian diambil untuk proses selanjutnya.



Gambar 3. 11 Proses pemisahan hasil transesterifikasi

Sumber : dokumen pribadi

4. Pisahkan biodiesel dengan gliserol, pada tempat glass breaker



Gambar 3. 12 Hasil biodiesel
Sumber : dokumen pribadi

3.5 Prosedur Pengujian Performa Mesin Diesel Yanmar TF 70 LY-DI.

1. Uji Performa

Untuk mengevaluasi performa mesin diesel yang menggunakan biodiesel berbahan dasar minyak jelantah, dilakukan serangkaian tahapan pengujian. Langkah pertama adalah menyiapkan peralatan dan bahan yang diperlukan, meliputi mesin diesel Yanmar TF 70 LY-DI, tabung buret, *stopwatch*, *tachometer*, serta bahan bakar berupa biodiesel dan solar. Berikut ini merupakan prosedur pengambilan data guna mengukur kinerja mesin diesel yang menggunakan biodiesel dari minyak jelantah sebagai bahan bakarnya.:

1. Menghabiskan sisa bahan bakar terlebih dahulu sampai habis, yang mana ditunjukkan pada gambar 3.13



Gambar 3. 13 Menguras bahan bakar
Sumber : dokumen pribadi

2. Memasukkan bahan bakar ke dalam tabung buret yang mana ditunjukkan pada Gambar 3.14



Gambar 3. 14 Memasukkan bahan bakar ke buret
Sumber : dokumen pribadi

3. Menyalakan mesin Yanmar dengan memutar engkol.
4. Mengukur putaran mesin dengan menggunakan *tachometer* yang mana ditunjukkan pada Gambar 3.15



Gambar 3. 15 Mengukur rpm mesin diesel
Sumber : dokumen pribadi

5. Pengukuran konsumsi bahan bakar dilakukan dengan menghitung waktu yang genset butuhkan untuk menghabiskan 10 mL bahan bakar dengan alat bantu *stopwatch* yang mana ditunjukkan pada gambar 3.16



Gambar 3. 16 Mengukur waktu bahan bakar
Sumber : dokumen pribadi

Tahapan pengujian yang dilakukan meliputi berikut.:

1. Langkah pertama dalam pengujian adalah memberikan beban pada genset dengan menghidupkan lampu berdaya total 1250 watt. Pemberian beban ini bertujuan untuk mensimulasikan kondisi kerja sebenarnya dan mengamati respon genset saat menyalurkan daya listrik.

2. Pengukuran konsumsi bahan bakar dilakukan dengan mencatat durasi waktu yang dibutuhkan oleh genset untuk mengonsumsi 10 ml bahan bakar, menggunakan *stopwatch* sebagai alat ukur waktu.
3. Pengukuran dilakukan dengan mencatat tegangan *output* dari genset menggunakan *voltmeter*. yang mana ditunjukkan pada Gambar 3.17



Gambar 3. 17 Mengukur voltase generator
Sumber : dokumen pribadi

4. Pengukuran kuat arus (ampere) *output* genset yang mana ditunjukkan pada Gambar 3.18



Gambar 3. 18 Mengukur arus generator
Sumber : dokumen pribadi

- Setelah seluruh pengujian selesai, beban dilepaskan secara bertahap, kemudian generator dan mesin dimatikan, serta saluran bahan bakar ditutup.

Tabel 3. 1 Parameter eksperimen

Parameter <i>Input</i>		Parameter <i>Output</i>	
Parameter Tetap	Parameter Berubah	Pengukuran	Perhitungan
Pembebanan genset 1250 watt.	Bahan Bakar Biodiesel dan Biosolar dengan variasi campuran B10, B20, B30, B40.	<i>V</i> dan <i>I</i>. - Waktu konsumsi 10ml bahan bakar. - Emisi gas buang.	- Daya - Torsi - SFC

Berdasarkan data yang diperoleh, selanjutnya dilakukan perhitungan terhadap daya, torsi, dan konsumsi bahan bakar spesifik (SFC) pada mesin diesel Yanmar TF 70 LY-DI.

2. Uji Emisi Gas Buang

Berikut adalah tahapan prosedur dalam pengujian emisi gas buang:

- Menyalakan Gas *analyzer* yang mana ditunjukkan Gambar 3.19



Gambar 3. 19 Gas *analyzer*

Sumber : dokumen pribadi

2. Kemudian nyalakan mesin diesel yanmar TF 70 LY-DI
3. *Probe* dari alat gas *analyzer* kemudian ditempatkan pada saluran pembuangan (*exhaust*) mesin diesel Yanmar TF 70 LY-DI. yang mana ditunjukkan pada Gambar 3.20



Gambar 3. 20 Pengukuran emisi gas buang
Sumber : dokumen pribadi

4. Pengamatan emisi gas buang dilakukan dengan mencatat kandungan NO, NO_x, dan CO yang ditampilkan pada gas *analyzer* dari masing-masing bahan bakar yang diuji, meliputi Solar Murni, Biosolar, B10, B20, B30, dan B40.

3.6 Prosedur Pengujian Biodiesel Pada Mesin Penghancur Batu

Prosedur pengujian pada mesin penghancur batu dilakukan dengan tujuan utama untuk memastikan bahwa mesin dapat beroperasi secara optimal dalam kondisi kerja yang sesungguhnya. Pengujian ini dilaksanakan secara langsung di lapangan bersama pemilik mesin dan dilakukan secara bertahap menggunakan dua jenis bahan bakar, yaitu Biosolar dan campuran biodiesel B20, masing-masing sebanyak 3 liter. Langkah awal dimulai dengan pemanasan mesin menggunakan bahan bakar Biosolar selama 15 menit tanpa beban, untuk memastikan mesin mencapai suhu kerja optimal sebelum dilakukan pengujian utama. Setelah proses pemanasan selesai,

sis bahan bakar dalam tangki dikosongkan sepenuhnya untuk mencegah pencampuran dengan bahan bakar lain.

Selanjutnya dilakukan pengujian tanpa beban, dimulai dengan pengisian ulang tangki menggunakan 500 ml Biosolar. Mesin dijalankan tanpa memproses material, dan diamati performanya hingga seluruh bahan bakar habis. Setelah itu, pengujian dilanjutkan dengan pengisian 500 ml bahan bakar B20 untuk mengamati respon penyalaan awal mesin terhadap bahan bakar tersebut. Setelah bahan bakar habis, tangki kembali diisi dengan 500 ml B20 untuk melengkapi tahap pengujian tanpa beban. Mesin kembali dijalankan dan diamati kestabilan kerjanya hingga bahan bakar di tangki habis.

Tahap akhir pengujian dilakukan dalam kondisi berbeban saat mesin menghancurkan batu, menggunakan masing-masing 2-liter Biosolar dan B20. Mesin dijalankan penuh sambil diamati kinerjanya dan emisi gas buangnya. Pengamatan difokuskan pada warna asap, kestabilan mesin, serta gejala teknis lainnya selama operasi. Melalui pengujian ini, diperoleh gambaran menyeluruh mengenai pengaruh jenis bahan bakar terhadap performa mesin penghancur batu.



Gambar 3. 21 Pengujian pada mesin penghancur batu
Sumber : dokumen pribadi

Halaman Ini Sengaja Dikosongkan

BAB IV ANALISA DAN PEMBAHASAN

4.1 Data Pengujian Pada Mesin Diesel dan Mesin Penghancur Batu

Berikut merupakan data hasil pengujian biodiesel pada mesin yanmar TF 70 LY-DI:

Tabel 4. 1 Data hasil performa mesin diesel

Jenis Bahan Bakar	Torsi (N.m)	Daya (Kw)	SFC (Kg/Kwh)
Solar Murni	9,94	2,081	0,439
B10	9,87	2,067	0,465
B20	9,77	2,046	0,466
Biosolar	9,66	2,023	0,455
B30	8,3	1,739	0,576
B40	8,16	1,71	0,723

Tabel 4. 2 Data hasil uji emisi mesin diesel

	CO	NO	Nox
Solar Murni	935,0	226,7	237,7
Biosolar	661,3	135,0	141,0
B10	845,0	161,3	169,0
B20	712,7	171,7	179,7
B30	658,0	134,0	140,0
B40	401,3	93,7	97,7

Tabel 4. 3 Pengujian Pada Mesin Penghancur Batu

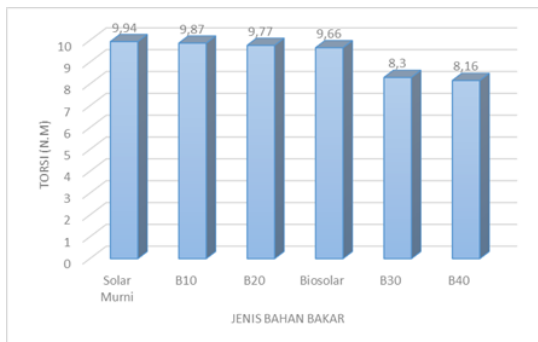
Parameter	B20	Biosolar
Emisi Gas Buang	Muncul asap putih lebih banyak	Muncul asap putih tapi sedikit
Kinerja Mesin	Berjalan normal tanpa gangguan	Berjalan normal tanpa gangguan

Tabel 4. 4 Data hasil uji karakteristik biodiesel

JENIS UJI	HASIL
Flash Point	164 °C
Viskositas	5,06 cSt
Nilai Kalor	9.578 Kkal/Kg,adb
Angka Asam	0,12 mg-KOH/g

4.2 Analisa Performance Mesin Diesel

Dari hasil pengujian yang telah dilakukan terhadap mesin Diesel Yanmar TF 70 LY-DI didapatkan data Torsi seperti pada Grafik berikut



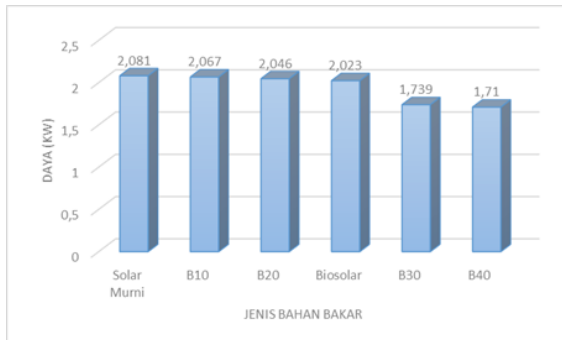
Gambar 4. 1 Grafik torsi terhadap bahan bakar

Sumber : dokumen pribadi

Nilai torsi pada pengujian mesin diesel dengan variasi bahan bakar ditunjukkan pada gambar 4.1. Berdasarkan hasil pengujian dan analisis yang telah dilakukan, menunjukkan

bahwa torsi maksimum dicapai saat mesin menggunakan bahan bakar solar murni, yaitu sebesar 9,94 N·m. Kemudian mengalami sedikit penurunan torsi ketika menggunakan bahan bakar B10 dan B20 masing-masing sebesar 9,87 dan 9,77 N·m dan Biosolar sebesar 9,66 N·m. Penurunan torsi pada campuran dengan konsentrasi biodiesel yang tinggi mencerminkan perbedaan kandungan energi antara biodiesel dan solar murni [24] yang mengindikasikan bahwa solar murni memiliki kandungan energi yang lebih tinggi dibandingkan campuran biodiesel, yang menjadikannya mampu menghasilkan gaya putar yang lebih besar pada mesin. Sementara itu, campuran biodiesel dengan konsentrasi lebih tinggi, yakni B30 dan B40, menunjukkan nilai torsi paling rendah masing-masing sebesar 8,3 N·m dan 8,16 N·m. Pada campuran B30 dan B40 terjadi penurunan torsi yang cukup. Penurunan ini terutama disebabkan oleh rendahnya nilai kalor pada biodiesel dibandingkan dengan solar murni. Berdasarkan hasil uji, biodiesel yang digunakan memiliki nilai kalor sebesar 9.578 Kkal/Kg, lebih rendah dibandingkan solar murni yang umumnya berada di kisaran ± 10.000 Kkal/Kg. Nilai kalor yang lebih rendah ini menunjukkan bahwa energi panas yang dihasilkan selama proses pembakaran juga lebih sedikit. Akibatnya, tekanan pembakaran dalam ruang bakar tidak tercapai secara optimal, sehingga gaya dorong yang mendorong piston pun menurun. Hal ini secara langsung berdampak pada berkurangnya torsi yang dihasilkan mesin, terutama saat menggunakan campuran biodiesel dengan konsentrasi tinggi.. Tekanan pembakaran yang rendah ini berdampak langsung pada menurunnya gaya dorong piston, sehingga torsi mesin pun berkurang secara signifikan. Penelitian ini sama seperti yang telah dilaporkan Khan,dkk [25], yang menjelaskan bahwa

semakin tinggi persentase biodiesel, maka semakin kecil energi panas yang dilepaskan dalam proses pembakaran, sehingga berkontribusi terhadap penurunan performa mesin, khususnya pada parameter torsi.



Gambar 4. 2 Grafik daya terhadap bahan bakar
Sumber : dokumen pribadi

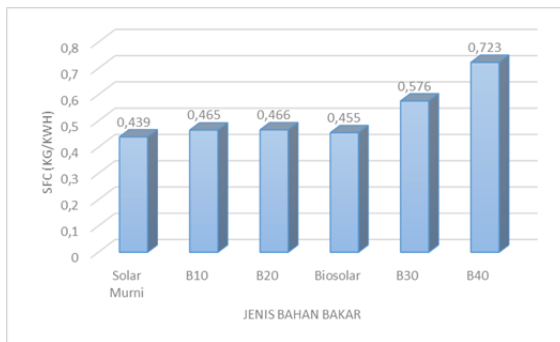
Hasil pengujian daya dari variasi bahan bakar ditunjukkan pada gambar. Daya mesin meningkat seiring dengan meningkatnya putaran mesin. Solar Murni mampu menghasilkan daya tertinggi, yakni sebesar 2,081 Kw (2,79 HP), diikuti bahan bakar B10, B20 dan Biosolar masing-masing diperoleh sebesar 2,067 Kw (2,77 HP); 2,046 Kw (2,74 HP) dan 2,023 Kw (2,73 HP). Sementara itu, nilai daya paling rendah tercatat pada campuran B30 dan B40, masing-masing hanya mencapai 1,739 Kw (2,33 HP) dan 1,71 Kw (2,29 HP). Hal ini menunjukkan bahwa Solar Murni, sebagai bahan bakar dengan kandungan energi paling tinggi dan karakteristik pembakaran yang stabil, mampu memberikan keluaran daya yang optimal pada putaran mesin yang tinggi. Sementara itu, penambahan biodiesel dalam bahan bakar hingga konsentrasi

B20 masih menunjukkan kinerja mesin yang baik dan efisien, Penurunan tersebut masih tergolong ringan dan tidak berpengaruh signifikan terhadap performa mesin diesel yanmar TF 70 LY DI, sehingga campuran B20 masih efektif dan layak digunakan pada mesin diesel konvensional.

Namun, pada campuran biodiesel yang lebih tinggi, seperti B30 dan B40, terjadi penurunan daya yang cukup signifikan. Campuran B40 mencatatkan daya hanya sebesar 1,71 Kw, yang berarti terdapat penurunan sekitar 0,3 Kw atau sekitar 15,3% dibandingkan solar murni. Penurunan daya ini menjadi indikator penting atas keterbatasan penggunaan biodiesel dengan konsentrasi tinggi, khususnya pada mesin diesel yang belum sepenuhnya dirancang atau dimodifikasi untuk menyesuaikan diri dengan karakteristik bahan bakar tersebut. Secara teknis, penurunan kinerja ini disebabkan oleh perbedaan sifat fisik dan kimia antara biodiesel dan solar murni, terutama karena biodiesel memiliki nilai kalor yang lebih rendah serta viskositas yang lebih tinggi menurut Marcellino dkk.[24], perbedaan karakteristik ini berdampak langsung terhadap proses atomisasi bahan bakar di dalam ruang bakar.

Secara umum, peningkatan proporsi biodiesel dalam campuran bahan bakar cenderung menyebabkan penurunan daya *output* mesin diesel. Hal ini dapat diartikan apabila semakin besar kandungan biodiesel, semakin menurun pula performa tenaga yang dihasilkan oleh mesin. Temuan ini sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh Saputro dkk.[26] & Suardi,dkk [27], yang menyatakan bahwa peningkatan kadar biodiesel dalam bahan bakar secara konsisten menurunkan daya hasil pembakaran. Penurunan ini dikaitkan dengan perubahan sifat bahan bakar akibat penambahan biodiesel.

Lebih lanjut, hasil pengujian yang dilaporkan oleh Nghia dkk.[28] juga menunjukkan bahwa daya mesin cenderung menurun secara konsisten seiring meningkatnya proporsi biodiesel dalam campuran bahan bakar. Penurunan kinerja ini sebagian besar disebabkan oleh nilai kalor biodiesel yang lebih rendah dari solar murni, energi yang dihasilkan per satuan bahan bakar menjadi lebih sedikit, sehingga energi panas yang dilepaskan selama proses pembakaran juga menjadi lebih rendah. Akibatnya, efisiensi pembakaran menurun dan jumlah energi yang dihasilkan dari setiap siklus pembakaran menjadi lebih rendah. Meskipun biodiesel memiliki keunggulan seperti angka setana (*cetane number*) yang lebih tinggi, penurunan energi total yang dikandungnya lebih dominan dalam memengaruhi output daya mesin.



Gambar 4. 3 Grafik SFC terhadap bahan bakar
Sumber : dokumen pribadi

Analisis terhadap grafik hubungan antara *Specific Fuel Consumption* (SFC) dan putaran mesin (rpm) ditunjukkan pada gambar 4.3. Bahan bakar Solar Murni memiliki kinerja paling efisien dibandingkan seluruh jenis campuran biodiesel yang diuji, Bahan bakar ini mencatat nilai SFC paling rendah, yaitu

sekitar 0,439 kg/Kwh diikuti bahan bakar Biosolar 0,455 kg/Kwh, B10 dan B20 yang masing-masing diperoleh sebesar 0,465 kg/Kwh & 0,466 kg/Kwh. Sebaliknya, efisiensi terendah ditunjukkan oleh campuran biodiesel dengan konsentrasi lebih tinggi, yakni B30 dan B40, dengan nilai SFC sebesar 0,576 kg/Kwh dan 0,723 kg/Kwh. Rendahnya nilai SFC pada solar murni menunjukkan bahwa bahan bakar ini memerlukan jumlah konsumsi paling kecil untuk menghasilkan satu satuan daya, sehingga lebih unggul baik secara termal maupun dari sisi ekonomi penggunaan bahan bakar

Sementara itu, campuran biodiesel dari B10 hingga B40 menunjukkan tren peningkatan nilai SFC seiring bertambahnya persentase kandungan biodiesel. Campuran B20 masih menunjukkan efisiensi yang cukup baik, dengan nilai SFC sekitar 0,466 kg/Kwh, hanya sedikit lebih tinggi dari solar murni. Namun, pada campuran B30 dan terutama B40, terjadi penurunan efisiensi yang signifikan. Campuran B40 menunjukkan nilai SFC tertinggi, yakni sekitar 0,28 kg/Kwh, yang berarti konsumsi bahan bakar meningkat sekitar 64% dibandingkan solar murni untuk menghasilkan daya yang sama.

Peningkatan nilai *Specific Fuel Consumption* (SFC) seiring bertambahnya kadar biodiesel dalam campuran bahan bakar memiliki hubungan erat dengan karakteristik kimia dan fisika dari biodiesel itu sendiri. Salah satu faktor utama yang memengaruhi adalah nilai kalor biodiesel yang umumnya lebih rendah dari solar murni. Rendahnya nilai kalor ini mengakibatkan energi yang dihasilkan per satuan massa bahan bakar akan lebih sedikit. Oleh sebab itu, untuk mencapai daya yang sama, mesin perlu membakar lebih banyak bahan bakar, yang pada akhirnya konsumsi bahan bakar spesifik (SFC) mengalami peningkatan secara keseluruhan.

Daripada itu, sifat fisik lain dari biodiesel turut memberikan kontribusi terhadap meningkatnya konsumsi bahan bakar. Seperti yang ditunjukkan dalam penelitian oleh Nghia dkk. [28], peningkatan titik nyala (*flash point*) pada campuran biodiesel menyebabkan proses atomisasi bahan bakar menjadi kurang optimal. Kondisi ini menyebabkan pencampuran antara udara dan bahan bakar di dalam ruang bakar menjadi tidak merata, sehingga proses pembakaran berlangsung kurang optimal. Pembakaran yang tidak sempurna tersebut menurunkan efisiensi termal dan meningkatkan konsumsi bahan bakar untuk menghasilkan daya keluaran yang setara.

Hasil pengujian eksperimental juga menunjukkan bahwa pada semua jenis bahan bakar, termasuk campuran biodiesel, nilai SFC meningkat secara proporsional dengan peningkatan kadar biodiesel. Fenomena ini sejalan dengan penelitian Wahyudi dkk.[29] dan Saputra dkk [26], yang menyatakan bahwa semakin besar kandungan biodiesel dalam campuran, maka konsumsi bahan bakar spesifik mengalami peningkatan yang signifikan. Hal ini disebabkan oleh kombinasi beberapa perubahan sifat fisik pada biodiesel, seperti meningkatnya densitas, viskositas, dan titik nyala, serta menurunnya nilai kalor dan sudut semprot. Kombinasi faktor-faktor ini secara keseluruhan menyebabkan efisiensi pembakaran menurun dan berdampak pada naiknya konsumsi bahan bakar.

- **Analisa hasil pengujian emisi**



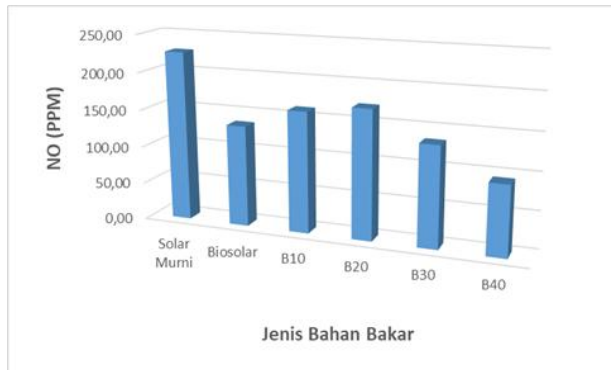
Gambar 4. 4 Grafik CO
Sumber : dokumen pribadi

Karbon monoksida (CO) adalah gas berbahaya yang dihasilkan dari proses pembakaran bahan bakar yang mengandung karbon secara tidak lengkap, dan sangat berbahaya bagi kesehatan manusia serta berdampak negatif terhadap lingkungan. Emisi CO yang tinggi umumnya menjadi indikator adanya proses pembakaran yang tidak efisien dalam mesin diesel, terutama ketika pencampuran udara dan bahan bakar tidak optimal. Oleh karena itu, upaya untuk menurunkan emisi CO sangat penting dalam rangka meningkatkan efisiensi energi sekaligus menekan dampak pencemaran udara. Dalam penelitian ini, pengujian terhadap berbagai campuran biodiesel dan solar menunjukkan bahwa peningkatan fraksi biodiesel dalam bahan bakar berbanding lurus dengan penurunan kadar emisi CO.

Secara rinci, solar murni mencatat emisi CO tertinggi sebesar 935 ppm, diikuti oleh B10 (840 ppm), B20 (712 ppm), Biosolar (661 ppm), B30 (658 ppm), dan B40 (401 ppm) sebagai campuran dengan emisi CO paling rendah yang ditunjukkan

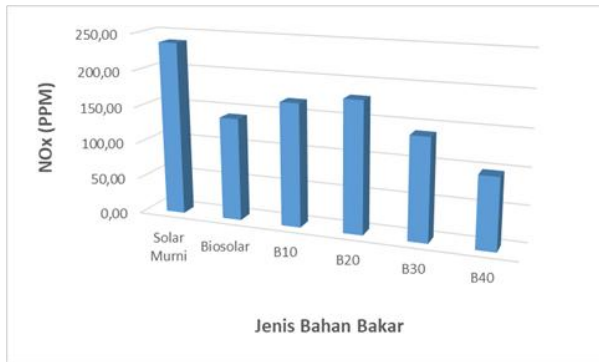
pada gambar 4.4. Pola penurunan ini menegaskan bahwa penggunaan biodiesel berdampak positif terhadap kualitas pembakaran di dalam ruang bakar mesin diesel. Salah satu penyebabnya adalah karakteristik viskositas dan penguapan biodiesel yang mempengaruhi cara bahan bakar teratomisasi, membentuk kabut halus yang dapat bercampur lebih merata dengan udara. Ketika pencampuran ini berlangsung lebih homogen, maka proses pembakaran menjadi lebih menyeluruh sehingga mengurangi pembentukan karbon monoksida. Berdasarkan Gambar 4.4 menunjukkan bahwa efisiensi penurunan tertinggi dari konsentrasi gas CO diperoleh pada penggunaan bahan bakar B40 yaitu sebesar 53,9 %.

Temuan ini sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh Kumar dkk[30] yang menyatakan bahwa penggunaan campuran biodiesel dapat secara efektif menurunkan emisi CO dari mesin diesel. Mereka menyimpulkan bahwa penurunan emisi tersebut terjadi karena kualitas pembakaran biodiesel yang lebih bersih, tanpa sepenuhnya mengaitkannya dengan kandungan oksigen dalam bahan bakar. Selain itu, Abed,dkk[31] dalam penelitian yang menggunakan berbagai campuran biodiesel B10 dan B20 (dari minyak jelantah, jatropha, algae, dan sawit), juga menemukan bahwa emisi CO pada seluruh jenis campuran tersebut lebih rendah dibandingkan diesel murni.



Gambar 4. 5 Grafik NO
Sumber : dokumen pribadi

Emisi gas nitrogen oksida (NO) menunjukkan pola penurunan yang signifikan seiring meningkatnya persentase campuran biodiesel dalam bahan bakar gambar 4.5. Solar murni sebagai bahan bakar konvensional menghasilkan emisi NO tertinggi sebesar 226 ppm, sedangkan campuran biodiesel menunjukkan penurunan berturut-turut pada B20 (171 ppm), B10 (161 ppm), Biosolar (135 ppm), B30 (134 ppm) hingga B40 yang paling rendah dengan (93 ppm). Tren ini menunjukkan bahwasanya ada kenaikan jumlah biodiesel dalam campuran bahan bakar dapat secara langsung berkontribusi terhadap perbaikan kualitas emisi gas buang, khususnya dalam konteks nitrogen oksida. Akibatnya, suhu puncak dalam ruang bakar cenderung lebih rendah, yang menghambat pembentukan NO melalui mekanisme termal yang sangat bergantung pada suhu tinggi Palash,dkk.,[32]. Secara keseluruhan, penggunaan biodiesel tetap terbukti memberikan kontribusi positif dalam menurunkan emisi NO, khususnya pada kondisi operasi menengah ke rendah, dan menjadi industri bahan bakar alternatif yang lebih ramah lingkungan (Palash,dkk[32]; Abed,dkk[31]).



Gambar 4. 6 Grafik No_x
Sumber : dokumen pribadi

Grafik emisi NO_x (gabungan antara NO dan NO₂) memperkuat temuan sebelumnya, di mana penggunaan biodiesel secara bertahap dapat menurunkan tingkat polutan yang dilepaskan ke udara. Solar murni menunjukkan emisi NO_x tertinggi yakni 237 ppm, diikuti oleh B20 (179 ppm), B10 (169 ppm), Biosolar (141 ppm), B30 (140 ppm), dan paling rendah yaitu B40 sebesar 97 ppm yang ditunjukkan pada gambar 4.6. Peningkatan kadar oksigen dalam bahan bakar memang dapat meningkatkan efisiensi pembakaran, namun juga berpotensi meningkatkan suhu puncak pembakaran jika tidak dikontrol. Namun, penggunaan biodiesel umumnya disertai dengan percepatan penyalaan (akibat cetane number tinggi) dan penyebaran panas yang lebih merata, sehingga efek peningkatan suhu dapat diminimalkan, yang berdampak pada penurunan emisi NO_x secara keseluruhan [33]. Berdasarkan hasil pengujian gas emisi NO dan NO_x, Efisiensi penurunan terbesar diperoleh masing-masing sebesar 58,85 % dan 59,07 % pada bahan bakar B40.

4.3 Pengujian bahan bakar di mesin penghancur batu kapur

Berdasarkan hasil pengujian terhadap berbagai campuran biodiesel pada mesin Yanmar 70 LY-DI, diperoleh bahwa campuran B20 menunjukkan kinerja paling mendekati dengan biosolar. Oleh karena itu, B20 dipilih sebagai batas campuran yang layak untuk dilakukan pengujian lebih lanjut di tingkat masyarakat, khususnya pada aplikasi mesin penghancur batu. Pengujian ini menggunakan bahan bakar B20, yaitu campuran yang terdiri dari 20% biodiesel hasil olahan minyak jelantah dan 80% solar murni. Tujuan utama pengujian ini adalah untuk mengevaluasi sejauh mana B20 dapat digunakan sebagai bahan bakar alternatif pada mesin diesel, terutama mesin penghancur batu, tanpa menimbulkan kendala teknis yang berarti.

Hasil pengujian menunjukkan bahwa mesin penghancur batu dapat dinyalakan dengan baik dan berfungsi sebagaimana mestinya. Mesin mampu dioperasikan secara lancar dan menunjukkan kinerja yang stabil selama proses pengujian. Namun, pada pengujian ini ditemukan bahwa penggunaan bahan bakar B20 menghasilkan sedikit lebih banyak asap putih dibandingkan dengan penggunaan biosolar. Fenomena ini konsisten dengan temuan Ishitani dkk.[34] yang menjelaskan bahwa asap putih merupakan hasil dari pembakaran yang tidak sempurna akibat rendahnya suhu ruang bakar dan keterlambatan pengapian (*ignition delay*). Kondisi ini umum terjadi pada bahan bakar dengan karakteristik penguapan rendah seperti biodiesel.

Temuan tersebut diperkuat oleh Khalid dkk.[35] yang menunjukkan bahwa biodiesel cenderung menyebabkan *ignition delay* yang lebih panjang dan memperlambat proses pembakaran awal, sehingga berpotensi meningkatkan

pembentukan asap putih pada fase awal pembakaran. Hal serupa juga disampaikan oleh Zarrinkolah dkk.[36], yang menemukan bahwa peningkatan fraksi biodiesel dapat memperpanjang *ignition delay* dan menurunkan kestabilan pembakaran akibat proses penguapan yang lambat dan atomisasi bahan bakar yang tidak sempurna.

Selain itu, Friso [37] menegaskan bahwa meskipun efisiensi termal mesin masih dapat dipertahankan saat menggunakan biodiesel, konsumsi bahan bakar cenderung meningkat. Hal ini disebabkan oleh nilai kalor biodiesel yang lebih rendah dibandingkan dengan solar, sehingga dibutuhkan volume bahan bakar yang lebih banyak untuk menghasilkan daya yang sama.

Berdasarkan temuan tersebut, dapat disimpulkan bahwa B20 memiliki potensi sebagai alternatif bahan bakar yang layak, tidak hanya dari sisi performa teknis, tetapi juga dari aspek keberlanjutan. Penggunaan B20 dapat berkontribusi dalam mengurangi ketergantungan terhadap bahan bakar fosil, sekaligus meningkatkan pemanfaatan limbah minyak jelantah secara lebih ramah lingkungan dan ekonomis. Dengan pengelolaan dan pengaturan yang tepat, B20 dapat menjadi solusi transisi energi yang aplikatif di sektor mesin diesel skala kecil seperti mesin penghancur batu.



Gambar 4. 7 Asap emisi mesin penghancur batu
Sumber : dokumentasi pribadi

4.4 Analisa Hasil Uji Karakteristik Biodiesel

Pengujian karakteristik fisik biodiesel dilakukan untuk mengetahui kesesuaian bahan bakar terhadap standar mutu yang berlaku. Parameter yang diuji meliputi flash point, viskositas, nilai kalor, dan angka asam. Hasil pengujian menunjukkan bahwa biodiesel memiliki flash point sebesar 164 °C. Nilai ini telah memenuhi persyaratan minimum yang ditetapkan dalam SNI 7182:2015 [38], yaitu sekurang-kurangnya 130 °C. Flash point yang tinggi menunjukkan bahwa biodiesel memiliki tingkat keamanan yang baik karena lebih stabil dan tidak mudah terbakar pada suhu ruang, jika dibandingkan dengan solar murni yang umumnya memiliki flash point sekitar 60–80 °C.

Pada pengujian viskositas, biodiesel menunjukkan nilai sebesar 5,06 cSt pada suhu 40 °C, yang juga masih berada dalam kisaran yang diperbolehkan menurut SNI, yaitu antara 2,3 hingga 6,0 cSt. Nilai ini menunjukkan bahwa sifat aliran dan kemampuan injeksi bahan bakar biodiesel berada dalam batas standar, sehingga masih sesuai untuk digunakan pada sistem bahan bakar mesin diesel tanpa menimbulkan gangguan pada proses atomisasi selama pembakaran.

Nilai kalor biodiesel yang diperoleh sebesar 9.578 kkal/kg (adb) menunjukkan bahwa energi panas yang dihasilkan saat pembakaran lebih rendah dibandingkan solar murni, yang umumnya berkisar antara 10.000 hingga 10.500 kkal/kg. Rendahnya nilai kalor ini mengindikasikan bahwa biodiesel memiliki kandungan energi yang lebih kecil, yang secara teknis dapat memengaruhi efisiensi pembakaran dan performa mesin, terutama jika digunakan dalam bentuk murni.

Sementara itu, angka asam biodiesel tercatat sebesar 0,12 mg-KOH/g, jauh di bawah batas maksimum yang diperbolehkan dalam SNI 7182:2015, yaitu 0,4 mg-KOH/g.

Angka asam yang rendah menandakan bahwa biodiesel memiliki kestabilan kimia yang baik dan kandungan asam lemak bebas yang sangat rendah, sehingga dapat meminimalkan potensi korosi pada komponen logam di dalam sistem bahan bakar.

Secara keseluruhan, hasil pengujian menunjukkan bahwa biodiesel yang diuji telah memenuhi seluruh parameter mutu fisik sesuai dengan SNI 7182:2015. Dengan demikian, biodiesel dapat dinyatakan layak digunakan sebagai bahan bakar alternatif yang aman, stabil, dan ramah lingkungan, terutama dalam bentuk campuran dengan solar untuk menjaga keseimbangan antara performa dan efisiensi pembakaran.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan produksi biodiesel dari minyak jelantah dan pengujian pada mesin diesel & mesin penghancur batu dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Hasil pengujian pada Kinerja mesin diesel Yanmar TF 70 LY-DI dengan menggunakan beberapa parameter yaitu diperoleh Nilai Torsi dan daya tertinggi pada 2000 rpm sebesar: 9,94 Nm ; 2,08 Kw dengan bahan bakar Solar Murni. Nilai SFC terendah diperoleh 0,439 kg/Kw.jam dari bahan bakar Solar Murni pada 1750 rpm, Kadar emisi CO terendah diperoleh pada bahan bakar B40 sebesar 401 ppm. Kadar nilai NO dan NO_x terendah diperoleh saat pengujian menggunakan bahan bakar Biosolar, yaitu masing-masing sebesar 93 ppm dan 97 ppm.
2. Berdasarkan hasil pengujian, B20 dari biodiesel berbahan dasar minyak jelantah direkomendasikan sebagai batas maksimum untuk mesin diesel konvensional, karena menjaga efisiensi dalam batas teknis yang dapat diterima serta mendukung transisi energi terbarukan tanpa penurunan performa yang signifikan.
3. Berdasarkan hasil pengujian penggunaan bahan bakar campuran biodiesel B20 pada mesin penghancur batu, diketahui bahwa mesin dapat dinyalakan dengan baik dan beroperasi secara normal. Selama proses pengujian sehingga dapat disimpulkan bahwa bahan bakar B20 mampu mendukung kinerja mesin secara efektif.

4. Biodiesel yang diuji telah memenuhi standar mutu fisik berdasarkan SNI 7182:2015, sehingga layak digunakan sebagai bahan bakar alternatif yang aman, stabil, dan ramah lingkungan, terutama dalam bentuk campuran dengan solar untuk menjaga performa dan efisiensi pembakaran.

5.2 Saran

1. Diperlukan penelitian lanjutan mengenai pencampuran dengan berbagai variasi formula atau komposisi yang berbeda.
2. Untuk penelitian mendatang, disarankan agar menggunakan campuran B20 tetapi dengan sumber bahan biodiesel yang lain dan optimasi parameter reaksi dalam pembuatan biodiesel.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] I. Hassouneh, T. Serra, B. K. Goodwin, and J. M. Gil, “Non-parametric and parametric modeling of biodiesel, sunflower oil, and crude oil price relationships,” *Energy Econ.*, vol. 34, no. 5, pp. 1507–1513, 2012, doi: 10.1016/j.eneco.2012.06.027.
- [2] Y. D. Bizualem and A. G. Nurie, “A review on recent biodiesel intensification process through cavitation and microwave reactors: Yield, energy, and economic analysis,” *Heliyon*, vol. 10, no. 2, p. e24643, 2024, doi: 10.1016/j.heliyon.2024.e24643.
- [3] D. A. Mahendra and M. A. S. Jawwad, “Edukasi tentang pemanfaatan limbah minyak jelanta kantin di sebuah perusahaan 1,2,” vol. 3, no. 1, pp. 30–33, 2023.
- [4] J. Monde, H. Fransiskus, M. Lutfi, and ..., “Pengaruh Suhu pada Proses Tranesterifikasi terhadap Kualitas Biodiesel dari Minyak Jelantah,” *J. Pendidik.*, vol. 6, pp. 7–9, 2022, [Online]. Available: <https://jptam.org/index.php/jptam/article/view/3113>
- [5] S. N. Kane, A. Mishra, and A. K. Dutta, “Preface: International Conference on Recent Trends in Physics (ICRTP 2016),” *J. Phys. Conf. Ser.*, vol. 755, no. 1, 2016, doi: 10.1088/1742-6596/755/1/011001.
- [6] I. Aziz, “Pembuatan Biodiesel Dari Minyak Goreng Bekas Dalam Reaktor Tangki Alir Berpengaduk,” *J. Kim. Val.*, vol. 1, no. 2, 2008, doi: 10.15408/jkv.v1i2.257.
- [7] R. Hartono, Y. Rama Denny, D. S. Ramdhani, L. D. Assaat, A. Wildha Priakbar, and W. H. Ribawa, “Pembuatan Biodiesel Dengan Reaktor Bersirkulasi Sederhana Menggunakan Katalis Koh,” *J. Teknol.*, vol. 15, no. 1, pp. 123–132, 2023, [Online]. Available: <https://dx.doi.org/10.24853/jurtek.15.1.123-132>
- [8] T. Priscilla, M. Irwan, and Z. Arifin, “Sintesis Biodiesel

- Dari Minyak Jelantah Dalam Reaktor Ultrasonik,” *J. Energi Baru dan Terbarukan*, vol. 5, no. 1, pp. 44–56, 2024, doi: 10.14710/jebt.2024.21938.
- [9] R. Adolph, “濟無No Title No Title No Title,” vol. 2, no. 2, pp. 1–23, 2016.
- [10] N. C. Agustin, R. Prasdiantika, and Y. Kusumawardani, “Biodiesel energi baru terbarukan,” *Africa’s potential Ecol. Intensif. Agric.*, vol. 53, no. 9, pp. 1689–1699, 2020.
- [11] N. Puspa Asri and D. A. Puspita Sari, “Pre-Treatment of Waste Frying Oils for Biodiesel Production,” *Mod. Appl. Sci.*, vol. 9, no. 7, p. 99, 2015, doi: 10.5539/mas.v9n7p99.
- [12] M. A. G. Nasim, O. Khan, M. Parvez, and B. K. Bhatt, “Optimizing ultrasonic reactor operating variables using intelligent soft computing models for increased biodiesel production,” *Green Technol. Sustain.*, vol. 1, no. 3, p. 100033, 2023, doi: 10.1016/j.grets.2023.100033.
- [13] E. Lotero, Y. Liu, D. E. Lopez, K. Suwannakarn, D. A. Bruce, and J. G. Goodwin, “Synthesis of Biodiesel via Acid Catalysis,” *Ind. Eng. Chem. Res.*, vol. 44, no. 14, pp. 5353–5363, Jul. 2005, doi: 10.1021/ie049157g.
- [14] N. K. Julianti, T. K. Wardani, and I. Gunardi, “CaO;MgO;γ-Al₂O₃ catalyst for biodiesel.pdf,” *J. Tek. POMITS*, vol. 3, no. 2, pp. 143–148, 2014.
- [15] F. L. Batu, U. J. Hutabarat, and M. T. P. Sibarani, “Perancangan Mesin Pemecah Batu Dolomit Kapasitas 500 Kg/Jam,” *Inovtek Polbeng*, vol. 8, no. 2, pp. 285–292, 2018.
- [16] T. Korman, G. Bedekovic, T. Kujundzic, and D. Kuhinek, “Impact of physical and mechanical properties of rocks on energy consumption of Jaw Crusher,” *Physicochem. Probl. Miner. Process.*, vol. 51, no. 2, pp. 461–475, 2015, doi: 10.5277/ppmp150208.

- [17] P. Saksono and M. Ferdnian, “Pengaruh Karakteristik Engine Dalam Penggunaan Bahan Bakar Biodiesel B-20 Terhadap Nilai Performansi,” *Al Jazari J. Ilm. Tek. Mesin*, vol. 5, no. 2, pp. 69–74, 2020, doi: 10.31602/al-jazari.v5i2.4034.
- [18] Magfirotunnisa, Gunawan, and P. Saksono, “Analysis comparison use diesel fuel with biodiesel b15 and b20 in the performance engine komatsu saa6d17e-1,” *Diterima*, pp. 7–11, 2018.
- [19] S. Buyung, “Analisis Perbandingan Daya Dan Torsi Pada Alat Pemotong Rumput Elektrik (APRE),” *J. Voering*, vol. 3, no. 1, pp. 1–4, 2018.
- [20] P. Yulianto and A. Muliawan, “137214-ID-pengaruh-variasi-putaran-mesin-terhadap,” vol. 05, no. 1, pp. 23–32, 2016.
- [21] I. N. Efendi, I. N. Mahbubah, and S. Kristanti, “Analisis Konsep IPA dalam Cara Kerja Kompor Listrik,” *J. Pendidik. Sultan Agung*, vol. 3, no. 2, p. 189, 2023, doi: 10.30659/jp-sa.3.2.189-196.
- [22] F. Ariani, E. Ginting, and T. B. Sitorus, “Karakteristik Kinerja Mesin Diesel Stasioner dengan Bahan Bakar Campuran Biodiesel dari Biji Kemiri Sunan,” *Media Tek. J. Teknol.*, vol. 12, no. 1, pp. 36–45, 2017, [Online]. Available: <https://e-journal.usd.ac.id/index.php/MediaTeknika/article/view/945>
- [23] “Volume 1, Number 2,” *J. Agromedicine*, vol. 9, no. 2, pp. 47–55, 2005, doi: 10.1300/j096v09n02_03.
- [24] R. Novel *et al.*, “Minyak Jarak bekas,” no. Xxx, pp. 1–9, 2011.
- [25] M. B. Khan *et al.*, “Performance and emission analysis of high purity biodiesel blends in diesel engine,” *Adv. Mech. Eng.*, vol. 12, no. 11, pp. 1–10, 2020, doi: 10.1177/1687814020974156.
- [26] W. Saputro, J. Sentanuhady, A. I. Majid, W. Prasadha,

- N. P. Gunawan, and T. Y. Raditya, “Karakteristik Unjuk Kerja Mesin Diesel Menggunakan Bahan Bakar B100 dan B20 Dalam Jangka Panjang,” *J. Mech. Des. Test.*, vol. 2, no. 2, p. 125, 2020, doi: 10.22146/jmdt.55523.
- [27] S. Suardi *et al.*, “Performance and Emission Characteristics of Diesel Engines Using Biodiesel from Waste Cooking Oil with Cetane Number Improver,” *Int. J. Mar. Eng. Innov. Res.*, vol. 9, no. 3, p. 528, 2024, doi: 10.12962/j25481479.v9i3.21551.
- [28] N. T. Nghia, N. X. Khoa, W. Cho, and O. Lim, “A Study the Effect of Biodiesel Blends and the Injection Timing on Performance and Emissions of Common Rail Diesel Engines,” *Energies*, vol. 15, no. 1, 2022, doi: 10.3390/en15010242.
- [29] W. Wahyudi, M. Nadjib, and A. Apriyanto, “Correlation between Physical Properties and Specific Fuel Consumption in Jatropha -Used Cooking Oil Biodiesel Mixtures,” *Semesta Tek.*, vol. 26, no. 2, pp. 148–158, 2023, doi: 10.18196/st.v26i2.20163.
- [30] K. Kumar and M. P. Sharma, “Performance and emission characteristics of a diesel engine fuelled with biodiesel blends,” *Int. J. Renew. Energy Res.*, vol. 6, no. 2, pp. 658–662, 2016, doi: 10.20508/ijrer.v6i2.3827.g6831.
- [31] K. A. Abed, M. S. Gad, A. K. El Morsi, M. M. Sayed, and S. A. Elyazeed, “Effect of biodiesel fuels on diesel engine emissions,” *Egypt. J. Pet.*, vol. 28, no. 2, pp. 183–188, 2019, doi: 10.1016/j.ejpe.2019.03.001.
- [32] S. M. Palash, M. A. Kalam, H. H. Masjuki, B. M. Masum, I. M. Rizwanul Fattah, and M. Mofijur, “Impacts of biodiesel combustion on NO_x emissions and their reduction approaches,” *Renew. Sustain. Energy Rev.*, vol. 23, no. x, pp. 473–490, 2013, doi: 10.1016/j.rser.2013.03.003.
- [33] M. S. Shehata, “Emissions, performance and cylinder

- pressure of diesel engine fuelled by biodiesel fuel,” *Fuel*, vol. 112, no. X, pp. 513–522, 2013, doi: 10.1016/j.fuel.2013.02.056.
- [34] 国光、古荘、梶谷, “NII-Electronic Library Service,” *Chem. Pharm. Bull.*, no. 43, p. 2091, 2002, [Online]. Available: <http://www.mendeley.com/research/geology-volcanic-history-eruptive-style-yakedake-volcano-group-central-japan/>
- [35] N. Jaat, A. Khalid, S. Fadzil, Z. Abidin, and N. M. Sunar, “Influences of Algae Biodiesel on Ignition Delay , Combustion Process and Heat Release of Diesel Combustion,” vol. 1, no. 1, pp. 1–8, 2022.
- [36] M. T. Zarrinkolah and V. Hosseini, “Detailed Analysis of the Effects of Biodiesel Fraction Increase on the Combustion Stability and Characteristics of a Reactivity- Controlled Compression Ignition Diesel-Biodiesel/Natural Gas Engine,” *Energies*, vol. 15, no. 3, pp. 1–17, 2022, doi: 10.3390/en15031094.
- [37] D. Friso, “Brake thermal efficiency and BSFC of diesel engines: Mathematical modeling and comparison between diesel oil and biodiesel fueling,” *Appl. Math. Sci.*, vol. 8, no. 129–132, pp. 6515–6528, 2014, doi: 10.12988/ams.2014.46444.
- [38] Kementrian ESDM, “Standar dan Mutu (Spesifikasi) Bahan Bakar Nabati (Biofuel) Jenis Biodiesel Sebagai Bahan Bakar Lain Yang Dipasarkan Di Dalam Negeri,” 2019.

Halaman Ini Sengaja Dikosongkan



Lampiran 1 Hasil pengujian emisi

[illegible]

Lampiran 2 Perhitungan komposisi

1. Degumming

$$\text{Volume minyak} = 800 \text{ ml}$$

$$\text{Katalis (H}_3\text{PO}_4\text{)} = 0,3\% \text{ dari volume minyak}$$

$$= 0,3\% \times 800 \text{ ml}$$

$$= 2,4 \text{ ml}$$

2. Esterifikasi 2

$$\text{Mr Trigliserida} = 885 \frac{\text{g}}{\text{mol}}$$

$$\text{Mr metanol} = 32 \frac{\text{g}}{\text{mol}}$$

$$\text{Massa minyak jelantah : massa metanol} = 1:6$$

- Minyak jelantah

$$n = \frac{m}{Mr}$$

$$m = n \times Mr$$

$$m = 1 \times 885 \frac{\text{g}}{\text{mol}}$$

$$m = 885 \text{ gram}$$

$$\text{Dipakai } 358,2 \text{ gram}$$

- Metanol

$$n = \frac{m}{Mr}$$

$$m = n \times Mr$$

$$m = 6 \times 32 \frac{\text{g}}{\text{mol}}$$

$$m = 192 \text{ gram}$$

$$\text{Dipakai } 78 \text{ gram}$$

- Katalis (H₂SO₄)

$$\text{Volume H}_2\text{SO}_4 = 2\% \text{ dari volume minyak jelantah}$$

$$\text{Volume katalis}$$

$$\text{V H}_2\text{SO}_4 = 2\% \text{ dari volume minyak jelantah}$$

$$= 2\% \times 400 \text{ ml} = 8 \text{ ml}$$

3. Transesterifikasi 2

Massa minyak jelantah : massa metanol = 1:9

- Minyak jelantah

$$n = \frac{m}{Mr}$$

$$m = n \times Mr$$

$$m = 1 \times 885 \frac{g}{mol}$$

$$m = 885 \text{ gram}$$

Massa minyak yang di pakai 368 g

- Metanol

$$n = \frac{m}{Mr}$$

$$m = n \times Mr$$

$$m = 9 \times 32 \frac{g}{mol}$$

$$m = 288 \text{ gram}$$

Massa metanol yang dipakai 120 g

- Katalis (NaOH)

$$\begin{aligned} (\text{NaOH}) &= 2\% \text{ dari massa minyak jelantah} \\ &= 0,5\% \times 368 \text{ gram} \\ &= 1,84 \text{ gram} \end{aligned}$$

Perhitungan daya

Diket : $V = 306 \text{ v}$

$$I = 6,8 \text{ a}$$

$$P = I \times V$$

$$= 306 \text{ V} \times 6,8 \text{ a}$$

$$P = 2.080,8 \text{ Watt}$$

$$1\text{HP} = 745,7 \text{ Watt}$$

$$P = 2.080,8 \text{ Watt} : 745,7 \text{ Watt}$$

$$= 2,79 \text{ HP}$$

Lampiran 3 Perhitungan Performa mesin diesel

Perhitungan torsi

Diket : $P = 2.080,8 \text{ Watt}$

: $n = 2000 \text{ rpm}$

$$T = \frac{P}{\omega}$$

$$= \frac{P}{2\pi n/60}$$

$$= \frac{60 \times P}{2\pi n}$$

$$= \frac{9,55 \times 2.080,8 \text{ Watt}}{2000 \text{ rpm}}$$

$$= 9,94 \text{ N.m}$$

Perhitungan Mb

Diket : volume bb = 10 ml / 0,01 l

: $t = 32 \text{ s}$

: $\rho_{bb} = 0,832 \text{ kg/l}$

$$T = \frac{\text{Volume bb}}{\left(\frac{t}{3600}\right)} \times \rho_{bb}$$

$$= \frac{0,01 \text{ l}}{0,0089 \text{ h}} \times 0,832 \text{ kg/l}$$

$$= 0,936 \text{ kg/h}$$

Perhitungan SFC

Diket : $M_b = 0,936 \text{ kg/h}$
: $P = 2.080,8 \text{ Watt} / 2,0808 \text{ Kw}$

$$\begin{aligned} SFC &= \frac{M_b}{P} \\ &= \frac{0,936 \text{ kg/h}}{2,0808 \text{ Kw}} \\ &= 0,45 \text{ Kg/Kwh} \end{aligned}$$

Dengan demikian, dapat dinyatakan bahwa kebutuhan bahan bakar mesin Yanmar adalah sebesar 0,45 kg untuk menghasilkan daya sebesar 1 kW selama 1 jam.

Halaman ini sengaja dikosongkan

BIODATA PENULIS



Muhammad Badrus Syafa' dilahirkan di Nganjuk, 26 Oktober 2003. Anak dari Bapak Abdul Munif dan Ibu Titik Wijayati. Penulis merupakan anak pertama dari dua bersaudara. Penulis mulai menuntut ilmu di MI Miftahul Huda (2010-2016), melanjutkan ke SMPI Ar-Rahman Kertosono pada tahun (2016-2019), dan melanjutkan SMAN 1 Kertosono, Nganjuk Jurusan Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam pada tahun (2019-2022). Pada tahun 2022 alhamdulillah penulis dapat melanjutkan menuntut ilmu di perguruan tinggi Politeknik Negeri Madura Program Studi Teknik Mesin Alat Berat selama 3 tahun (2022-2025).