

**ANALISIS PENGARUH PENAMBAHAN BIODIESEL MINYAK JAGUNG
TERHADAP PERFORMA MESIN DIESEL**

SKRIPSI

Oleh

**WAYAN DARMAYASA
(2215021005)**



**JURUSAN TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2026**

**ANALISIS PENGARUH PENAMBAHAN BIODIESEL MINYAK JAGUNG
TERHADAP PERFORMA MESIN DIESEL**

Oleh

WAYAN DARMAYASA

SKRIPSI

**Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Mencapai Gelar
SARJANA TEKNIK**

**Pada Jurusan Teknik Mesin
Fakultas Teknik Universitas Lampung**



**JURUSAN TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2026**

ABSTRAK

ANALISA PENGARUH PENAMBAHAN BIODIESEL MINYAK JAGUNG TERHADAP PERFORMA MESIN DIESEL

Oleh

WAYAN DARMAYASA

Biodiesel minyak jagung berpotensi digunakan sebagai bahan bakar alternatif mesin diesel karena karakteristiknya yang mendekati bahan bakar diesel konvensional. Penelitian ini bertujuan menganalisis pengaruh campuran biodiesel minyak jagung terhadap performa mesin diesel yang ditinjau dari daya engkol, torsi, dan konsumsi bahan bakar spesifik engkol (Brake Specific Fuel Consumption/bsfc). Pengujian dilakukan pada mesin diesel satu silinder menggunakan bahan bakar Pertamina Dex serta campuran biodiesel B20, B30, dan B40. Variasi pengujian meliputi bukaan katup 0,5; 1; dan 1,5 putaran serta putaran mesin 1100 rpm, 2000 rpm, dan 3000 rpm. Data hasil pengujian dianalisis secara kuantitatif. Hasil penelitian menunjukkan bahwa variasi campuran biodiesel berpengaruh terhadap performa mesin diesel. Campuran B30 memberikan performa paling optimal dengan keseimbangan terbaik antara daya, torsi, dan efisiensi bahan bakar, menghasilkan daya engkol maksimum sebesar 2,932 kW (2,16% lebih tinggi dibandingkan Pertamina Dex) pada 3000 rpm, serta nilai BSFC terendah sebesar 0,15 kg/kWh (25% lebih rendah dibandingkan Pertamina Dex) pada 2000 rpm. Oleh karena itu, campuran biodiesel minyak jagung B30 direkomendasikan sebagai campuran terbaik pada kondisi pengujian ini.

Kata kunci: Biodiesel, minyak jagung, Performa mesin, Putaran mesin

ABSTRACT**ANALYSIS OF THE EFFECT OF ADDING CORN OIL BIODIESEL ON
DIESEL ENGINE PERFORMANCE****By****WAYAN DARMAYASA**

Corn oil biodiesel has the potential to be used as an alternative fuel for diesel engines due to its properties that are comparable to those of conventional diesel fuel. This study aims to analyze the effect of corn oil biodiesel blends on diesel engine performance in terms of power, torque, and brake specific fuel consumption (bsfc). The experiments were conducted on a single-cylinder diesel engine using Pertamina Dex as the reference fuel and corn oil biodiesel blends of B20, B30, and B40. The test conditions included valve openings of 0.5, 1, and 1.5 turns and engine speeds of 1100 rpm, 2000 rpm, and 3000 rpm. The experimental data were analyzed quantitatively. The results indicate that variations in biodiesel blend composition significantly affect diesel engine performance. The B30 blend provided the most optimal performance, achieving the best balance between brake power, torque, and fuel efficiency. The maximum power obtained with B30 was 2.932 kW, which is 2.16% higher than that of Pertamina Dex at 3000 rpm. In addition, the lowest bsfc value of 0.15 kg/kWh was recorded at 2000 rpm, representing a 25% reduction compared to Pertamina Dex. Therefore, the B30 corn oil biodiesel blend is recommended as the optimum blend under the tested operating conditions.

Keywords: Biodiesel, Corn oil, Engine performance, Engine speed

Judul Skripsi : **Analisis Pengaruh Penambahan Biodiesel
Minyak Jagung Terhadap Performa Mesin
Diesel**

Nama Mahasiswa : **Wayan Darmayasa**

No. Pokok Mahasiswa : **2215021005**

Jurusan : **Teknik Mesin**

Fakultas : **Teknik**

Komisi Pembimbing

Pembimbing 1

Pembimbing 2

Ir. Herry Wardono, M.Sc., IPM., ASEAN Eng.

Sabiqunassabiqun, S.T., M.T.

NIP. 196608221995121001

NIP. 199210262024061001

Mengetahui

Ketua Jurusan
Teknik Mesin

Ketua Program Studi
S1 Teknik Mesin

Ahmad Su'udi, S.T., M.T.

Dr. Ir. Martinus, S.T., M.Sc.

NIP. 197408162000121001

NIP. 197908212003121003

MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

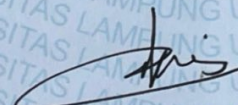
Ketua Penguji

: Ir. Herry Wardono, M.Sc., IPM., ASEAN Eng.



Anggota Penguji

: Sabiqunassabiqun, S.T., M.T.

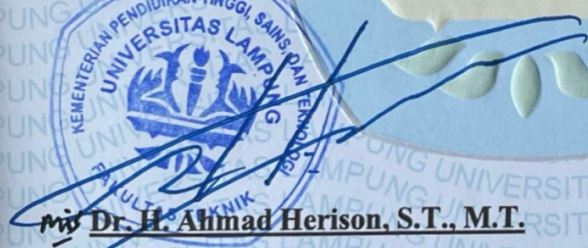


Penguji Utama

: M. Dyan Susila ES, S.T., M.Eng



2. Dekan Fakultas Teknik


Dr. H. Ahmad Herison, S.T., M.T.

NIP. 196910302000031001

Tanggal Lulus Ujian Skripsi: 30 Januari 2026

LEMBAR PERNYATAAN

Skripsi dengan judul **“Analisis Pengaruh Penambahan Biodiesel Minyak Jagung Terhadap Performa Mesin Diesel”** ini dibuat sendiri oleh penulis dan bukan hasil plagiat sebagaimana diatur dalam pasal 36 Peraturan Akademik Universitas Lampung dengan Peraturan Rektor no. 13 tahun 2019.

Bandar Lampung, 13 Februari 2026

Yang Menyatakan,



Wayan Darmayasa

NPM.2215021005

RIWAYAT HIDUP



Penulis dilahirkan di Ogan Komering Ilir, (Sumatera Selatan) pada tanggal 14 Januari 2004 merupakan putra pertama dari Bapak Wayan Sumerto dengan Ibu Ketut Ernawati. Penulis beralamat di Desa Rantau Durian 2, Kecamatan Lempuing Jaya, Kabupaten Ogan Komering Ilir, Provinsi Sumatera Selatan. Penulis mengawali pendidikan di TK Satu Atap Rantau Durian 2 (2009), SD Negeri 1 Rantau Durian 2 (2010-2016), SMP Negeri 4 Lempuing Jaya (2016-2019), SMK Negeri 1 Lempuing Jaya (2019-2022), Universitas Lampung (2022-sekarang). Pada tahun 2022, penulis terdaftar sebagai mahasiswa Teknik Mesin Universitas Lampung melalui jalur undangan SNMPTN.

Selama menjadi mahasiswa, penulis mengikuti organisasi Himpunan Mahasiswa Teknik Mesin sebagai anggota bidang Dana dan Usaha periode 2023/2024. Selain itu penulis juga pernah mengikuti organisasi UKM Hindu Universitas Lampung sebagai Wakil Ketua Umum periode 2024/2025. Penulis melaksanakan program Kuliah Kerja Nyata (KKN) di Desa Banjarmasin, Kecamatan Penengahan, Kabupaten Lampung Selatan, Provinsi Lampung pada awal Januari – Februari 2025. Penulis melaksanakan Kerja Praktik di PT. PLN Nusantara Power Unit Pembangkitan Tarahan, Lampung Selatan pada 01 Juli – 30 Juli 2025, dengan topik **“Analisis Pengaruh Kinerja Drive Pulley Conveyor Di Line B-13/14 BC Terhadap Efisiensi Dan Keandalan Sistem Pengangkutan Batu Bara Di PLTU Tarahan”**. Penulis melakukan penelitian di bidang Konversi Energi dengan judul **“Analisis Pengaruh Penambahan Biodiesel Minyak Jagung Terhadap Performa Mesin Diesel”**. Dibawah bimbingan Bapak Ir. Herry Wardono., S.T., M.Sc., IPM., ASEAN Eng. dan Bapak Sabiqunassabiqun, S.T., M.T. serta Bapak M. Dyan Susila ES, S.T., M.Eng sebagai pembahas.

MOTTO

“Hidup bukan saling mendahului, bermimpilah sendiri-sendiri” (seperti lirik "Evaluasi") atau ajakan untuk menerima diri seperti dalam "Secukupnya" yang berarti cukup melakukan yang terbaik sesuai kapasitas”

~Hindia-Baskara Putra~

“3 Hal yang dapat menghancurkan manusia adalah Ego yang terlalu tinggi, Ambisi yang lebih besar dari dirinya dan hancur karena Mimpinya”

~dr. Tirta~

PERSEMBAHAN

Dengan memanjatkan puji syukur ke hadapan Ida Sang Hyang Widhi Wasa, Tuhan Yang Maha Esa, atas asung kerta wara nugraha Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini dengan baik. Karya ini disusun dengan penuh rasa syukur, ketulusan, dan kerendahan hati sebagai bentuk persembahan kepada pihak-pihak yang telah memberikan dukungan, doa, dan kasih sayang yang tak ternilai.

Dengan segala cinta dan hormat, skripsi ini penulis persembahkan kepada: Bapak

(Wayan Sumerto) dan Ibu (Ketut Ernawati)

Terima kasih atas segala kasih sayang, doa, pengorbanan, serta dukungan yang tiada henti. Kalian telah mendidik, membimbing, dan membesarkan penulis dengan penuh kesabaran dan ketulusan. Setiap langkah yang penulis tempuh tidak pernah lepas dari doa dan harapan kalian. Semoga penulis dapat membalas semua pengorbanan tersebut dan senantiasa menjadi kebanggaan keluarga.

Para Pendidik (Dosen dan Guru)

Yang telah memberikan ilmu pengetahuan, bimbingan, arahan, serta pengalaman berharga selama penulis menempuh pendidikan. Terima kasih atas kesabaran, dedikasi, dan jasa yang sangat berarti dalam membentuk pola pikir, sikap, dan kepribadian penulis.

Almamater Universitas Lampung Tercinta

Sebagai tempat penulis menimba ilmu, mengembangkan potensi diri, serta memperoleh pengalaman akademik dan nonakademik yang berharga.

SANWACANA

Puji Syukur saya ucapkan ke hadirat Tuhan yang maha esa yang telah melimpahkan segala nikmat dan karunia-Nya sehingga saya dapat menyelesaikan skripsi yang ber-judul “Analisis Pengaruh Penambahan Biodiesel Minyak Jagung Terhadap Performa Mesin Diesel” dapat diselesaikan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik di Universitas Lampung.

Penulis sejatinya menyadari akan kekurangan atau keterbatasan, pengetahuan, pengalaman dan kemampuan yang Penulis miliki. Namun terlepas dari itu, Penulis memiliki harapan agar tulisan ini dapat bermanfaat bagi berbagai macam pihak dan dapat memberi sumbangan pemikiran bagi bidang akademis dan bidang lainnya, melalui kesempatan ini pula Penulis ingin menyampaikan banyak terima kasih atas kritikan, saran, bimbingan, serta petunjuk-petunjuk dari semua pihak yang sangat penulis harapkan guna kelengkapan dan penyempurnaan skripsi ini.

Penulis tidak akan berhasil dengan baik tanpa ada bantuan dan dukungan dari berbagai pihak yang telah membantu baik secara langsung maupun tidak langsung. Oleh karena itu pada kesempatan ini Penulis ingin menyampaikan rasa terima kasih dan penghargaan setinggi-tingginya kepada :

1. Bapak Dr. H. Ahmad Herison, S.T., M.T. selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Lampung.
2. Bapak Misfa Susanto, S.T., M.Sc., Ph.D. selaku Wakil Dekan Bidang Akademik dan Kerjasama Fakultas Teknik Universitas Lampung.
3. Bapak Donny Lesmana, S.T., M.Sc. selaku Wakil Dekan Bidang Umum dan Keuangan Fakultas Teknik Universitas Lampung.
4. Bapak Prof. Masdar Helmi, S.T., D.E.A., Ph.D. selaku Wakil Dekan Bidang Kemahasiswaan dan Alumni Fakultas Teknik Universitas Lampung.
5. Bapak Ahmad Suudi, S.T., M.T. selaku Ketua Jurusan Teknik Mesin

Universitas Lampung.

6. Bapak Dr. Ir. Martinus, S.T., M.Sc. selaku Ketua Program Studi S1 Teknik Mesin Universitas Lampung.
7. Bapak Ir. Herry Wardono., S.T., M.Sc., IPM., ASEAN Eng. selaku dosen pembimbing utama atas kesediaannya dalam membimbing serta memberikan masukan dan arahan dalam penyelesaian Tugas Akhir ini. Terimakasih sudah menjadi orang tua kedua selama perkuliahan, bagi penulis nasehat dan arahan yang telah diberikan akan sangat bermanfaat dan akan selalu diingat sampai kapan pun.
8. Bapak Sabiqunassabiqun, S.T., M.T. selaku dosen pembimbing pendamping Tugas Akhir atas kesediaan dan keikhlasannya untuk berbagi ilmu, membimbing, memberi kritik serta menjadi teman diskusi selama melaksanakan Tugas Akhir sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir dengan sebaik-baiknya.
9. Bapak M. Dyan Susila ES, S.T., M.Eng. selaku dosen pembahas dalam Tugas Akhir ini telah memberi kritik dan masukan yang bermanfaat bagi penulis.
10. Bapak Prof. Ir. Irza Sukmana, S.T., M.T. Ph.D., IPU. selaku pembimbing akademik sekaligus menjadi orang tua penulis di Unila dari awal perkuliahan sampai selesai. Terimakasih banyak atas masukan dan arahan yang telah diberikan sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir sesuai dengan road map yang selalu didiskusikan ketika konsultasi perkuliahan.
11. Kedua orang tua tersayang Bapak dan Ibu (Wayan Sumerto & Ketut Ernawati), orang tua terhebat, teman diskusi , peta bagi anak anaknya, bahkan semua karakter bisa diperankan ketika penulis sedang kehilangan arah dan menangis di hadapanya. Terimakasih Bapak dan Ibu yang selalu memberikan nasehat, motivasi dan doa yang begitu tulus serta selalu mendukung penulis dari kecil hingga akhirnya bisa menempuh studi di perguruan tinggi.
12. Para staf admin (mas Agung, mas Salam dan mas Sujarni) Jurusan Teknik Mesin Universitas Lampung yang selalu bersedia membantu penyelesain segala berkas yang diperlukan.
13. Teknisi Laboratorium Mas Agus Sriono, S.T. yang telah membantu penulis pada saat penelitian di Laboratorium Motor Bakar dan Propulsi.

14. Mahasiswa Laboratorium Motor Bakar, Tegar, Brilliant, Aang, Vasco, Rezi, Vikky, Raihan, Rafiansyah, Abel, sudah menjadi teman dan mentor selama penyelesaian tugas akhir. Penulis sangat berterimakasih atas kesediaannya dalam memberi kritik dan saran serta bantuan dari awal penyusunan hingga selesainya Tugas Akhir.
15. Presti yang terdiri dari Krisna, Wendi, dan Irany selaku sahabat bahkan saudara, bagi penulis kehadiran mereka selalu membuat tenang dan senang sehingga ketika penulis sedang patah semangat mereka berhasil membuatnya berdiri lagi, mereka berhasil membuat penulis yakin terhadap dirinya sendiri. Terimakasih selalu ada untuk penulis sampai penulis menyelesaikan Tugas Akhir ini.
16. Mahasiswa KKN Desa Banjarmasin yang terdiri dari Dimas, Assabilla, Ghina, Khansya, Laila dan Laura, teman-teman yang selalu asik dan seru dengan versinya masing-masing. Penulis akan selalu ingat kenangan indah bersama mereka selama kkn maupun selama perkuliahan.
17. HAR Team, Tegar dan Hilmy kedua teman partner kerja praktik PLTU Tarahan yang selalu menjadi teman yang baik bagi penulis, masukan dan dukungan yang telah diberikan kepada penulis selama perkuliahan.
18. Wakomti Mahasiswa Hindu Unila Angkatan 2022 yaitu Kadek Novita Saridewi yang telah menjadi teman bahkan saudara bagi penulis, semua lika-liku kehidupan kampus yang sudah dilewati bersama akan sangat berarti bagi proses penulis selama menempuh pendidikan dan semangat yang selalu diberikan selama mengerjakan Tugas Akhir hingga selesai.
19. Seseorang yang tidak bisa disebutkan namanya, terimakasih sudah menjadi salah satu alasan penulis tetap bertahan sejauh ini dan selalu bersemangat dalam proses menggapai cita-cita.
20. Teman-teman seperjuangan Teknik Mesin Universitas Lampung Angkatan 2022 yang telah memberi rumah yang seru dan perjalanan yang penuh arti bagi penulis.
21. Keluarga besar UKM Hindu Universitas Lampung yang telah siap sedia menjadi teman, sahabat serta keluarga penulis sejak maba, yang selalu siap menghibur dan membantu penulis dalam proses perkuliahan sampai penyelesain Tugas Akhir ini.

Penulis sangat bersyukur karena telah diberikan orang-orang yang membantu dalam menyelesaikan skripsi ini dan berdoa semoga Tuhan yang maha esa membalas kebbaikannya serta selalu diberkati dan dilindungi oleh- Nya. Penulis juga menyadari masih banyak kekurangan dalam penulisan skripsi ini, dan sangat mengharapkan kritik dan saran yang membangun dari pembaca. Akhir kata, semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi semua pihak yang membacanya.

Bandar Lampung, 13 Februari 2026

Penulis,

Wayan Darmayasa
NPM. 2215021005

DAFTAR ISI

ABSTRAK.....	iii
ABSTRACT.....	iv
MENGESAHKAN.....	vi
LEMBAR PERNYATAAN.....	vii
RIWAYAT HIDUP	viii
MOTTO.....	ix
PERSEMBAHAN	x
SANWACANA.....	xi
DAFTAR ISI.....	xv
DAFTAR GAMBAR.....	xvii
DAFTAR TABEL.....	xix
DAFTAR NOTASI.....	xx
I. PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Penelitian.....	3
1.4 Manfaat Penelitian.....	4
1.5 Batasan Masalah.....	4
II. TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Penelitian Terdahulu	5
2.2 Biodiesel.....	7
2.3 Standar Mutu Biodiesel.....	8
2.4 Minyak Jagung	12
2.4.1 Karakteristik Kimia dan Fisik Minyak Jagung.....	13
2.4.2 Potensi dan Ketersediaan Minyak Jagung di Indonesia	14
2.4.3 Proses Produksi Biodiesel dari Minyak Jagung.....	15
2.4.4 Kualitas Biodiesel dari Minyak Jagung.....	16

2.5 Motor Bakar Pembakaran Dalam	16
2.6 Mesin Diesel.....	17
2.6.1 Mesin Diesel Dua Langkah (Two Stroke Diesel Engine)	18
2.6.1 Mesin Diesel Empat Langkah (Four Stroke Diesel Engine)	19
2.7 Parameter Prestasi Mesin Diesel.....	20
2.7.1 Torsi	20
2.7.2 Brake Specific Fuel Consumption (bsfc)	21
2.7.3 Efisiensi Total Mesin.....	22
III. METODE PENELITIAN	23
3.1 Waktu dan Tempat Penelitian	23
3.2 Alat dan Bahan	23
3.3 Tahap Pembuatan Biodiesel Minyak Jagung	27
3.4 Tahap Pengujian Performa Pada Mesin Diesel	30
3.5 Diagram Alir Pengujian.....	32
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN	34
4.1 Data Hasil Penelitian	34
4.1.1 Data Hasil Uji Kandungan Biodiesel Minyak Jagung.....	34
4.1.2 Data Hasil Uji Performa Mesin Diesel	35
4.2 Analisis Performa Mesin	38
4.2.1 Perbandingan penggunaan bahan bakar pertadex dan campuran biodiesel terhadap daya engkol pada beban bukaan katup	39
4.2.2 Perbandingan penggunaan bahan bakar pertadex dan campuran biodiesel terhadap torsi pada beban bukaan katup.....	47
4.2.3 Perbandingan Penggunaan Bahan Bakar Pertadex dan Campuran Biodiesel terhadap Pemakaian Bahan Bakar Spesifik pada Beban Bukaan Katup	56
4.3 Pembahasan Hasil Analisis	64
V. SIMPULAN DAN SARAN	68
5.1 Simpulan	68
5.2 Saran.....	69
DAFTAR PUSTAKA	70
LAMPIRAN.....	73

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
2.1 Biodiesel Minyak Jagung	13
2.2 Dagram P-V	17
2.3 Siklus Kerja Motor Diesel 2 Langkah	18
2.4 Siklus Kerja Motor Diesel 4 Langkah	19
3.1 Mesin Diesel	24
3.2 Unit Instrumen VDAS	25
3.3 <i>Software Tecquipment</i> VDAS	26
3.4 Pertamina Dex	26
3.5 Biodiesel Minyak Jagung	27
3.6 Tahap Reaksi Transesterifikasi	28
3.7 Tahap Pemisahan Produk	29
3.8 Tahap Pemurnian Biodiesel	29
3.9 Proses Pengeringan dengan Pemanasan Ringan	30
3.10 Diagram alir penelitian	32
4.1 Perbandingan Daya Engkol terhadap Putaran Mesin pada Bukaannya Katup 0,5 Putaran	40
4.2 Perbandingan Daya Engkol terhadap Putaran Mesin pada Bukaannya Katup 1 Putaran	43
4.3 Perbandingan Daya Engkol terhadap Putaran Mesin pada Bukaannya Katup 1,5 Putaran	45
4.4 Perbandingan Torsi terhadap Putaran Mesin pada Bukaannya Katup 0,5 Putaran	48
4.5 Perbandingan Torsi terhadap Putaran Mesin pada Bukaannya Katup 1 Putaran	51

4.6 Perbandingan Torsi terhadap Putaran Mesin pada Buka-an Katup 1,5 Putaran	53
4.7 Perbandingan Konsumsi Bahan Bakar Spesifik terhadap Putaran Mesin pada Buka-an Katup 0,5 Putaran.....	57
4.8 Perbandingan Konsumsi Bahan Bakar Spesifik terhadap Putaran Mesin pada Buka-an Katup 1 Putaran.....	60
4.9 Perbandingan Konsumsi Bahan Bakar Spesifik terhadap Putaran Mesin pada Buka-an Katup 1,5 Putaran.....	62

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
2.1 Persyaratan standar biodiesel menurut ASTM D6751-09.....	9
2.2 Syarat mutu biodiesel	11
3.1 Spesifikasi Mesin Diesel	24
3.2 Rasio dan komposisi umum (per 100 mL minyak jagung).....	28
4.1 Data Hasil Uji Kandungan Biodiesel Minyak Jagung.....	35
4.2 Data hasil pengujian pada putaran mesin 1100 rpm.....	36
4.3 Data hasil pengujian pada putaran mesin 2000 rpm.....	37
4.4 Data hasil pengujian pada putaran mesin 2000 rpm.....	37

DAFTAR NOTASI

<u>Simbol</u>	<u>Besaran</u>	<u>Satuan</u>	<u>Keterangan</u>
bP	Daya engkol	W	Watt
P_{in}	Daya masukan dari bahan bakar	W	Watt
n	Putaran Mesin	Rpm	Revolusi Per menit
T_{ap}	Torsi	Nm	Newton meter
bsfc	Konsumsi Bahan Bakar Spesifik	kg/kWh	Kilogram Per kilowatt-jam
mf	Laju Aliran Bahan Bakar	kg/jam	Kilogram Per Jam
V_f	Volume Bahan Bakar	L	Liter
T_f	Waktu Untuk Konsumsi Bahan Bakar Sebanyak v_f	s	Detik
η_t	Efisiensi Termal	%	Persen
W	Usaha Yang Dilakukan Mesin	kJ	KiloJoule
η_{bth}	Efisiensi termal total mesin	%	Persen
Q	Energi Bahan Bakar Dalam Waktu Tertentu	kJ	KiloJoule
CV	Nilai Kalor Bahan Bakar	kJ/kg	Kilojoule Per Kilogram

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Krisis energi fosil yang terjadi secara global menjadi isu strategis yang terus diperbincangkan dalam dekade terakhir. Ketergantungan dunia terhadap bahan bakar minyak bumi telah menyebabkan tingginya emisi gas rumah kaca dan pencemaran udara akibat pembakaran bahan bakar fosil di sektor transportasi dan industri (Hambali dkk., 2021). Menurut Wahyudi dkk. (2023), peningkatan konsumsi energi dari sumber tak terbarukan turut mempercepat laju perubahan iklim serta menimbulkan dampak lingkungan seperti polusi udara, hujan asam, dan degradasi kualitas udara perkotaan. Oleh sebab itu, berbagai negara berupaya melakukan transisi menuju energi bersih melalui pengembangan bahan bakar alternatif berbasis sumber daya terbarukan.

Di Indonesia, kondisi ketergantungan terhadap bahan bakar fosil masih tinggi. Sektor transportasi masih mendominasi konsumsi energi nasional yang sebagian besar bersumber dari minyak bumi impor (Wibowo dkk., 2022). Pemerintah telah mencanangkan berbagai program strategis seperti implementasi biodiesel B30, peningkatan kontribusi Energi Baru Terbarukan (EBT), serta target *Net Zero Emission* pada tahun 2060. Namun, realisasi program tersebut masih menghadapi berbagai tantangan, terutama dalam penyediaan bahan baku biodiesel yang berkelanjutan. Wibowo dkk. (2022) menekankan bahwa diversifikasi bahan baku lokal menjadi langkah penting untuk mengurangi ketergantungan terhadap minyak sawit sebagai bahan utama biodiesel di Indonesia.

Salah satu bahan baku potensial yang dapat dikembangkan adalah minyak jagung. Minyak ini mengandung trigliserida dengan asam lemak tak jenuh tinggi seperti asam linoleat dan oleat yang sangat mendukung reaksi transesterifikasi (Hambali dkk., 2021). Selain itu, jagung merupakan komoditas pertanian yang ketersediaannya cukup besar di Indonesia dan tersebar di berbagai daerah sentra pertanian, menjadikannya bahan baku alternatif yang menjanjikan untuk biodiesel (Badan Pusat Statistik, 2023). Penelitian lain oleh Kuncoro dkk. (2024) menunjukkan bahwa campuran biodiesel *multi-feedstock* (jarak pagar–jagung–sawit) mampu menghasilkan efisiensi termal yang lebih baik pada mesin diesel dibandingkan solar murni, menegaskan potensi bahan baku tersebut.. Keunggulan lain minyak jagung adalah titik nyala yang relatif tinggi dan kadar sulfur yang sangat rendah, sehingga emisi pembakarannya lebih ramah lingkungan (Wahyudi dkk., 2023).

Meskipun memiliki banyak potensi, pemanfaatan minyak jagung sebagai bahan bakar biodiesel masih menghadapi beberapa kendala. Hambali dkk. (2021) menjelaskan bahwa kandungan FFA (*Free Fatty Acid*) yang cukup tinggi dapat menurunkan efisiensi konversi dalam proses transesterifikasi, terutama jika tidak melalui tahap esterifikasi awal. Selain itu, penggunaan minyak jagung bekas atau limbah penggorengan juga memerlukan proses deasidifikasi (pengurangan keasaman dari bahan tersebut) dan pemurnian tambahan agar memenuhi standar kualitas biodiesel (Adu, 2020). Tantangan tersebut menjadi faktor penting yang perlu diteliti untuk mengoptimalkan kualitas dan yield biodiesel dari minyak jagung.

Sejumlah penelitian terdahulu telah membahas pembuatan biodiesel dari berbagai bahan baku seperti minyak jelantah, minyak jarak pagar, dan minyak sawit (Adu, 2020; Wibowo dkk., 2022). Namun, riset yang secara khusus menyoroti pemanfaatan minyak jagung murni maupun campurannya masih relatif terbatas di Indonesia. Hambali dkk. (2021) dan Wahyudi dkk. (2023) menunjukkan bahwa variasi perbandingan bahan baku serta kondisi reaksi memiliki pengaruh signifikan terhadap karakteristik fisik seperti densitas dan

viskositas biodiesel, tetapi belum memberikan analisis mendalam terhadap yield dan kualitas akhir produk berdasarkan parameter proses yang bervariasi. Oleh karena itu, kesenjangan penelitian yang ingin diisi oleh studi ini adalah belum adanya analisis terperinci dan menyeluruh tentang dampak biodiesel minyak jagung dengan komposisi B20, B30, dan B40 terhadap kinerja mesin diesel secara simultan. Penelitian ini merupakan kelanjutan dan pengembangan dari studi-studi sebelumnya, termasuk skripsi oleh Frizilla Safana (2024), yang telah menguji B5, B10, dan B15. Dengan memperluas rentang komposisi yang diuji, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis secara mendalam pengaruh penambahan biodiesel minyak jagung pada konsentrasi yang lebih tinggi. Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan data empiris yang lebih lengkap dan spesifik, menjadi dasar yang kuat untuk pengembangan kebijakan energi, serta mendukung implementasi bahan bakar alternatif yang lebih berkelanjutan dan ramah lingkungan di masa depan.

1.2 Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana pengaruh penambahan biodiesel minyak jagung pada variasi komposisi B20, B30, dan B40 terhadap performa mesin diesel (meliputi daya, torsi, dan konsumsi bahan bakar spesifik engkol)?
2. Bagaimana karakteristik spesifikasi bahan bakar biodiesel minyak jagung berdasarkan parameter fisik dan kimia bahan bakar?

1.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Mengetahui pengaruh penambahan biodiesel minyak jagung terhadap performa mesin diesel, yang meliputi daya, torsi, dan konsumsi bahan bakar spesifik engkol.
2. Mengetahui karakteristik spesifikasi biodiesel minyak jagung berdasarkan parameter fisik dan kimia bahan bakar.

1.4 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat yang dapat diberikan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagi akademisi yaitu untuk melengkapi data empiris mengenai performa biodiesel minyak jagung pada konsentrasi tinggi (B20, B30, B40), menjadi referensi penting dalam pengembangan ilmu teknologi energi terbarukan.
2. Bagi praktisi atau Industri yaitu untuk memberikan rekomendasi teknis mengenai komposisi optimal biodiesel minyak jagung dan mendukung upaya diversifikasi bahan baku lokal, mengurangi ketergantungan pada minyak sawit.
3. Kebijakan atau lingkungan yaitu memberikan landasan data yang kuat bagi pemerintah dalam merumuskan kebijakan energi bersih dan mempercepat transisi energi di sektor transportasi.

1.5 Batasan Masalah

Agar penelitian ini tetap fokus dan dapat dilaksanakan secara efektif, batasan masalah yang ditetapkan adalah sebagai berikut:

1. Pengujian performa dilakukan pada mesin diesel 4 langkah 1 silinder merek HATZ TD202).
2. Bahan bakar yang diuji meliputi Pertamina Dex sebagai pembanding, serta campuran biodiesel minyak jagung dengan komposisi B20, B30, dan B40.
3. Parameter kinerja yang dianalisis terbatas pada daya engkol (kW), torsi (N.m), dan konsumsi bahan bakar spesifik engkol (bsfc) (kg/kWh).
4. Pengujian dilakukan pada putaran mesin (RPM) yaitu 1100 rpm, 2000 rpm, 3000 rpm dengan variasi bukaan katup beban dinamometer 0,5, 1, dan 1,5 putaran).
5. Penelitian ini berfokus pada analisis pengaruh penggunaan campuran biodiesel minyak jagung terhadap performa mesin diesel, bukan pada proses produksi biodiesel minyak jagung itu sendiri.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penelitian Terdahulu

Penelitian ini merupakan kelanjutan dari berbagai studi sebelumnya yang telah mengkaji potensi biodiesel minyak jagung sebagai bahan bakar alternatif untuk mesin diesel. Kajian terhadap penelitian-penelitian terdahulu memberikan landasan kuat dan membantu mengidentifikasi kesenjangan (gap) yang akan diisi oleh penelitian ini.

Salah satu studi fundamental adalah skripsi oleh Frizilla Safana (2024) yang berjudul "Analisa Penggunaan Biodiesel Minyak Jagung Terhadap Kinerja Mesin Diesel dan Emisi Gas Buang". Penelitian ini menggunakan variasi bahan bakar solar murni, B5 (5% biodiesel), B10 (10% biodiesel), dan B15 (15% biodiesel) pada mesin Diesel empat langkah HATZ TD202. Hasilnya menunjukkan:

1. Campuran B15 menghasilkan peningkatan torsi tertinggi sebesar 66,15% dan daya engkol tertinggi sebesar 55,10% dibandingkan solar murni.
2. Konsumsi bahan bakar spesifik engkol (bsfc) paling hemat diperoleh pada campuran B5 sebesar 83,33% lebih rendah dibandingkan solar murni pada bukaan katup 1,5 putaran dan 3000 rpm.
3. Emisi gas buang, khususnya opasitas, mengalami penurunan. Pada B15 dengan bukaan katup 0,5 putaran, opasitas berkurang 49,3% dibandingkan solar, dan pada bukaan katup 1,5 putaran, opasitas turun 4,16%.

Penelitian lain yang relevan adalah oleh Siagian (2022) dengan judul "*Study of Diesel Engine Performance Using Variations of Dexlite Fuel Mixture and Corn Seed Oil*". Jurnal ini menganalisis performa mesin diesel TD-115 menggunakan variasi campuran biodiesel minyak jagung dengan Dexlite

(hingga B25). Temuan kunci dari penelitian ini menunjukkan tren penurunan performa seiring dengan peningkatan rasio campuran biodiesel:

1. Daya (*Power*) yang dihasilkan mesin mengalami penurunan, bahkan mencapai 40% pada campuran tertinggi.
2. Konsumsi Bahan Bakar Spesifik (*sfc*) campuran biodiesel menunjukkan kecenderungan meningkat hingga 48%, yang mengindikasikan efisiensi yang lebih rendah.
3. Efisiensi Termal Rem Aktual (*Thermal Actual Brake Efficiency*) mesin juga mengalami suatu penurunan seiring dengan penambahan kadar biodiesel minyak jagung.

Studi oleh Suardi, Ikhwan, dan Aulia (2023) berjudul "*Effect of Temperature Variations of Corn (Maize) Oil Biodiesel on Torque Values and Thermal Efficiency of Diesel Engines*" berfokus pada pengaruh variasi suhu B30 biodiesel minyak jagung terhadap torsi dan efisiensi termal. Temuan utama meliputi:

1. Viskositas dan densitas B30 dipengaruhi oleh suhu semakin tinggi suhu, semakin rendah viskositas dan densitasnya.
2. Nilai torsi tertinggi ditemukan pada bahan bakar diesel murni (4,57 N.m).
3. Nilai efisiensi termal tertinggi dicapai pada sampel bahan bakar B30 pada suhu 60°C dengan efisiensi termal 17,4%.
4. Penelitian ini menyimpulkan bahwa biodiesel minyak jagung dapat digunakan sebagai bahan bakar alternatif.

Dari ketiga penelitian terdahulu ini, terlihat bahwa biodiesel minyak jagung menunjukkan potensi signifikan dalam meningkatkan kinerja mesin dan mengurangi beberapa emisi pada konsentrasi rendah hingga sedang (B5-B15). Penelitian Safana (2024) secara spesifik menguji B5, B10, dan B15 pada mesin yang sama dengan yang akan digunakan. Sementara itu, Suardi dkk. (2023) telah memberikan beberapa indikasi mengenai kinerja pada B20 dan B30, namun masih belum dalam satu kerangka pengujian yang komprehensif pada mesin yang sama dan dengan parameter emisi yang lengkap.

Kesenjangan penelitian yang akan diisi oleh studi ini adalah belum adanya analisis terperinci dan menyeluruh mengenai pengaruh penambahan biodiesel minyak jagung pada komposisi B20, B30, dan B40 terhadap performa mesin diesel (daya, torsi, bsfc) pada mesin Diesel HATZ TD202. Dengan melanjutkan dari dasar yang diletakkan oleh Frizilla Safana, penelitian ini akan memberikan data yang lebih lengkap dan spesifik pada konsentrasi yang lebih tinggi, yang krusial untuk pengembangan bahan bakar alternatif yang optimal.

2.2 Biodiesel

Biodiesel diartikan sebagai bahan bakar alternatif yang tersusun dari *fatty acid methyl esters* (FAME) dan memiliki karakteristik yang menyerupai petrodiesel, sehingga memungkinkan untuk dicampur ke dalam bahan bakar diesel fosil. Proses pembuatannya didasarkan pada reaksi transesterifikasi antara trigliserida (dari minyak nabati atau lemak hewani) dengan metanol dan katalis basa. Kualitas akhir dari biodiesel sangat dipengaruhi oleh berbagai parameter, seperti komposisi asam lemak (panjang rantai karbon ester dan derajat kejenuhan), serta kondisi operasional yang diterapkan, termasuk suhu kalsinasi dan konsentrasi katalis yang digunakan (Sakhi dkk, 2025). Biodiesel merupakan alternatif penting untuk merespon meningkatnya kebutuhan akan bahan bakar fosil. Biodiesel dapat dihasilkan dari berbagai jenis bahan baku, seperti minyak kelapa sawit, jarak pagar, dan buah kelapa, yang semakin mengukuhkan posisinya sebagai sumber energi yang dapat diperbaharui (Jazuli dan Wibowo, 2020).

Potensi utama biodiesel berasal dari kandungan yang terdapat dalam bahan baku nabati. Minyak nabati, seperti yang ditemukan pada kelapa sawit, jarak pagar, kelapa, dan biji kapuk, secara alami kaya akan trigliserida. Trigliserida ini adalah ester dari tiga rantai panjang asam lemak yang terikat pada satu gugus gliserol. Minyak nabati juga mengandung berbagai jenis asam lemak, seperti asam stearat dan asam palmitat (jenis asam lemak jenuh), serta asam oleat, asam linoleat, dan asam linolenat (jenis asam lemak tak jenuh).

Kandungan kimia inilah yang membuat minyak nabati sangat ideal untuk diubah menjadi biodiesel melalui proses transesterifikasi. Biodiesel bersifat ramah lingkungan, tidak beracun, dan mudah terurai (*biodegradable*). Selain itu, penggunaan biodiesel dapat secara signifikan mengurangi emisi gas berbahaya seperti karbon monoksida, hidrokarbon, dan sulfur oksida dibandingkan dengan bahan bakar fosil, menjadikannya pilihan yang lebih bersih.

Biodiesel murni (B100) memiliki berbagai kelebihan dan juga kekurangan yang signifikan terkait dengan kinerja mesin. Salah satu keuntungan utamanya adalah kemampuannya dalam mengurangi kebisingan mesin serta meningkatkan efisiensi thermal. Selain itu, pada beban mesin tertentu, biodiesel murni mampu menunjukkan tingkat konsumsi bahan bakar yang lebih baik dan menghasilkan emisi gas buang yang lebih rendah, yang menjadikannya pilihan yang lebih baik untuk lingkungan. Namun, salah satu kekurangannya yang paling mencolok adalah titik nyala yang sangat tinggi, yang dapat menyebabkan keterlambatan dalam proses pengapian di mesin. Selain itu, biodiesel murni juga kurang baik dalam hal sifat aliran dingin, yang dapat menjadi tantangan terutama di wilayah dengan iklim dingin, serta memiliki stabilitas oksidasi yang rendah, yang dapat mengurangi umur simpannya. Oleh karena itu, untuk mengatasi masalah-masalah tersebut dan menjaga performa mesin agar tetap optimal, perlu dilakukan modifikasi pada bagian mesin atau menambah aditif khusus (Setiyo dkk., 2021).

2.3 Standar Mutu Biodiesel

Penetapan standar mutu adalah hal yang krusial dalam produksi biodiesel. Standar ini berfungsi sebagai pedoman untuk menjaga kualitas produk dan mencegah kerugian signifikan, baik dari segi material maupun waktu. Jurnal menunjukkan bahwa ketika sebuah perusahaan melampaui standar mutu yang telah ditetapkan misalnya kadar digliserida yang melebihi 0,2% produk yang dihasilkan dapat dianggap tidak sesuai spesifikasi (*outspec*). Kondisi ini menyebabkan kerugian material, waktu, dan energi yang besar, sehingga

menegaskan pentingnya kepatuhan terhadap standar mutu untuk efektivitas dan keberhasilan operasional (Zurairah dkk., 2022)

Tujuan utama dari penetapan standar mutu ini adalah untuk memastikan bahwa biodiesel dapat berfungsi secara efektif sebagai pengganti bahan bakar solar. Dengan mematuhi standar yang ada, biodiesel dapat digunakan secara langsung dalam bentuk murni atau sebagai campuran, sambil mempertahankan sifat-sifat fisika dan kimianya yang mendekati solar. Hal ini vital untuk menjaga performa mesin dan menjamin keamanan saat digunakan (Humaira dkk., 2024).

Untuk memastikan kualitas biodiesel yang optimal, diperlukan standar mutu yang mengatur karakteristik fisika dan kimia bahan bakar ini. Standar ini mencakup berbagai parameter penting, mulai dari sifat dasar bahan bakar hingga kadar kontaminan. Standar mutu yang paling sering digunakan adalah standar internasional ASTM (*American Society for Testing and Materials*) dan standar nasional Indonesia SNI (Standar Nasional Indonesia).

Standar Internasional: ASTM D6751 Standar ini, yang dikenal sebagai ASTM D6751, adalah spesifikasi untuk biodiesel (B100) sebagai bahan campuran dengan bahan bakar diesel minyak bumi. Standar ini menetapkan persyaratan untuk berbagai properti biodiesel, termasuk titik nyala, viskositas, kandungan sulfur, dan angka setana. ASTM D 6751 memiliki dua tingkatan, yaitu *Grade S15* (maksimum 15 ppm sulfur) dan *Grade S500* (maksimum 500 ppm sulfur). Standar ini juga menjelaskan metode uji yang digunakan untuk setiap properti dan menegaskan bahwa properti yang disyaratkan harus sesuai pada saat dan tempat pengiriman.

Tabel 2.1 Persyaratan standar biodiesel menurut ASTM D6751-09

No	Property	ASTM Method	Limits	Units
1	Flash point	D93	93.0 Min	°C
2	Water and sedimen	D2709	0.050 Max	% Vol
3	Kinematic viscosity, 40°C	D445	1.9 – 6.0	mm ² /Sec

No	Property	ASTM Method	Limits	Units
4	Sulfated ash	D874	0.020 Max	% Mass
5	Sulfur			
6	S 15 grade	D 5453	0.0015 Max	% mass (ppm)
7	S 500 grade	D 5453	0.05 Max	% mass (ppm)
8	Cooper strip corrosion	D130	No. 3 Max	
9	Cetane	D613	47 Min	
10	Cloud point	D2500	Report	
11	Carbon residue	D4530	0.050 Max	% Mass
12	Acid number	D664	0.50 Max	mg KOH/g
13	Free Glycerine	D6584	0.020 Max	% mass
14	Total Glycerine	D6584	0.24 Max	% mass
15	Calcium and magnesium combined	EN 14538	5 Max	ppm($\mu\text{g/g}$)
16	Methanol content	EN14110	0.2 Max	% volume
17	Flash point	D93	130 Min	$^{\circ}\text{C}$
18	Phosphorus content	D4951	0.001 Max	% mass
19	Distillation temperature atmospheric equivalent temperature. 90% recovered	D 1160	360 Max	$^{\circ}\text{C}$
20	Sodium/potassium combined	EN 14538	5 Max	ppm
21	Oxidation stabilitas	EN 14112	3 minimum	hours
22	Cold soak filtration	Annex to D6751	360 Max	seconds
23	For use in temperature below - 12 $^{\circ}\text{C}$	Annex to D6751	360 Max	Seconds

Source: ASTM (2009); NBB (2009)

Di Indonesia, standar mutu biodiesel diatur dalam SNI 7182:2015, yang merupakan revisi dari standar sebelumnya (SNI 7128:2012). Standar ini disusun untuk menjaga kualitas biodiesel yang dipasarkan di dalam negeri, melindungi konsumen, dan mendukung perkembangan industri biodiesel. SNI ini memiliki peran penting dalam memastikan biodiesel dapat berkontribusi secara signifikan pada bauran energi nasional sebagai bahan bakar substitusi untuk motor diesel. Standar ini merevisi beberapa parameter mutu, seperti kadar belerang, fosfor, angka asam, dan kestabilan oksidasi, serta menambahkan parameter baru, yaitu kadar monogliserida. Parameter-parameter dalam SNI 7182:2015 ini mencakup massa jenis, viskositas, angka setana, titik nyala, dan stabilitas oksidasi, yang semuanya penting untuk performa dan keamanan mesin. Penerapan ketat SNI 7182:2015 penting untuk menjamin kualitas biodiesel (B35), yang secara langsung memengaruhi efisiensi dan umur mesin kendaraan. Standar ini tidak hanya meregulasi, tetapi juga mendorong inovasi berkelanjutan dalam produksi biodiesel di Indonesia.

Tabel 2.2 Syarat mutu biodiesel

No	Parameter Uji	Satuan Min/Maks	Persyaratan
1.	Massa Jenis Pada 40°C	40°C kg/m ³	850-890
2.	Viskositas Kinematik Pada 40°C	mm ² /s (cSt)	2,3-6,0
3.	Angka Setana	Min	51
4.	Titik Nyala	°C, min	100
5.	Titik Kabut	°C, maks	18
6.	Korosi lempeng tembaga- (3 jam pada 50°C)		Nomor 1
7.	Residu karbon dalam percontohan asli atau dalam 10% ampas	% massa maks	0,05 0,3
8.	Air dan sedimen	% - volume, maks	0,05

No	Parameter Uji	Satuan Min/Maks	Persyaratan
9.	Temperatur destilasi 90%	°C, maks	360
10.	Abu tersurfatkan	% - massa, maks	0,02
11.	Belerang	mg/kg, maks	50
12.	Fosfor	mg/kg, maks	4
13.	Angka asam	mg – KOH/g, maks	0,5
14.	Gliserol bebas	% - massa, maks	0,02
15.	Gliserol total	% - massa, maks	0,24
16.	Kadar ester metil	% - massa, maks	96,5
17.	Angka iodium	% - massa (g – 12/100), maks	115
18.	Kestabilan oksidasi periode induksi metode racimat atau periode induksi metode petro oksidasi	Menit	480 36
19.	Monogliserida	% - massa, maks	0,8

Sumber : (Badan Standardisasi Nasional, 2015).

2.4 Minyak Jagung

Biodiesel memiliki potensi besar sebagai bahan bakar alternatif yang dapat diolah dari berbagai sumber daya terbarukan untuk memenuhi kebutuhan energi global. Menimbang hal tersebut, standarisasi dan pendekatan keberlanjutan menjadi krusial dalam implementasi campuran biodiesel pada konsentrasi yang lebih tinggi (*higher blends*). Hal ini bertujuan untuk menjamin kualitas dan stabilitas bahan bakar, yang merupakan faktor penentu utama untuk performa mesin serta keberhasilan komersialisasi secara luas (Febriansyah dkk., 2022). Proses utama untuk mengubah minyak jagung menjadi biodiesel adalah melalui reaksi alkoholisis, di mana gugus trigliserida dalam minyak dipecah menggunakan alkohol, biasanya metanol atau etanol. Proses ini menghasilkan ester metil (biodiesel) dan gliserol

sebagai produk sampingan. Untuk mempercepat reaksi, digunakan katalis basa seperti NaOH. Optimasi kondisi reaksi, termasuk suhu, waktu, dan jumlah katalis, sangat penting untuk mencapai tingkat konversi yang tinggi dan memastikan kualitas biodiesel yang baik (Roni dkk., 2020).



Gambar 2.1 Biodiesel Minyak Jagung (Yusof dkk., 2020)

Dalam konteks industri biodiesel, minyak jagung sering dibandingkan dengan bahan baku lain yang lebih umum, seperti minyak sawit mentah (CPO) atau minyak jelantah. Perbandingan ini didasarkan pada karakteristik fisik utama, termasuk viskositas, massa jenis, dan titik nyala. Meskipun CPO dianggap sebagai salah satu bahan baku unggul, minyak jagung terbukti memiliki sifat-sifat yang sebanding dan layak dipertimbangkan sebagai alternatif. Dengan demikian, minyak jagung menawarkan pilihan bahan baku yang potensial untuk mengurangi ketergantungan pada minyak nabati konvensional, sambil tetap menghasilkan biodiesel yang memenuhi standar kualitas (Yusof dkk., 2020).

2.4.1 Karakteristik Kimia dan Fisik Minyak Jagung

Minyak jagung (*corn oil*) merupakan salah satu minyak nabati potensial sebagai bahan baku biodiesel karena komposisi asam lemaknya yang mendukung reaksi transesterifikasi. Komponen utama minyak jagung meliputi asam linoleat (C18:2) sebesar 54–59%, asam oleat (C18:1) sebesar 23–27%, asam palmitat (C16:0) sebesar 12–17%, dan asam stearat (C18:0) sekitar 1–3% (Wahyudi dkk., 2023). Kandungan asam lemak tak

jenuh yang dominan menjadikan minyak jagung memiliki viskositas rendah, sifat aliran dingin (*cold flow*) yang baik, serta mampu menghasilkan biodiesel dengan efisiensi pembakaran tinggi. Namun, proporsi asam lemak tak jenuh yang tinggi juga menyebabkan stabilitas oksidasi biodiesel relatif rendah, karena ikatan rangkap ganda pada asam lemak mudah teroksidasi selama penyimpanan. Oleh karena itu, diperlukan penambahan antioksidan alami seperti tokoferol, ekstrak daun sirih, atau asam askorbat untuk memperpanjang umur simpan biodiesel (Rahmawati dkk., 2023).

Secara fisik, minyak jagung memiliki densitas 0,918–0,923 g/cm³ dan viskositas 32–35 cSt pada 40 °C (Syamsuri dkk., 2022). Nilai kalor berkisar antara 39–41 MJ/kg, yang sedikit lebih rendah dibandingkan minyak sawit tetapi masih ideal untuk konversi energi (Pradana dkk., 2021). Kandungan *Free Fatty Acid* (FFA) minyak jagung mentah mencapai 2–4%, sehingga perlu dilakukan proses esterifikasi pendahuluan guna menurunkan kadar FFA di bawah 1%, agar tidak membentuk sabun pada tahap transesterifikasi (Roni dkk., 2020).

Selain itu, minyak jagung memiliki kadar air rendah (< 0,5%) dan warna kuning keemasan, yang menunjukkan stabilitas termal cukup baik. Dengan karakteristik ini, minyak jagung dikategorikan sebagai bahan baku biodiesel yang layak secara teknis dan ekonomis, khususnya jika diolah menggunakan katalis heterogen berbasis logam oksida seperti CaO/Zeolit yang lebih ramah lingkungan (Syamsuri dkk., 2022).

2.4.2 Potensi dan Ketersediaan Minyak Jagung di Indonesia

Produksi jagung nasional mencapai 14,77 juta ton pada tahun 2023 dan 15,14 juta ton pada tahun 2024 (Badan Pusat Statistik, 2024). Dari jumlah tersebut, sekitar 3–5% dapat diolah menjadi minyak melalui ekstraksi bagian germ (inti biji). Meski sebagian besar masih dimanfaatkan untuk pangan, potensi limbah minyak jagung dari industri pengolahan etanol dan

pakan ternak DCO (*Distillers Corn Oil*) sangat menjanjikan untuk energi terbarukan.

Menurut Wahyudi dkk. (2023), minyak hasil samping dari proses fermentasi bioetanol mengandung komposisi asam lemak yang mirip dengan minyak jagung murni, sehingga bisa langsung digunakan sebagai bahan baku biodiesel tanpa perlakuan berat. Selain itu, Roni dkk. (2020) menemukan bahwa DCO memiliki kadar FFA lebih rendah dibanding minyak jagung mentah, sehingga mempermudah reaksi transesterifikasi dengan hasil *yield* mencapai 77%.

Pemanfaatan limbah minyak jagung juga memiliki nilai keberlanjutan tinggi karena tidak bersaing dengan kebutuhan pangan (Syamsuri dkk., 2022). Hal ini sejalan dengan prinsip green chemistry dalam pengembangan bahan bakar nabati di Indonesia, yang menekankan efisiensi sumber daya dan minim limbah.

2.4.3 Proses Produksi Biodiesel dari Minyak Jagung

Produksi biodiesel dari minyak jagung dilakukan melalui proses transesterifikasi, yaitu reaksi kimia antara trigliserida dan alkohol (biasanya metanol) dengan katalis basa (NaOH atau KOH). Reaksi tersebut menghasilkan metil ester (biodiesel) dan gliserol sebagai produk samping. Minyak jagung dengan kadar FFA > 2% perlu menjalani tahap esterifikasi pendahuluan menggunakan katalis asam (H₂SO₄) untuk menghindari pembentukan sabun. Setelah itu, dilakukan reaksi utama dengan kondisi optimum: rasio molar metanol : minyak = 6 : 1, konsentrasi katalis 1%, suhu 60–65 °C, dan waktu reaksi 60 menit (Roni dkk., 2020).

Penelitian Syamsuri dkk. (2022) menunjukkan bahwa penggunaan katalis heterogen CaO/Zeolit dapat meningkatkan konversi hingga 95% dengan keuntungan mudah dipisahkan dan digunakan kembali. Teknologi modern seperti reaktor ultrasonik dan *microwave-assisted transesterification* juga

mulai diterapkan di laboratorium teknik kimia untuk mempercepat reaksi, menghemat energi, dan meningkatkan yield produk (Rahmawati dkk., 2023).

2.4.4 Kualitas Biodiesel dari Minyak Jagung

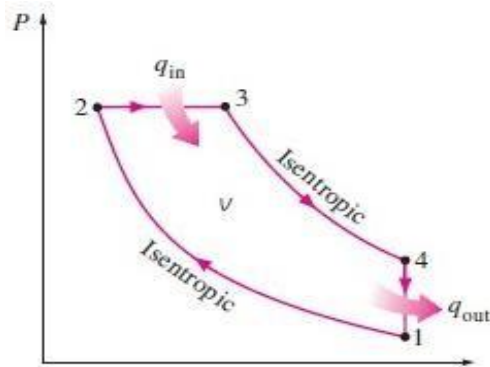
Menurut hasil uji Wahyudi dkk. (2023), biodiesel dari minyak jagung memiliki sifat fisikokimia yang sesuai dengan SNI 7182:2015, meliputi densitas 0,864 g/cm³, viskositas 4,5 cSt (40 °C), angka setana 52, dan kadar air 0,03%. Titik nyala biodiesel mencapai 171 °C, menunjukkan keamanan penyimpanan yang baik, sementara titik beku sekitar -2 °C yang cocok untuk iklim tropis Indonesia. Tingginya kandungan asam linoleat juga membuat biodiesel jagung memiliki angka yodium tinggi (≥ 120), yang berarti kestabilan oksidatifnya relatif rendah. Untuk itu, penggunaan antioksidan alami seperti ekstrak daun sirih atau vitamin E terbukti meningkatkan stabilitas penyimpanan hingga 40% (Rahmawati dkk., 2023).

Dari sisi performa mesin, Syamsuri dkk. (2022) menyebutkan bahwa biodiesel jagung mampu menghasilkan efisiensi pembakaran 97% dibanding solar konvensional dengan penurunan emisi CO dan partikulat. Dengan demikian, biodiesel jagung dapat menjadi alternatif ramah lingkungan yang sejalan dengan agenda *Net Zero Emission* 2060.

2.5 Motor Bakar Pembakaran Dalam

Motor bakar adalah mesin yang mengubah energi kimia dari bahan bakar menjadi energi mekanik. Menurut John B. Heywood dalam bukunya *Internal Combustion Engine Fundamentals*, motor bakar secara umum dibagi menjadi dua kategori utama yaitu motor bakar pembakaran luar dan motor bakar pembakaran dalam. Namun, fokus utama dalam bidang otomotif adalah motor bakar pembakaran dalam (*internal combustion engine* atau ICE), di mana pembakaran bahan bakar dan udara terjadi di dalam silinder mesin itu sendiri. Proses ini menghasilkan gas bertekanan tinggi yang mendorong torak

(piston), dan gerakan linier torak ini diubah menjadi gerakan rotasi oleh mekanisme engkol. Teori fundamental mengenai mesin-mesin ini mencakup termodinamika, pembakaran, dan perpindahan energi untuk memprediksi performa, efisiensi, dan emisi yang dihasilkan.



Gambar 2.2 Diagram P-V (Fadly dan Pakan, 2021)

Motor bakar pembakaran dalam (ICE) modern umumnya beroperasi mengikuti siklus termodinamika tertentu, yang paling umum adalah Siklus Otto untuk mesin bensin dan Siklus Diesel untuk mesin diesel. Siklus Otto empat langkah terdiri dari empat tahapan utama: Langkah Hisap (campuran udara dan bahan bakar masuk), Langkah Kompresi (campuran dimampatkan), Langkah Usaha atau Kerja (pembakaran terjadi, mendorong piston), dan Langkah Buang (gas sisa pembakaran dikeluarkan). Sementara itu, mesin diesel menggunakan penyalaan kompresi, di mana udara dikompresi hingga suhu sangat tinggi, dan bahan bakar diinjeksikan, yang langsung terbakar tanpa memerlukan busi. Perbedaan siklus dan cara penyalaan ini sangat memengaruhi desain, efisiensi, dan karakteristik emisi kedua jenis mesin ICE tersebut (Fadly dan Pakan, 2021).

2.6 Mesin Diesel

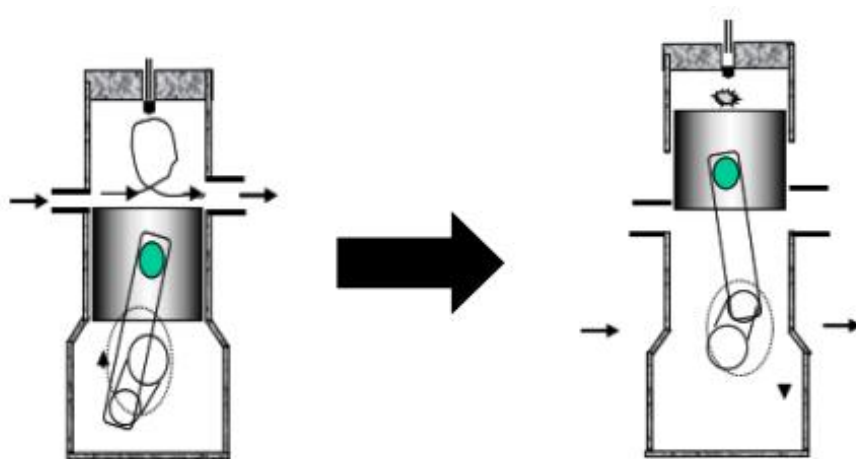
Mesin Diesel, atau mesin pembakaran kompresi (*compression-ignition engine*), memiliki prinsip kerja yang berbeda dari mesin bensin. Pada mesin diesel, hanya udara bersih yang dihisap dan dikompresi di dalam silinder hingga mencapai suhu dan tekanan yang sangat tinggi. Berbeda dengan mesin

bensin yang menggunakan busi untuk menyulut campuran, pada mesin diesel, bahan bakar disemprotkan ke dalam udara panas ini.

Suhu kompresi yang ekstrem seperti ini secara otomatis menyulut bahan bakar, menyebabkan pembakaran yang spontan. Proses ini tidak memerlukan sistem pengapian eksternal seperti busi. Mesin diesel dikenal memiliki efisiensi termal yang lebih tinggi dibandingkan mesin bensin dan umumnya digunakan pada kendaraan berat dan aplikasi industri (Heywood, 1998). Berdasarkan jumlah langkah kerjanya mesin diesel ini dibedakan menjadi 2 yaitu :

2.6.1 Mesin Diesel Dua Langkah (*Two Stroke Diesel Engine*)

Mesin diesel dua langkah merupakan jenis mesin yang menyelesaikan satu siklus kerja penuh, yaitu menghasilkan satu langkah usaha, dalam dua langkah gerakan piston atau satu putaran poros engkol. Keunggulan utama dari mesin diesel dua langkah adalah rasio daya terhadap bobot yang lebih tinggi dan konstruksi yang lebih sederhana karena tidak memerlukan sistem katup yang kompleks. Selain itu, mesin diesel dua langkah dapat menghasilkan daya lebih besar dibandingkan mesin empat langkah dengan volume silinder yang sama karena memiliki langkah usaha (*power stroke*) setiap putaran poros engkol (Akasah dkk., 2024).



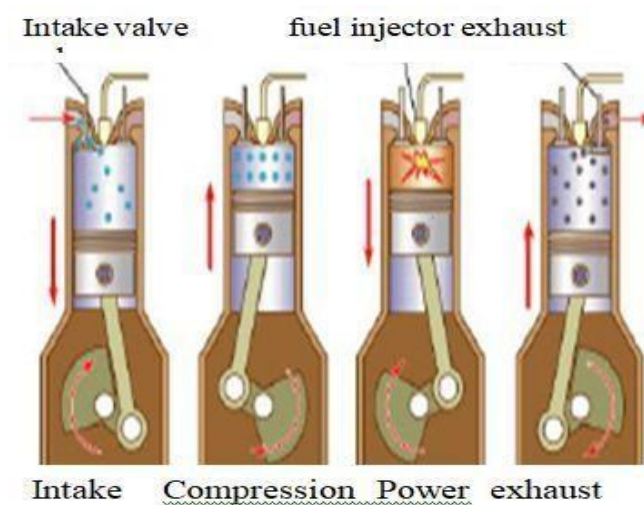
Gambar 2.3 Siklus Kerja Motor Diesel 2 Langkah
(Akasah dkk., 2024)

Siklus kerja mesin diesel 2-langkah terdiri dari dua tahapan utama yang terjadi secara berkesinambungan:

- a) Langkah Kompresi dan Hisap: Piston bergerak dari bawah menuju ke atas (dari TMB ke TMA). Selama gerakan naik ini, udara segar mulai masuk melalui katup hisap. Udara yang terperangkap di dalam silinder akan dikompresi, dan sebelum piston mencapai posisi paling atas, bahan bakar diinjeksikan ke dalam ruang bakar. Proses injeksi ini langsung memicu pembakaran.
- b) Langkah Usaha dan Buang: Akibat pembakaran yang terjadi, tekanan tinggi mendorong piston kembali ke bawah. Gerakan piston ke bawah ini adalah langkah usaha yang menghasilkan tenaga. Saat piston bergerak ke bawah, ia juga secara otomatis membuka saluran buang, yang memungkinkan gas sisa hasil pembakaran keluar dari silinder.

2.6.2 Mesin Diesel Empat Langkah (*Four Stroke Diesel Engine*)

Motor diesel adalah mesin yang mengubah energi panas secara langsung menjadi energi mekanik. Pada motor diesel empat langkah, prinsip kerjanya adalah menyelesaikan satu siklus atau serangkaian proses kerja untuk menghasilkan pembakaran. Setiap satu langkah usaha atau langkah tenaga memerlukan empat langkah piston (Yani, 2022).



Gambar 2.4 Siklus Kerja Motor Diesel 4 Langkah (Yani, 2022)

Siklus ini terdiri dari empat langkah piston yang saling berurutan untuk menghasilkan satu langkah tenaga. Keempat langkah tersebut adalah:

- a) Langkah Isap (*Intake Stroke*): Piston bergerak dari Titik Mati Atas (TMA) ke Titik Mati Bawah (TMB), klep isap terbuka, dan udara segar masuk ke dalam silinder.
- b) Langkah Kompresi (*Compression Stroke*): Piston bergerak dari TMB ke TMA, klep isap dan buang tertutup, dan udara dikompresi. Pada akhir langkah kompresi, tekanan dan suhu udara meningkat secara signifikan.
- c) Langkah Tenaga (*Power Stroke*): Injektor menyemprotkan bahan bakar ke dalam ruang bakar yang berisi udara panas bertekanan tinggi. Pembakaran terjadi secara spontan, menghasilkan tekanan tinggi yang mendorong piston dari TMA ke TMB, menghasilkan tenaga untuk memutar poros engkol.
- d) Langkah Buang (*Exhaust Stroke*): Piston bergerak dari TMB ke TMA, klep buang terbuka, dan gas sisa pembakaran didorong keluar dari silinder.

2.7 Parameter Prestasi Mesin Diesel

Karakteristik unjuk kerja mesin dapat ditentukan menggunakan beberapa parameter, dimana parameter-parameter ini menjadi dasar untuk mengetahui dan menganalisis prestasi mesin diesel. Adapun parameter yang digunakan adalah sebagai berikut (Wardono dkk., 2023):

2.7.1 Torsi

Pada motor diesel, torsi didefinisikan sebagai momen puntir yang timbul akibat tekanan hasil gerakan naik-turun piston yang diteruskan menjadi putaran pada poros engkol. Sementara itu, daya dipahami sebagai kemampuan mesin dalam melakukan kerja, baik untuk memindahkan maupun menahan beban dalam setiap satuan waktu. Kedua besaran ini memiliki keterkaitan yang erat, di mana hubungan antara torsi dan daya dapat dinyatakan melalui persamaan berikut:

$$bP = 2 \frac{\pi n \text{ TAP}}{60000} \dots\dots\dots(1)$$

Adapun torsi aktual poros dapat dihitung menggunakan persamaan berikut:

$$T_{AP} = F \times R \dots\dots\dots(2)$$

Persamaan (1) menjelaskan bahwa daya yang dihasilkan mesin (bP) sangat dipengaruhi oleh dua faktor utama, yaitu torsi (TAP) dan putaran mesin (n). Artinya, apabila mesin menghasilkan torsi yang besar atau beroperasi pada putaran yang tinggi, maka daya keluarannya juga akan semakin besar. Dengan kata lain, daya merupakan kombinasi dari kekuatan puntir yang dihasilkan mesin dan kecepatan putar poros engkol. Selanjutnya, Persamaan (2) menunjukkan bagaimana torsi itu sendiri terbentuk. Torsi dihasilkan dari gaya (F) yang bekerja pada piston dan diteruskan ke poros engkol dengan jarak lengan momen tertentu (R). Semakin besar gaya yang bekerja atau semakin panjang lengan momen, maka torsi yang dihasilkan akan semakin besar pula. Hubungan antara kedua persamaan ini menggambarkan bahwa kinerja mesin diesel pada dasarnya berasal dari proses pembakaran yang menghasilkan tekanan pada piston, diteruskan menjadi gaya, kemudian dikonversi menjadi torsi, dan akhirnya menghasilkan daya pada poros. Dengan demikian, daya dan torsi tidak berdiri sendiri, tetapi saling berkaitan erat dalam menjelaskan unjuk kerja mesin.

2.7.2 *Brake Specific Fuel Consumption (bsfc)*

Konsumsi bahan bakar spesifik (*Brake Specific Fuel Consumption/bsfc*) merupakan parameter yang menunjukkan jumlah bahan bakar yang dibutuhkan mesin untuk menghasilkan satu satuan daya keluaran dalam kurun waktu satu jam. Besaran ini dinyatakan dalam satuan kg/kWh, dan perhitungannya dapat ditentukan melalui persamaan berikut:

$$bsfc = \frac{m_f}{bP} \dots\dots\dots(3)$$

2.7.3 Efisiensi Total Mesin

Efisiensi total mesin didefinisikan sebagai perbandingan antara kerja mekanik yang dihasilkan mesin dengan energi yang terkandung dalam bahan bakar selama periode waktu tertentu. Dengan kata lain, efisiensi ini menunjukkan seberapa besar pemanfaatan energi panas dari bahan bakar yang berhasil dikonversi menjadi energi mekanik. Secara umum, efisiensi total mesin dapat dihitung dengan persamaan berikut:

$$\eta_{bth} = \frac{3600 \times bP}{m_f \times CV} \times 100\% \dots \dots \dots (5)$$

Dimana :

CV = 43.500 kJ/kg untuk bahan bakar solar

CV = 44.000 kJ/kg untuk bahan bakar bensin

III. METODE PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Adapun waktu dan tempat pelaksanaan penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Waktu Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan dalam periode November 2025 hingga Februari 2026.

2. Tempat Penelitian

Pengujian performa mesin diesel dilakukan di Laboratorium Motor Bakar Jurusan Teknik Mesin Universitas Lampung.

3.2 Alat dan Bahan

Alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian ini dijelaskan sebagai berikut:

1. Alat

Adapun alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

a. Motor Diesel 4 Langkah Satu Silinder

Penelitian ini menggunakan mesin diesel 4-langkah yang dikombinasikan dengan sebuah dinamometer. Sistem pembebanan pada dinamometer tersebut diatur menggunakan laju aliran air bertekanan sebesar 1 bar. Pengambilan data dilaksanakan menggunakan motor diesel 4-langkah satu silinder yang tersedia di Laboratorium Motor Bakar Jurusan Teknik Mesin Universitas Lampung. Motor yang dimaksud dapat dilihat pada Gambar 3.1.



Gambar 3.1 Mesin Diesel

Adapun spesifikasi detail dari motor tersebut akan diuraikan pada Tabel 3.1.

Tabel 3.1 Spesifikasi Mesin Diesel

Data	Spesifikasi
Jenis	4 tak, 1 silinder
Dimensi	Lebar 400 mm Tinggi 450 mm kedalaman 350mm
Jenis bahan bakar	Solar
Saluran keluar knalpot	Nominalnya 1" BSP
Sistem pengapian	Tidak ada – solar
Kekuatan maksimum	3,5 kW (4,8 hp) pada 3600 putaran menit-1
Nilai Daya Berkelanjutan	3,1 kW pada 3000 putaran min-1
Diameter Silinder	69 mm
Radius Engkol	62 mm/31 mm
Kapasitas Mesin	232 cm ³ (0,232 L) atau 232 cc
Rasio Kompresi	22 : 1
Jenis Minyak	Kelas Multigrade SAE 5 W – 40
Kapasitas Minyak	0,9 Liter (mesin standar)

b. Unit Instrumen VDAS

VDAS (*Versatile Data Acquisition System*) adalah sistem panel instrumen pelengkap yang berperan penting dalam pengambilan data prestasi mesin Diesel. Instrumen ini berfungsi untuk mengukur dan menampilkan berbagai parameter penting, seperti torsi, daya, konsumsi bahan bakar spesifik engkol (bsfc), serta kondisi operasional seperti temperatur udara lingkungan dan temperatur gas buang. Selain itu, VDAS juga mengukur tekanan diferensial pada *airbox* dan tekanan udara lingkungan.

Unit VDAS ini terintegrasi langsung dengan mesin Diesel. Keunggulannya, data hasil pengujian bahan bakar akan secara otomatis ditampilkan pada layar panel instrumen tersebut, mempermudah pemantauan dan pencatatan. Unit instrumen VDAS dapat dilihat pada Gambar 3.2.



Gambar 3.2 Unit Instrumen VDAS

c. *Software Tecquipment* VDAS

Perangkat lunak *Tecquipment* VDAS adalah aplikasi khusus yang digunakan bersama dengan unit instrument VDAS. Fungsi utama *software* ini adalah untuk menjalankan perintah program pengujian mesin dan, yang paling penting menampilkan hasil perhitungan semua parameter data yang telah diakuisisi. Tampilan data ini dapat dimonitor melalui layar komputer, sebagaimana diilustrasikan pada Gambar 3.3.



Gambar 3.3 Software Tecquipment VDAS

2. Bahan

Adapun bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

a. Pertamina Dex

Pertamina Dex adalah bahan bakar Diesel premium yang diproduksi oleh Pertamina. Pertamina Dex memiliki angka setana (*Cetane Number*) minimal 53 dan kandungan sulfur sangat rendah, menjadikannya pilihan untuk mesin diesel modern yang membutuhkan performa tinggi dan emisi gas buang lebih bersih.



Gambar 3.4 Pertamina Dex

b. Biodiesel Minyak Jagung

Biodiesel minyak jagung adalah bahan bakar alternatif terbarukan yang diproduksi melalui proses transesterifikasi minyak nabati yang berasal dari jagung, bertujuan untuk digunakan sebagai pengganti atau campuran bahan bakar diesel konvensional.



Gambar 3.5 Biodiesel Minyak Jagung

3.3 Tahap Pembuatan Biodiesel Minyak Jagung

Pembuatan biodiesel dari minyak jagung dilakukan melalui proses transesterifikasi. Tahapan pembuatan biodiesel minyak jagung ini dilakukan di Laboratorium TRKI (Teknologi Rekayasa Kimia Industri) Politeknik Negeri Lampung bersama asisten laboratorium.

Adapun alat-alat yang digunakan dalam proses pembuatan biodiesel minyak jagung adalah labu leher tiga, *hot plate* dengan *magnetic stirrer*, termometer, kondensor, corong pisah, timbangan digital, labu ukur, pipet tetes, dan pH meter/kertas pH. Adapun bahan-bahan yang digunakan yaitu minyak jagung, metanol (CH_3OH), dan katalis basa kalium hidroksida (KOH).

Rasio dan komposisi umum per 500 mL minyak jagung yang digunakan dapat dilihat pada Tabel 3.2.

Tabel 3.2 Rasio dan komposisi umum (per 500 mL minyak jagung)

Komponen	Jumlah
Minyak Jagung	500 mL
Metanol	83 mL (mol rasio metanol : minyak = 6:1)
KOH	9,5 gr (sekitar 2% dari berat minyak jagung)

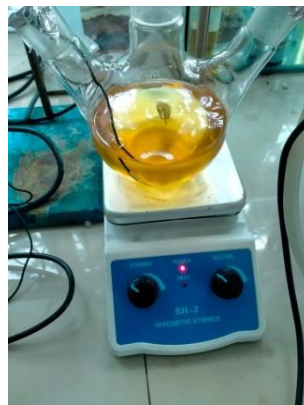
Prosedur transesterifikasi yang dilakukan pada pembuatan biodiesel minyak jagung dapat dijelaskan sebagai berikut:

1. Tahap persiapan

Larutkan katalis (KOH) dalam metanol hingga benar-benar larut yang kemudian menghasilkan metoksida.

2. Tahap Reaksi Transesterifikasi

Panaskan minyak jagung hingga suhu $\pm 50\text{--}60\text{ }^{\circ}\text{C}$. Lalu tambahkan metoksida ke dalam minyak jagung sambil diaduk menggunakan stirrer selama $\pm 1\text{--}2$ jam pada suhu konstan ($50\text{--}60\text{ }^{\circ}\text{C}$). Menggunakan kondensor agar methanol tidak menguap.



Gambar 3.6 Tahap Reaksi Transesterifikasi

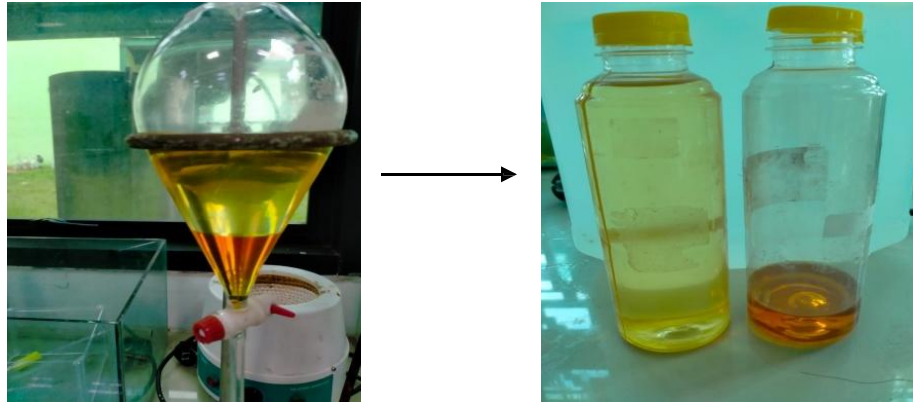
3. Tahap Pemisahan Produk

Diamkan campuran hasil reaksi selama $\pm 8\text{--}24$ jam di corong pisah atau tabung pemisah. Terjadi dua lapisan:

- Lapisan atas : Biodiesel

- Lapisan bawah : Gliserol dan sisa katalis/metanol

Pisahkan lapisan gliserol dari bawah, ambil lapisan atas (biodiesel mentah).



Gambar 3.7 Tahap Pemisahan Produk

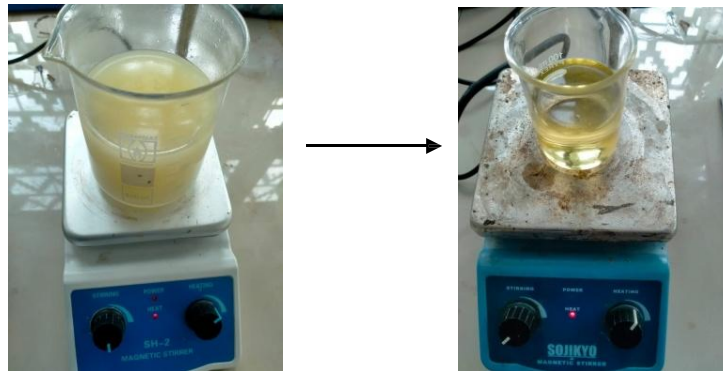
4. Tahap Pemurnian Biodiesel

Cuci biodiesel dengan air hangat (30–40 °C) secara perlahan untuk menghilangkan sisa metanol, katalis dan sabun. Lakukan pencucian beberapa kali hingga pH netral.



Gambar 3.8 Tahap Pemurnian Biodiesel

Selanjutnya keringkan biodiesel dengan pemanasan ringan agar kadar air bisa menguap dan hanya menyisakan produk biodiesel murni.



Gambar 3.9 Proses Pengeringan dengan Pemanasan Ringan

3.4 Tahap Pengujian Performa Pada Mesin Diesel

Adapun tahap-tahap pengujian performa pada mesin Diesel yang dilakukan adalah sebagai berikut:

1. Menyiapkan peralatan mesin uji, yaitu *Tecquipment* TD 202 dan unit instrumen VDAS.
2. Membuka tangki bahan bakar dari panel VDAS untuk dibersihkan. Pastikan tangki bahan bakar di dalam panel dikosongkan hingga tidak ada sisa bahan bakar sebelumnya.
3. Menggeser tuas pada panel VDAS untuk volume bahan bakar 8 ml ke posisi on sehingga pengisian bahan bakar dilakukan secara otomatis ke panel VDAS.
4. Menghubungkan unit komputer dan VDAS ke arus listrik yang sudah terintegrasi dengan stabilizer.
5. Menghidupkan komputer dan instrumen VDAS. Keduanya dihubungkan dengan menyambungkan kabel USB. Selanjutnya, membuka aplikasi *Tecquipment* VDAS pada komputer.
6. Memastikan bahwa tidak terdapat gelembung udara di dalam selang bahan bakar. Jika ada, keluarkan gelembung udara tersebut dengan melepas selang bahan bakar dari mesin, mengeluarkan bahan bakar sedikit demi sedikit, dan memasang kembali selang.

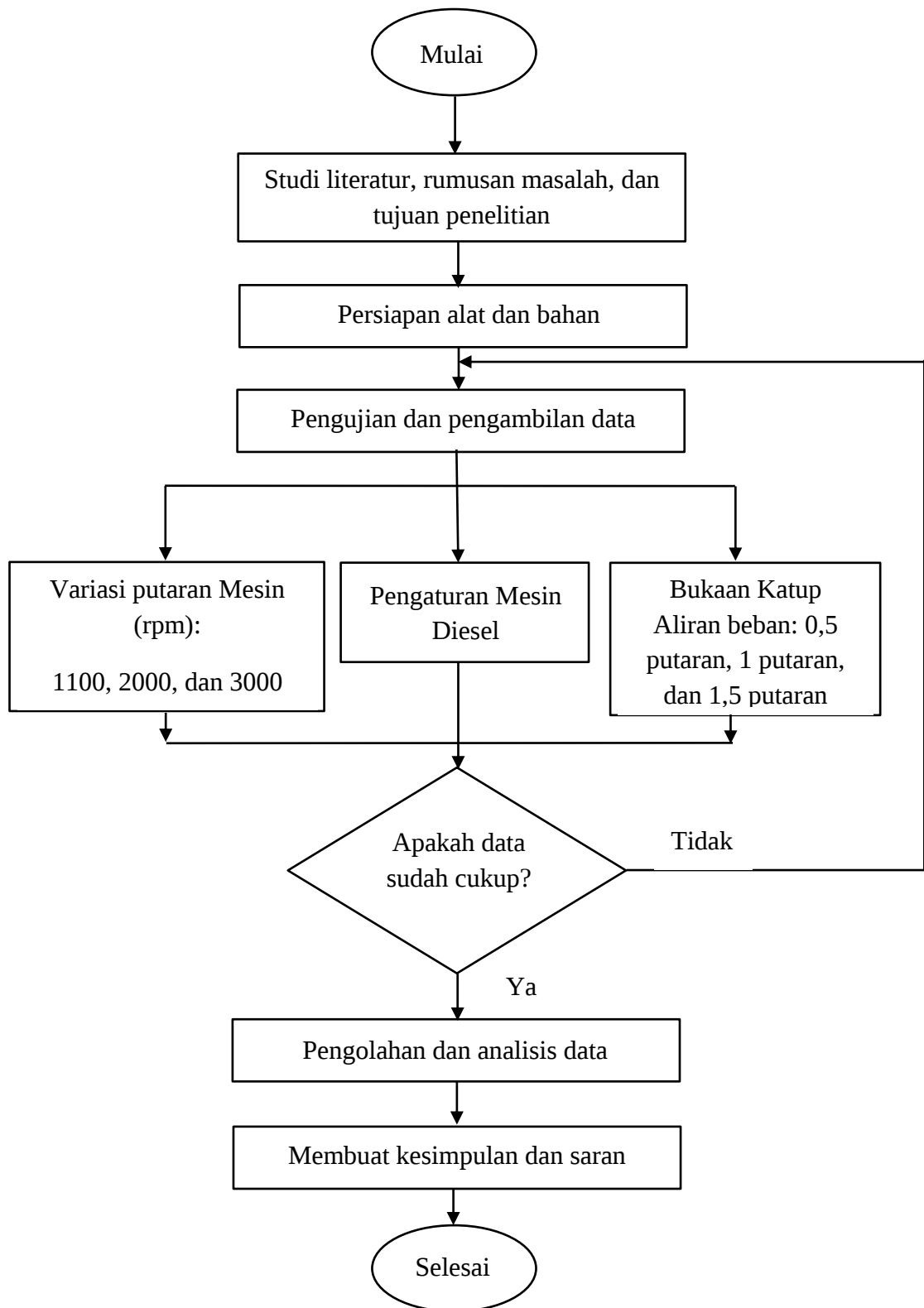
7. Menghubungkan dan menghidupkan pompa air. Pastikan laju aliran air untuk pembebanan diatur pada tekanan 1 bar.
8. Membuka keran air yang menuju ke dinamometer sebesar setengah putaran (180°).
9. Melakukan kalibrasi torsi dan tekanan kotak udara. Kalibrasi dilakukan dengan menekan dan menahan tombol *zero* torsi dan *air box pressure* hingga angka indikator pada panel VDAS berubah menjadi 0 (nol).
10. Memilih mode penggunaan bahan bakar pada menu aplikasi *Tecquipment* VDAS 200 – *Small Engine Test*, kemudian memilih mode otomatis ADA (DVF1).
11. Mengisi data pada menu *Fuel Density* dengan nilai densitas bahan bakar. Contohnya, densitas Pertamina Dex murni sebesar 860 kg/m^3 .
12. Mengisi data pada menu aplikasi VDAS, yaitu *Engine Capacity* sebesar 232 cc, *Number of cycle* yaitu 4, dan Orifice Diameter sebesar 18,5 mm, sesuai dengan spesifikasi mesin.
13. Menghidupkan mesin dan memanaskannya hingga mencapai kondisi stabil.
14. Pengambilan data dilakukan dengan mengatur putaran mesin (rpm) pada 1100, 2000, 3000 rpm. Variasi bukaan katup beban dinamometer yang digunakan adalah 0,5 kg, 1 kg, dan 1,5 kg.
15. Menunggu torsi hingga stabil dan hasil dari *calculated parameters* muncul pada menu aplikasi. Proses ini memerlukan waktu tunggu sebanyak dua kali sensor pembacaan konsumsi bahan bakar mengisi tabung.
16. Merekam data sebanyak 5 kali untuk setiap satu kali pengujian, perekaman dimulai dengan membuka menu pada aplikasi VDAS (*start rime data acquisition*).
17. Mengisi pada menu *tiemd data capture* dengan interval 2 detik dan berhenti pada 8 detik, kemudian klik OK untuk memulai perekaman data.
18. Menambahkan bukaan katup beban pada dinamometer dan mengulangi pengujian untuk setiap bukaan hingga mencapai torsi puncak pada

putaran mesin yang ditentukan. Ulangi langkah 14-18 untuk tiap-tiap putaran mesin.

19. Setelah seluruh data pengujian menggunakan bahan bakar Pertamina Dex murni diperoleh, mesin dimatikan dan didinginkan hingga suhu kerja turun. Selanjutnya dilakukan pengurusan dan penggantian bahan bakar ke campuran B20, kemudian dilanjutkan ke B30 dan B40 secara bertahap. Untuk setiap variasi bahan bakar, prosedur pengujian diulangi kembali mulai dari langkah 14 hingga langkah 18.
20. Menyimpan data yang sudah direkam dengan memilih menu *export data to html file*, kemudian memberikan nama file tersebut. Data pada file HTML disalin (ctrl+A dan *copy paste*) ke microsoft office excel untuk disimpan. Jika akan mengambil data baru, pilih file lalu *new*.
21. Pada setiap kondisi pengujian, data performa mesin direkam sebanyak tiga kali perekaman untuk memperoleh data yang representatif.
22. Data hasil perekaman dari setiap kondisi pengujian dirata-ratakan untuk memperoleh nilai rata-rata dari masing-masing parameter pengujian. Data hasil rata-rata disusun dalam bentuk tabel sesuai dengan variasi bahan bakar, putaran mesin, dan bukaan katup.
23. Berdasarkan data yang telah disajikan dalam bentuk tabel, dibuat grafik perbandingan performa mesin untuk setiap variasi bahan bakar. Grafik perbandingan digunakan untuk menganalisis secara kuantitatif pengaruh variasi campuran biodiesel minyak jagung terhadap perubahan performa mesin dibandingkan dengan bahan bakar Pertamina Dex.

3.5 Diagram Alir Pengujian

Pengujian performa mesin dan emisi gas buang dalam penelitian ini dilaksanakan melalui serangkaian tahapan yang sistematis dan terstruktur. Agar proses pengujian dapat dipahami secara menyeluruh dari awal hingga akhir, urutan langkah-langkah kerja tersebut digambarkan secara visual dalam sebuah diagram alir. Diagram alir berikut ini menyajikan prosedur operasional standar pengujian, mulai dari persiapan mesin dan bahan bakar hingga pengambilan dan pencatatan data hasil pengujian



Gambar 3.10 Diagram alir penelitian

V. SIMPULAN DAN SARAN

5.1 Simpulan

Setelah melakukan rangkaian pengujian, pengambilan data, serta perhitungan berdasarkan prosedur yang telah ditetapkan, kemudian menyajikannya dalam bentuk tabel dan grafik serta melakukan analisis terhadap hasil tersebut, maka dapat ditarik beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Daya engkol tertinggi dicapai oleh campuran biodiesel B40 sebesar 3,099 kW pada putaran 3000 rpm dan bukaan katup 1,5 putaran, atau 7,97% lebih tinggi dibandingkan Pertamina Dex pada kondisi yang sama. Torsi maksimum juga dihasilkan oleh B40 sebesar 9,90 Nm, atau 10,00% lebih tinggi dibandingkan Pertamina Dex, pada 3000 rpm dan bukaan katup 1,5 putaran, yang menunjukkan kemampuan pembangkitan momen puntir paling besar. Namun demikian, ditinjau dari keseimbangan antara performa dan efisiensi, campuran biodiesel B30 menunjukkan hasil yang lebih optimal. Campuran B30 mampu menghasilkan daya sebesar 2,932 kW, atau 2,16% lebih tinggi dibandingkan Pertamina Dex, serta torsi sebesar 9,22 Nm atau 2,44% lebih tinggi dibandingkan Pertamina Dex pada 3000 rpm dan bukaan katup 1,5 putaran. Selain itu, nilai BSFC terendah sebesar 0,15 kg/kWh diperoleh pada 2000 rpm, yang berarti lebih hemat 25% dibandingkan Pertamina Dex. Hasil ini menunjukkan bahwa B30 memberikan kombinasi paling seimbang antara daya, torsi, dan efisiensi bahan bakar, sedangkan B40 lebih unggul pada performa maksimum namun cenderung mengalami penurunan kestabilan dan efisiensi pada kondisi beban tinggi.
2. Hasil pengujian karakteristik biodiesel minyak jagung menunjukkan bahwa bahan bakar memiliki massa jenis sebesar 887,0 kg/m³, yang masih berada dalam rentang standar biodiesel. Nilai titik nyala sebesar 185°C

menunjukkan tingkat keamanan yang tinggi karena berada jauh di atas batas minimum 100°C. Nilai titik kabut sebesar -3°C menunjukkan bahwa biodiesel minyak jagung masih cukup baik digunakan pada kondisi suhu rendah. Kandungan FAME sebesar 88,7% belum memenuhi persyaratan minimum SNI 7182:2015 sebesar 96,5%, namun bilangan asam total sebesar 0,27 mg KOH/g masih berada di bawah batas maksimum 0,50 mg KOH/g, yang menunjukkan kestabilan bahan bakar yang baik. Nilai korosi bilah tembaga sebesar 1b masih memenuhi standar yang diizinkan, sedangkan angka setana sebesar 59,7 menunjukkan kemampuan penyalaan yang sangat baik.

5.2 Saran

Sebagai tindak lanjut dari penelitian ini, penulis memberikan beberapa saran yang diharapkan dapat meningkatkan kualitas penelitian sejenis pada masa mendatang, yaitu sebagai berikut:

1. Penelitian selanjutnya disarankan menambahkan variasi campuran biodiesel dengan konsentrasi yang lebih tinggi, seperti B45, B50, dan B60.
2. Penelitian selanjutnya disarankan melakukan pengujian emisi gas buang untuk mengetahui dampak penggunaan campuran biodiesel terhadap lingkungan.
3. Disarankan melakukan pengujian karakteristik pada campuran biodiesel dan Pertamina Dex yang akan diuji.

DAFTAR PUSTAKA

- Adu, R. E. Y. (2020). Esterifikasi dan deasidifikasi minyak jelantah pada pembuatan biodiesel menggunakan katalis abu tongkol jagung. *Jurnal Kimia, Universitas Udayana*.
- Akasah, A., Prahmana, R. A., Riayatsyah, T. M. I., Afisna, L. P., & Syaukani, M. (2024). Uji Performa Motor Diesel Satu Silinder Generator Set Menggunakan Campuran Bahan Bakar Crude Palm Oil-Dexlite dengan Penambahan Bioaditif Alami. *SINERGI Polmed: Jurnal Ilmiah Teknik Mesin*, 5(4), 47-55.
- ASTM International. (2003). *Standard specification for biodiesel fuel blend stock (B100) for middle distillate fuels (Designation: D 6751 – 03a)*. ASTM International.
- Badan Standardisasi Nasional. (2015). Biodiesel (SNI 7182:2015). Badan Standardisasi Nasional.
- Badan Pusat Statistik. (2023). Statistik Tanaman Pangan 2023. Jakarta: Badan Pusat Statistik.
- Fadly, E. R., & Pakan, Y. (2021). Analisis Variasi Putaran Terhadap Torsi dan Daya pada Motor Diesel Satu Silinder. *Jurnal Voering*, 6(1), 33-38.
- Febriansyah, H., Rahardian, A., & Hadi, F. (2022). *Importance of standardization and sustainability for higher biodiesel blends*. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* (IOP Publishing – UK), 1108, 012029.

- Hambali, M., Munandar, A., & Simanjuntak, R. J. (2021). Teknologi pengolahan biodiesel dari minyak goreng jagung bekas dengan variasi bentonit sebagai alternatif bahan bakar mesin diesel. *Jurnal Teknik Kimia, Universitas Sriwijaya*.
- Heywood, J. B. (1988). *Internal combustion engine fundamentals*. McGraw-Hill, Inc.
- Humaira, N., Zulkifli, dan Saifuddin. (2024). Sintesis Dan Karakterisasi Biodiesel Berbasis Minyak Jelantah Menggunakan Metode *Rute Non-Alcohol*. *Jurnal Teknologi*, 24(1), 75–81.
- Jazuli, M., & Wibowo, A. A. (2020). Biodiesel sebagai sumber energi terbarukan: Proses dan teknologi terkini. *Distilat: Jurnal Teknologi Separasi*, 6(2), 445–450
- Kuncoro, T. D., & Prasetyo, A. (2024). Pengaruh variasi campuran biodiesel *multi-feedstock* (jarak pagar–jagung–sawit) terhadap efisiensi termal mesin diesel. *Jurnal Energi dan Manufaktur*, 12(1), 41–49. Fakultas Teknik Mesin, Universitas Negeri Semarang.
- Pradana, M., Utami, S., & Lestari, F. (2021). Pra-perlakuan minyak nabati dalam produksi biodiesel. *Jurnal Integrasi Proses Industri, Universitas Negeri Semarang*.
- Rahmawati, S., Nugraha, R., & Wijaya, R. (2023). Peningkatan kestabilan oksidatif biodiesel menggunakan antioksidan alami. *Jurnal Teknologi Kimia, Universitas Padjadjaran*.
- Roni, K. A., Prasetyo, A., Nugroho, D. P., & Jannah, D. M. (2020). Alkoholisis minyak jagung (*Zea Mays* (L)) dengan menggunakan katalis NaOH pada tekanan 1 atm. *Distilasi*, 5(1), 1–8.
- Safana, F. (2024). Analisa penggunaan biodiesel minyak jagung terhadap kinerja mesin diesel dan emisi gas buang [Skripsi]. Universitas Lampung.

- Sakhi, F. M., Santoso, A., & Sumari, S. (2025). *Optimization of palm bunch ash-based catalysts for transesterification of waste cooking oil*. *Jurnal Akademika Kimia (Universitas Tadulako – Indonesia)*, 14(1), 40–49.
- Setiyo, M., Yuvenda, D., Samuel, O. D., & Ijost, I. (2021). *The concise latest report on the advantages and disadvantages of pure biodiesel (B100) on engine performance: Literature review and bibliometric analysis*. *Indonesian Journal of Science & Technology*, 6(3), 469–490.
- Siagian, S. J. W. (2022). *Study of diesel engine performance using variations of Dexlite fuel mixture and corn seed oil*. *International Journal of Mechanical Computational Engineering*, 2(1), 15–22.
- Suardi, S., Ikhwan, R. J., & Aulia, A. P. R. (2023). *Effect of temperature variations of corn (maize) oil biodiesel on torque values and thermal efficiency of diesel engines*. *Journal of Mechanical Engineering Science and Technology (JMEST)*, 7(1), 87–95.
- Syamsuri, A., Hidayat, A., & Sari, M. (2022). Optimasi transesterifikasi minyak nabati menggunakan katalis padat CaO/zeolit. *Jurnal Rekayasa Kimia dan Lingkungan*, Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Wahyudi, N., Caroko, N., & Sampurna, H. B. (2023). Pengaruh densitas dan viskositas terhadap sudut injeksi biodiesel jatropha-jagung (1:4 dan 4:1). *Jurnal Mekanika dan Energi*, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.
- Wardono, H., Yudi, E. R., dan Harmen. 2023. Pengujian Prestasi Mesin Dan Uji Emisi Gas Buang Motor Bakar Diesel 4 - Tak. Laporan Praktikum. Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Lampung. Lampung.
- Wibowo, A., Febriansyah, H., & Suminto. (2022). Pengembangan standar biodiesel B20 mendukung implementasi diversifikasi energi nasional. *Jurnal Standardisasi*, Badan Standardisasi Nasional (BSN).

- Yani, A. (2022). Analisis Putaran Mesin Diesel 16 Silinder Menggunakan Alat Dynamometer Terhadap Torsi Mesin, Daya Mesin dan Konsumsi Bahan Bakar. *Jurnal Taguchi: Jurnal Ilmiah Teknik dan Manajemen Industri*, 2(2), 162-174.
- Yusof, S. N. A., Che Sidik, N. A., Asako, Y., & Mohamed, S. B. (2021). *Characterization of crude palm oil (CPO), corn oil and waste cooking oil for biodiesel production. Journal of Advanced Research in Fluid Mechanics and Thermal Sciences*, 86(2), 136–146.
- Zurairah, M., Saragih, E. S., Rezeki, R., & Misdawati. (2022). Penentuan standar kadar digliserida dalam pembuatan biodiesel dengan metode *quality loss function* di PT X. *Jurnal Al Ulum LPPM Universitas Al Washliyah Medan*, 10(1).