

**ANALISIS TEKNIS PENGGUNAAN BIODIESEL PADA MESIN
ALAT BERAT DI INDUSTRI PERTAMBANGAN**

TESIS

**Karya tulis sebagai salah satu syarat
untuk memperoleh gelar Magister Teknik dari
Universitas Darma Persada**

Oleh

NAMA : GEDE ARYA RACHMAN

NIM : 2023910004

(Program Studi Magister Teknik Energi Terbarukan)



SEKOLAH PASCASARJANA

UNIVERSITAS

2025

PERNYATAAN KEASLIAN

"Saya menyatakan dengan sesungguhnya bahwa tesis ini merupakan hasil karya sendiri dan sepanjang pengetahuan dan keyakinan saya tidak mencantumkan tanpa pengakuan bahan-bahan yang telah dipublikasikan sebelumnya atau ditulis oleh orang lain, atau sebagian bahan yang pernah diajukan untuk gelar atau ijazah pada Universitas Darma Persada atau Perguruan tinggi lainnya"

Jakarta, Juni 2025



Gede Arya Rachman
NIM : 2023910004

ABSTRAK

Nama Gede Arya Rachman (NIM: 2023910004). Judul Analisis Teknis Penggunaan Biodiesel Pada Mesin Alat Berat di Industri Pertambangan.

Dibawah Bimbingan Dr.Ir. Muhammad Syukri Nur, MSi

Penggunaan biodiesel sebagai alternatif bahan bakar pada industri pertambangan merupakan langkah strategis dalam upaya mengurangi ketergantungan pada bahan bakar fosil dan dampak lingkungan. Transisi menuju bahan bakar yang lebih ramah lingkungan ini menjadi semakin krusial seiring dengan meningkatnya kesadaran global terhadap perubahan iklim dan kebutuhan untuk mengurangi emisi karbon dari sektor industri pertambangan. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kelayakan teknis penggunaan biodiesel dengan berbagai tingkat campuran (B20, B30, dan B50) pada mesin alat berat di industri pertambangan, dengan fokus pada evaluasi performa mesin, emisi gas buang, dan dampak terhadap komponen mesin. Metodologi penelitian menggunakan pendekatan eksperimental dengan pengujian pada Unit Excavator sebagai objek penelitian. Pemilihan unit ini didasarkan pada pertimbangan bahwa excavator merupakan alat berat yang umum digunakan dalam operasi pertambangan dan memiliki beban kerja yang representatif. Pengujian dilakukan dalam kondisi operasional yang terkontrol dengan parameter yang diukur meliputi brake specific fuel consumption (BSFC), karakteristik pembakaran, emisi gas buang, dan tingkat keausan komponen. Untuk memastikan akurasi dan reliabilitas data, penelitian ini menggunakan advanced monitoring system yang dilengkapi dengan sensor-sensor presisi untuk pengumpulan data real-time. Analisis komprehensif dilakukan menggunakan kombinasi metode statistik dan analisis teknis untuk menghasilkan evaluasi yang mendalam terhadap setiap aspek performa. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penggunaan biodiesel hingga B30 menunjukkan kelayakan teknis yang memadai dengan penurunan daya mesin kurang dari 4% dibandingkan dengan penggunaan bahan bakar diesel konvensional. Peningkatan konsumsi bahan bakar spesifik yang teramati masih berada dalam batas toleransi yang dapat diterima untuk operasi pertambangan. Analisis emisi gas buang menunjukkan penurunan signifikan pada beberapa parameter kunci: emisi CO mengalami reduksi sebesar 15-20%, HC menurun 25-30%, dan partikulat berkurang hingga 40-45%. Meskipun demikian, terjadi peningkatan moderat pada emisi NOx sebesar 8-12%, yang memerlukan pertimbangan dalam aspek pengendalian emisi. Penggunaan B50 menunjukkan tantangan teknis yang lebih signifikan dengan penurunan daya mesin kurang dari 6% dan peningkatan keausan komponen yang memerlukan penyesuaian jadwal pemeliharaan. Analisis karakteristik bahan bakar mengungkapkan perubahan signifikan pada sifat fisiko-kimia seiring peningkatan konsentrasi biodiesel, terutama pada parameter viskositas dan titik nyala. Perubahan ini memiliki implikasi langsung terhadap karakteristik pembakaran dan performa mesin secara keseluruhan. Pengujian durabilitas komponen yang dilakukan selama periode operasi menunjukkan peningkatan kandungan logam dalam oli pelumas, khususnya Fe, Al, dan Cu, yang mengindikasikan tingkat keausan yang lebih tinggi pada komponen mesin.

Berdasarkan hasil analisis komprehensif, penelitian ini menyimpulkan bahwa implementasi biodiesel hingga B30 dapat direkomendasikan untuk alat berat pertambangan dengan penyesuaian minimal pada prosedur operasional dan pemeliharaan. Penggunaan B50, meskipun menunjukkan potensi pengurangan emisi yang lebih besar, memerlukan modifikasi sistem yang lebih ekstensif dan peningkatan frekuensi pemeliharaan yang dapat mempengaruhi aspek ekonomis operasional. Rekomendasi implementasi mencakup pengembangan sistem monitoring real-time untuk memantau performa mesin dan kualitas bahan bakar secara kontinyu, program pelatihan komprehensif bagi operator dan teknisi pemeliharaan, serta protokol pengendalian kualitas yang ketat untuk memastikan konsistensi kualitas biodiesel yang digunakan. Aspek penting lainnya adalah perlunya standarisasi prosedur pemeliharaan yang disesuaikan dengan karakteristik biodiesel, termasuk interval penggantian oli dan filter yang optimal. Hasil penelitian ini memberikan kontribusi signifikan terhadap pemahaman teknis penggunaan biodiesel pada alat berat pertambangan dan dapat menjadi acuan dalam pengembangan kebijakan dan standar operasional untuk implementasi biodiesel di industri pertambangan. Temuan-temuan ini juga memberikan landasan ilmiah untuk pengembangan lebih lanjut dalam optimasi penggunaan biodiesel pada aplikasi alat berat, dengan mempertimbangkan aspek teknis, lingkungan, dan operasional secara komprehensif.

Kata Kunci: Biodiesel, Alat Berat, Performa Mesin, Emisi Gas Buang, Durabilitas Komponen

ABSTRACT

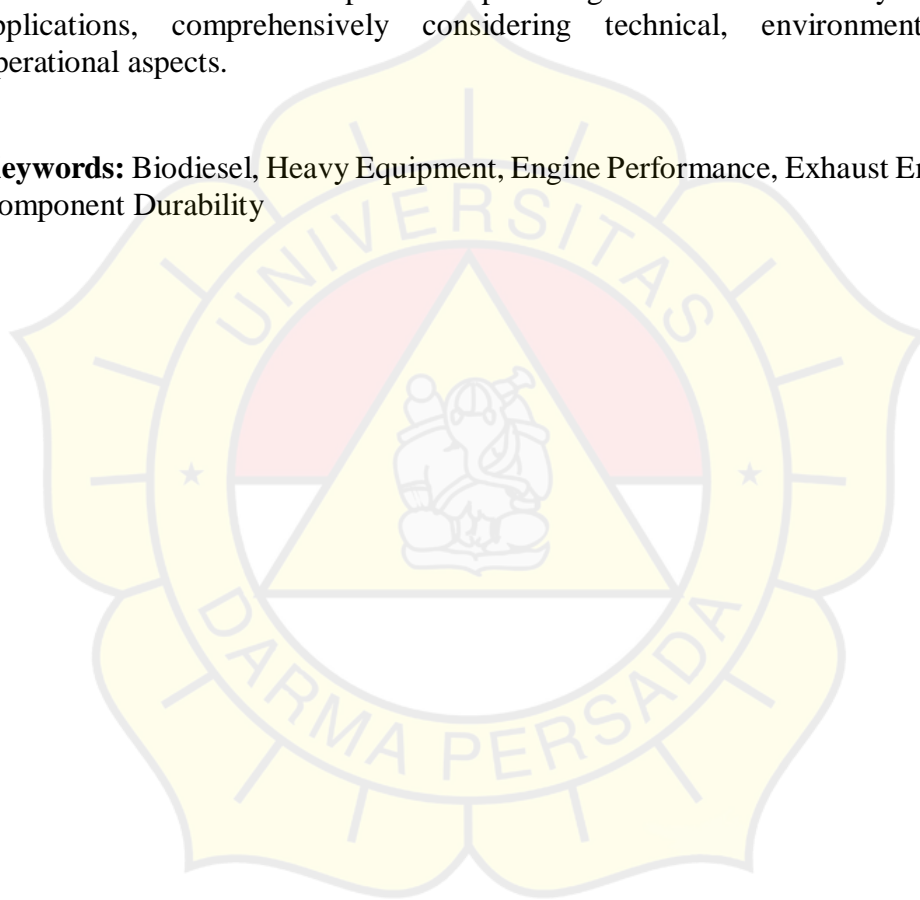
Name Gede Arya Rachman (NIM: 2023910004). Judul Technical Analysis of Biodiesel Use in Heavy Equipment Engines in the Mining Industry.

Under direction of Dr.Ir. Muhammad Syukri Nur, MSi

The utilization of biodiesel as an alternative fuel in the mining industry represents a strategic initiative to reduce dependence on fossil fuels and environmental impact. This transition toward more environmentally friendly fuel becomes increasingly crucial as global awareness of climate change grows, along with the need to reduce carbon emissions from the mining sector. This research aims to analyze the technical feasibility of using biodiesel with various blend levels (B20, B30, and B50) in heavy equipment engines in the mining industry, focusing on engine performance evaluation, exhaust emissions, and impacts on engine components. The research methodology employs an experimental approach using the Excavator Unit as the research object. This unit was selected based on the consideration that excavators are commonly used in mining operations and have representative workloads. Testing was conducted under controlled operational conditions with measured parameters including brake specific fuel consumption (BSFC), combustion characteristics, exhaust emissions, and component wear rates. To ensure data accuracy and reliability, this research utilized an advanced monitoring system equipped with precision sensors for real-time data collection. Comprehensive analysis was performed using a combination of statistical methods and technical analysis to produce an in-depth evaluation of each performance aspect. Research results indicate that biodiesel use up to B30 demonstrates adequate technical feasibility with engine power reduction of less than 4% compared to conventional diesel fuel usage. The observed increase in specific fuel consumption remains within acceptable tolerance limits for mining operations. Exhaust emission analysis shows significant reductions in several key parameters: CO emissions reduced by 15-20%, HC decreased by 25-30%, and particulate matter reduced by up to 40-45%. However, there was a moderate increase in NO_x emissions by 8-12%, which requires consideration in emission control aspects. The use of B50 shows more significant technical challenges with demonstrates adequate technical feasibility with engine power reduction of less than 6% and increased component wear requiring maintenance schedule adjustments. Fuel characteristic analysis reveals significant changes in physico-chemical properties with increasing biodiesel concentration, particularly in viscosity and flash point parameters. These changes have direct implications for combustion characteristics and overall engine performance. Component durability testing conducted during the operational period shows increased metal content in lubricating oil, particularly Fe, Al, and Cu, indicating higher wear rates in engine components. Based on comprehensive analysis results, this research concludes that biodiesel implementation up to B30 can be recommended for mining heavy equipment with minimal adjustments to operational and maintenance procedures.

The use of B50, while showing potential for greater emission reduction, requires more extensive system modifications and increased maintenance frequency that may affect operational economics. Implementation recommendations include developing real-time monitoring systems to continuously monitor engine performance and fuel quality, comprehensive training programs for operators and maintenance technicians, and strict quality control protocols to ensure consistency in biodiesel quality. Another important aspect is the need for standardization of maintenance procedures adapted to biodiesel characteristics, including optimal oil and filter change intervals. This research results contribute significantly to the technical understanding of biodiesel use in mining heavy equipment and can serve as a reference in developing policies and operational standards for biodiesel implementation in the mining industry. These findings also provide a scientific foundation for further development in optimizing biodiesel use in heavy equipment applications, comprehensively considering technical, environmental, and operational aspects.

Keywords: Biodiesel, Heavy Equipment, Engine Performance, Exhaust Emissions, Component Durability



LEMBAR PENGESAHAN TESIS

Judul Tesis : Analisis Teknis Penggunaan Biodiesel Pada Mesin
Alat Berat di Industri Pertambangan
Nama : Gede Arya Rachman
NIM : 2023910004

Telah disetujui oleh komisi pembimbing dan penguji

Dr. Ir. Muhammad Syukri Nur, MSi
(Pembimbing Utama/Penguji)

Dr. Eng. Aep Saepul Uyun, S.Tp, M.Eng
(Anggota/Penguji)

Dr. Andy Tirta, S.T., M.Eng.
(Anggota/Penguji)

Dr. Ir. As Natio Lasman
(Penguji)

Mengetahui

Ketua Program Studi

Direktur Pascasarjana

(Dr. Eng. Aep Saepul Uyun, S.Tp, M.Eng.)

(Dr. Ir. As Natio Lasman)

Tanggal Ujian :
Tanggal Yudisium :

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadiran Tuhan Yang Maha Esa atas limpahan rahmat dan hidayah-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan tesis yang berjudul Analisis Teknis Penggunaan Biodiesel Pada Mesin Alat Berat di Industri Pertambangan. Tesis ini disusun sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan studi pada program Teknik Energi Terbarukan di Universitas Darma Persada.

Penelitian ini dilatarbelakangi oleh urgensi pengurangan ketergantungan terhadap bahan bakar fosil, khususnya di sektor pertambangan yang merupakan salah satu konsumen energi terbesar. Seiring dengan meningkatnya perhatian global terhadap isu perubahan iklim dan kebutuhan akan energi yang lebih bersih dan berkelanjutan, penggunaan biodiesel sebagai bahan bakar alternatif menjadi solusi strategis yang perlu dianalisis secara teknis. Mesin alat berat di industri pertambangan memiliki peran vital dalam operasional harian, sehingga penting untuk memastikan bahwa substitusi bahan bakar tidak menganggu performa dan keandalan mesin.

Tujuan dari tesis ini adalah untuk menganalisis aspek teknis penggunaan biodiesel pada mesin alat berat, termasuk pengaruhnya terhadap performa mesin, tingkat efisiensi, serta potensi keausan komponen. Diharapkan hasil penelitian ini dapat menjadi referensi ilmiah dan praktis bagi para pelaku industri dan pemangku kebijakan dalam mengambil keputusan yang tepat terkait transisi energi di sektor pertambangan.

Penulis menyadari bahwa masih terdapat keterbatasan dalam penelitian ini. Oleh karena itu, kritik dan saran yang membangun sangat diharapkan untuk penyempurnaan penelitian di masa mendatang. Semoga tesis ini dapat memberikan manfaat bagi perkembangan ilmu pengetahuan, terutama dalam bidang penggunaan biodiesel pada industri pertambangan.

Akhir kata, semoga tesis ini dapat menjadi sumbangan yang berarti bagi pembaca serta pihak-pihak yang berkepentingan dalam bidang energi terbarukan dan industri pertambangan.

Jakarta, Juni 2025

Gede Arya Rachman
NIM : 2023910004

RIWAYAT HIDUP



Penulis dilahirkan di Balikpapan pada tanggal 24 Mei Sebagai anak pertama dari pasangan Putu Bachtiar dan Juriah Pada tahun 1985, penulis diterima di Universitas Darma Persada, Program Studi Magister Teknik Energi Terbarukan.

Selain menempuh studi, penulis juga aktif bekerja sebagai Tenaga Ahli Pemeliharaan dan Perawatan Alat Berat di PT.Ansaf Inti Resources, yang bertanggung jawab atas pengelolaan, pemeliharaan, serta optimasi kinerja alat berat dalam mendukung kegiatan operasional industry pertambangan.

Publikasi Ilmiah:

- Gede Arya Rachman, 2025, ‘Energy Efficiency Strategy in Manufacturing Industry Through Implementation of Automation Technology’, JMEMME (Journal of Mechanical, Manufactures, Materials and Energy), DOI: 10.31289/jmemme.v9i1.13998.
- Gede Arya Rachman, 2025, ‘Technical – Economic Analysis for Biorefinery’, JMEMME (Journal of Mechanical, Manufactures, Materials and Energy), DOI: 10.31289/jmemme.v9i1.14015.
- Gede Arya Rachman, 2025, ‘Bioenergy Industry Management Challenges and Opportunities in the Energy Transition Era’, JMEMME (Journal of Mechanical, Manufactures, Materials and Energy), DOI: 10.31289/jmemme.v9i1.14014.

Buku:

- Gede Arya Rachman, 2024, ‘Inovasi Teknologi Untuk Efisiensi Energi terbarukan’, PT. Inovasi Teknologi Bermedia Press (ITB Press), ISBN : 978-623-297-669-6

Proyek Ilmiah:

- Gede Arya Rachman, 2025, ‘Analysis of the Effect Biodiesel Use on Wear of Heavy Equipment Machine Components in the Mining Industry’, JMEMME (Journal of Mechanical, Manufactures, Materials and Energy), p-ISSN: 2549-6220e-ISSN: 2549-6239, No : 028/14577/LOA/V/2025.

Tesis ini disusun sebagai bagian dari menyediakan syarat akademik untuk memperoleh gelar Magister Teknik pada Program Studi Energi Terbarukan di Universitas Darma Persada. Penulis menyampaikan terima kasih atas semua dukungan yang telah diberikan selama proses studi dan penyusunan tesis ini. Semoga karya ini dapat memberikan kontribusi bagi pengembangan sektor energi berkelanjutan di Indonesia.

UCAPAN TERIMA KASIH

Dengan penuh rasa syukur dan hormat, penulis ingin menyampaikan ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada pihak-pihak yang telah memberikan dukungan, bimbingan, serta kontribusi selama proses penyusunan tesis ini, yang berjudul Analisis Teknis Penggunaan Biodiesel Pada Mesin Alat Berat di Industri Pertambangan. Tanpa bantuan dan kerja sama dari berbagai pihak, penyusunan tesis ini tidak akan dapat terselesaikan dengan baik.

Secara khusus, penulis mengucapkan terima kasih kepada:

- Dr. Ir. Muhammad Syukri Nur, MSi, selaku dosen pembimbing utama, yang telah memberikan arahan, masukan, serta motivasi dalam penyusunan tesis ini.
- Dr. Andy Tirta, S.T., M. Eng, selaku dosen pembimbing kedua, atas bimbingan dan koreksi yang sangat berharga dalam penelitian ini.
- Dr. Eng. Aep Saepul Uyun, S.Tp, M.Eng, selaku Ketua Program Studi Teknik Energi Terbarukan, yang telah memberikan dukungan dan fasilitas akademik yang diperlukan.
- Seluruh Dosen dan Staf Akademik di Fakultas Pasca Sarjana Universitas Darma Persada, yang telah memberikan ilmu dan pengalaman yang sangat berharga selama masa studi.
- PT. Ansaf Inti Resources, yang telah memberikan izin dan dukungan dalam pengumpulan data serta pelaksanaan penelitian di lapangan.
- Rekan-rekan mahasiswa serta teman-teman seperjuangan, yang telah memberikan semangat, saran, dan bantuan dalam menyelesaikan tesis ini.
- Keluarga tercinta, yang senantiasa memberikan doa, dukungan moral, dan motivasi dalam setiap langkah perjalanan akademik ini.

Semoga Tuhan Yang Maha Esa memberikan balasan yang berlipat atas amalan dan bantuan yang telah diberikan kepada penulis dalam menyelesaikan tesis ini.

Jakarta, Juni 2025

Gede Arya Rachman
NIM : 2023910004

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN TESIS	i
PERNYATAAN KEASLIAN	ii
ABSTRAK	iii
ABSTRACT	v
KATA PENGANTAR	vii
RIWAYAT HIDUP	viii
UCAPAN TERIMA KASIH.....	ix
BAB 1 Pendahuluan	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.1.1 Perkembangan Industri Pertambangan di Indonesia	1
1.1.2 Urgensi Penggunaan Biodiesel.....	1
1.1.3 Tantangan Implementasi Biodiesel pada Alat Berat	2
1.2 Perumusan Masalah	3
1.2.1 Identifikasi Masalah	3
1.2.2 Batasan Masalah.....	3
1.3 Tujuan Penelitian.....	4
1.3.1 Tujuan Umum	4
1.3.2 Tujuan Khusus.....	4
1.4 Ruang Lingkup Penelitian.....	4
1.4.1 Lingkup Substansial	4
1.4.2 Lingkup Spasial.....	5
1.4.3 Asumsi Penelitian.....	5
1.5 Kerangka Penelitian.....	6
1.5.1 Pendekatan Penelitian.....	6

1.5.2	Hipotesis Penelitian	6
1.5.3	Diagram Alir Penelitian	6
1.5.4	Kebaruan Penelitian.....	7
1.5.5	Manfaat Penelitian.....	8
BAB 2	Tinjauan Pustaka.....	9
2.1	Mekanisme Reaksi.....	9
2.1.1	Karakteristik Biodiesel	9
2.1.2	Proses Pembakaran Biodiesel pada Mesin Diesel	10
2.1.3	Reaksi Kimia dalam Pembakaran.....	11
2.1.4	Interaksi Biodiesel dengan Komponen Mesin	11
2.2	Analisis Organoleptik	11
2.2.1	Parameter Fisik Biodiesel	11
2.2.2	Evaluasi Performa Mesin.....	12
2.2.3	Analisis Emisi Gas Buang	12
2.2.4	Dampak pada Komponen Mesin	12
2.2.5	Studi Terdahulu	13
2.2.6	Standar dan Regulasi	13
2.3	Karakteristik Mesin Alat Berat dalam Industri Pertambangan	16
2.4	Komposisi Kimia untuk Aplikasi Alat Berat	16
2.5	Karakteristik Biodiesel untuk Aplikasi Alat Berat	17
2.6	Tantangan Teknis Implementasi Biodiesel pada Mesin Alat Berat	17
2.7	Strategi Mitigasi dan Rekayasa Teknis.....	18
2.8	Analisis Ekonomi Implementasi Biodiesel	19
2.9	Aspek Lingkungan dan Keberlanjutan.....	20

2.10 Studi Kasus Implementasi Global	21
2.11 Proyeksi Teknologi dan Inovasi Masa Depan	21
BAB 3 Metodologi Penelitian	23
3.1 Perancangan Percobaan dan Perlakuan.....	23
3.1.1 Desain Eksperimental	23
3.1.2 Rancangan Perlakuan.....	25
3.2 Prosedur Penelitian dan Parameter Pengamatan	26
3.2.1 Tahapan Eksperimen	26
3.2.2 Parameter Pengamatan.....	28
3.3 Analisis Data	29
3.3.1 Metode Statistik.....	29
3.3.2 Pengolahan Data.....	30
3.4 Tempat dan Waktu Penelitian	30
3.4.1 Lokasi	30
3.4.2 Jadwal Penelitian	31
3.5 Bahan dan Alat Penelitian	31
3.5.1 Bahan Penelitian.....	32
3.5.2 Peralatan Penelitian	32
BAB 4 Hasil dan Pembahasan	35
4.1 Karakteristik Bahan bakar Biodiesel	35
4.1.1 Analisis Properti Fisiko-Kimia	35
4.1.2 Analisis Komposisi Molekular.....	37
4.2 Performa Mesin	39
4.2.1 Konsumsi Bahan Bakar	39

4.2.2	Karakteristik Pembakaran.....	40
4.2.3	Performa Daya dan Torsi.....	42
4.3	Analisis Emisi Gas Buang.....	44
4.3.1	Konsentrasi Emisi.....	44
4.3.2	Evaluasi Dampak Lingkungan	45
4.4	Analisis Keausan Komponen Mesin.....	48
4.4.1	Analisis Oli Bekas	48
4.4.2	Inspeksi Visual Komponen	49
4.5	Analisis Statistik.....	51
4.5.1	Uji ANOVA	51
4.5.2	Analisis Multivariate	52
4.6	Pembahasan Komprehensif	54
4.6.1	Interpretasi Hasil	54
4.6.2	Diskusi Temuan Kunci	57
4.7	Implikasi Praktis dan Teoritis.....	60
BAB 5	Kesimpulan dan Saran	66
5.1	Kesimpulan.....	66
5.2	Saran	66

DAFTAR GAMBAR

Gambar I. 1 Diagram alir penelitian..... 6

Gambar II. 1 Karakteristik utama biodiesel..... 9

Gambar II. 2 Tahapan proses pembakaran biodiesel..... 10

Gambar III. 1 Diagram alur penelitian..... 33



DAFTAR TABEL

Tabel II. 1 Karakteristik Biodiesel untuk Alat Berat	17
Tabel II. 2 Analisis Komparatif Biaya Biodiesel vs Solar Konvensional	19
Tabel II. 3 Perbandingan Emisi Gas Rumah Kaca	20
Tabel II. 4 Proyeksi Teknologi Biodiesel Masa Depan	21
Tabel III. 1 Spesifikasi Bahan Bakar.....	33
Tabel IV. 1 Properti Fisiko-Kimia Bahan Bakar.....	35
Tabel IV. 2 Komposisi Asam Lemak Biodiesel.....	37
Tabel IV. 3 Brake Specific Fuel Consumption (BSFC)	39
Tabel IV. 4 Parameter Pembakaran	40
Tabel IV. 5 Perbandingan Daya Mesin pada Berbagai Variasi Campuran Biodiesel.....	42
Tabel IV. 6 Karakteristik Torsi Mesin.....	43
Tabel IV. 7 Konsentrasi Emisi Gas Buang.....	44
Tabel IV. 8 Persentase Penurunan Emisi.....	45
Tabel IV. 9 Kandungan Logam dalam Oli Bekas.....	48
Tabel IV. 10 Degradasi Komponen Kritis.....	49
Tabel IV. 11 Hasil Uji ANOVA Satu Arah	51

DAFTAR SINGKATAN DAN LAMBANG

SINGKATAN	Nama	Pemakaian pertama kali pada halaman
PDB	Produk Domestik Bruto	1
BPPT	Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi	2
GAPKI	Gabungan Pengusaha kelapa Sawit Indonesia	2
CPO	Crude Palm Oil	2
BMEP	Brake Mean Effective Pressure	5
SFC	Specific Fuel Consumption	5
SNI	Standart Nasional Indonesia	5
TEM	Mikroskopi Elektron Transmisi	9
CFD	Dinamika Fluida Komputasional	10
BSFC	Bahan Bakar Spesifik	12
EPA	Enviromental Protection Agency	12
NMR	Constant Volume Combustion Chamber	17
SEM	Mikroskopi Elektron Scanning	18
EDS	Spektroskopo Dispersi Energi	18
IoT	Internet of Things	18
TCO	Total Cost of Ownership	19
LCC	Life Cycle Cost	19
IEA	International Energy Agency	20
LCA	Life Cycle Assesment	20
R&R	Repeatibility & Reproducibility	24
CVCC	Constant Volume Combustion Chamber	26
TAN	Total Acid Number	28
TBN	Total Base Number	28
ANOVA	Analysis of Variance	29
PCA	Pincipal Component Analysis	29
ANN	Artificial Neutral Networks	29
LSTM	Long Short-Term Memory	30

GC-MS	Gas Chromatography - Mass Spectrometry	32
FAME	Fatty Acid Methyl Esters	32
ICP-MS	Inductively Coupled Plasma Mass Spectrometry	32
EDX	Energy Dispersive X-Ray Spectroscopy	32
SOP	Standard Operating Procedures	34
ESG	Environmental Social and Governance	48
FIFO	First-in-First Out	59
NBR	Nitrile Rubber	59

LAMBANG

%	Kandungan Biodiesel	1
CO ₂	Karbon Dioksida	2
°C	Titik Nyala	4
PM	Emisi Particulate Matter	5
CO	Karbon Monoksida	5
NO _x	Emisi Nitrogen Oksida	5
HC	Hidrokarbon	5
kg/m ³	Densitas	11
UHC	Hidrokarbon tidak terbakar	11
bar	Tekanan Maks Silinder	25
ppm	Kandungan Air	26
cSt	Viskositas	33
J/°CA	Heat Release Rate Maks	40
°CA	Durasi Pembakaran	40
Fe	Kandungan Besi	48
Al	Kandungan Aluminium	48
CU	Kandungan Tembaga	48
PB	Kandungan Timbal	48

DAFTAR

LAMPIRAN

Lampiran 1 Data Test Bench Dyno Mesin

Lampiran 2 Hasil Analisa Pelumas Mesin

Lampiran 3 Hasil Analisa Biodiesel

