

**PENGARUH RASIO KOMPRESI TERHADAP UNJUK KERJA
MOTOR BAKAR 4 LANGKAH 1 SILINDER BERBAHAN
BAKAR PERTAMAX DAN *BIO-OIL* MAKROALGA *ULVA*
*LACTUCA***

SKRIPSI

**Untuk Memenuhi Persyaratan
Memperoleh Gelar Sarjana S-1**



ARIFAH PAGIS

2210816210021

**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS LAMBUNG MANGKURAT
2026**

LEMBAR PENGESAHAN
SKRIPSI PROGRAM STUDI S-1 TEKNIK MESIN

**PENGARUH RASIO KOMPRESI TERHADAP UNJUK KERJA MOTOR
BAKAR 4 LANGKAH 1 SILINDER BERBAHAN BAKAR
PERTAMAX DAN *BIO-OIL* MAKROALGA *ULVA LACTUCA***

Oleh
Arifah Pagis (2210816210021)

Telah dipertahankan di depan tim penguji pada 14 Januari 2026 dan dinyatakan

LULUS

Komite Penguji :


- Ketua** : Ir. Andy Nugraha, S.T., M.T.
NIP. 198906282022031008 (.....)
- Anggota 1** : Prof. Dr. Ir. Rachmat Subagyo, S.T., M.T., IPM., ACPE.
NIP. 197608052008121001 (.....)
- Anggota 2** : Ir. Ma'ruf, S.T., M.T.
NIP. 197601282008121002 (.....)
- Pembimbing Utama** : Dr. Eng. Ir. Apip Amrullah, S.T., M. Eng.
NIP. 198108102012121001 (.....)

Banjarbaru, 19 Januari 2026
diketahui dan disahkan oleh:

**Wakil Dekan Bidang Akademik
Fakultas Teknik ULM,**


Dr. Ir. Mahmud, S.T., M.T.
NIP. 197401071998021001

**Koordinator Program Studi
S-1 Teknik Mesin,**


Ir. Ma'ruf, S.T., M.T.
NIP. 197601282008121002

IDENTITAS

JUDUL SKRIPSI:

PENGARUH RASIO KOMPRESI TERHADAP UNJUK KERJA MOTOR
BAKAR 4 LANGKAH 1 SILINDER BERBAHAN BAKAR PERTAMAX DAN
BIO-OIL MAKROALGA *ULVA LACTUCA*

Nama Mahasiswa/i : Arifah Pagis

NIM : 2210816210021

KOMITE PEMBIMBING

Pembimbing : Dr. Eng. Ir. Apip Amrullah, S.T., M. Eng.

KOMITE PENGUJI

Ketua Komite : Ir. Andy Nugraha, S.T., M.T.

Dosen Penguji I : Prof. Dr. Ir. Rachmat Subagyo, S.T., M.T., IPM, ACPE

Dosen Penguji II : Ir. Ma'ruf, S.T., M.T.

Waktu dan Tempat Ujian Skripsi

Seminar Proposal : 15 Oktober 2025

Seminar Hasil : 23 Desember 2025

Ujian Akhir : 14 Januari 2026

Tempat : Ruang Rapat PSTM

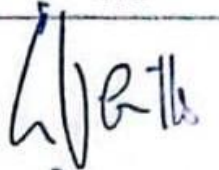

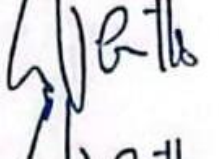
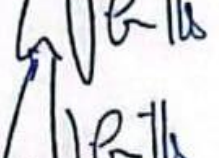
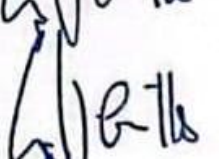
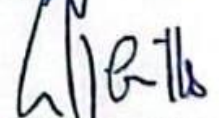
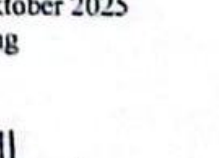
SK Penguji :

LEMBAR KONSULTASI SKRIPSI

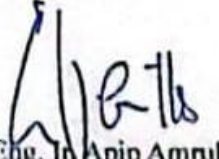
Nama Mahasiswa : Arifah Pagis

NIM : 2210816210021

Judul Skripsi : Pengaruh Rasio Kompresi Terhadap Unjuk Kerja Motor Bakar 4 Langkah 1 Silinder Berbahan Bakar Pertamax dan *Bio-Oil* Makroalga *Ulva Lactuca*








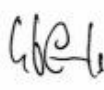
No	Tanggal	Materi Konsultasi	TTD
1	5 September 2025	Pengajuan Judul Penelitian	
2	16 September 2025	Perbaiki Bab I, sesuaikan tujuan dan rumusan masalah	
3	20 September 2025	Perjelas Novelty Penelitian, Tambahkan teori pada Bab II	
4	25 September 2025	Tambahkan refrensi dari artikel dan buku	
5	30 September 2025	Perjelas Metode Penelitian dan perbaiki format sesuai dengan Panduan	
6	4 Oktober 2025	Perbaiki Diagram Alir Penelitian	
7	10 Oktober 2025	ACC Seminar Proposal	

Banjarbaru, 10 Oktober 2025
Dosen Pembimbing



Dr. Eng. Ir. Apip Amrullah, S.T., M. Eng
NIP. 198108102012121001

LEMBAR KONSULTASI SKRIPSI

Nama Mahasiswa : Arifah Pagis
NIM : 2210816210021
Judul Skripsi : Pengaruh Rasio Kompresi Terhadap Unjuk Kerja Motor Bakar 4 Langkah 1 Silinder Berbahan Bakar Pertamina dan *Bio-Oil* Makroalga *Ulva Lactuca*

No	Tanggal	Materi Konsultasi	TTD
1	19 Oktober 2025	Perhatikan proses pengambilan data	
2	25 Oktober 2025	Tambahkan data uji emisi gas buang	
3	19 November 2025	Perbaiki format tabel hasil penelitian	
4	26 November 2025	Tambahkan grafik	
5	1 Desember 2025	Perjelas pembahasan grafik	
6	8 Desember 2025	Perbaiki kesimpulan & sesuaikan dengan rumusan masalah	
7	11 Desember 2025	Tambahkan gambar saat pengambilan data di lampiran	
8	18 Desember 2025	ACC Bab 1 -5	

Banjarbaru, 18 Desember 2025
Dosen Pembimbing


Dr. Eng. Ir. Apip Amrullah, S.T., M. Eng
NIP. 198108102012121001

PERNYATAAN ORISINALITAS

PENELITIAN SKRIPSI

Saya menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa sepanjang pengetahuan saya, di dalam naskah Penelitian Skripsi ini tidak terdapat karya ilmiah yang pernah diajukan oleh orang lain untuk memperoleh gelar akademik di perguruan tinggi, terkecuali yang secara tertulis dikutip dalam naskah ini dan disebutkan dalam sumber kutipan dan daftar pustaka.

Apabila ternyata di dalam naskah Skripsi ini dapat dibuktikan terdapat unsur-unsur jiplakan Skripsi, saya bersedia skripsi dibatalkan, serta di protes sesuai dengan peraturan perundang-undangan yang berlaku (UU No. 20 Tahun 2003, pasal 25 ayat 2 dan pasal 70).

Banjarbaru, Januari 2026
Mahasiswa



Arifah Pagis
NIM. 2210816210021

RIWAYAT HIDUP

Arifah Pagis lahir di Pekanbaru, 13 September 2004. Menyelesaikan Pendidikan di TK Aisyiyah Bustanul Athfal 39 Al-Ummah (2009-2010), SDN Pemurus Dalam 8 Banjarmasin (2010-2016), SMP Negeri 3 Banjarmasin (2016-2019), SMA Negeri 7 Banjarmasin (2019-2022). Studi di Program S-1 Teknik Mesin di Fakultas Teknik, Universitas Lambung Mangkurat, Banjarbaru, Kalimantan Selatan, tahun 2022.

Banjarbaru, Januari 2026
Mahasiswa



Arifah Pagis
NIM. 2210816210021

UCAPAN TERIMA KASIH

Alhamdulillah, segala puji bagi Allah Subhanahu wa Ta'ala yang telah mencurahkan karunia berkah dan kasih sayang-Nya sehingga atas izin-Nya penulis akhirnya dapat menyelesaikan Skripsi yang berjudul “Pengaruh Rasio Kompresi Terhadap Unjuk Kerja Motor Bakar 4 Langkah 1 Silinder Berbahan Bakar Pertamina dan *Bio-Oil* Makroalga *Ulva Lactuca*”.

Penulis menyadari bahwa terselesaikannya Skripsi ini tak lepas dari campur tangan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis menyampaikan terimakasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Bapak dan Ibunda penulis, serta saudara/(i) penulis, Maysyaroh Billah, Aditya Ramadhan, dan Azizah Octavia, yang senantiasa memberikan dukungan yang sangat berarti, baik berupa doa, dukungan finansial, motivasi, maupun dorongan moral, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini dengan sebaik-baiknya.
2. Bapak Prof. Dr. Ahmad, S.E., M.Si. selaku Rektor Universitas Lambung Mangkurat.
3. Bapak Prof. Dr. Ir. Iphan Fitriani Radam, S.T., M.T., IPU selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Lambung Mangkurat.
4. Bapak Dr. Mahmud, S.T., M.T., selaku Wakil Dekan I Bidang Akademik Fakultas Teknik Universitas Lambung Mangkurat.
5. Bapak Ir. Ma'ruf, S.T., M.T., selaku Koordinator Program Studi S-1 Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Lambung Mangkurat, sekaligus sebagai Dosen Pembimbing Akademik dan Penguji II Skripsi, yang telah memberikan arahan dan bimbingan selama proses studi dan penyusunan skripsi ini.
6. Bapak Dr. Eng. Ir. Apip Amrullah, S.T., M. Eng., selaku Dosen Pembimbing Skripsi, yang telah memberikan bimbingan, arahan, serta dorongan kepada penulis selama proses penyusunan dan penyelesaian skripsi ini.
7. Bapak Ir. Andy Nugraha, S.T., M.T., selaku Ketua Komite Penguji Skripsi.
8. Bapak Prof. Dr. Ir. Rachmat Subagyo, S.T., M.T., IPM, ACPE., selaku Penguji I Skripsi.

9. Seluruh Dosen, Staf, dan karyawan Program Studi S-1 Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Lambung Mangkurat atas jasa - jasanya selama penulis menuntut ilmu.
10. Teman-teman Wasaka Team serta dosen pembimbing Wasaka Team, Bapak Ir. Nizar Ramadhan, S.T., M.T., yang telah memberikan bantuan, dukungan, serta berbagi pengetahuan selama penulis menempuh pendidikan di Universitas Lambung Mangkurat.
11. Ibu Diana Handayani, S. Hut., M. Hut., selaku Kepala Bagian Umum Fakultas Teknik Universitas Lambung Mangkurat, yang telah memberikan bantuan dan dukungan kepada penulis, khususnya dalam pelayanan kemahasiswaan dan administrasi akademik di lingkungan Fakultas Teknik.
12. Teman-teman Disini Tikum (Fadhal, Dinno, Hagga, Alif, Alfi, Gilang, Hanif, Sahal, Zaidan, Arya) yang telah banyak memberikan bantuan, dukungan, serta motivasi kepada penulis dalam proses penyelesaian skripsi ini.
13. Teman-teman Teknik Mesin angkatan 2022 (MEUCCI 22) dan seluruh kakak dan adik tingkat Teknik Mesin Universitas Lambung Mangkurat yang selalu memotivasi untuk segera menyelesaikan skripsi ini.
14. UPT Pengujian Kendaraan Bermotor Dinas Perhubungan Kabupaten Banjar, yang telah memberikan bantuan dan fasilitas dalam pelaksanaan pengujian emisi gas buang kendaraan.

Akhir kata, penulis mengucapkan permohonan maaf atas segala kekurangan dan kekhilafan. Semoga Skripsi ini dapat memberikan manfaat dan masukan bagi pembacanya.

Banjarbaru, Januari 2026
Mahasiswa



Arifah Pagis
NIM. 2210816210021

RINGKASAN

Arifah Pagis, Program Studi S-1 Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Lambung Mangkurat, Januari 2026. Pengaruh Rasio Kompresi Terhadap Unjuk Kerja Motor Bakar 4 Langkah 1 Silinder Berbahan Bakar Pertamina dan *Bio-Oil* Makroalga *Ulva Lactuca*, Pembimbing: Dr. Eng. Ir. Apip Amrullah, S.T., M. Eng.

Konsumsi bahan bakar fosil yang terus meningkat mendorong pengembangan energi alternatif terbarukan, salah satunya bio-oil dari makroalga *Ulva lactuca*. Penelitian ini bertujuan menganalisis pengaruh variasi rasio kompresi dan persentase campuran bio-oil terhadap unjuk kerja dan emisi motor bakar empat langkah satu silinder berbahan bakar Pertamina. Pengujian dilakukan pada rasio kompresi 9,3:1, 10,6:1, dan 11,3:1 dengan variasi campuran bio-oil 0%, 5%, 10%, dan 15% pada putaran 4000–9000 rpm, dengan parameter torsi, daya, BSFC, BTE, dan emisi gas buang. Hasil menunjukkan torsi tertinggi sebesar 10,767 Nm dicapai pada rasio kompresi 10,6:1 dengan campuran bio-oil 10% pada 5000 rpm, sedangkan daya maksimum sebesar 8,833 HP diperoleh pada rasio kompresi yang sama dengan campuran 15% pada 6500 rpm. Nilai BSFC terendah sebesar 0,26423 kg/kWh dan BTE tertinggi sebesar 53,812% juga dicapai pada rasio kompresi 10,6:1. Selain itu, rasio ini menghasilkan karakteristik emisi terbaik, di mana campuran bio-oil 15% menurunkan CO hingga 4,07% dan HC hingga 111 ppm, sementara emisi CO₂ tertinggi dan O₂ terendah terjadi pada campuran 10%, yang menandakan pembakaran lebih optimal. Secara keseluruhan, kombinasi rasio kompresi 10,6:1 dan bio-oil *Ulva lactuca* pada kadar optimum mampu meningkatkan efisiensi, performa, dan kualitas pembakaran mesin.

Kata Kunci: Rasio kompresi, Motor bakar 4 langkah. Pertamina, Bio-oil *Ulva lactuca*, Unjuk kerja mesin, Emisi gas buang, Bahan bakar terbarukan.

SUMMARY

Arifah Pagis, Department of Mechanical Engineering, Faculty of Engineering, Lambung Mangkurat University, January 2026. Effect of Compression Ratio on the Performance of a Single-Cylinder Four-Stroke Engine Fueled with Pertamax and Ulva lactuca Macroalgae Bio-Oil. Supervisor: Dr. Eng. Ir. Apip Amrullah, S.T., M.Eng.

The increasing consumption of fossil fuels has encouraged the development of renewable alternative energy sources, one of which is bio-oil derived from the macroalgae Ulva lactuca. This study investigates the effects of compression ratio and bio-oil blending ratio on the performance and exhaust emissions of a single-cylinder four-stroke gasoline engine fueled with Pertamax. Experiments were conducted at compression ratios of 9.3:1, 10.6:1, and 11.3:1 with bio-oil blends of 0%, 5%, 10%, and 15% over engine speeds of 4000–9000 rpm. Engine performance was evaluated based on torque, power, brake specific fuel consumption (BSFC), and brake thermal efficiency (BTE), along with exhaust emission characteristics. The results show that the maximum torque of 10.767 Nm was achieved at a compression ratio of 10.6:1 with a 10% bio-oil blend at 5000 rpm, while the highest power of 8.833 HP occurred at the same compression ratio with a 15% blend at 6500 rpm. The lowest BSFC (0.26423 kg/kWh) and the highest BTE (53.812%) were also obtained at a compression ratio of 10.6:1. Moreover, this compression ratio produced the most favorable emission characteristics, where a 15% bio-oil blend reduced CO to 4.07% and HC to 111 ppm, while a 10% blend yielded the highest CO₂ and lowest O₂ levels, indicating more complete combustion. Overall, a compression ratio of 10.6:1 combined with optimal Ulva lactuca bio-oil blending improves engine performance, efficiency, and combustion quality, demonstrating its potential as a renewable and environmentally friendly fuel.

Keywords: Compression ratio, four-stroke engine, Pertamax, Ulva lactuca bio-oil, engine performance, exhaust emissions, renewable fuel.

KATA PENGANTAR

Puji Syukur ke hadirat Tuhan Yang Maha Esa, atas Rahmat dan karunia-Nya yang tidak terhingga sehingga laporan penelitian skripsi yang berjudul “Pengaruh Rasio Kompresi Terhadap Unjuk Kerja Motor Bakar 4 Langkah 1 Silinder Berbahan Bakar Pertamina dan *Bio-Oil* Makroalga *Ulva Lactuca*” Ini dapat tersusun dan terselesaikan dengan baik.

Banyak kendala yang dihadapi oleh penulis dalam penyusunan Skripsi ini, akan tetapi dengan adanya bantuan dari berbagai pihak, maka Skripsi ini dapat selesai tepat pada waktunya. Dalam kesempatan ini penulis dengan tulus menyampaikan ucapan terima kasih kepada:

1. Kedua orang tua serta seluruh anggota keluarga yang telah memberikan dukungan berupa doa, maupun dukungan moral.
2. Bapak Ir. Ma'ruf, S.T., M.T., selaku Koordinator Program Studi S-1 Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Lambung Mangkurat, sekaligus sebagai Dosen Pembimbing Akademik, yang telah memberikan arahan dan bimbingan selama proses studi dan penyusunan skripsi ini.
3. Bapak Dr. Eng. Ir. Apip Amrullah, S.T., M. Eng., selaku dosen pembimbing dalam penyelesaian Skripsi, yang telah mendorong, membimbing dan memberikan arahan kepada penulis untuk menyelesaikan skripsi ini.
4. Seluruh rekan-rekan Mahasiswa Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Lambung Mangkurat.

Penulis menyadari bahwa dalam penulisan skripsi ini masih banyak terdapat kekurangan yang tidak disengaja. Oleh karena itu, penulis berharap penelitian ini dapat dikembangkan dan dilanjutkan pada penelitian selanjutnya. Akhir kata, semoga skripsi ini dapat memberikan manfaat dan kontribusi bagi pengembangan ilmu pengetahuan dan teknologi, khususnya dalam bidang konversi energi di masa mendatang.

Banjarbaru, Januari 2026
Mahasiswa



Arifah Pagis
NIM. 2210816210021

DAFTAR ISI

COVER	i
HALAMAN PENGESAHAN	ii
HALAMAN IDENTITAS	iii
LEMBAR KONSULTASI SKRIPSI	iv
PERNYATAAN ORISINALITAS PENELITIAN SKRIPSI	vi
RIWAYAT HIDUP	vii
UCAPAN TERIMA KASIH	viii
RINGKASAN	x
SUMMARY	xi
KATA PENGANTAR	xii
DAFTAR ISI	xiii
DAFTAR GAMBAR	xvi
DAFTAR TABEL	xix
DAFTAR SIMBOL	xx
DAFTAR LAMPIRAN	xxi
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Penelitian	4
1.4 Manfaat Penelitian	5
1.5 Batasan Masalah	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	6
2.1 Penelitian Terdahulu	6
2.2 Landasan Teori	17
2.2.1 Motor Bakar	17
2.2.2 Mesin Otto 4 Langkah	19
2.2.3 Siklus Otto Ideal dan Aktual	23
2.2.4 Rasio Kompresi	26
2.2.5 Pengukuran Rasio Kompresi	27
2.2.6 Bahan Bakar	29
2.2.7 Makroalga <i>Ulva Lactuca</i>	31
2.2.8 Dinamometer	36

2.2.9	<i>Spark Ignition Engine</i>	37
2.2.10	Unjuk Kerja Mesin.....	38
2.2.11	Uji Emisi Gas Buang	40
2.2.12	<i>Response Surface Method (RSM)</i> dan ANOVA	41
BAB III METODE PENELITIAN		44
3.1	Metode Penelitian.....	44
3.2	Waktu dan Tempat Penelitian.....	44
3.3	Alat dan Bahan	44
3.4	Variabel Penelitian.....	45
3.4.1	Variabel Bebas	46
3.4.2	Variabel Terikat.....	46
3.4.3	Variabel Kontrol.....	46
3.5	Prosedur Penelitian.....	46
3.5.1	Tahap Persiapan	47
3.5.2	Tahap Menentukan Geometri dan Properti	47
3.5.3	Tahap Pengujian.....	48
3.6	Tabel Hasil Pengujian.....	50
3.7	<i>Randomized Complete Block Design (RCBD)</i>	51
3.8	Diagram Alir.....	52
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN		53
4.1	Hasil Pengujian Karakteristik Bahan Bakar.....	53
4.2	Torsi Mesin.....	54
4.2.1	Hasil Perbandingan Torsi pada Rasio Kompresi 9,3	54
4.2.2	Hasil Perbandingan Torsi pada Rasio Kompresi 10,6	55
4.2.3	Hasil Perbandingan Torsi pada Rasio Kompresi 11,3.....	56
4.3	Daya Mesin	59
4.3.1	Hasil Perbandingan Daya Mesin pada Rasio Kompresi 9,3	60
4.3.2	Hasil Perbandingan Daya Mesin pada Rasio Kompresi 10,6	61
4.3.3	Hasil Perbandingan Daya Mesin pada Rasio Kompresi 11,3	62
4.4	<i>Brake Specific Fuel Consumption (BSFC)</i>	65
4.4.1	Hasil Perbandingan BSFC pada Rasio Kompresi 9,3.....	65
4.4.2	Hasil Perbandingan BSFC pada Rasio Kompresi 10,6.....	67
4.4.3	Hasil Perbandingan BSFC pada Rasio Kompresi 11,3	68
4.5	<i>Brake Thermal Efficiency (BTE)</i>	71

4.5.1 Hasil Perbandingan BTE pada Rasio Kompresi 9,3	71
4.5.2 Hasil Perbandingan BTE pada Rasio Kompresi 10,6	73
4.5.3 Hasil Perbandingan BTE pada Rasio Kompresi 11,3	74
4.6 Hasil Pengujian Emisi Gas Buang	77
4.7 Pembahasan	81
4.8 Pengujian ANOVA dan RSM	84
4.8.1 Hasil Analisis ANOVA	84
4.8.2 <i>Response Surface Methodology</i> (RSM)	91
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	107
5.1 Kesimpulan	107
5.2 Saran	108
DAFTAR PUSTAKA	xxii
LAMPIRAN	xxvii

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Grafik perbandingan torsi dengan bahan bakar premium, pertamax dan pertalite.....	6
Gambar 2.2 Grafik perbandingan daya dengan bahan bakar premium, pertamax dan pertalite.....	6
Gambar 2.3 Grafik perbandingan konsumsi bahan bakar dengan bahan bakar premium, pertamax dan pertalite	7
Gambar 2.4 Grafik torsi bahan bakar RON 90 dengan Bioaditif.....	7
Gambar 2.5 Grafik daya bahan bakar RON 90 dengan Bioaditif	8
Gambar 2.6 Grafik pemakaian bahan bakar spesifik bahan bakar RON 90 dengan Bioaditif	8
Gambar 2.7 Grafik perbandingan torsi dengan variasi campuran bahan bakar pertalite, bioethanol dan bioaditif	9
Gambar 2.8 Grafik perbandingan daya dengan variasi campuran bahan bakar pertalite, bioethanol dan bioaditif	9
Gambar 2.9 Grafik perbandingan konsumsi bahan bakar spesfik dengan variasi campuran bahan bakar pertalite, bioethanol dan bioaditif.....	9
Gambar 2.10 Hubungan putaran mesin terhadap torsi pada variasi rasio kompresi dengan etanol 96%	12
Gambar 2.11 Hubungan putaran mesin terhadap torsi pada variasi rasio kompresi dengan etanol 99%	12
Gambar 2.12 Perbandingan daya pada rasio kompresi 8,8:1 dan 7,31:1	14
Gambar 2.13 Perbandingan torsi pada rasio kompresi 8,8:1 dan 7,31:1.....	14
Gambar 2.14 Perbandingan daya pada rasio kompresi 9,28:1 dan 8,31:1	14
Gambar 2.15 Perbandingan torsi pada rasio kompresi 9,28:1 dan 8,31:1.....	15
Gambar 2.16 Mesin pembakaran dalam dan mesin pembakaran luar	18
Gambar 2.17 Geometri silinder dan torak mesin Otto empat langkah.....	20
Gambar 2.18 Mekanisme gerak piston, poros engkol, dan katup pada langkah hisap	21
Gambar 2.19 Mekanisme gerak piston, poros engkol, dan katup pada langkah kompresi.....	21

Gambar 2.20 Mekanisme gerak piston, poros engkol, dan katup pada langkah usaha.....	22
Gambar 2.21 Mekanisme gerak piston, poros engkol, dan katup pada langkah buang.....	23
Gambar 2.22 Diagram P-V dari siklus otto aktual.....	24
Gambar 2.23 Diagram P-V dari siklus otto ideal.....	25
Gambar 2.24 Diagram T-S dari siklus otto ideal.....	25
Gambar 2.25 Piston ketika di TMA dan Piston ketika di TMB.....	26
Gambar 2.26 Pengukuran volume ruang bakar pada kepala silinder.....	27
Gambar 2.27 Rasio kompresi pada motor bakar.....	28
Gambar 2.28 Makroalga <i>Ulva lactuca</i>	32
Gambar 2.29 Sudut pengapian SI engine pada ruang bakar	38
Gambar 2.30 Gas Analyzer	40
Gambar 2.31 Minitab	43
Gambar 3.1 Rangkaian alat penelitian	47
Gambar 4.1 Grafik nilai torsi pada kompresi 9,3.....	55
Gambar 4.2 Grafik nilai torsi pada kompresi 10,6.....	56
Gambar 4.3 Grafik nilai torsi pada kompresi 11,3	57
Gambar 4.4 Grafik nilai torsi pada setiap variasi.....	58
Gambar 4.5 Grafik nilai daya mesin pada kompresi 9,3.....	61
Gambar 4.6 Grafik nilai daya mesin pada kompresi 10,6.....	62
Gambar 4.7 Grafik nilai daya pada kompresi 11,3	63
Gambar 4.8 Grafik nilai daya mesin pada setiap variasi.....	64
Gambar 4.9 Grafik nilai BSFC pada rasio kompresi 9,3	67
Gambar 4.10 Grafik nilai BSFC pada rasio kompresi 10,6	68
Gambar 4.11 Grafik nilai BSFC pada rasio kompresi 11,3.....	69
Gambar 4.12 Grafik nilai BSFC pada setiap variasi	70
Gambar 4.13 Grafik nilai BTE pada rasio kompresi 9,3.....	72
Gambar 4.14 Grafik nilai BTE pada rasio kompresi 10,6.....	74
Gambar 4.15 Grafik nilai BTE pada rasio kompresi 11,3.....	75
Gambar 4.16 Grafik nilai BTE pada setiap variasi	76
Gambar 4.17 Grafik nilai CO pada setiap variasi	78

Gambar 4.18 Grafik nilai HC pada setiap variasi	79
Gambar 4.19 Grafik nilai CO ₂ pada setiap variasi	80
Gambar 4.20 Grafik nilai O ₂ pada setiap variasi.....	81
Gambar 4.21 Variabel Bebas yang digunakan dalam analisis ANOVA	85
Gambar 4.22 Hasil analisis ANOVA untuk nilai Daya	85
Gambar 4.23 Hasil analisis ANOVA untuk nilai Torsi.....	86
Gambar 4.24 Hasil analisis ANOVA untuk nilai BSFC	87
Gambar 4.25 Hasil analisis ANOVA untuk nilai BTE	88
Gambar 4.26 Hasil analisis MANOVA berdasarkan variasi Rasio Kompresi	89
Gambar 4.27 Hasil analisis MANOVA berdasarkan variasi Rasio Kompresi	89
Gambar 4.28 Hasil analisis MANOVA berdasarkan variasi Putaran Mesin	90
Gambar 4.29 Residual Plots untuk Torsi.....	92
Gambar 4.30 Pareto Chart untuk Torsi.....	93
Gambar 4.31 Countour Plot untuk Torsi	93
Gambar 4.32 Surface Plot untuk Torsi	94
Gambar 4.33 Residual Plots untuk Daya	95
Gambar 4.34 Pareto Chart untuk Daya	96
Gambar 4.35 Contour Plot untuk Daya.....	97
Gambar 4.36 Surface Plot untuk Daya.....	97
Gambar 4.37 Residual Plots untuk BSFC	98
Gambar 4.38 Pareto Chart untuk BSFC.....	99
Gambar 4.39 Contour Plot untuk BSFC	100
Gambar 4.40 Surface Plot untuk BSFC	101
Gambar 4.41 Residual Plots untuk BTE	102
Gambar 4.42 Pareto Chart untuk BTE	103
Gambar 4.43 Contour Plot untuk BTE.....	103
Gambar 4.44 Surface Plot untuk BTE.....	104
Gambar 4.45 Optimization Plot semua variasi	105

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Hasil pengujian GC-MS pirolisis bio-oil makroalga jenis <i>Ulva Lactuca</i>	33
Tabel 3.1 Spesifikasi mesin Otto empat langkah	45
Tabel 3.2 Rancangan tabel pengujian hasil dinamometer	50
Tabel 3.3 Rancangan tabel pengujian emisi gas buang.....	50
Tabel 3.4 Rancangan tabel hasil analisis statistik Two Factor ANOVA	51
Tabel 4.1 Hasil uji kalor bahan bakar.....	53
Tabel 4.2 Hasil uji densitas bahan bakar	53
Tabel 4.3 Hasil Nilai Torsi pada Rasio Kompresi 9,3	54
Tabel 4.4 Hasil Nilai Torsi pada Rasio Kompresi 10,6.....	55
Tabel 4.5 Hasil Nilai Torsi pada Rasio Kompresi 11,3	57
Tabel 4.6 Hasil Nilai Daya Mesin pada Rasio Kompresi 9,3.....	60
Tabel 4.7 Hasil Nilai Daya Mesin pada Rasio Kompresi 10,6.....	61
Tabel 4.8 Hasil Nilai Daya Mesin pada Rasio Kompresi 11,3.....	62
Tabel 4.9 Hasil Nilai BSFC pada Rasio Kompresi 9,3	66
Tabel 4.10 Hasil Nilai BSFC pada Rasio Kompresi 10,6	67
Tabel 4.11 Hasil Nilai BSFC pada Rasio Kompresi 11,3.....	69
Tabel 4.12 Hasil Nilai BTE pada Rasio Kompresi 9,3	72
Tabel 4.13 Hasil Nilai BTE pada Rasio Kompresi 10,6	73
Tabel 4.14 Hasil Nilai BTE pada Rasio Kompresi 11,3.....	74
Tabel 4.15 Hasil Nilai Uji Emisi pada Semua Variasi.....	78

DAFTAR SIMBOL

BM 5%	=	<i>Bio-Oil</i> Makroalga <i>Ulva Lactuca</i> 5%	
BM 10%	=	<i>Bio-Oil</i> Makroalga <i>Ulva Lactuca</i> 10%	
BM 15%	=	<i>Bio-Oil</i> Makroalga <i>Ulva Lactuca</i> 15%	
RK	=	Rasio Kompresi	
SI	=	Spark ignition	
RPM	=	Putaran mesin per menit	
TMA	=	Titik Mati Atas	
TMB	=	Titik Mati Bawah	
V _d	=	Volume langkah	(m ³)
V _c	=	Volume sisa	(m ³)
ρ	=	Densitas bahan bakar	(kg/m ³)
t	=	Waktu menghabiskan bahan bakar	(s)
V	=	Volume bahan bakar	(m ³)
\dot{m}_f	=	Laju aliran massa bahan bakar	(kg/h)
Q_{hv}	=	Nilai kalor bahan bakar	(kJ/kg)
bp	=	Daya	(HP)
T	=	Torsi	(Nm)
BSFC	=	<i>Brake specific fuel consumption</i>	(kg/kW.h)
BTE	=	<i>Brake thermal efficiency</i>	(%)
HC	=	Hidrokarbon	(ppm)
CO	=	Karbon Monoksida	(%)
O ₂	=	Oksigen	(%)
CO ₂	=	Karbon Dioksida	(%)

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Proses Pembuatan Bio-Oil Makroalga <i>Ulva Lactuca</i>	xxvii
Lampiran 2. Proses Penyesuaian Rasio Kompresi Pada Mesin	xxx
Lampiran 3. Proses Pengujian Unjuk Kerja Mesin (Uji Dinamometer)	xxxii
Lampiran 4. Proses Pengambilan Data Laju Aliran Bahan Bakar	xxxii
Lampiran 5. Proses Uji Emisi Gas Buang.....	xxxiii
Lampiran 6. Hasil Pengujian Unjuk Kerja Mesin pada Rasio Kompresi 9,3 : 1	xxxiv
Lampiran 7. Hasil Pengujian Unjuk Kerja Mesin pada Rasio Kompresi 10,6 : 1	xxxviii
Lampiran 8. Hasil Pengujian Unjuk Kerja Mesin pada Rasio Kompresi 11,3 : 1	xlii
Lampiran 9. Hasil Perhitungan BSFC pada Rasio Kompresi 9,3 : 1	xlvi
Lampiran 10. Hasil Perhitungan BSFC pada Rasio Kompresi 10,6 : 1	xlvi
Lampiran 11. Hasil Perhitungan BSFC pada Rasio Kompresi 11,3 : 1	l
Lampiran 12. Hasil Perhitungan BTE pada Rasio Kompresi 9,3 : 1	lii
Lampiran 13. Hasil Perhitungan BTE pada Rasio Kompresi 10,6 : 1	liv
Lampiran 14. Hasil Perhitungan BTE pada Rasio Kompresi 11,3 : 1	lvi