

**PENGARUH VARIASI TEMPERATUR DAN PERSENTASE
KOMPOSISI *POLYETHYLENE TEREPHTHALATE* (PET) - *ULVA*
LACTUCA TERHADAP KARAKTERISTIK *BIO-OIL* DENGAN
METODE *SLOW PYROLISIS***

SKRIPSI



**AGUSNAEDI
201081610008**

**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS LAMBUNG MANGKURAT
2024**

LEMBAR PENGESAHAN
SKRIPSI PROGRAM STUDI S-1 TEKNIK MESIN

Pengaruh Variasi Temperatur dan Persentase Komposisi *Polyethylene Terephthalate* (PET) - *Ulva Lactuca* Terhadap Karakteristik Bio-Oil Dengan Metode *Slow Pyrolysis*

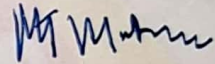
Oleh
Agusnaedi (2010816110008)

Telah dipertahankan di depan Tim Penguji pada 07 Mei 2024 dan dinyatakan

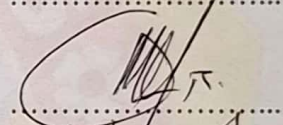
L U L U S

Komite Penguji :

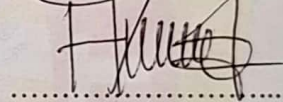
Ketua : Prof.Dr.Ir. Mastiadi Tamjidillah, S.T., M.T., IPM
NIP 197003121995121002



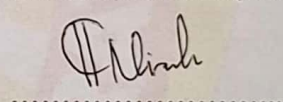
Anggota 1 : Prof.Dr.Ir. Abdul Ghofur, MT., IPM
NIP 197007171998021001



Anggota 2 : Ir. Herry Irawansyah, S.T., M.Eng
NIP 199002212018031001



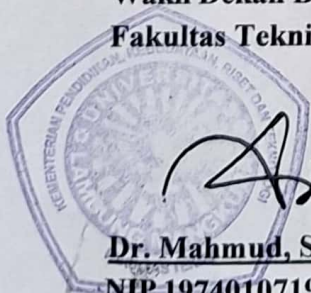
Pembimbing Utama : Muhammad Nizar Ramadhan, S.T., M.T.
NIP 199203222019031010



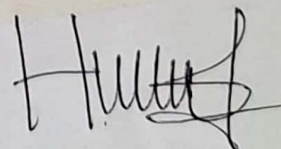
Banjarbaru, Mei 2024
diketahui dan disahkan oleh:

Wakil Dekan Bidang Akademik
Fakultas Teknik ULM,

Koordinator Program Studi
S-1 Teknik Mesin,



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



Ir. Herry Irawansyah, S.T., M.Eng
NIP 199002212018031001

HALAMAN IDENTITAS

JUDUL SKRIPSI :

**PENGARUH VARIASI TEMPERATUR DAN PERSENTASE KOMPOSISI
POLYETHYLENE TEREPHTHALATE (PET) – ULVA LACTUCA
TERHADAP KARAKTERISTIK *BIO-OIL* DENGAN METODE *SLOW
PYROLISIS***

Nama Mahasiswa/i : Agusnaedi

NIM : 2010816110008

KOMITE PEMBIMBING

Pembimbing : Muhammad Nizar Ramadhan, S.T., M.T.

KOMITE PENGUJI

Dosen Penguji I : Prof.Dr.Ir. Mastiadi Tamjidillah,S.T., M.T., IPM

Dosen Penguji II : Prof.Dr.Ir. Abdul Ghofur, MT., IPM

Dosen Penguji III : Herry Irawansyah, S.T., M.Eng

Waktu dan Tempat Ujian Skripsi

Seminar Proposal : Kamis, 07 Desember 2023

Seminar Hasil : Selasa, 02 April 2024

Ujian Akhir : Selasa, 07 Mei 2024

Tempat : Ruang Sidang PSTM FT ULM

SK Penguji :

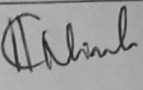
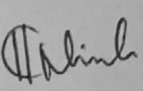
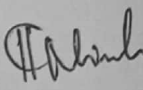
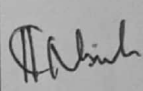
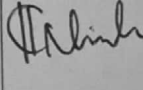
LEMBAR KONSULTASI

SKRIPSI

Nama : Agusnaedi

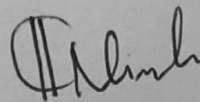
NIM : 2010816110008

Judul Skripsi : Pengaruh Variasi Temperatur dan Persentase Komposisi *Polyethylene Terephthalate* (PET) - *Ulva Lactuca* Terhadap Karakteristik Bio-Oil Dengan Metode *Slow Pyrolysis*

No	Tanggal	Materi Konsultasi	TTD
1.	21/02/24	Konsultasi data hasil Penelitian	
2.	26/02/24	Konsultasi grafik data hasil Penelitian	
3.	29/02/24	Konsultasi pembahasan hasil Penelitian	
4.	04/03/24	Perbaiki format Penulisan dalam tabel hasil data	
5.	07/03/24	Perbaikan format Penulisan Kata akhir	

Banjarbaru,

2024



Muhammad Nizar Ramadhan, S.T., M. T.
NIP. 199203222019031010

LEMBAR KONSULTASI

SKRIPSI

Nama : Agusnaedi

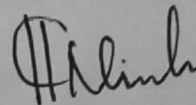
NIM : 2010816110008

Judul Skripsi : Pengaruh Variasi Temperatur dan Persentase Komposisi *Polyethylene Terephthalate* (PET) - *Ulva Lactuca* Terhadap Karakteristik Bio-Oil Dengan Metode *Slow Pyrolysis*

No	Tanggal	Materi Konsultasi	TTD
1.	18/03/24	Tambahkan satuan pada keterangan rumus	M. Nizar
2.	18/03/24	Perbaiki beberapa kata pada redaksi Pembahasan.	M. Nizar
3.	21/03/24	Tambahkan jurnal yang relevan dengan data hasil penelitian	M. Nizar
4.	25/03/24	Perbaiki Kesimpulan	M. Nizar
10.	27/03/24	AzC BAB IV - V	M. Nizar

Banjarbaru,

2024



Muhammad Nizar Ramadhan, S.T., M. T.
NIP. 199203222019031010

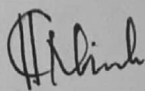
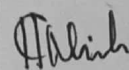
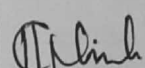
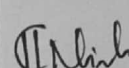
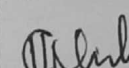
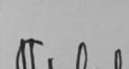
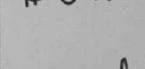
LEMBAR KONSULTASI

SKRIPSI

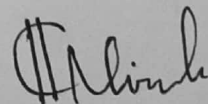
Nama : Agusnaedi

NIM : 2010816110008

Judul Skripsi : Pengaruh Variasi Temperatur dan Persentase Komposisi *Polyethylene Terephthalate* (PET) - *Ulva Lactuca* Terhadap Karakteristik Bio-Oil Dengan Metode *Slow Pyrolysis*

No	Tanggal	Materi Konsultasi	TTD
1	16/04/24	Konsultasi revisi Seminar Hasil	
2	17/04/24	AEC revisi Seminar Hasil	
3	22/04/24	Sebaran Format Sidang Akhir	
4	24/04/24	Cek Kembali Format Penulisan dan Tabel	
5	26/04/24	Tambahkan materi pendukung Bio-oil	
6	29/04/24	Pelajaran kembali jenis Pyrolysis	
7	02/05/24	AEC, Masu Sidang Akhir	

Banjarbaru, 02 Mei 2024



Muhammad Nizar Ramadhan, S.T., M. T.
NIP. 199203222019031010

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 diprotes sesuai dengan peraturan perundang-undangan yang berlaku (UU No. 20 Tahun 2003, pasal 25 ayat 2 dan pasal 70).

Banjarbaru, Mei 2024
Mahasiswa



Agusnaedi
NIM. 2010816110008

RIWAYAT HIDUP

Agusnaedi lahir di Kaluku 13 Agustus 2002, Anak ke-2 dari Bapak Bengnga dan Ibu Darmia. Menyelesaikan Pendidikan di TK PGRI Lauwa Kabupaten Wajo Sulawesi Selatan (2007-2008), SD Negeri 187 Lauwa Kabupaten Wajo Sulawesi Selatan (2008-2014), Mts Negeri Wajo Sulawesi Selatan (2014-2017), SMA Negeri 6 Wajo Sulawesi Selatan (2017-2020). Studi di Program Teknik Mesin di Fakultas Teknik Universitas Lambung Mangkurat, Banjarbaru, Kalimantan Selatan, tahun angkatan 2020.

Banjarbaru, Mei 2024
Mahasiswa



Agusnaedi
NIM. 2010816110008

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 Variasi Temperatur dan Persentase Komposisi *Polyethylene Terephthalate* (PET) – *Ulva Lactuca* Terhadap Karakteristik Bio-Oil Dengan Metode *Slow Pyrolysis*".

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

1. Bapak dan Ibu saya, , Bapak Bengnga dan Ibu Darmia, serta seluruh keluarga khususnya yang ada di Banjarmasin yang telah banyak memberikan dukungan berupa doa, biaya, maupun moral yang sangat luar biasa sehingga saya mampu menyelesaikan skripsi saya 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 II Bidang Akademik Fakultas Teknik Universitas Lambung Mangkurat.
5. Bapak Herry Irawansyah, S.T., M.Eng. selaku Koordinator Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Lambung Mangkurat.
6. Bapak Muhammad Nizar Ramadhan, S.T., M.T. selaku dosen pembimbing dalam penyelesaian Skripsi, yang telah mendorong, membimbing dan memberikan arahan kepada penulis untuk menyelesaikan skripsi ini.
7. Bapak Prof.Dr.Ir.Mastiadi Tamjidillah,S.T., M.T., IPM, Bapak Prof.Dr.Ir. Abdul Ghofur, MT., IPM, dan Bapak Herry Irawansyah, S.T., M.Eng selaku Dosen Penguji skripsi ini.
8. Seluruh Dosen Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Lambung Mangkurat

9. Bapak Dr. Eng. Apip Amrullah, S.T., M.Eng. selaku kepala laboratorium motor bakar
10. Seluruh kawan-kawan angkatan 2020 (MACROS 20) yang telah banyak membantu dan mendukung saya untuk menyelesaikan skripsi ini.
11. Semua pihak yang telah membantu hingga terselesaikannya skripsi ini yang tidak bisa saya sebutkan satu persatu.

Dalam kesempatan ini pula penulis menyampaikan mohon maaf yang sebesar besarnya apabila terdapat kekurangan dalam penyusunan skripsi ini, karena kesempurnaan hanya milik Allah SWT. Oleh karena itu, kritik dan saran yang sifatnya membangun dari semua pihak sangatlah saya harapkan demi kemajuan kita bersama.

Banjarbaru, Mei 2024
Mahasiswa



Agusnaedi
NIM. 2010816110008

RINGKASAN

Agusnaedi, Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Lambung Mangkurat, Mei 2024. Pengaruh Variasi Temperatur dan Persentase Komposisi *Polyethylene Terephthalate* (PET) – *Ulva Lactuca* Terhadap Karakteristik *Bio-Oil* dengan Metode *Slow Pyrolysis*. Komisi Pembimbing : Muhammad Nizar Ramadhan, S.T., M.T . Ketua : Prof.Dr.Ir.Mastiadi Tamjidillah,S.T., M.T., IPM. Anggota I : Prof.Dr.Ir. Abdul Ghofur, MT., IPM, Anggota II : Herry Irawansyah, S.T., M.Eng.

Konsumsi bahan bakar fosil di Indonesia semakin hari semakin meningkat seiring dengan pertumbuhan jumlah penduduk dunia, sehingga perlu adanya sumber energi alternatif lain pengganti bahan bakar fosil..Bio-oil merupakan salah satu energi alternatif potensial yang belum banyak dimanfaatkan di Indonesia. Indonesia memiliki sejumlah besar makroalga laut dan sampah plastik laut (PET) yang dapat dimanfaatkan sebagai bahan baku energi terbarukan. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis karakteristik *bio-oil* hasil *pyrolysis* limbah plastik PET (*polyethylene terephthalate*) dengan Makro Alga *Ulva Lactuca* dengan variasi temperatur dan komposisi melalui pengujian GC-MS (*Gas Chromotography-Mass-Spectroscopy*). Variasi temperature yang digunakan adalah 400°C, 500°C, dan 600°C. Sedangkan perbandingan persentase komposisi (PET) dan (*Ulva Lactuca*) yang digunakan adalah (40:60) , (50:50), (60:40), dan (70:30). Rendemen bio-oil tertinggi dihasilkan pada variasi temperatur 600°C pada perbandingan komposisi (40:60) dengan hasil sebesar 20%. Dari hasil pengujian GC-MS , diketahui senyawa dominan yang muncul adalah *Benzoid Acid Retardex* sebanyak 44,39% yang termasuk dalam golongan senyawa asam karboksilat. Beberapa asam karboksilat dapat diubah menjadi ester melalui proses esterifikasi, yang dapat digunakan sebagai bahan bakar biodiesel. Meskipun demikian, potensinya masih terbatas karena rendahnya energi yang dihasilkan per massa dibandingkan bahan bakar konvensional ,serta kendala dalam biaya produksi.

Kata Kunci : PET, *Ulva Lactuca*, Temperatur, *Bio-Oil*, GC-MS

SUMMARY

Agusnaedi, Department of Mechanical Engineering, Faculty of Engineering, Lambung Mangkurat University, May 2024. Effect of Temperature Variation and Composition Percentage of Polyethylene Terephthalate (PET) - Ulva Lactuca on Bio-Oil Characteristics by Slow Pyrolysis Method. Supervisory Commission: Muhammad Nizar Ramadhan, S.T., M.T. Chairman: Prof.Dr.Ir.Mastiadi Tamjidillah, S.T., M.T., IPM. Member I: Prof.Dr.Ir. Abdul Ghofur, MT, IPM, Member II: Herry Irawansyah, S.T., M.Eng.

Fossil fuel consumption in Indonesia is increasing day by day along with the growth of the world's population, so there is a need for other alternative energy sources to replace fossil fuels. Bio-oil is one of the potential alternative energies that have not been widely utilised in Indonesia. Indonesia has a large amount of marine macroalgae and marine plastic waste (PET) that can be utilised as raw materials for renewable energy. This study aims to analyse the characteristics of bio-oil from pyrolysis of PET (polyethylene terephthalate) plastic waste with Ulva Lactuca macroalgae with variations in temperature and composition through GC-MS (Gas Chromatography-Mass-Spectroscopy) testing. The temperature variations used are 400°C, 500°C, and 600°C. While the percentage ratio of (PET) and (Ulva Lactuca) composition used was (40:60), (50:50), (60:40), and (70:30). The highest bio-oil yield was produced at a temperature variation of 600°C at a composition ratio of (40:60) with a yield of 20%. From the results of GC-MS testing, it is known that the dominant compound that appears is Benzoid Acid Retardex as much as 44.39% which is included in the class of carboxylic acid compounds. Some carboxylic acids can be converted into esters through the esterification process, which can be used as biodiesel fuel. However, their potential is still limited due to the low energy produced per mass compared to conventional fuels, as well as constraints in production costs.

Keywords: PET, Ulva Lactuca, Temperature, Bio-Oil, GC-MS

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 Variasi Temperatur dan Persentase Komposisi *Polyethylene Terephthalate* (PET) – *Ulva Lactuca* Terhadap Karakteristik Bio-Oil dengan Metode *Slow Pyrolysis*.” 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 Herry Irawansyah, S.T., M.Eng. selaku Koordinator Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Lambung Mangkurat
3. Bapak Muhammad Nizar Ramadhan, S.T., M.T. 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 mengharapkan agar penelitian ini dapat berlanjut. Akhir kata, semoga skripsi ini berguna bagi pengembangan ilmu dan teknologi dalam bidang konversi energi kedepannya.

Banjarbaru, Mei 2024



Agusnaedi

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	1
HALAMAN PENGESAHAN	2
HALAMAN KONSULTASI	iv
PERNYATAAN ORISINALITAS PENELITIAN SKRIPSI.....	v
RIWAYAT HIDUP.....	vi
UCAPAN TERIMA KASIH	vii
RINGKASAN	ix
<i>SUMMARY</i>.....	x
KATA PENGANTAR.....	xi
DAFTAR ISI.....	xii
DAFTAR TABEL	xiv
DAFTAR GAMBAR	xv
DAFTAR LAMPIRAN	xvi
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Perumusan Masalah.....	4
1.3 Tujuan Penelitian	4
1.4 Manfaat Penelitian.....	4
1.5 Batasan Masalah Penelitian	4
1.6 Sistematika Penulisan.....	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	6
2.1 Penelitian Terdahulu	6
2.2 <i>Pyrolysis</i>	17
2.3 <i>Bio-Oil</i>	20
2.4 Bahan Baku	27
2.4.1 Limbah Plastik	27
2.4.2 <i>Ulva Lactuca</i>	32
2.5 GC-MS (<i>Gas Chromatography-Mass Spectra</i>).....	34
2.5.1 Instrumentasi <i>Gas Cromatografy Mass Spectrometry</i> (GCMS).....	35
2.5.2 Prinsip Kerja <i>Gas Cromatografy Mass Spectrometry</i> (GCMS).....	37
2.6 <i>Respon Surface Methodology</i>	39
BAB II METODOLOGI PENELITIAN.....	41
3.1 Tempat dan Waktu Penelitian	41

3.2 Bahan dan Alat Penelitian	41
3.2.1 Bahan	41
3.2.2 Alat.....	41
3.3 Metode Penelitian.....	44
3.4 Variabel Penelitian.....	45
3.5 Diagram Alir.....	46
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	47
4.1 Hasil <i>Pyrolysis</i> PET dan <i>Ulva Lactuca</i>	47
4.2 Pengaruh Temperatur dan Komposisi Terhadap Hasil Proses <i>Pyrolysis</i>	49
4.2.1 Pengaruh Temperatur dan Komposisi Terhadap Hasil Proses <i>Pyrolysis</i> Suhu 400°C.....	49
4.2.2 Pengaruh Temperatur dan Komposisi Terhadap Hasil Proses <i>Pyrolysis</i> Suhu 500°C.....	51
4.2.3 Pengaruh Temperatur dan Komposisi Terhadap Hasil Proses <i>Pyrolysis</i> Suhu 600°C.....	52
4.3 Hasil Pengujian GC-MS (<i>Gas Chromatography Mass Spectrometry</i>).....	57
4.4 Karakteristik Hasil Pengujian GC-MS	61
4.5 Hasil Pengujian RSM (<i>Response Surface Method</i>).....	66
BAB V PENUTUP.....	74
5.1 Kesimpulan.....	74
5.2 Saran.....	74
DAFTAR PUSTAKA.....	75
LAMPIRAN.....	79

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Senyawa Pada Produk Cair PET	6
Tabel 2. 2 Jenis-Jenis Pirolisis	19
Tabel 2. 3 Perbandingan hasil minyak pirolisis Limbah Plastik Jenis PP dengan standar mutu bahan bakar solar (SNI 7390:2008).....	22
Tabel 2. 4 Perbandingan bio-oil hasil penelitian Pirolisis Hydropuleper Reject Industri Kertas dengan standard.....	22
Tabel 2. 5 Perbandingan Spesifikasi Bio-oil Tongkol Jagung dengan Standard Bio-oil	23
Tabel 2. 6 Jenis Plastik, Kode, dan Penggunaannya	28
Tabel 2. 7 Data temperatur transisi dan temperatur lebur plastik.....	30
Tabel 4. 1 Hasil <i>pyrolysis</i> PET dan <i>Ulva Lactuca</i> Temperatur 400°C	47
Tabel 4. 2 Hasil <i>pyrolysis</i> PET dan <i>Ulva Lactuca</i> Temperatur 500°C	48
Tabel 4. 3 Hasil <i>pyrolysis</i> PET dan <i>Ulva Lactuca</i> Temperatur 600°C	48
Tabel 4. 4 Hasil / <i>Yield Pyrolysis</i> PET dan <i>Ulva Lactuca</i>	55
Tabel 4. 5 Hasil pengujian GC-MS PET Dan <i>Ulva Lactuca</i> temperatur 400°C perbandingan (40:60)	57
Tabel 4. 6 Hasil pengujian GC-MS PET Dan <i>Ulva Lactuca</i> temperatur 400°C perbandingan (50:50)	57
Tabel 4. 7 Hasil pengujian GC-MS PET Dan <i>Ulva Lactuca</i> temperatur 400°C perbandingan (60:40)	57
Tabel 4. 8 Hasil pengujian GC-MS PET Dan <i>Ulva Lactuca</i> temperatur 400°C perbandingan (70:30)	57
Tabel 4. 9 Hasil pengujian GC-MS PET Dan <i>Ulva Lactuca</i> temperatur 500°C perbandingan (40:60)	58
Tabel 4. 10 Hasil pengujian GC-MS PET Dan <i>Ulva Lactuca</i> temperatur 500°C perbandingan (50:50)	58
Tabel 4. 11 Hasil pengujian GC-MS PET Dan <i>Ulva Lactuca</i> temperatur 500°C perbandingan (60:40)	59
Tabel 4. 12 Hasil pengujian GC-MS PET Dan <i>Ulva Lactuca</i> temperatur 500°C perbandingan (70:30)	59
Tabel 4. 13 Hasil pengujian GC-MS PET Dan <i>Ulva Lactuca</i> temperatur 600°C perbandingan (40:60)	59
Tabel 4. 14 Hasil pengujian GC-MS PET Dan <i>Ulva Lactuca</i> temperatur 600°C perbandingan (50:50)	59
Tabel 4. 15 Hasil pengujian GC-MS PET Dan <i>Ulva Lactuca</i> temperatur 600°C perbandingan (60:40)	60
Tabel 4. 16 Hasil pengujian GC-MS PET Dan <i>Ulva Lactuca</i> temperatur 600°C perbandingan (70:30)	60
Tabel 4. 17 Tiga Belas Percobaan Dari Kombinasi Parameter berbeda.....	67
Tabel 4. 18 Model Summary Statistics	67
Tabel 4. 19 ANOVA for Quadratic Model.....	68
Tabel 4. 20 Hasil Optimasi Terhadap Respon Bio-Oil.....	70

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Pengaruh Suhu Terhadap Rendemen Bio <i>oil</i> Mikroalga.....	11
Gambar 2. 2 Grafik Pengaruh Suhu Terhadap Rendemen Bio <i>Oil</i> Mikroalga.....	11
Gambar 2. 3 Distribusi Hasil produk dari <i>Ulva Lactuca</i> pada temperatur yang berbeda, (a) 400°C, (b) 500°C, (c) 600°C.....	12
Gambar 2. 4 Senyawa yang terdapat pada bio- <i>oil</i> hasil pirolisis <i>Ulva Lactuca</i> pada suhu yang berbeda.....	13
Gambar 2. 5 Pengaruh Suhu Pirolisis terhadap distribusi hasil produk.....	14
Gambar 2. 6 Pengaruh Penambahan Katalis Terhadap Hasil Produk Distribusi ...	14
Gambar 2. 7 Analisis GC-MS Bio- <i>Oil</i> (Pirolisis Non-Katalitik dan Katalitik)	15
Gambar 2. 8 Grafik senyawa yang mendominasi hasil uji GC-MS Bio- <i>oil</i> hasil <i>pyrolysis</i> macroalgae pada tiap temperatur, (a) 400°C, (b) 500°C, (c) 600°C.....	17
Gambar 2. 9 Nomor kode plastik	28
Gambar 2. 10 Perbandingan Nilai Kalor Fuel Pirolisis Sampah Plastik Berdasarkan Jenis Plastik.....	31
Gambar 2. 11 Perbandingan densitas dan viskositas fuel pirolisis sampah plastik berdasarkan jenis plastik	31
Gambar 2. 12 Standar dan spesifikasi Bahan Bakar Minyak (BBM)	31
Gambar 2. 13 <i>Ulva Lactuca</i>	33
Gambar 2. 14 Software RSM (<i>Response Surface Methodology</i>).....	40
Gambar 3. 1 Limbah Plastik PET dan <i>Ulva Lactuca</i>	41
Gambar 3. 2 Reaktor Pirolisis	42
Gambar 3. 3 Timbangan Digital.....	42
Gambar 3. 4 Stopwatch.....	43
Gambar 3. 5 Gelas Ukur.....	43
Gambar 3. 6 Botol Kaca.....	44
Gambar 4. 1 Grafik Pengaruh Temperatur dan Komposisi Terhadap Produk Hasil Pyrolysis Pada Suhu 400°C.....	49
Gambar 4. 2 Grafik Pengaruh Temperatur dan Komposisi Terhadap Produk Hasil Pyrolysis Pada Suhu 500°C.....	51
Gambar 4. 3 Grafik Pengaruh Temperatur dan Komposisi Terhadap Produk Hasil Pyrolysis Pada Suhu 600°C.....	52
Gambar 4. 4 Grafik Senyawa Hasil Uji GCMS Bio- <i>Oil</i> Hasil Pyrolysis PET – <i>Ulva Lactuca</i> Pada Temperatur 400°C.....	61
Gambar 4. 5 Grafik Senyawa Hasil Uji GCMS Bio- <i>Oil</i> Hasil Pyrolysis PET – <i>Ulva Lactuca</i> Pada Temperatur 500°C.....	62
Gambar 4. 6 Grafik Senyawa Hasil Uji GCMS Bio- <i>Oil</i> Hasil Pyrolysis PET – <i>Ulva Lactuca</i> Pada Temperatur 600°C.....	63
Gambar 4. 7 Nilai Aktual dan Prediksi Bio- <i>Oil</i>	69
Gambar 4. 8 Hasil RSM 3D dan Kontur Plot Hasil Pyrolysis PET – <i>Ulva Lactuca</i> (60:40) Variasi Temperatur 600°C (<i>Low Level</i>)	70
Gambar 4. 9 Hasil RSM 3D dan Kontur Plot Hasil Pyrolysis PET – <i>Ulva Lactuca</i> (60:40) Variasi Temperatur 700°C (<i>Medium Level</i>).....	71
Gambar 4. 10 Hasil RSM 3D dan Kontur Plot Hasil Pyrolysis PET – <i>Ulva Lactuca</i> (60:40) Variasi Temperatur 900°C (<i>High Level</i>)	Error! Bookmark not defined.

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Bahan Baku Polyethylene Terephthalate (PET) - <i>Ulva Lactuca</i>	79
Lampiran 2 Reaktor Pirolisis	79
Lampiran 3 Pengambilan Data Hasil Pyrolisis	79
Lampiran 4 Bio-Oil dan <i>char</i> hasil <i>pyrolysis polyethylene terephthalate</i> (PET) - <i>Ulva Lactuca</i>	80