

**PENGARUH TEMPERATUR TERHADAP VISKOSITAS,  
DENSITAS, DAN NILAI KALOR PADA MINYAK HASIL  
PROSES PIROLISIS**

**PLASTIK *Polypropylene***

**TUGAS AKHIR**

**Diajukan Kepada  
Universitas Muhammadiyah Malang  
Untuk Memenuhi Salah Satu Persyaratan Memperoleh Gelar  
Sarjana Teknik Mesin**



**OLEH  
KEVIN RIZQY PRATAMA  
NIM: 201810120311234**





**JURUSAN TEKNIK MESIN  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MALANG  
2024**

**LEMBAR PENGESAHAN**  
**PENGARUH TEMPERATUR TERHADAP VISKOSITAS, DENSITAS, DAN**  
**NILAI KALOR PADA MINYAK HASIL PROSES PIROLISIS**  
**PLASTIK *Polypropylene***

Diajukan Kepada :  
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MALANG  
Untuk Memenuhi Syarat Memperoleh Gelar Sarjana (S1)  
Teknik Mesin  
Program Strata Satu (S-1) Jurusan Teknik Mesin

Disusun Oleh :  
Nama : KEVIN RIZQY PRATAMA  
NIM : 201810120311234

Diterima dan Disetujui :  
Pada Tanggal : 22 Mei 2024

Dosen Pembimbing 1  <u>Dra. Rr. Heni Hendaryati M.T</u> NIP : 10889090125	Dosen Pembimbing 2  <u>Dr. Ir. Achmad Fauzan Hery Soegiarto. M.T</u> NIP : 1089208132
 Mengetahui, Ketua Jurusan Mesin  <u>Wisnu Asyrah, S.T., M.T., Ph.D</u> NIP. 108.1503.0572	
MALANG	

## LEMBARAN ASISTENSI

Nama : Kevin Rizqy Pratama  
NIM/NIRM : 201810120311234  
Dosen Pembimbing 1 : Dra. Rr. Heni Hendaryati M.T  
Dosen Pembimbing 2 : Dr. Ir. Achmad Fauzan Hery Soegiarto, M.T  
No SK : E.2/288/FT/UMM/VIII/2023  
Tanggal SK : 31 Agustus 2023 s/d 31 Agustus 2024  
Judul Tugas Akhir : Pengaruh Temperatur Terhadap Viskositas, Densitas, Dan Nilai Kalor Pada Minyak Hasil Proses Pirolisis Plastik *Polypropylene*









No	Tanggal	Catatan Asistensi	Keterangan
1	20 Desember 2022	Konsultasi Judul	h.
2	19 Januari 2023	Bab II	h.
3	14 November 2023	Bab II ditambahi kajian penelitian terdahulu	h.
4	22 Desember 2024	Bab III dilengkapi morfologi desain	h.
5	12 April 2024	Lanjut ke bab IV	h.
6	29 April 2024	Tambahi neraca kalor	h.
7	1 Mei 2024	Bab IV acc	h.
8	18 Mei 2024	Bab V acc	h.

Malang, 22 Mei 2024  
Dosen Pembimbing I

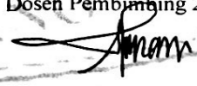
Dra. Rr. Heni Hendaryati M.T  
NIP: 10889090125

### LEMBARAN ASISTENSI

Nama : Kevin Rizqy Pratama  
NIM/NIRM : 201810120311234  
Dosen Pembimbing 1 : Dra. Rr. Heni Hendaryati M.T  
Dosen Pembimbing 2 : Dr. Ir. Achmad Fauzan Hery Soegiarto, M.T  
No SK : E.2/288/FT/UMM/VIII/2023  
Tanggal SK : 31 Agustus 2023 s/d 31 Agustus 2024  
Judul Tugas Akhir : Pengaruh Temperatur Terhadap Viskositas, Densitas, Dan Nilai Kalor Pada Minyak Hasil Proses Pirolisis Plastik *Polypropylene*

No	Tanggal	Catatan Asistensi	Keterangan
1	20 Desember 2022	Konsultasi Judul	
2	19 Januari 2023	Bab II	
3	14 November 2023	Bab II ditambahi kajian penelitian terdahulu	
4	22 Desember 2024	Bab III dilengkapi morfologi desain	
5	12 April 2024	Lanjut ke bab IV	
6	29 April 2024	Tambahi neraca kalor	
7	1 Mei 2024	Bab IV acc	
8	18 Mei 2024	Bab V acc	

Malang, 22 Mei 2024  
Dosen Pembimbing 2

  
Dr. Ir. Achmad Fauzan Hery Soegiarto, M.T  
NIP: 1089208132

## SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN

Yang bertanda tangan di bawah ini

Nama : Kevin Rizqy Pratama  
NIM : 201810120311234  
Jurusan : Teknik Mesin  
Fakultas : Teknik  
Perguruan Tinggi : Universitas Muhammadiyah Malang

Dengan ini menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa:

1. Tugas Akhir dengan judul:  
Pengaruh Temperatur Terhadap Viskositas, Densitas, Dan Nilai Kalor Pada Minyak Hasil Proses Pirolisis Plastik *Polypropylene*.  
Adalah hasil karya saya, dan dalam naskah tugas akhir ini tidak terdapat karya ilmiah yang pernah diajukan oleh orang lain untuk memperoleh gelar akademik di suatu Perguruan Tinggi, dan tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, baik sebagian ataupun keseluruhan, kecuali yang secara tertulis dikutip dalam naskah ini dan disebutkan dalam sumber kutipan dan daftar pustaka.
2. Apabila ternyata di dalam naskah tugas akhir ini dapat dibuktikan terdapat unsur-unsur PLAGIASI, saya bersedia TUGAS AKHIR ini DIGUGURKAN dan GELAR AKADEMIK YANG TELAH SAYA PEROLEH DIBATALKAN, serta diproses sesuai dengan ketentuan hukum yang berlaku.
3. Tugas akhir ini dapat dijadikan sumber pustaka yang merupakan HAK BEBAS ROYALTY NON EKSKLUSIF.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya untuk dipergunakan sebagaimana mestinya.

Malang, 22 Mei 2024

Yang Menyatakan



Kevin Rizqy Pratama



**UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MALANG**  
**FAKULTAS TEKNIK**  
**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN**  
Jl. Raya Tlogomas No. 246 Telp. (0341)464318 Psw. 128 Malang

**LEMBAR HASIL DETEKSI PLAGIASI SKRIPSI MAHASISWA**  
**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN**  
**FAKULTAS TEKNIK**  
**UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MALANG**

Lembar hasil deteksi plagiasi ini menyatakan bahwa mahasiswa berikut:

**Nama: KEVIN RIZQY PRATAMA**

**NIM : 201810120311234**

Telah melalui cek kesamaan karya ilmiah (Skripsi) mahasiswa dengan hasil sebagai berikut

<b>SKRIPSI</b>	<b>PERSENTASE KESAMAAN</b>
BAB I (PENDAHULUAN)	8%
BAB II (TINJAUAN PUSTAKA)	22%
BAB III (METODE PENELITIAN)	25%
BAB IV (HASIL DAN PEMBAHASAN)	10%
BAB V (KESIMPULAN DAN SARAN)	4%
NASKAH PUBLIKASI	20%

Dengan hasil ini dapat disimpulkan bahwa hasil deteksi plagiasi ini telah memenuhi syarat ketentuan yang diatur pada peraturan Rektor No. 2 tahun 2017 dan berhak mengikuti ujian skripsi

**Malang, 3 Juli 2024**

**Tim Plagiasi Teknik Mesin**

*an*

**M. Irkham Mamungkas ST., MT**

## ABSTRAK

Penggunaan plastik tanpa mendaur ulang mengakibatkan penambahan jumlah limbah plastik dibumi. Plastik mempunyai sifat *non-biodegradeable*. Salah satu metode daur ulang yang aman adalah pirolisis karena tidak menghasilkan limbah selama proses berlangsung. Metode ini dapat mereduksi sampah hingga 90%. Pirolisis menghasilkan produk berupa arang(*char*), Minyak dan gas. Bio-oil yang didapat dari proses pirolisis dapat digunakan sebagai pengganti bahan bakar fosil. Tujuan penelitian ini adalah untuk menganalisa pengaruh variasi temperature reactor terhadap karakteristik minyak hasil pirolisis plastik *high density polyethylene*. Experimental research dengan analisis data kualitatif deskriptif yaitu dengan memvariasikan temperature reactor pada 75°C-100°C, 100°C-150°C, 150°C-200°C, dan 200°C - 250°C untuk mengetahui karakteristik dari minyak hasil pirolisis yaitu: viskositas, densitas, dan nilai kalor. Karakteristik minyak terbaik yang didapat dari densitas pada temperature 200°C-250°C yaitu 0,781 g/ml. Viskositas pada reactor dengan temperature 150°C-200°C yaitu 7,909 cSt. Nilai kalor pada reactor dengan temperature 200°C-250°C yaitu 11445,9 kal/g. Dari hasil pengujian dan perbandingan dapat disimpulkan temperature reactor sangat mempengaruhi karakteristik minyak hasil pirolisis dan dari data yang didapatkan karakteristik minyak hasil pirolisis plastik PP mendekati karakteristik dari bahan bakar solar.

**Kata Kunci:** Pirolisis, Limbah Plastik *Polypropylene*, Karakteristik Minyak Pirolisis.



## ABSTRACT

The use of plastic without recycling results in an increase in the amount of plastic waste on earth. Plastic has non-biodegradable properties. One of the safe recycling methods is pyrolysis because it does not produce waste during the process. This method can reduce waste by up to 90%. Pyrolysis produces products in the form of char, oil and gas. Bio-oil obtained from the pyrolysis process can be used as a substitute for fossil fuels. The purpose of this study was to analyze the effect of temperature reactor variations on the oil characteristics of pyrolysis of high density polyethylene plastic. Experimental research with descriptive qualitative data analysis by varying the reactor temperature at 75°C-100°C, 100°C-150°C, 150°C-200°C, and 200°C-250°C to determine the characteristics of pyrolysis oil, namely: viscosity, density, and calorific value. The best oil characteristic obtained from density at temperatures of 200°C-250°C is 0.781 g/ml. The viscosity in the reactor with a temperature of 150 ° C-200 ° C is 7.909 cSt. The calorific value of the reactor with a temperature of 200°C-250°C is 11445.9 cal/g. From the test results and comparisons, it can be concluded that the temperature reactor greatly affects the characteristics of pyrolysis oil, and from the data obtained, the characteristics of PP plastic pyrolysis oil are close to the characteristics of diesel fuel.

Keywords: Pyrolysis, Waste Plastic Polypropylene, Characteristics of Pyrolysis Oil.



## KATA PENGANTAR



*Alhamdulillah* robil'alamin, puji syukur kehadiran *Illahi Robbi* yang senantiasa memberikan nikmat Iman dan Islam sehingga penulis dapat senantiasa menjalani kehidupan dalam rangka mencari Ridho-Nya. Sholawat dan Salam senantiasa terlimpahkan kepada *Rosulullahi* Muhammad *salallahu'alaihi wassallam* sang revolusi *ummat* hingga saat ini.

Penulisan skripsi ini diajukan untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh Gelar Sarjana pada Program Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Malang. Judul yang diajukan penulis adalah **“Pengaruh Temperatur Terhadap Viskositas, Densitas, Dan Nilai Kalor Pada Minyak Hasil Proses Pirolisis Plastik *Polypropylene*”**.

Dalam penyelesaian skripsi ini, tentunya penulis tidak bekerja sendiri melainkan banyak elemen yang terlibat didalamnya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini dengan tepat waktu. Adapun dengan penuh kerendahan hati penulis mengucapkan banyak terimakasih kepada:

1. Bapak dr. Sugeng Sugiharto dan Ibu dr. Zuyyina Fihayati, M.Kes selaku orang tua Kevin Rizqy Pratama yang senantiasa memberikan doa, dukungan, dan motivasi, serta sumber inspirasi dan semangat dalam segala hal.
2. Bapak Prof. Ilyas Masudin, ST., MLogSCM.Ph.D selaku dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Malang yang telah memberikan izin dalam penulisan skripsi ini.
3. Ibu Iis Siti Aisyah, ST., MT., Ph.D selaku Ketua Jurusan Teknik Mesin FT UMM yang telah memberikan kelancaran pelayanan dan urusan akademik.
4. Ibu Dra. Rr. Heni Hendaryati M.T selaku dosen pembimbing I yang selalu memberikan waktu bimbingan dan arahan selama penyusunan tugas akhir ini.

5. Bapak Dr. Ir. Achmad Fauzan Hery Soegiarto, M.T selaku dosen pembimbing II yang selalu memberikan waktu bimbingan dan arahan selama penyusunan tugas akhir ini.
6. Seluruh Dosen Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Malang yang telah memberikan ilmunya kepada penulis.
7. Terima kasih kepada teman-teman yang telah banyak membantu dan menghibur penulis selama proses penyusunan tugas akhir ini.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari kata sempurna. Oleh karena itu, kritik dan saran yang konstruktif sangat diharapkan untuk meningkatkan kemampuan penulis. Akhir kata, semoga skripsi ini dapat bermanfaat dan dijadikan bahan referensi bagi pembaca khususnya mahasiswa Jurusan Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Malang

Malang, 22 Mei 2024

Penulis,

(Kevin Rizqy Pratama)

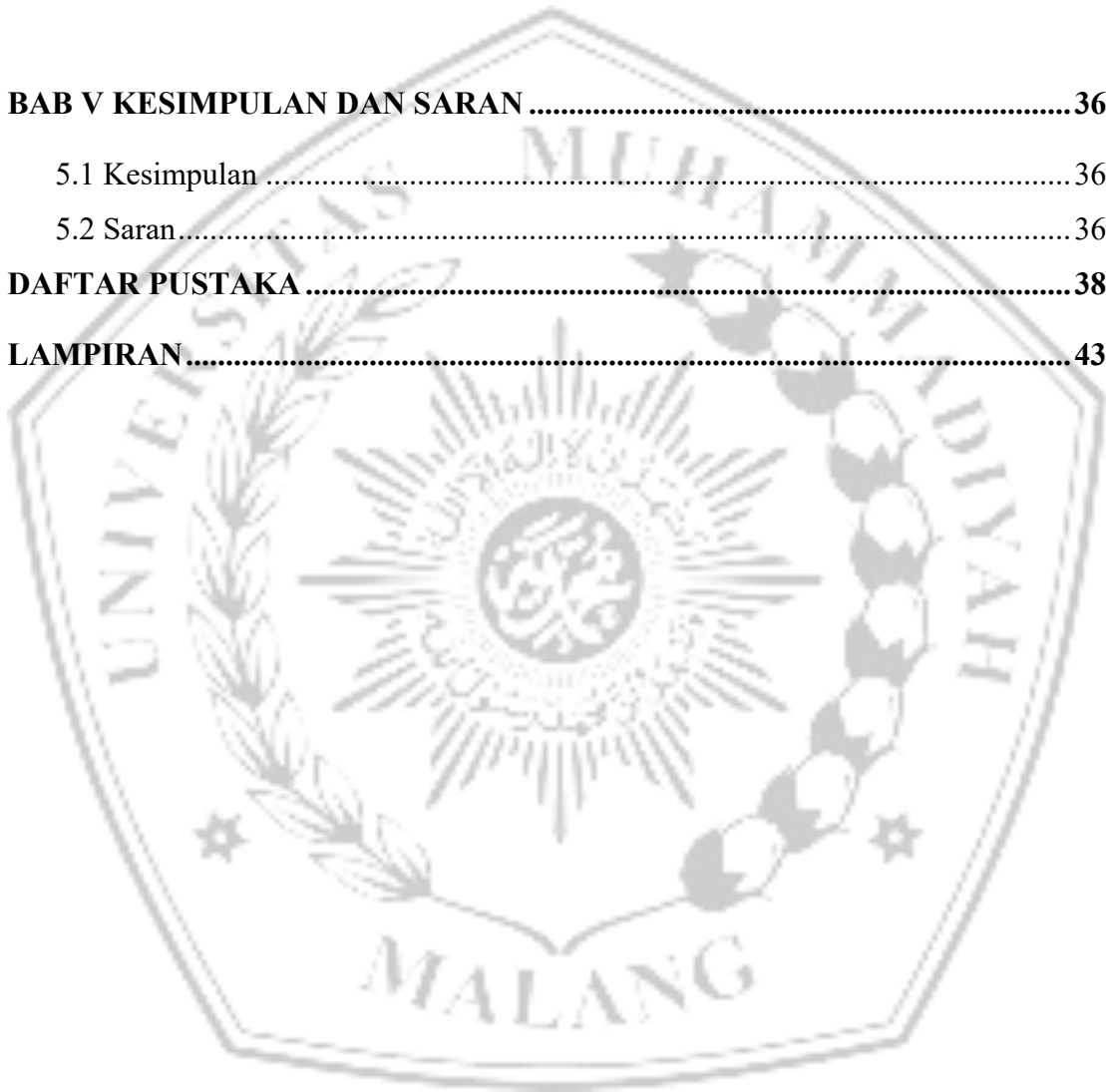
# DAFTAR ISI

<b>POSTER.....</b>	<b>i</b>
<b>LEMBAR PENGESAHAN .....</b>	<b>ii</b>
<b>LEMBAR ASISTENSI .....</b>	<b>iii</b>
<b>SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN.....</b>	<b>v</b>
<b>ABSTRAK .....</b>	<b>vi</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>vii</b>
<b>KATA PENGANTAR.....</b>	<b>viii</b>
<b>DAFTAR ISI.....</b>	<b>x</b>
<b>DAFTAR GAMBAR.....</b>	<b>xii</b>
<b>DAFTAR TABEL.....</b>	<b>xiii</b>
<b>BAB I PENDAHULUAN.....</b>	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	2
1.3 Tujuan Penelitian .....	3
1.4 Batasan Masalah.....	3
1.5 Manfaat Penelitian` .....	3
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....</b>	<b>4</b>
2.1 Penelitian Terdahulu .....	4
2.2 Polimer .....	4
2.3 Plastik.....	5
2.4 Plastik <i>Polypropylene</i> (PP) .....	8
2.5 Pirolisis.....	10
2.5.1 Klasifikasi Pirolisis .....	11
2.5.2 Faktor Pirolisis .....	12
2.6 Bahan Bakar Cair .....	13

2.7 Pembakaran Bahan Bakar Cair .....	16
2.7.1 Reaksi Pembakaran .....	16
2.7.2 Mekanisme Pembakaran .....	17
2.8 Pengaruh Temperatur Terhadap Hasil Pirolisis Plastik.....	17
<b>BAB III METODOLOGI PENELITIAN .....</b>	<b>19</b>
1.1 Metode Penelitian.....	19
1.2 Waktu Penelitian .....	19
1.3 Variable Penelitian .....	19
1.4 Alat Dan Bahan Penelitian .....	20
1.4.1 Alat.....	20
1.4.2 Bahan.....	21
1.5 Diagram Alir Penelitian .....	22
1.6 Prosedur Penelitian.....	23
1.6.1 Persiapan Alat .....	23
1.6.2 Persiapan Bahan .....	23
1.6.3 Safety.....	23
1.6.4 Proses Pirolisis .....	24
1.7 Prosedur Pengujian Densitas.....	26
1.8 Prosedur Pengujian Viscositas .....	27
1.9 Prosedur Pengujian Nilai Kalor .....	28
1.10 Pengumpulan Data.....	30
1.11 Pengolahan Data .....	30
<b>BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN.....</b>	<b>31</b>
4.1 Pengumpulan Data .....	31
4.2 Pengamatan Visual Minyak Pirolisis .....	31
4.3 Pengujian Laboratorium Densitas, Viskositas, Dan Nilai Kalor.....	32
4.3.1 Pengaruh Temperatur Pirolisis Terhadap Densitas Minyak Hasil Pirolisis.....	33

4.3.2 Pengaruh Temperatur Pirolisis Terhadap Viskositas Minyak Hasil Pirolisis.....	34
4.3.3 Pengaruh Temperatur Pirolisis Terhadap Nilai Kalor Minyak Hasil Pirolisis.....	35

<b>BAB V KESIMPULAN DAN SARAN .....</b>	<b>36</b>
5.1 Kesimpulan .....	36
5.2 Saran.....	36
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>38</b>
<b>LAMPIRAN.....</b>	<b>43</b>

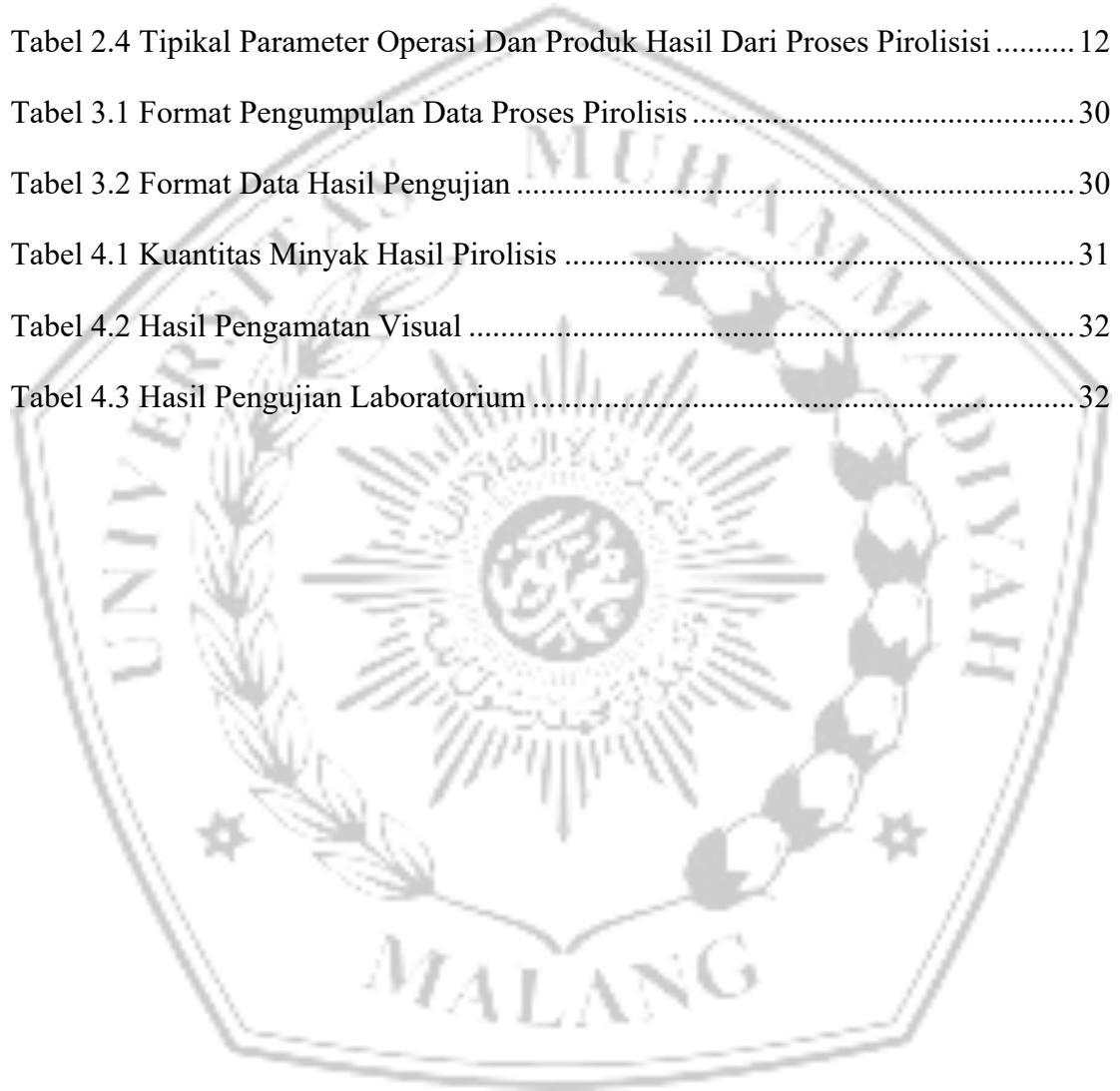


## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Permintaan Bahan Plastik Dunia Berdasarkan Jenis Resin.....	6
Gambar 2.2 Struktur Plastik <i>Polypropylene</i> .....	9
Gambar 2.3 Skema Proses Pirolisis .....	10
Gambar 2.4 Calorimeter Tipe Bomp.....	15
Gambar 3.1 Alat Pirolisis.....	21
Gambar 3.2 Contoh Plastik <i>Polypropylene</i> .....	22
Gambar 3.3 Alat Safety.....	25
Gambar 3.4 Alat Pemadam Api Ringan (APAR) .....	25
Gambar 3.5 Alat Pengujian Density Meter.....	26
Gambar 3.6 Viscometer .....	27
Gambar 3.7 Kalorimeter Tipe Bomb.....	28
Gambar 4.1 Minyak Pirolisis Sampah Plastik <i>Polypropylene</i> .....	32
Gambar 4.2 Grafik Densitas.....	34
Gambar 4.3 Grafik Viskositas.....	35
Gambar 4.4 Grafik Nilai Kalor .....	36

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Nilai Rata-Rata Pengujian Laboratorium Minyak Hasil Pirolisis.....	4
Tabel 2.2 Jenis Plastik, Kode, Titik Leleh, Dan Pengaplikasian .....	7
Tabel 2.3 Data Temperature Transisi Dan Temperature Lebur Plastik .....	9
Tabel 2.4 Tipikal Parameter Operasi Dan Produk Hasil Dari Proses Pirolisis .....	12
Tabel 3.1 Format Pengumpulan Data Proses Pirolisis .....	30
Tabel 3.2 Format Data Hasil Pengujian .....	30
Tabel 4.1 Kuantitas Minyak Hasil Pirolisis .....	31
Tabel 4.2 Hasil Pengamatan Visual .....	32
Tabel 4.3 Hasil Pengujian Laboratorium .....	32





## DAFTAR PUSTAKA

- [1] N. H. A. M. Maskun, Hasbi Assidiq, Siti Nurhaliza Bachril, “NORMATIVE REVIEW OF THE IMPLEMENTATION OF PRODUCER RESPONSIBILITY PRINCIPLE IN REGULATION OF PLASTIC WASTE MANAGEMENT IN INDONESIA,” *Bina Huk. Lingkung.*, vol. 6, no. 2, pp. 2541–2353, 2022, doi: 10.24970/bhl.v6i2.159.
- [2] Suparyanto dan Rosad (2015, “Bahan Bakar,” *Suparyanto dan Rosad (2015*, vol. 5, no. 3, pp. 248–253, 2020.
- [3] R. Hamid, M. N. Djide, and R. Ibrahim, “BIODEGRADASI DENGAN BAKTERI PESUDOMONAS SP,” *Hasanudin Univ. Repos.*, 2016.
- [4] M. S. Galuh Yuliani, “An Overview of Polymers,” *Kim. Polim.*, vol. 53, no. 1, pp. 59–65, 2013, [Online]. Available: <http://dx.doi.org/10.1016/j.encep.2012.03.001>.
- [5] J. A. Riandis, A. R. Setyawati, and A. S. Sanjaya, “Pengolahan Sampah Plastik Dengan Metode Pirolisis Menjadi Bahan Bakar Minyak,” *J. Chemurg.*, vol. 5, no. 1, p. 8, 2021, doi: 10.30872/cmg.v5i1.4755.
- [6] P. B. W. Wardhana, A. F. Hanafi, A. Finali, and M. L. Umar, “Potensi Limbah Plastik sebagai Sumber Energi Terbarukan Menggunakan Proses Degradasi Termal dan Katalitik,” *J-Proteksion J. Kaji. Ilm. dan Teknol. Tek. Mesin*, vol. 7, no. 1, pp. 14–20, 2022, doi: 10.32528/jp.v7i1.8242.
- [7] M. M Jahiding, ENurfianti1, E S Hasan, R SRizki, “Analisis Pengaruh Temperatur Pirolisis terhadap Kualitas Bahan Bakar Minyak dari Limbah Plastik Polipropilena,” *Aviat. Week Sp. Technol. (New York)*, vol. 167, no. 6, pp. 61–62, 2007.
- [8] N. Nasrun, E. Kurniawan, and I. Sari, “Pengolahan Limbah Kantong Plastik Jenis Kresek Menjadi Bahan Bakar Menggunakan Proses Pirolisis,” *J. Energi Elektr.*, vol. 4, no. 1, pp. 1–5, 2017, doi: 10.29103/jee.v4i1.11.
- [9] Y. Bow, Rusdianasari, and L. Sutini Pujiastuti, “Pyrolysis of Polypropylene Plastic Waste into Liquid Fuel,” *IOP Conf. Ser. Earth Environ. Sci.*, vol. 347, no. 1, 2019, doi: 10.1088/1755-1315/347/1/012128.
- [10] J. Fu *et al.*, “Effects of temperature, oxygen and steam on pore structure characteristics of coconut husk activated carbon powders prepared by one-step rapid pyrolysis activation process,” *Bioresour. Technol.*, vol. 310, no. March, p. 123413, 2020, doi:

- 10.1016/j.biortech.2020.123413.
- [11] J. A. Olalo, "Characterization of pyrolytic oil produced from waste plastic in Quezon City, Philippines using non-catalytic pyrolysis method," *Chem. Eng. Trans.*, vol. 86, no. September 2020, pp. 1495–1500, 2021, doi: 10.3303/CET2186250.
- [12] M. S. Cahyono, S. Haryono, and W. W. Mandala, "Proses Pirolisis Untuk Mengkonversi Limbah Plastik Menjadi Bahan Bakar Minyak Menggunakan Penyaringan Adsorban (Arang dan Zeolit)," *J. Offshore Oil, Prod. Facil. Renew. Energy*, vol. 5, no. 2, p. 74, 2021, doi: 10.30588/jo.v5i2.993.
- [13] M. R. J. Yadav, S. Solanki, S. Saharna, J. Bhardwaj, and Ramvijay, "Pyrolysis of Waste Plastic into Fuel," *Int. J. Recent Technol. Eng.*, vol. 9, no. 1, pp. 2600–2605, 2020, doi: 10.35940/ijrte.a2662.059120.
- [14] A. S. Dudung Tri Ashari, Ali Mokhtar, "Pengaruh temperatur pemanasan terhadap massa jenis dan nilai kalor bahan bakar cair pada proses pirolisis limbah plastik polyethylene terephthalate (PET)," *J. Inf.*, vol. 1, no. 3, pp. 1–17, 2022.
- [15] I. Falls and I. Falls, "Addition of biodegradability lending additives to plastic materials," vol. 2, 2021.
- [16] U. B. Surono and Ismanto, "Pengolahan Sampah Plastik Jenis PP, PET dan PE Menjadi Bahan Bakar Minyak dan Karakteristiknya," *J. Mek. dan Sist. Termal*, vol. 1, no. 1, pp. 32–37, 2016.
- [17] A. L. Andrady and M. A. Neal, "Applications and societal benefits of plastics," *Philos. Trans. R. Soc. B Biol. Sci.*, vol. 364, no. 1526, pp. 1977–1984, 2009, doi: 10.1098/rstb.2008.0304.
- [18] A. Mokhtar, A. Rahmandhika, M. Jufri, and Murjito, "Proses Pembuatan Bahan Bakar Cair Dari Limbah Plastik," *Pros. Semin. Teknol. dan Rekayasa*, pp. 2527–6050, 2020, [Online]. Available: <http://beginstl.com/tag/jenis-jenis-plastik-dan-contohnya/>.
- [19] S. Mulijani, "Kemasan Plastik dan Aspek Kehalalannya," *Lppom Mui*, vol. 130, pp. 1–8, 2019, [Online]. Available: <http://www.halalmui.org/mui14/main/detail/kemasan-plastik-dan-aspek-kehalalannya>.
- [20] E. Hartulistiyoso, F. A. P. A. G. Sigiro, and M. Yulianto, "Temperature Distribution of the Plastics Pyrolysis Process to Produce Fuel at 450oC," *Procedia Environ. Sci.*, vol. 28, no. SustaiN 2014, pp. 234–241, 2015, doi: 10.1016/j.proenv.2015.07.030.

- [21] E. Praputri, Mulyazmi, E. Sari, and M. Martynis, "Pengolahan Limbah Plastik Polypropylene Sebagai Bahan Bakar Minyak (BBM) Dengan Proses Pyrolysis," *Semin. Nas. Tek. Kim. – Teknol. Oleo Petro Kim. Indones. Pekanbaru, Indones.*, vol. 1, no. 1, pp. 159–168, 2016.
- [22] Abdullah, U. Irawati, N. Qomariah, and N. Ain, *Buku Ajar Teknologi Tepat Guna Mengolah Sampah Plastik menjadi Bahan Bakar Minyak*. 2018.
- [23] W. (PCT), "Microorganism isolated from tenebrio molitor larva and having plastic degrading activity, and method for degrading plastic using same."
- [24] Iman Mujiarto \* ), "Sifat dan Karakteristik Material Plastik Dan Bahan Aditif," *Traksi*, vol. 3, no. 2, pp. 65–74, 2005.
- [25] S. A. B. Environmental *et al.*, "2009 Landfill Biodegradation," *PhD Propos.*, vol. 1, no. 1, pp. 311–318, 2005.
- [26] Hisham A. Maddah, "Polypropylene as a Promising Plastic: A Review," *Am. J. Polym. Sci.*, no. January, 2016, doi: 10.5923/j.ajps.20160601.01.
- [27] S. Untoro Budi, "Berbagai Metode Konversi Sampah Plastik Menjadi Bahan Bakar Minyak," *J. Envirotek*, vol. 9, no. 2, pp. 32–40, 2018.
- [28] R. Miranda, H. Pakdel, C. Roy, and C. Vasile, "Vacuum pyrolysis of commingled plastics containing PVC II. Product analysis," *Polym. Degrad. Stab.*, vol. 73, no. 1, pp. 47–67, 2001, doi: 10.1016/S0141-3910(01)00066-0.
- [29] D. G. H. Adoe, W. Bunganaen, I. F. Krisnawi, and F. A. Soekwanto, "Pirolisis Sampah Plastik PP (Polypropylene) menjadi Minyak Pirolisis sebagai Bahan Bakar Primer," *LONTAR J. Tek. Mesin Undana*, vol. 3, no. 1, pp. 17–26, 2016.
- [30] T. Maqsood, J. Dai, Y. Zhang, M. Guang, and B. Li, "Pyrolysis of plastic species: A review of resources and products," *J. Anal. Appl. Pyrolysis*, vol. 159, no. May, p. 105295, 2021, doi: 10.1016/j.jaap.2021.105295.
- [31] N. Altawell, WSEAS (Organization), G. International Conference on Energy & Environment (7 : 2012 : Kos Island, G. International Conference on Continuum Mechanics (7 : 2012 : Kos Island, and H. & H. (7 : 2012 : K. I. International Conference on Water Resources, "Recent researches in environmental and geological sciences : proceedings of the 7th WSEAS International Conference on Energy & Environment (EE '12), proceedings of the 7th WSEAS International Conference on Continuum Mechanics

- (CM '12), proceedings of the,” p. 485, 2012.
- [32] P. Brownsort, “Biomass pyrolysis processes: performance parameters and their influence on biochar system benefits peter alexander brownsort,” *Biomass pyrolysis Process.*, vol. 1, 2009.
- [33] P. Basu, *Biomass Gasification and Pyrolysis Practical Design*. 2010.
- [34] T. K. Dhaniswara and D. Fahriani, “Produksi Bahan Bakar Minyak (BBM) dari Sampah Botol Plastik Bekas Air Minum dengan Metode Pirolisis,” *J. Res. Technol.*, vol. 7, no. 1, pp. 83–92, 2021.
- [35] J. N. Mburu and P. M. Njogu and J. W. Muthengia, “PYROLYSIS PROCESS STUDIES FOR POST CONSUMER POLYETHENE WASTE CONVERSION AND UPGRADING OF THE PYROLYSIS OIL,” *Ekp*, vol. 13, no. 3, pp. 1576–1580, 2015.
- [36] Aswir and H. Misbah, “PRODUKSI BAHAN BAKAR CAIR DARI LIMBAH PLASTIK PP DAN KO-REAKTAN BIODIESEL MINYAK JELANTAH MENGGUNAKAN METODE KONVERSI KATALITIK,” *Photosynthetica*, vol. 2, no. 1, pp. 1–13, 2018.
- [37] A. Krisna Adi and H. Misbah, “PRODUKSI BAHAN BAKAR CAIR DARI LIMBAH PLASTIK POLIPROPILENA DENGAN KO-REAKTAN BIODIESEL DARI MINYAK BIJI NYAMPLUNG (CALOPHYLLUM INOPHYLLUM) MELALUI KONVERSI KATALITIK,” *Photosynthetica*, vol. 2, no. 1, pp. 1–13, 2018.
- [38] A. Bahar Choirul, “BAB II TINJAUAN PUSTAKA 2.1 Bahan Bakar Cair,” pp. 4–18, 2010.
- [39] K. Ridhuan, D. Irawan, and R. Inthifawzi, “Proses Pembakaran Pirolisis dengan Jenis Biomassa dan Karakteristik Asap Cair yang Dihasilkan,” *Turbo J. Progr. Stud. Tek. Mesin*, vol. 8, no. 1, pp. 69–78, 2019, doi: 10.24127/trb.v8i1.924.
- [40] M. Jupriyanto, S. A. Romadhon, and P. H. Bersama, “ANALISIS PENGUJIAN EMISI GAS BUANG (HC,CO,CO<sub>2</sub>) BAHAN BAKAR PADA MESIN PENGGILING DAN PENEPUNG BIJI KOPI,” vol. 1, no. 4, pp. 1–4, 2021.
- [41] R. P. Liestiono, M. S. Cahyono, W. Widyawidura, A. Prasetya, and M. Syamsiro, “Characteristics of Oil and Gas Results from Plastic Thermal Decomposition Process Types Low Density Polyethylene (LDPE),” *J. Offshore Oil, Prod. Facil. Renew. Energy*, vol. 1, no. 2, p. 1, 2017, doi: 10.30588/jo.v1i2.288.

- [42] R. Pan, M. Ferreira Martins, and G. Debenest, "Pyrolysis of waste polyethylene in a semi-batch reactor to produce liquid fuel: Optimization of operating conditions," *Energy Convers. Manag.*, vol. 237, 2021, doi: 10.1016/j.enconman.2021.114114.
- [43] J. Fu *et al.*, "Effects of temperature, oxygen and steam on pore structure characteristics of coconut husk activated carbon powders prepared by one-step rapid pyrolysis activation process," *Bioresour. Technol.*, vol. 310, no. April, p. 123413, 2020, doi: 10.1016/j.biortech.2020.123413.
- [44] B. Rachmanto, M. Fauziyah, and S. Sungkono, "Sistem Kontrol Suhu Dan Laju Pemanasan Proses Pirolisis Pengolahan Limbah Plastik Menjadi BBM Dengan Metode PID," *J. Elektron. dan Otomasi Ind.*, vol. 7, no. 1, p. 98, 2021, doi: 10.33795/elkolind.v7i1.186.
- [45] Z. A. Hussein, Z. M. Shakor, M. Alzuhairi, and F. Al-Sheikh, "Thermal and catalytic cracking of plastic waste: a review," *Int. J. Environ. Anal. Chem.*, vol. 00, no. 00, pp. 1–18, 2021, doi: 10.1080/03067319.2021.1946527.
- [46] K. Udyani, E. Ningsih, and M. Arif, "PENGARUH TEMPERATUR PIROLISIS TERHADAP YIELD DAN KANTONG PLASTIK Jurusan Teknik Kimia Institut Teknologi Adhi Tama Surabaya," *Semin. Nas. Sains dan Teknol. Terap. VI*, no. 2013, pp. 389–394, 2018.
- [47] J. A. Riandis, A. R. Setyawati, and A. S. Sanjaya, "Pengolahan Sampah Plastik Dengan Metode Pirolisis Menjadi Bahan Bakar Minyak Plastic Waste Processing Using Pyrolysis Method Into Fuel Oil," *J. Chemurg.*, vol. 05, no. 1, pp. 8–14, 2021.
- [48] D. G. H. Adoe, W. Bunganaen, I. F. Krisnawi, and F. A. Soekwanto, "Pirolisis Sampah Plastik PP ( Polypropylene ) menjadi Minyak Pirolisis sebagai Bahan Bakar Primer," vol. 03, no. 01, pp. 17–26, 2016.