



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



**ANALISIS PRODUK CAIR HASIL CO-PIROLISIS LIMBAH BOTOL
PET DAN MINYAK JELANTAH MENGGUNAKAN KATALIS ZEOLIT
ALAM**

TESIS

SHAFa AMATULLAH FATIN
2309521005

**PROGRAM STUDI MAGISTER TERAPAN
REKAYASA TEKNOLOGI MANUFAKTUR
PASCASARJANA POLITEKNIK NEGERI JAKARTA
DEPOK
JULI 2025**



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



**ANALISIS PRODUK CAIR HASIL CO-PIROLISIS LIMBAH
BOTOL PET DAN MINYAK JELANTAH MENGGUNAKAN
KATALIS ZEOLIT ALAM**

TESIS

Diajukan untuk memenuhi salah satu persyaratan
mencapai derajat Magister Terapan dalam Rekayasa Teknologi dan Sistem
Manufaktur

**POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA**

SHAFa AMATULLAH FATIN
2309521005

**PROGRAM STUDI MAGISTER TERAPAN
REKAYASA TEKNOLOGI MANUFAKTUR
PASCASARJANA POLITEKNIK NEGERI JAKARTA
DEPOK
JULI 2025**



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta:

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

HALAMAN PERNYATAAN BEBAS PLAGIARISME

Saya yang bertanda tangan di bawah ini menyatakan dengan sebenarnya bahwa tesis ini saya susun tanpa tindakan plagiarisme sesuai dengan peraturan yang berlaku di Politeknik Negeri Jakarta.

Jika di kemudian hari ternyata saya melakukan tindakan plagiarisme, saya akan bertanggung jawab sepenuhnya dan menerima sanksi yang diajukan oleh Politeknik Negeri Jakarta kepada saya.

Depok, 17 Juli 2025

SHAFAT AMATULLAH FATIN

2309521005

POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA



HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

Dengan ini saya menyatakan bahwa tesis yang saya susun ini adalah hasil karya saya sendiri, dan semua sumber baik yang dikutip maupun yang dirujuk telah saya nyatakan dengan benar.

Nama : Shafa Amatullah Fatin

NIM : 2309521005

Tanda Tangan : 

Tanggal : 17 Juli 2025

POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta:

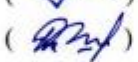
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang menggunakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

HALAMAN PENGESAHAN

Tesis ini yang diajukan oleh:

Nama : Shafa Amatullah Fatin
NIM : 2309521005
Program : Magister Terapan Rekayasa Teknologi Manufaktur
Studi : Pascasarjana Politeknik Negeri Jakarta
Judul : "Analisis Produk Cair Hasil Co-Pirolisis Limbah Botol PET dan Minyak Jelantah Menggunakan Katalis Zeolit Alam"

Telah diuji oleh Tim Penguji dalam Sidang Tesis pada hari Kamis tanggal 17 Juli tahun 2025 dan dinyatakan LULUS untuk memperoleh derajat gelar Magister Terapan pada Program Studi Magister Terapan Rekayasa Teknologi Manufaktur Politeknik Negeri Jakarta.

Pembimbing I	: Dr. Dianta Mustofa Kamal, S.T., M.T.	()
Pembimbing II	: Dr. Tatun Hayatun Nufus, S.T., M.Si.	()
Penguji I	: Haolia Rahman, S.T., M.T., Ph.D.	()
Penguji II	: Dr. Gun Gun Ramdhan Gunadi, S.T., M.T.	()
Penguji III	: Dr. Muhammad Sjahrul Annas, S.T., M.T.	()

Depok, 17 Juli 2025

Disahkan oleh

Ketua Pascasarjana Politeknik Negeri Jakarta




Dr. Isdawimah, S.T., M.T.
NIP. 196305051988112001



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang menggunakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

KATA PENGANTAR

Puji syukur ke hadirat Allah SWT atas segala rahmat dan karunia-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan tesis yang berjudul "*Analisis Produk Cair Hasil Co-Pirolisis Limbah Botol PET dan Minyak Jelantah Menggunakan Katalis Zeolit Alam*" sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Magister di Program Pascasarjana Politeknik Negeri Jakarta.

Perjalanan menyelesaikan tesis ini bukan hanya tentang perjuangan akademik, tetapi juga ujian terbesar dalam kehidupan saya. Di tengah proses studi saya pada semester kedua program Magister ini, ibu tercinta harus menghadapi kondisi kesehatan yang cukup berat. Melihat ibu berjuang dengan penuh ketabahan, saya belajar arti sabar dan kuat sesungguhnya. Doa, cinta, dan dukungan tanpa henti dari ibu dan ayah menjadi sumber kekuatan yang tak tergantikan, yang selalu mengingatkan saya untuk tidak menyerah, meskipun terkadang lelah dan ragu.

Kepada ibu, terima kasih atas pengorbananmu yang luar biasa. Meski dalam keadaan yang tidak mudah, kasih sayangmu selalu menjadi pelita yang menerangi jalan saya. Setiap doamu adalah kekuatan yang menguatkan langkahku, dan semangatmu menjadi inspirasi terbesar dalam hidupku.

Kepada ayah, terima kasih atas segala pengorbanan dan ketegaran yang selalu menjadi sandaran dan pelindung keluarga. Ketulusan dan kerja kerasmu mengajarkan arti tanggung jawab dan cinta tanpa syarat.

Untuk adik tercinta, terima kasih karena selalu hadir dengan keceriaan dan dukungan yang membuat hari-hari saya lebih ringan. Kebersamaan kita adalah anugerah yang selalu saya syukuri.

Saya juga ingin mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Dr. Syamsurizal, S.E., M.M., selaku Direktur Politeknik Negeri Jakarta, atas dukungan yang telah diberikan.
2. Dr. Isdawimah, S.T., M.T., selaku Ketua Program Pascasarjana Politeknik Negeri Jakarta, atas dukungan dan fasilitas yang disediakan selama proses penelitian ini.



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

3. Dr. Dianta Mustofa Kamal, S.T., M.T., selaku Pembimbing 1, yang dengan penuh kesabaran dan ketulusan telah membimbing, mengarahkan, serta memberikan dukungan luar biasa dari awal hingga akhir proses penulisan tesis ini. Terima kasih atas ilmu, waktu, dan semangat yang Bapak bagikan, yang sangat berarti dalam perjalanan akademik saya.
4. Dr. Tatun Hayatun, S.T., M.Si., selaku Kepala Program Studi Magister Terapan Rekayasa Teknologi Manufaktur dan Pembimbing 2, atas bimbingan, kritik membangun, serta masukan yang sangat berharga selama proses penyusunan tesis ini. Terima kasih atas perhatian dan arahan Ibu yang telah mendorong saya untuk mencapai hasil terbaik.
5. Cecep Slamet Abadi, S.T., M.T., dan Budi Santoso, S.T., M.T., atas segala bantuan, bimbingan, dan dukungan yang sangat berarti selama proses penelitian ini.

Tak lupa terima kasih saya ucapkan kepada seluruh staf dan karyawan Politeknik Negeri Jakarta yang telah memberikan dukungan dan bantuan selama proses akademik dan penelitian berlangsung, serta teman-teman seperjuangan yang selalu memberikan semangat dan dukungan, terutama di saat saya merasa lelah dan hampir putus asa.

Semoga Allah SWT membalas semua kebaikan, doa, dan cinta yang telah diberikan kepada saya dengan limpahan rahmat dan berkah yang tiada terhingga.

Penulis menyadari bahwa tesis ini masih jauh dari sempurna. Oleh karena itu, kritik dan saran yang membangun sangat diharapkan untuk penyempurnaan di masa mendatang. Akhir kata, semoga tesis ini dapat memberikan manfaat bagi pembaca dan memberikan kontribusi bagi pengembangan ilmu pengetahuan.



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TESIS UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIK

Sebagai sivitas akademik Politeknik Negeri Jakarta, saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Shafa Amatullah Fatin
NIM : 2309521005
Program : Magister Terapan Rekayasa Teknologi Manufaktur
Studi : Pascasarjana Politeknik Negeri Jakarta
Jenis Karya : Tesis

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, saya menyetujui untuk memberikan kepada Politeknik Negeri Jakarta Hak Bebas Royalti Noneksklusif (*Non-exclusive Royalty-Free Right*) atas karya ilmiah saya yang berjudul:

“Analisis Produk Cair Hasil Co-Pirolisis Limbah Botol PET dan Minyak Jelantah Menggunakan Katalis Zeolit Alam”

Beserta perangkat yang ada. Dengan Hak Bebas Royalti Noneksklusif ini Politeknik Negeri Jakarta berhak menyimpan, mengalihmediakan/mengalihformatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat, dan memublikasikan tesis saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Depok
Pada tanggal : 17 Juli 2025
Yang menyatakan

Shafa Amatullah Fatin
2309521005



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

ABSTRAK

Nama : Shafa Amatullah Fatin
Program Studi : Magister Terapan Rekayasa Teknologi Manufaktur
Judul Tesis : Analisis Produk Cair Hasil Co-Pirolisis Limbah Botol PET dan Minyak Jelantah Menggunakan Katalis Zeolit Alam

Peningkatan limbah botol plastik berbahan *Polyethylene Terephthalate* (PET) dan minyak jelantah menimbulkan tantangan lingkungan yang signifikan karena keduanya sulit terurai dan berpotensi mencemari air dan tanah. Penelitian ini bertujuan mengevaluasi pengaruh variasi rasio campuran antara limbah PET dan minyak jelantah terhadap jumlah dan karakteristik produk cair yang dihasilkan melalui proses co-pirolisis dengan bantuan katalis zeolit alam. Proses dilakukan pada suhu 500 °C selama 90 menit menggunakan reaktor tipe batch dan kondensor tipe straight tube water-cooled. Variasi rasio yang digunakan adalah PET:minyak jelantah sebesar 1:2, 2:1, 1:1, 3:1, 1:3, dan 1:0, dengan penambahan zeolit alam sebesar 5% dari total massa. Parameter yang dianalisis mencakup yield, efisiensi energi listrik, nilai kalor, densitas, dan viskositas produk cair. Hasil terbaik diperoleh pada rasio 1:1 dengan yield sebesar 21,99%, efisiensi energi 35,06%, nilai kalor 44,13 MJ/kg, densitas 0,8177 g/cm³, dan viskositas 1,2711 mm²/s. Seluruh sampel memenuhi standar densitas Biosolar B35, namun belum mencapai viskositas minimum ($\geq 2,0$ mm²/s). Hasil ini menunjukkan bahwa co-pirolisis limbah PET dan minyak jelantah dengan zeolit alam memiliki potensi sebagai teknologi konversi limbah menjadi bahan bakar alternatif, meskipun diperlukan pemurnian lanjutan untuk memenuhi standar komersial bahan bakar minyak.

Kata Kunci: co-pirolisis, bio-oil, limbah PET, minyak jelantah, zeolit alam, karakteristik bahan bakar.



Hak Cipta:

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

DAFTAR ISI

HALAMAN PERNYATAAN BEBAS PLAGIARISME	ii
HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS	iii
HALAMAN PENGESAHAN	iv
KATA PENGANTAR	v
HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI	vii
TESIS UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIK	vii
ABSTRAK	viii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR GAMBAR	xiii
LAMPIRAN	xiv
HALAMAN SIMBOL DAN SINGKATAN	xv
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	2
1.3. Tujuan Penelitian	2
1.4. Batasan Penelitian	3
1.5. Manfaat Penelitian	4
1.5.1. Manfaat Teoretis	4
1.5.2. Manfaat Praktis	4
1.6. Sistematika Penulisan	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	7
2.1. Co-pirolisis sebagai Teknologi Pengolahan Limbah	7



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta:

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

2.2.	Limbah PET (<i>Polyethylene Terephthalate</i>).....	8
2.3.	Minyak Jelantah sebagai Bahan Pendukung.....	10
2.4.	Zeolit Alam sebagai Katalis Fisik	11
2.5.	Bio-Oil sebagai Alternatif Bahan Bakar Minyak.....	12
2.5.1.	Keunggulan Bio-Oil.....	13
2.5.2.	Kelemahan Bio-Oil dan Upaya Optimasi	13
2.6.	Komponen Utama Sistem Co-pirolisis.....	14
2.6.1.	Reaktor	14
2.6.2.	Kondensor	15
2.7.	Mekanisme Co-Pirolisis PET dan Minyak Jelantah dengan Katalis Zeolit Alam.....	15
2.8.	Evaluasi Kinerja Prototipe Alat Co-pirolisis.....	17
2.9.	Parameter Fisik Bahan Bakar Cair.....	18
2.10.	Penelitian Terdahulu	19
2.11.	State of The Art.....	20
BAB III METODOLOGI PENELITIAN		22
3.1.	Waktu dan Tempat Penelitian.....	22
3.2.	Bahan dan Alat	22
3.3.	Metode Penelitian	23
3.3.1.	Metode Eksperimen	23
3.3.2.	Teknik Pengambilan Sampel.....	23
3.3.3.	Variasi Rasio Campuran Co-Pirolisis	24
3.4.	Rancangan Alat Co-pirolisis.....	25
3.5.	Prosedur Penelitian	31
3.6.	Prosedur Co-Pirolisis	33



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

3.7.	Teknik Pengujian Produk Bahan Bakar	36
3.8.	Metode Analisis Data	36
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN		38
4.1.	Kinerja Sistem Co-Pirolisis	38
4.1.1.	Yield dan Efisiensi Energi Listrik	39
4.2.	Karakteristik Bio-Oil: Nilai Kalor, Densitas, Viskositas	43
5.1.	Kesimpulan	50
5.2.	Saran	51
DAFTAR PUSTAKA		52
LAMPIRAN		61

**POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA**



DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Spesifikasi Teknis Biosolar B35	18
Tabel 3. 1 Variasi Rasio Campuran Bahan Co-pirolisis	23
Tabel 3. 2 Spesifikasi Reaktor Prototipe Co-pirolisis	25
Tabel 3. 3 Spesifikasi Pemanas Listrik Prototipe Co-Pirolisis	27
Tabel 3. 4 Spesifikasi Panel Kontrol dan Sensor Suhu	28
Tabel 3. 5 Spesifikasi Tempat Penampungan Uap Prototipe Co-pirolisis	29
Tabel 3. 6 Spesifikasi Kondensor Prototipe Co-pirolisis	30
Tabel 4. 1 Data Yield dan Efisiensi Energi Sistem Co-pirolisis	40
Tabel 4. 2 Data Karakteristik Bio-Oil	43

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang menggunakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA



DAFTAR GAMBAR

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Gambar 2. 1 Skema Proses Co-pirolisis.....	5
Gambar 2. 2 Botol plastik PET bekas sebagai limbah.	6
Gambar 2. 3 Skema reaksi pembentukan Polyethylene Terephthalate (PET).	6
Gambar 2. 4 Limbah minyak jelantah hasil sisa penggorengan.....	7
Gambar 2. 5 Struktur umum trigliserida sebagai komponen utama minyak jelantah.	7
Gambar 2. 6 Zeolit alam dalam bentuk butiran sebagai katalis fisik.	8
Gambar 3. 1 Sistem Prototipe Co-pirolisis	25
Gambar 3. 2 Reaktor Prototipe Co-pirolisis.....	25
Gambar 3. 3 Pemanas Listrik (Heater) Prototipe Co-pirolisis	26
Gambar 3. 4 Isolator Aluminium Foam XPE Foil pada Sistem Co-pirolisis.....	27
Gambar 3. 5 Panel Box Prototipe Co-pirolisis.....	28
Gambar 3. 6 Tempat Penampungan Uap Prototipe Co-pirolisis.....	29
Gambar 3. 7 Kondensor Prototipe Co-pirolisis.....	30
Gambar 3. 8 Penampung Air Masuk Kondensor	31
Gambar 3. 9 Wadah Penampung Bio-oil	31
Gambar 3. 10 Diagram Alir Penelitian	32
Gambar 3. 11 Limbah botol plastik yang sudah dipotong kecil-kecil	33
Gambar 3. 12 Minyak jelantah.....	34
Gambar 3. 13 Pengisian bahan baku ke dalam reaktor.....	34
Gambar 3. 14 Pengumpulan hasil produk co-pirolisis	35
Gambar 4. 1 Grafik Yield dan Efisiensi Energi per Sampel.....	31
Gambar 4. 2 Perbandingan nilai kalor bio-oil pada masing-masing sampel.....	33
Gambar 4. 3 Perbandingan densitas bio-oil pada masing-masing sampel	33
Gambar 4. 4 Perbandingan viskositas bio-oil pada masing-masing sampel.	34
Gambar 4. 5 Perbandingan volume bio-oil yang dihasilkan dari masing-masing sampel	34
Gambar 4. 6 Perbandingan Karakteristik Bio-Oil terhadap Spesifikasi Biosolar B35.....	36



LAMPIRAN

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang menggunakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Lampiran Gambar 1. Hasil pengujian nilai kalor bahan bakar minyak alternatif hasil co-pirolisis menggunakan alat Automatic Calorimeter AC500 oleh Leco di laboratorium Konversi Energi, Politeknik Negeri Jakarta.....	61
Lampiran Gambar 2. Sertifikat hasil uji viskositas kinematik dari sampel minyak hasil co-pirolisis limbah botol PET dan minyak jelantah menggunakan katalis zeolit alami.....	63
Lampiran Gambar 3. Sertifikat hasil uji densitas dari sampel minyak hasil co-pirolisis limbah botol PET dan minyak jelantah menggunakan katalis zeolit alami.....	65
Lampiran Gambar 4. Rancangan prototipe alat co-pirolisis untuk mengolah limbah botol PET dan minyak jelantah menjadi bahan bakar minyak alternatif.	67
Lampiran Gambar 5. Gambar teknik detail prototipe alat co-pirolisis yang menunjukkan tampak atas, tampak samping, dan tampak depan dari sistem.	68
Lampiran Gambar 6. Hasil Cek Similarity Teks Penelitian melalui Turnitin.....	69
Lampiran Gambar 7. Surat Penerimaan Artikel pada SNIV 2025 - Politeknik Negeri Jakarta	70
Lampiran Gambar 8. Sertifikat Pemakalah pada SNIV 2025 – Politeknik Negeri Jakarta	71
Lampiran Gambar 9. Artikel Ilmiah Terpublikasi pada Jurnal POLI-TEKNOLOGI (SINTA 4)	72
Lampiran Gambar 10. Bukti Submission Artikel Ilmiah pada Jurnal Teknik Mesin (SINTA 3)	73
Lampiran Gambar 11. SK Dirjen Migas No.447.K/MG.06/DJM/2023 tanggal 27 Desember 2023 (Standar Bahan Bakar Jenis Solar yang Dipasarkan di Dalam Negeri).....	74
Lampiran Gambar 12. Perbaikan Alat	75
Lampiran Gambar 13. Pengukuran dan Pengecekan Heater.....	76



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

HALAMAN SIMBOL DAN SINGKATAN

Simbol

ρ	=	Densitas (g/cm^3)
η	=	Efisiensi energi (%)
Y	=	Yield (%)
HHV	=	Higher Heating Value / Nilai kalor (MJ/kg)
V	=	Volume (mL)
m	=	Massa (g)
t	=	Waktu proses (menit)
T	=	Suhu ($^{\circ}\text{C}$)
P	=	Daya listrik (kW)

Singkatan

BBM	=	Bahan Bakar Minyak
B35	=	Campuran 35% biodiesel dengan solar
GC-MS	=	Gas Chromatography – Mass Spectrometry
PET	=	Polyethylene Terephthalate
MIJEL	=	Minyak Jelantah
ASTM	=	American Society for Testing and Materials
UMKM	=	Usaha Mikro, Kecil, dan Menengah
PNJ	=	Politeknik Negeri Jakarta
XPE	=	Cross-linked Polyethylene, bahan aluminium foam XPE foil (Aluminium foil berlapis busa XPE)
PV	=	Process Value (nilai proses aktual)
SV	=	Set Value (nilai target proses)
ZA	=	Zeolit Alam

Satuan

g	=	gram (satuan massa)
kW	=	kilowatt (satuan daya)
MJ	=	megajoule (satuan energi)
g/cm^3	=	gram per sentimeter kubik (satuan densitas)
mm^2/s	=	milimeter persegi per detik (satuan viskositas)
mL	=	mililiter (satuan volume)



BAB I PENDAHULUAN

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

1. Latar Belakang

Limbah botol plastik berbahan *Polyethylene Terephthalate* (PET) dan minyak jelantah merupakan dua jenis limbah rumah tangga yang terus meningkat jumlahnya seiring bertambahnya aktivitas konsumsi masyarakat [1], [2]. Plastik PET dikenal sulit terurai secara alami dan kerap menumpuk di lingkungan, menyebabkan pencemaran baik dari sisi visual maupun fungsional, seperti menyumbat saluran air [3], [4], [5], [6]. Di sisi lain, minyak jelantah kerap dibuang langsung ke saluran air, yang berpotensi mencemari lapisan air tanah dan menyebabkan gangguan terhadap sistem pengelolaan limbah rumah tangga [7], [8]. Padahal, limbah cair ini masih menyimpan kandungan energi yang dapat dimanfaatkan dalam proses termal [9]. Kedua jenis limbah ini sama-sama mengandung senyawa karbon, sehingga berpotensi untuk dimanfaatkan kembali sebagai sumber energi alternatif [10], [11].

Penanganan kedua jenis limbah ini tidak hanya penting dari aspek lingkungan, tetapi juga dapat dimanfaatkan sebagai peluang untuk menghasilkan energi alternatif. Salah satu teknologi yang berpotensi digunakan adalah co-pirolisis, yaitu proses pemanasan dua atau lebih bahan secara bersamaan dalam kondisi tanpa oksigen [12]. Metode ini memungkinkan terjadinya interaksi termal antara limbah plastik PET dan minyak jelantah, sehingga menghasilkan uap hidrokarbon yang dapat dikondensasi menjadi bahan bakar cair atau bio-oil [13]. Dengan menggabungkan karakteristik termal dari kedua bahan, co-pirolisis berpotensi meningkatkan efisiensi konversi serta mutu produk bio-oil yang dihasilkan.

Beberapa studi sebelumnya mendukung urgensi pendekatan ini. Damayanti dkk. (2023) menunjukkan bahwa pirolisis PET murni menghasilkan bio-oil dengan kualitas lebih rendah dibandingkan plastik lain, namun kualitas produk dapat ditingkatkan dengan penambahan bahan cair seperti minyak jelantah [14]. Kartika dkk. (2022) melaporkan bahwa pirolisis plastik PET dan HDPE dengan katalis zeolit alam menghasilkan bio-oil bernilai kalor tinggi (10.228,8 kcal/kg), namun belum mengkaji efek bahan cair pendamping [15]. Diananda (2022) melaporkan pirolisis PET murni menghasilkan bio-oil dengan nilai kalor 34,56 MJ/kg namun dengan densitas dan viskositas yang belum memenuhi standar bahan bakar diesel [16].



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Berbeda dari penelitian-penelitian tersebut, penelitian ini secara khusus menggunakan pendekatan co-pirolisis antara limbah PET dan minyak jelantah, dengan tambahan zeolit alam sebagai katalis fisik. Dalam proses co-pirolisis, minyak jelantah tidak hanya berfungsi sebagai bahan baku karbon, tetapi juga mempercepat pemanasan dan membantu pencairan plastik melalui mekanisme pembungkus partikel, sehingga mempercepat transfer panas [17], [18]. Sementara itu, zeolit alam digunakan untuk memperluas permukaan kontak, menstabilkan suhu reaksi, dan mempercepat distribusi panas dalam reaktor [19].

Namun, belum banyak studi yang menginvestigasi pengaruh variasi rasio campuran limbah botol PET dan minyak jelantah secara sistematis terhadap jumlah dan karakteristik fisik produk cair co-pirolisis yang dihasilkan, serta membandingkannya dengan spesifikasi dasar bahan bakar solar. Selain itu, aspek konsumsi energi listrik dalam sistem co-pirolisis jarang dikaji, padahal penting untuk menilai efisiensi proses secara keseluruhan.

Penelitian ini dilakukan untuk mengisi kesenjangan tersebut dengan menganalisis pengaruh rasio campuran limbah PET dan minyak jelantah terhadap jumlah produk cair dan efisiensi energi listrik dalam proses co-pirolisis, serta mengevaluasi karakteristik fisik produk cair yang meliputi nilai kalor, densitas, dan viskositas, untuk kemudian dibandingkan dengan rentang karakteristik teknis standar bahan bakar solar. Dengan pendekatan ini, diharapkan diperoleh gambaran awal mengenai potensi penggunaan hasil co-pirolisis sebagai bahan bakar alternatif dari limbah domestik.

1.2. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan, maka permasalahan dalam penelitian ini dapat dirumuskan sebagai berikut:

1. Bagaimana pengaruh variasi rasio campuran antara limbah botol PET dan minyak jelantah terhadap jumlah produk cair (yield) dan efisiensi energi listrik sistem co-pirolisis?
2. Sejauh mana karakteristik fisik produk cair hasil co-pirolisis mendekati parameter umum yang digunakan dalam acuan kualitas bahan bakar cair?

1.3. Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk:

1. Menganalisis pengaruh variasi rasio limbah botol PET dan minyak jelantah terhadap jumlah produk cair (yield) dan efisiensi energi listrik sistem co-pirolisis.



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Mengkaji karakteristik fisik produk cair hasil co-pirolisis berdasarkan parameter nilai kalor, densitas, dan viskositas, serta menilai kesesuaiannya terhadap kriteria bahan bakar alternatif.

4. Batasan Penelitian

Untuk menjaga ruang lingkup penelitian tetap terfokus dan sesuai dengan tujuan teknis yang ditetapkan, penelitian ini dibatasi pada aspek-aspek berikut:

1. Jenis Limbah

Penelitian ini hanya menggunakan limbah plastik jenis *Polyethylene Terephthalate* (PET) yang diperoleh dari botol bekas, serta minyak jelantah dari sumber rumah tangga. Jenis limbah lain, baik padat maupun cair, tidak digunakan dalam percobaan ini.

2. Rasio Campuran

Variasi rasio massa antara PET dan minyak jelantah dibatasi pada enam perbandingan: 1:0, 1:1, 1:2, 2:1, 3:1, dan 1:3. Pada setiap perlakuan, zeolit alam ditambahkan sebesar 5% dari total massa bahan utama (PET + MIJEL). Tidak dilakukan eksplorasi rasio lain atau variasi dosis katalis..

3. Kondisi Operasi

Co-pirolisis dilakukan dalam kondisi pemanasan konstan pada suhu 500°C selama 1 jam 30 menit. Zeolit alam digunakan sebagai katalis fisik tanpa modifikasi atau kombinasi dengan katalis lain. Tidak dilakukan variasi terhadap suhu, waktu reaksi, maupun jenis katalis selama penelitian.

4. Skala dan Lokasi Penelitian

Penelitian dilaksanakan pada skala laboratorium dengan reaktor tipe *batch* kapasitas maksimum 700 gram, bertempat di Laboratorium Konversi Energi, Politeknik Negeri Jakarta, selama Juni 2024 hingga Mei 2025.

5. Parameter Pengujian

Evaluasi terhadap produk terbatas pada pengujian sifat fisik bahan bakar cair, meliputi:

- a. Densitas dan viskositas diuji di Laboratorium BRIN,
- b. Nilai kalor diuji di Laboratorium Konversi Energi, PNJ.

Parameter lain seperti komposisi kimia, struktur senyawa, atau identifikasi senyawa hasil co-pirolisis tidak dibahas dalam penelitian ini.

6. Batasan Ketersediaan Data Operasional

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Penelitian ini tidak mencakup pengukuran tekanan uap maupun laju alir uap hasil pirolisis secara langsung karena keterbatasan alat ukur yang tersedia. Oleh karena itu, perhitungan efektivitas kondensor berdasarkan parameter tekanan dan massa uap tidak dilakukan. Evaluasi performa alat difokuskan pada analisis suhu kerja sistem, volume kondensat, serta karakteristik fisik bahan bakar cair yang dihasilkan.

1.5. Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat dalam dua aspek utama, yaitu secara teoretis maupun praktis:

1.5.1. Manfaat Teoretis

Penelitian ini memberikan kontribusi dalam pengembangan ilmu pengetahuan di bidang energi terbarukan, khususnya mengenai pemanfaatan limbah domestik menjadi bahan bakar alternatif melalui teknologi co-pirolisis. Melalui kajian ini, pemahaman mengenai pengaruh variasi rasio campuran limbah botol PET dan minyak jelantah terhadap karakteristik produk cair dapat diperdalam, terutama dalam hal nilai kalor, densitas, dan viskositas sebagai parameter mutu bahan bakar. Selain itu, penggunaan zeolit alam sebagai katalis fisik juga memperluas perspektif mengenai pemanfaatan material lokal yang murah dan mudah diperoleh dalam proses termal. Dengan demikian, hasil penelitian ini dapat menjadi dasar penguatan teori terkait mekanisme co-pirolisis dan relevansinya dalam pengolahan limbah menjadi energi, serta mendorong penelitian lanjutan dalam bidang konversi energi berbasis limbah karbon.

1.5.2. Manfaat Praktis

Secara praktis, penelitian ini dapat memberikan solusi alternatif terhadap permasalahan pengelolaan limbah botol PET dan minyak jelantah yang selama ini belum tertangani secara optimal. Hasilnya dapat dimanfaatkan sebagai acuan dalam merancang sistem co-pirolisis skala laboratorium atau skala kecil yang dapat diterapkan di lingkungan masyarakat atau industri rumah tangga. Pemanfaatan zeolit alam sebagai katalis juga memberi peluang untuk mengembangkan proses yang efisien dan ekonomis, dengan tetap mempertahankan prinsip keberlanjutan. Selain itu, informasi karakteristik produk cair yang dihasilkan dapat menjadi bahan pertimbangan awal bagi pengembangan biofuel cair yang mendekati standar bahan bakar komersial seperti

Biosolar B35, sehingga penelitian ini memiliki potensi aplikasi nyata dalam mendukung transisi menuju energi ramah lingkungan.

6. Sistematika Penulisan

Penulisan tesis ini disusun secara sistematis dalam lima bab utama yang saling terintegrasi. Adapun uraian masing-masing bab adalah sebagai berikut:

1) Bab I. Pendahuluan

Bab ini memuat latar belakang yang menjelaskan pentingnya pengolahan limbah botol PET dan minyak jelantah sebagai sumber energi alternatif. Selain itu, disampaikan rumusan masalah, tujuan dan batasan penelitian, manfaat penelitian baik secara teoritis maupun praktis, serta sistematika penulisan sebagai panduan pembaca terhadap isi tesis.

2) Bab II. Tinjauan Pustaka

Bab ini menyajikan kajian literatur yang meliputi prinsip dasar co-pirolisis, karakteristik limbah PET dan minyak jelantah, peran zeolit alam sebagai katalis fisik, serta komponen utama sistem co-pirolisis seperti reaktor dan kondensor. Selain itu, dijelaskan juga parameter evaluasi bio-oil, seperti nilai kalor, densitas, dan viskositas, serta pembahasan hasil-hasil penelitian terdahulu yang relevan. Di bagian akhir, disajikan analisis *state of the art* yang menekankan keunikan pendekatan dan celah penelitian yang ingin diisi.

3) Bab III. Metodologi Penelitian

Bab ini menjelaskan secara rinci tahapan pelaksanaan penelitian, mulai dari desain dan spesifikasi prototipe alat co-pirolisis, bahan dan alat yang digunakan, prosedur eksperimen, variasi rasio campuran limbah, hingga metode pengukuran dan analisis data. Evaluasi dilakukan berdasarkan parameter suhu kerja, waktu tetesan pertama, volume kondensat, yield bio-oil, efisiensi energi, dan pengujian sifat fisik bahan bakar cair.

4) Bab IV. Hasil dan Pembahasan

Bab ini menyajikan hasil eksperimen yang mencakup performa alat, pengaruh variasi rasio campuran limbah terhadap jumlah dan kualitas bio-oil, serta evaluasi hasil berdasarkan parameter fisik. Pembahasan dilakukan dengan membandingkan data yang diperoleh terhadap standar mutu bahan bakar komersial, guna menilai potensi pemanfaatan bio-oil sebagai bahan bakar cair berbasis limbah.

5) Bab V. Kesimpulan dan Saran

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Bab ini memuat simpulan dari hasil penelitian yang menjawab rumusan masalah, serta berisi saran untuk pengembangan penelitian selanjutnya, seperti eksplorasi jenis katalis lain, peningkatan desain alat menuju skala semi-kontinu, uji karakteristik kimia lebih lanjut, serta pemurnian hasil bio-oil agar lebih mendekati standar bahan bakar minyak komersial.



BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian co-pirolisis limbah botol plastik PET dan minyak jelantah menggunakan katalis zeolit alam, maka diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

1. Pengaruh variasi rasio campuran PET dan minyak jelantah terhadap yield dan karakteristik produk cair terbukti signifikan. Rasio 1:1 memberikan performa terbaik dengan yield 21,99% dan efisiensi energi listrik sebesar 35,06%. Hal ini menunjukkan bahwa komposisi bahan baku sangat menentukan kuantitas dan kualitas produk cair yang dihasilkan. Penambahan minyak jelantah sebagai co-feed terbukti meningkatkan efisiensi konversi dibandingkan PET murni (1:0), sementara zeolit alam membantu distribusi panas dan stabilitas proses tanpa berperan langsung secara kimia.
2. Karakteristik fisik produk cair hasil co-pirolisis menunjukkan potensi sebagai bahan bakar alternatif. Seluruh sampel memiliki densitas dalam rentang standar bahan bakar diesel ($\pm 0,82 \text{ g/cm}^3$), dan nilai kalor tertinggi mencapai 44,13 MJ/kg. Namun, seluruh sampel belum memenuhi standar minimum viskositas ($\geq 2,0 \text{ mm}^2/\text{s}$), dengan hasil tertinggi sebesar 1,2711 mm^2/s . Oleh karena itu, penilaian terhadap kemungkinan penggunaan secara langsung dibatasi hanya pada level potensi, karena belum dilakukan uji performa produk cair pada mesin diesel, evaluasi stabilitas proses pembakaran, maupun karakteristik residu yang dihasilkan. Penelitian ini masih berada pada tahapan awal pengembangan, sehingga diperlukan kajian lanjutan dan proses pemurnian untuk memastikan kelayakan penggunaan produk cair sebagai bahan bakar diesel secara praktis dan berkelanjutan.

Secara keseluruhan, penelitian ini menunjukkan bahwa limbah botol PET dan minyak jelantah memiliki potensi besar untuk dimanfaatkan sebagai bahan baku alternatif melalui proses co-pirolisis sederhana dan terjangkau, namun masih diperlukan penyempurnaan karakteristik produk cair sebelum dapat digunakan secara langsung sebagai bahan bakar diesel.



5.2. Diskusi

Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Berdasarkan hasil dan keterbatasan yang ditemukan dalam penelitian ini, maka disarankan beberapa hal berikut untuk pengembangan lebih lanjut:

1. Perlu dilakukan proses pemurnian lanjutan seperti destilasi atau fraksinasi untuk meningkatkan viskositas dan kestabilan produk cair agar lebih mendekati standar bahan bakar minyak komersial.
2. Uji kompatibilitas produk cair secara langsung pada mesin diesel diperlukan agar dapat mengevaluasi performa pembakaran, residu, emisi, dan potensi kerusakan sistem injeksi bahan bakar.
3. Penelitian lanjutan sebaiknya mengeksplorasi jenis dan modifikasi katalis, baik secara fisik maupun kimiawi, untuk meningkatkan efisiensi co-pirolisis dan mutu hasil produk.
4. Pengembangan sistem alat ke arah reaktor semi-kontinu atau kontinu, serta penambahan sistem pemantauan tekanan dan laju alir uap, diharapkan dapat meningkatkan kontrol dan efisiensi proses.
5. Evaluasi kandungan senyawa produk cair melalui analisis kimia (misalnya GC-MS) perlu dilakukan untuk mengetahui komposisi senyawa dominan dan potensi bahaya dalam penggunaannya sebagai bahan bakar.

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA

DAFTAR PUSTAKA

- [1] W. P. P. Sari, A. W. Fathiyaturahma, M. I. P. Jati, and R. A. P. Pratama, "Recycle Botol Plastik Polyethylene Terephthalate (PET) Menjadi Serat Nilon sebagai Perwujudan Sustainable Development dengan Prinsip Green Chemistry : A Review," *Ilmu Lingkung.*, vol. 23, no. 3, pp. 638–646, 2025, doi: 10.14710/jil.23.3.638-646.
- [2] C. A. Gustya *et al.*, "Program Pemberdayaan Masyarakat : Pemanfaatan Limbah Rumah Tangga (Minyak Jelantah) sebagai Bahan Baku Lilin Aromaterapi di Desa Dukuh Dempok, Wuluhan, Jember," *Pengabd. Indones.*, vol. 1, no. 4, pp. 1–11, 2024.
- [3] S. Yana and Badaruddin, "Pengelolaan Limbah Plastik Sebagai Upaya Pengurangan Pencemaran Lingkungan Melalui Transformasi Yang Memiliki Nilai Tambah Ekonomi," *Serambi Eng.*, vol. 2, no. 4, pp. 157–164, 2017.
- [4] J. A. Hendrata, D. Handayani, H. A. Safarizki, and W. A. Ilonka, "Pengaruh Penggunaan Limbah Plastik Pet dan Styrofoam Untuk Pembuatan Batafoam (Eco-Brick) Dengan Substitusi Serbuk Kapur," *J. Trop. Environ. Res.*, vol. 26, no. 2024, pp. 82–91, 2025, doi: <https://doi.org/10.20961/enviro.v26i2.99707>.
- [5] D. R. Putri, N. Ferdinandus, and A. Wafi, "Pembuangan Limbah Plastik Di Indonesia yang Tidak Terkendali : Mengapa Bisa Terjadi? Apa Dampaknya dan Bagaimana Cara Mengatasinya?," *J. Ilm. Multidisiplin Terpadu*, vol. 8, no. 6, pp. 2032–2041, 2024.
- [6] M. N. A. Putra *et al.*, "Sampah Plastik sebagai Ancaman terhadap Lingkungan Universitas Muhammadiyah Surakarta , Indonesia," *J. Ilmu Pendidikan, Polit. dan Sos. Indones.*, vol. 2, no. 1, 2025.
- [7] A. Garnida, A. A. Rahmah, I. P. Sari, and N. N. Muksin, "Sosialisasi Dampak Dan Pemanfaatan Minyak Goreng Bekas di Kampung Jati RW.005 Kellurahan Buaran Kecamatan Serpong Kota Tangerang Selatan," *Semin. Nas. Pengabd. Masy. LP Univ. Muhammadiyah Jakarta*, pp. 1–6, 2022.
- [8] Mulyaningsih and Hermawati, "Sosialisasi Dampak Limbah Minyak Jelantah Bahaya Bagi Kesehatan Dan Lingkungan," *J. Penelit. dan Pengabd. Kpd. Masy. UNSIQ*, vol. 10, no. 1, pp. 61–65, 2023, doi: 10.32699/ppkm.v10i1.3666.
- [9] A. V. Febriani, L. Hakim, and M. Idris, "TRANSFORMASI MINYAK JELANTAH MENJADI RENEWABLE ENERGY DALAM PERSPEKTIF AL ISLAM DAN KEMUHAMMADIYAHAN," *Kemuhammadiyah dan Integr. Ilmu*, pp. 193–202.
- [10] S. Oko, M. Mustafa, A. Kurniawan, and L. Norfitria, "Pembuatan Karbon Aktif dari Limbah Plastik PET (Polyethylene terephthalate) Menggunakan Aktivator KOH," *Metana*, vol. 17, no. 2, pp. 61–68, 2021, doi: 10.14710/metana.v17i2.40204.
- [11] Hamsina, A. Abriana, T. M., and H. T. Paniago, "Karakteristik Fisika Kimia Minyak Jelantah Hasil Pemurnian dengan Menggunakan Adsorben Kitosan dan Arang Aktif Buah Pinus," *J. SAINTIS*, vol. 3, no. 2, pp. 1–23, 2022.
- [12] W. Masdalifa, R. D. J. N. Subagyo, V. L. Allo, and R. A. Nugroho, "CO-PYROLYSIS OF GREEN MICROALGA (*Botryococcus braunii*) AND VICTORIAN BROWN COAL WITH THE VARIATIONS OF HEATING RATE BY USING THERMOGRAVIMETRIC ANALYSER," *Pros. Semin. Nas. Kim.*, pp. 180–186, 2021.

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritis atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

- [13] R. Fitriyanti, "Produksi Bahan Bakar Cair Hasil Pirolisis Minyak Pelumas Bekas Pertambangan Batubara Menggunakan Katalis Zeolite," *J. Redoks*, vol. 5, no. 1, pp. 1–7, 2020, doi: 10.31851/redoks.v5i1.3958.
- [14] Z. Damayanti, Sudarti, and Yushardi, "Analisis Karakteristik Fuel Pirolisis Sampah Plastik Berdasarkan Jenis Plastik Yang Digunakan: Review," *J. Inov. Tek. Kim.*, vol. 8, no. 1, p. 26, 2023, doi: 10.31942/inteka.v18i1.8092.
- [15] W. Kartika, "Pemanfaatan Sampah Plastik Jenis Hdpe Dan Pet Sebagai Bahan Baku Pembuatan Bahan Bakar Minyak Alternatif Menggunakan Metode Pirolisis Dengan Katalis Zeolit Alam," *Agroindustrial Technol. J.*, vol. 6, no. 2, pp. 106–117, 2022, doi: 10.21111/atj.v6i2.8591.
- [16] A. D. I. Mufidah, "Uji Karakteristik Minyak Pirolisis Berbahan Baku Limbah Plastik Polyethylene Terephthalate," *Jur. Tek. Mesin, Fak. Tek. Univ. Negeri Surabaya*, vol. 10, no. 03, pp. 143–150, 2022.
- [17] L. Iko, L. K. Mangalia, and R. R. Sisworo, "Pengujian Karakteristik Pembakaran Bahan Bakar Minyak Pirolisis Plastik Dan Minyak Jelantah Sebagai Bahan Bakar Alternatif," *Enthalpy J. Ilm. Mhs. Tek. Mesin*, vol. 7, no. 2, p. 45, 2022, doi: 10.55679/enthalpy.v7i2.25473.
- [18] Rifaldi, H. Juwono, and Harmami, "Produksi Bahan Bakar Cair dari Limbah Plastik PP dan Ko-Reaktan Biodiesel Minyak Jelantah Menggunakan Metode Konversi Katalitik," 2018.
- [19] R. Pratiwi and W. Dahani, "Pengaruh Penggunaan Katalis Zeolit Alam Dalam Pirolisis Limbah Plastik Jenis HDPE menjadi Bahan Bakar Cair Setara Bensin," *Semin. Nas. Sains dan Teknol. Fak. Tek. Univ. Muhammadiyah Jakarta*, pp. 1–5, 2015.
- [20] F. Mo, H. Ullah, N. Zada, and A. Shahab, "A Review on Catalytic Co-Pyrolysis of Biomass and Plastics Waste as a Thermochemical Conversion to Produce Valuable Products," *Energies*, vol. 16, no. 14, 2023, doi: 10.3390/en16145403.
- [21] B. Megaprastio, M. Syamsiro, M. A. Saputro, and F. Rina, "Teknologi Pirolisis untuk Konversi Sampah Plastik menjadi Bahan Bakar Minyak : Kajian Literatur," *J. Rekayasa Mesin*, vol. 18, no. 2, p. 229, 2023, doi: 10.32497/jrm.v18i2.4443.
- [22] Ilmi *et al.*, "Simulation of pyrolysis process for waste plastics using Aspen Plus: Performance and emission analysis of PPO-diesel and PPO-biodiesel blends," *Case Stud. Therm. Eng.*, vol. 64, no. August, p. 105431, 2024, doi: 10.1016/j.csite.2024.105431.
- [23] Sunarno, A. Randi, P. S. Utama, S. R. Yenti, W. Wisrayetti, and D. R. Wicakso, "Improving Bio-Oil Quality Via Co-Pyrolysis Empty Fruit Bunches and Polypropilen Plastic Waste," *Konversi*, vol. 10, no. 2, pp. 109–114, 2021, doi: 10.20527/k.v10i2.11384.
- [24] R. K. Mishra, S. Vijay, S. Soni, B. S. Dhanraj, P. Kumar, and K. Mohanty, "Thermocatalytic co-pyrolysis of waste biomass and non-recyclable polyethylene using ZSM-5 into renewable fuels and value-added chemicals," *J. Energy Inst.*, vol. 114, no. March, p. 101651, 2024, doi: 10.1016/j.joei.2024.101651.
- [25] H. N. Putra, A. N. Lasman, and E. Maulana, "Analisis Termoekonomi Pada Pemanfaatan Alat Pirolisis Dengan Menggunakan Kombinasi RDF Dan LPG," *Teknobiz*

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

- J. Ilm. Progr. Stud. Magister Tek. Mesin*, vol. 12, no. 1, pp. 6–11, 2022, doi: 10.35814/teknobiz.v12i1.3196.
- [26] M. Jahiding, E. S. Hasan, M. Mashuni, Y. Milen, and F. Ayuningsih, “Kinerja Coke-Hybrid Berbasis Tandan Kosong Kelapa Sawit dan Limbah Plastik Polypropylene yang Diproduksi dengan Metode Co-pirolisis,” *Indones. J. Pet. Miner.*, vol. 3, no. 22, pp. 1–6, 2023.
 - [27] D. M. Ilyas, D. M. Kamal, and S. Prasetya, “Nilai Kalor Proses Co-Pirolisis Sampah Plastik Jenis LDPE dan Pelumas Bekas,” *Pros. Semin. Nas. Tek. Mesin Politek. Negeri Jakarta*, pp. 407–413, 2021.
 - [28] P. Benyathiar, P. Kumar, G. Carpenter, J. Brace, and D. K. Mishra, “Polyethylene Terephthalate (PET) Bottle-to-Bottle Recycling for the Beverage Industry: A Review,” *Polymers (Basel)*, vol. 14, no. 12, pp. 1–29, 2022.
 - [29] Z. Guo, J. Wu, and J. Wang, “Chemical degradation and recycling of polyethylene terephthalate (PET): a review,” *RSC Sustain.*, vol. 3, pp. 2111–2133, 2025, doi: 10.1039/d4su00658e.
 - [30] K. Hiraga, I. Taniguchi, S. Yoshida, Y. Kimura, and K. Oda, “Biodegradation of waste PET,” *EMBO Rep.*, vol. 20, no. 11, pp. 1–5, 2019, doi: 10.15252/embr.201949365.
 - [31] N. A. Putri *et al.*, “Ecobrick : Pemanfaatan Limbah Botol Plastik Menjadi Kursi di Lingkungan Damai Bahagia,” *SOLMA*, vol. 13, no. 2, pp. 1297–1307, 2024.
 - [32] R. Nistico, “Polyethylene Terephthalate (PET) In The Packaging Industry,” *Polym. Test.*, vol. 90, 2020, doi: <https://doi.org/10.1016/j.polymertesting.2020.106707>.
 - [33] M. Hanif, “Pengaruh Temperatur Terhadap Karakteristik Produk Cair Pada Degradasi Limbah Plastik Polyethylene Terephthalate (PET) dengan Katalis Ca(OH)₂,” pp. 61–66, 2016.
 - [34] A. T. Hidayat and Kusmiyati, “Pemanfaatan Sampah Plastik PET (Polyethylene Terephthalat e) dan PP (Polypropylene) Menggunakan Proses Pirolisis menjadi Bahan Bakar Minyak,” *J. Multidiscip. Res. Dev.*, vol. 7, no. 4, pp. 2840–2854, 2025.
 - [35] B. Helmy, J. Windarta, and E. H. Giovanni, “Konversi Limbah Plastik Menjadi Bahan Bakar,” *J. Energi Baru dan Terbarukan*, vol. 1, no. 1, pp. 1–7, 2020, doi: 10.14710/jebt.2020.8132.
 - [36] Z. Gan, S. Qu, S. Li, T. Tan, and J. Yang, “Facile synthesis of PET-based poly(ether ester)s with striking physical and mechanical properties,” *React. Funct. Polym.*, vol. 164, 2021, doi: <https://doi.org/10.1016/j.reactfunctpolym.2021.104936>.
 - [37] L. W. Utomo and S. Arfiana, “Pemanfaatan Limbah Plastik Daur Ulang dari Polietilen Tereftalat (PET) Sebagai Bahan Tambahan dalam Pembuatan Nanokomposit, Semen Mortar, dan Aspal: Review,” *J. Teknol. Lingkung. Lahan Basah*, vol. 11, no. 1, p. 164, 2023, doi: 10.26418/jtlb.v11i1.60812.
 - [38] E. Widowati, D. S. N. Reva, S. H. N. Anwar, and N. R. Chasanah, “Upaya Penanaman Kesadaran Masyarakat tentang Bahaya Minyak Jelantah Melalui Pengolahan Pembuatan Lilin Aromaterapi di Desa Windusari,” *J. Puruhita*, vol. 4, no. 2, pp. 48–52, 2022, doi: 10.15294/puruhita.v4i2.63473.
 - [39] U. A. Gusti and H. K. Surtikanti, “Analisis Limbah Minyak Jelantah Hasil

Penggorengan Pelaku UMKM di Kelurahan Gegerkalong Kota Bandung,” *Rekayasa Hijau J. Teknol. Ramah Lingkung.*, vol. 8, no. 3, pp. 263–272, 2024, doi: <https://doi.org/10.26760/jrh.v3i3.3428>.

- [40] S. Amaliah, D. Farkhatu Solikha, and P. Marfiana, “Efektifitas Edukasi Lingkungan Tentang Dampak Negatif Minyak Jelantah Dan Solusi Ramah Lingkungan Untuk Siswa Dan Siswi Smp Al-Urwatul Wutsqo Indramayu,” *J. Educ. Dev.*, vol. 12, no. 2, pp. 332–336, 2024.
- [41] S. Selpina, R. Y. B. Ningsih, R. W. Putri, M. D. U. Syauqi, and N. Hidayatullah, “Sintesis Bahan Bakar Padat Berbahan Baku Residu (Char) Hasil Pirolisis Limbah Plastik,” *J. Din. Penelit. Ind.*, vol. 32, no. 1, pp. 75–84, 2021, [Online]. Available: <http://litbang.kemenperin.go.id/dpi/article/view/6945>
- [42] D. A. Mahendra and M. A. S. Jawwad, “Edukasi tentang pemanfaatan limbah minyak jelantah kantin di sebuah perusahaan 1,2,” *Pengabd. Kpd. Masy.*, vol. 3, no. 1, pp. 30–33, 2023.
- [43] Abdullah, U. Irawati, N. Qomariah, and N. Ain, *Buku Ajar Teknologi Tepat Guna Mengolah Sampah Plastik Menjadi Bahan Bakar Minyak*, Pertama. Banjarmasin: Lambung Mangkurat University Press, 2020, 2020. [Online]. Available: [https://repositori.ulm.ac.id/bitstream/handle/123456789/17941/Buku mengolah sampah plastik menjadi bahan bakar minyak. Prof Abdullah ...pdf?sequence=1](https://repositori.ulm.ac.id/bitstream/handle/123456789/17941/Buku%20mengolah%20sampah%20plastik%20menjadi%20bahan%20bakar%20minyak.%20Prof%20Abdullah%20...pdf?sequence=1)
- [44] D. M. Kamal, S. A. Fatin, D. M. Ilyas, I. Susanto, and S. Prasetya, “Characteristics of Liquid Co-Pyrolysis Products From Plastic Waste and Used Engine Oil,” *Politeknologi*, vol. 23, no. 2, pp. 55–61, 2024.
- [45] S. M. Rambe, S. F. Dina, E. H. Sipahutar, and K. M. Maha, “Potential of Bio-Oil From Reject Plastic Results From Catalytic Process of Pyrolysis As a Renewable Energy Source,” 2012.
- [46] I. Febiola and G. R. Hanum, “Pengaruh Lama Penggunaan Minyak Goreng Kelapa Sawit terhadap Karakterisasi Trigliserida dan Crude Glycerol,” *Medicra (Journal Med. Lab. Sci.)*, vol. 1, no. 1, pp. 27–35, 2018, doi: 10.21070/medicra.v1i1.1474.
- [47] L. Legasari, R. Riandi, W. Febriani, and R. A. Pratama, “Analisis Kadar Air Dan Asam Lemak Bebas Pada Produk Minyak Goreng Dengan Metode Gravimetri Dan Volumetri,” *J. Redoks J. Pendidik. Kim. Dan Ilmu Kim.*, vol. 6, no. 2, pp. 51–58, 2023, doi: 10.33627/re.v6i2.1228.
- [48] W. S. Atikah, “Karakterisasi Zeolit Alam Gunung Kidul Teraktivasi Sebagai Media Adsorben Pewarna Tekstil,” *Arena Tekst.*, vol. 32, no. 1, pp. 17–24, 2017, doi: 10.31266/at.v32i1.2650.
- [49] M. Al Muttaqii *et al.*, “Pengaruh Aktivasi secara Kimia menggunakan Larutan Asam dan Basa terhadap Karakteristik Zeolit Alam,” *J. Ris. Teknol. Ind.*, vol. 13, no. 2, p. 266, 2019, doi: 10.26578/jrti.v13i2.5577.
- [50] A. Ilma Yunita, Triastuti Sulistyaningsih, Nuni Widiarti, “Karakterisasi dan Uji Sifat Fisik Material Zeolit Modifikasi Magnetit sebagai Adsorben Ion Klorida dalam Larutan Berair,” *Indones. J. Chem. Sci.*, vol. 8, no. 2, pp. 87–92, 2019.
- [51] D. H. Goenadi, “Zeolite Processing Technology To Become Material With High Economical Value,” *J. Zeolit Indones.*, vol. 3, no. 1, pp. 42–49, 2004, [Online].

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

- [52] J. Dongoran, P. Sulistiawati, S. Y. Simangunsong, P. G. R. Paksi, and M. H. Pasaribu, "Perkembangan Zeolit Sebagai Katalis Alam Potensial," *J. Jejaring Mat. dan Sains*, vol. 3, no. 2, pp. 28–39, 2021.
- [53] R. Oktaviani, N. Hindryawati, and A. S. Panggabean, "Modifikasi dan Karakterisasi Zeolit Alam Tasikmalaya dengan Fe₂O₃," *Atomik*, vol. 4, no. 1, pp. 30–35, 2019.
- [54] S. Aprellia, I. Rusnadi, and I. Febriana, "Pirolisis Campuran Biji Jarak Dan Biji Kapuk Dengan Katalis Zeolit Menjadi Syngas Dan Biochar," *J. Redoks*, vol. 9, no. 2, pp. 163–176, 2024, doi: 10.31851/redoks.v9i2.16418.
- [55] G. A. Bani, "Uji Aktivitas Katalis Zeolit Alam Ende dalam Pirolisis Polietilena dari Sampah Plastik," *J. Ilm. Tek. Kim.*, vol. 7, no. 2, pp. 46–55, 2023, doi: 10.32493/jitk.v7i2.29588.
- [56] T. Tahdid, A. Manggala, Y. Wasiran, I. Nurryma, P. S. Ramadhani, and A. A. Kobar, "Pengaruh Jumlah Zeolit Dan Temperatur Terhadap Rendemen Bahan Bakar Cair Menggunakan Limbah Plastik Di Unit Thermal Catalytic Cracking Reactor," *J. Redoks*, vol. 7, no. 2, pp. 26–32, 2022, doi: 10.31851/redoks.v7i2.9269.
- [57] Y. P. Anggono, N. Ilminnafik, A. Adib Rosyadi, and G. Jatisukamto, "Pengaruh katalis zeolit alam pada pirolisis plastik polyethylene terephthalate dan polypropylene," *J. Energi Dan Manufaktur*, vol. 13, no. 1, p. 22, 2020, doi: 10.24843/jem.2020.v13.i01.p04.
- [58] N. E. Alsari and A. Amaria, "Pemanfaatan Zeolit Alam Aktif Sebagai Adsorben Bioetanol Ampas Tebu," *UNESA J. Chem.*, vol. 12, no. 2, pp. 49–56, 2023.
- [59] U. Septiani and A. Lisma, "Pemanfaatan Zeolit Alam Sebagai Media Pendukung Amobilisasi Enzim A-Amilase," *J. Ris. Kim.*, vol. 5, no. 1, p. 79, 2011, doi: 10.25077/jrk.v5i1.188.
- [60] M. Mardiah and U. Mulawarman, "Studi Peningkatan Yield Tar Co-Pirolisis Batubara Dan Tandan," no. May 2014, 2019.
- [61] S. O. Adegoke *et al.*, "Energy from biomass and plastics recycling: a review," *Cogent Eng.*, vol. 8, no. 1, pp. 2016–2021, 2021, doi: 10.1080/23311916.2021.1994106.
- [62] Supriyanto, P. Ylitrvo, and T. Richards, "Fast co-pyrolysis of wood and plastic: Evaluation of the primary gaseous products," *Energy Convers. Manag. X*, vol. 22, no. February, 2024, doi: 10.1016/j.ecmx.2024.100613.
- [63] S. A. Novita, S. Santosa, N. Nofialdi, A. Andasuryani, and A. Fudholi, "Artikel Review: Parameter Operasional Pirolisis Biomassa," *Agroteknika*, vol. 4, no. 1, pp. 53–67, 2021, doi: 10.32530/agroteknika.v4i1.105.
- [64] S. Syamsudin, N. Gumelar, and Yuono, "Produksi bio-oil dan bio-arang dari mata kayu industri pulp melalui pirolisis [Production of bio-oil and bio-char from knot in pulp mill through pyrolysis]," *J. Ris. Ind. Has. Hutan*, vol. 11, no. 1, p. 1, 2019, doi: 10.24111/jrihh.v11i1.4325.
- [65] R. N. Yanti, "Kandungan Kimia Crude Bio Oil Tandan Kosong Kelapa Sawit Sebagai Bahan Baku Bioenergi," *Semin. Nas. Karya Ilm. Multidisiplin*, vol. 1, no. 1, pp. 177–

Hak Cipta:
 1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
 2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



- [66] L. I. Zain, S. Wijayanto, and T. W. Saputra, "Pirolisis Campuran Biomassa Limbah Ampas Kopi Dan Limbah Plastik Polypropylene," *NOZEL J. Pendidik. Tek. Mesin*, vol. 05, no. 1, pp. 42–55, 2023.
- [67] D. Amalia Ardianti, A. A. Najib, F. N. Hakim, U. Setiorini, and S. Suryaningsih, "Rancang Bangun Alat Pengkonversi Sampah Plastik Menggunakan Metode Pirolisis menjadi Bahan Bakar Minyak dalam Upaya Penanganan Masalah Lingkungan," *J. Ilmu dan Inov. Fis.*, vol. 3, no. 2, pp. 91–96, 2019, doi: 10.24198/jiif.v3i2.23152.
- [68] R. Nazarrudin and H. Saptoadi, "Pengaruh Variasi Daya Microwave Oven Terhadap Proses Co-Pirolisis Cangkang Kelapa Sawit dan Polistirena Pr," *Proc. 1st SENARA*, vol. 0672, no. c, pp. 34–40, 2022.
- [69] D. F. Mariadi, M. Idris, Iswandi, S. Ritonga, and U. N. Harahap, "Analisis Perpindahan Panas pada Kondensor dengan Metode LMTD pada Proses Pirolisis Ampas Kelapa," *J. Mech. Eng. Manuf. Mater. Energy*, vol. 6, no. 01, pp. 117–129, 2022, doi: 10.31289/jmemme.v6i1.5984.
- [70] W. Saputro and E. A. Saputro, "Pengaruh Performa Mesin Diesel Berbahan Bakar Crude Palm Oil (CPO) dan B35 Terhadap Variasi Pembebanan," *Creat. Res. Eng.*, vol. 5, no. 1, pp. 24–33, 2025, doi: 10.30595/erie.v5i1.26190.
- [71] M. Abiyyu Haidar, N. Faizeh, and B. Wahyudi, "Pengolahan Sampah Plastik Menjadi Bahan Bakar Minyak dengan Menggunakan Proses Pirolisis," *COMSERVA Indones. J. Community Serv. Dev.*, vol. 2, no. 10, pp. 2238–2243, 2023, doi: 10.59141/comserva.v2i10.625.
- [72] A. Zulkania, "Pengaruh Temperatur Dan Ukuran Partikel Biomassa Terhadap Bio-Oil Hasil Pirolisis Ampas Tebu / Baggase," *Teknoin*, vol. 22, no. 5, pp. 328–336, 2016, doi: 10.20885/teknoin.vol22.iss5.art2.
- [73] F. Ramadhan, A. Syuriadi, and A. Sukandi, "Pengaruh Variasi Suhu dan Berat Biomassa Terhadap Hasil dan Kualitas Bio-oil Menggunakan Bio-Massa Sekam Padi pada Proses Pirolisis," *Proceeding Semin. Nas. Tek. Mesin*, pp. 1035–1044, 2024.
- [74] N. Setiaji, Sumpena, and A. Sugiharto, "Analisis Konsumsi Daya Dan Distribusi Tenaga Listrik," *J. Teknologi Ind.*, vol. 11, no. 1, pp. 1–8, 2022.
- [75] U. F. Al-afifi, Erdin Syam, and Elvin Piter, "Perhitungan Potensi Energi Listrik Pada Sekam Padi Melalui Metode Gasifikasi," *SainETIn*, vol. 4, no. 2, pp. 48–56, 2021, doi: 10.31849/sainetin.v4i2.4329.
- [76] M. A. Jabar, G. V. Golwa, C. B. Prasetyo, and T. I. Kusuma, "Analisis Efisiensi Keluaran Energi Listrik Sistem Pembangkit Tenaga Pico Hydro Dengan Menggunakan Turbin Jenis Archimedes Screw," *Mechanical*, vol. 11, no. 2, pp. 36–43, 2020, doi: 10.23960/mech.v11i2.1412.
- [77] P. P. Niaga, "Spesifikasi B35," 2024. [Online]. Available: <https://pertaminapatraniaga.com/file/files/2024/08/spesifikasi-b35.pdf>
- [78] Wahyudi, "Penelitian Nilai Kalor Biomassa : Perbandingan Antara Hasil Pengujian dengan Hasil Perhitungan," *Mesin, Tek. Tek. Fak. Muhammadiyah, Univ.*, vol. 9, no. 2, pp. 208–220, 2006.

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



- [79] M. Nasution, "Bahan Bakar Merupakan Sumber Energi Yang Sangat Diperlukan Dalam Kehidupan Sehari Hari," *JET (Journal Electr. Technol.*, vol. 7, no. 1, pp. 29–33, 2022, doi: 10.30743/jet.v7i1.5392.
- [80] B. R. Putra, L. K. Mangalla, and Y. Gunawan, "Analisis Pengaruh Nilai Kalor Batubara Dan Excess Air Terhadap Efisiensi Boiler Di Pembangkit Listrik Pltu Moramo," *Enthalpy J. Ilm. Mhs. Tek. Mesin*, vol. 6, no. 1, p. 12, 2022, doi: 10.55679/enthalpy.v6i1.19128.
- [81] Wahyudi, N. Caroko, and H. B. Sampurna, "Pengaruh Densitas dan Viskositas Terhadap Sudut Injeksi Biodiesel Jatropha-Jagung (1:4 dan 4:1)," *J. Mater. dan Proses Manufaktur*, vol. 7(2), no. 2, pp. 108–117, 2023, doi: <https://doi.org/10.18196/jmpm.v7i2.20072>.
- [82] E. Masfitra, S. Anwar, and Y. Rizal, "Pengujian Bahan Bakar Minyak (BBM) Alternatif Dari Pirolisis Limbah Plastik Jenis Pp (Polypropylene)," *ENOTEK J. Energi dan Inov. Teknol.*, vol. 1, no. 01, pp. 6–10, 2021, doi: 10.30606/enotek.v1i01.994.
- [83] A. Widyanto, D. Rahmasari, S. M. Hapsari, and J. A. Eleonora.K, "Analisis Viskositas Pada Produk Biosolar Yang Di Distribusikan Menggunakan Pipeline," *J. Sci. Res. Dev.*, vol. 6, no. 1, pp. 790–803, 2024, doi: 10.56670/jsrd.v6i1.329.
- [84] M. Mariono, W. Wahyudi, and M. Nadjib, "Effect of Density and Viscosity on Injection Characteristic of Jatropha - waste Cooking Oil Biodiesel Mixture.," *JMPM (Jurnal Mater. dan Proses Manufaktur)*, vol. 7, no. 1, pp. 44–52, 2023, doi: 10.18196/jmpm.v7i1.17896.
- [85] T. Novia, "Pengolahan Limbah Sampah Plastik Polythylene Terephthalate (PET) Menjadi Bahan Bakar Minyak dengan Proses Pirolisis," *GRAVITASI J. Pendidik. Fis. dan Sains*, vol. 4, no. 01, pp. 33–41, 2021, doi: 10.33059/gravitasi.jpfs.v4i01.3481.
- [86] M. A. Wicaksono and Arijanto, "Pengolahan Sampah Plastik Jenis Pet(Polyethylene Terephthalate) Menggunakan Metode Pirolisis Menjadi Bahan Bakar Alternatif," *J. Tek. Mesin*, vol. 5, no. 1, pp. 9–15, 2017, [Online]. Available: <https://ejournal3.undip.ac.id/index.php/jtm/article/view/16921>
- [87] N. Caroko, "Pirolisis Campuran PET dan LDPE Menggunakan Oven Microwave," *JMPM (Jurnal Mater. dan Proses Manufaktur)*, vol. 5, no. 1, pp. 25–34, 2021, doi: 10.18196/jmpm.v5i1.11947.
- [88] Z. Erlangga, F. Rahmadi, and D. A. Lubis, "Studi Nilai Massa Jenis Bahan Bakar Alternatif Minyak dari Proses Pirolisis Limbah Plastik HDPE (High Density Polyethylene) dan PET (Polyethylene Terephthalate)," *J. Teknol. Lingkung. Lahan Basah*, vol. 11, no. 2, p. 540, 2023, doi: 10.26418/jtlb.v11i2.63528.
- [89] Y. Nofendri and A. Haryanto, "Perancangan Alat Pirolisis Sampah Plastik Menjadi Bahan Bakar," *J. Kaji. Tek. Mesin*, vol. 6, no. 1, pp. 1–11, 2021, doi: 10.52447/jktm.v6i1.4454.
- [90] S. Salamah and Maryudi, "Recycle Limbah Plastik Jenis PET (Polyethylene Terephthalate) dengan Proses Pirolisis dengan katalis Silika-Alumina," *J. Rekayasa Kim. Lingkung.*, vol. 14, no. 1, pp. 104–111, 2019, doi: 10.23955/rkl.v14i1.11954.
- [91] N. Rokhim, Nuryosuwito, and F. Rhohman, "Perbandingan Pemakaian Bahan Bakar Cair Hasil Produk Pirolisis Jenis Plastik PP, Plastik PET, dan Katalis Terhadap Kinerja

Hak Cipta :
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



Mesin,” *Semin. Nas. Inov. Teknol.*, pp. 291–298, 2020.

- [92] R. Fannyda, E.; Nursaadah, and A. Ruyani, “Identifikasi Senyawa Hasil Pirolisis Sampah Plastik Polietilen Tereftalat (PET) dan PET Berlapis Logam,” *J. Sci. Educ.*, vol. 8, no. 2, pp. 261–267, 2024, [Online]. Available: <https://ejournal.unib.ac.id/index.php/pendipa>
- [93] D. M. Kamal, “Penambahan Katalis Karbon Aktif dan Tanah Liat Bentonit Pada Pirolisis Sampah Plastik Polyethylene Terephthalate (PETE),” *J. Energi dan Teknol. Manufaktur*, vol. 05, no. 01, pp. 23–28, 2022, doi: <https://doi.org/10.33795/jetm.v5i01.111>.
- [94] Dianta Mustofa Kamal and Fuad Zainuri, “Green Product of Liquid Fuel from Plastic Waste by Pyrolysis at 900 °C,” *J. Energy Power Eng.* 9 40-44, pp. 1–23, 2016, doi: 10.17265/1934-8975/2015.01.004.
- [95] D. M. Kamal, S. A. Fatin, D. M. Ilyas, I. Susanto, and S. Prasetya, “Karakteristik Hasil Co-Pyrolysis dari Limbah Plastik dan,” *Pros. B Semin. Nas. Tek. Mesin Politek. Negeri Jakarta*, vol. B, pp. 1946–1955, 2024.
- [96] I. B. Alit and I. M. Mara, “Bahan Bakar dari Limbah Ban dan Plastik dengan Metode Pirolisis,” *J. Pendidik. Tek. Mesin Undiksha*, vol. 10, no. 2, pp. 14–21, 2022, [Online]. Available: <http://10.0.93.79/jptm.v10i2.51606>
- [97] M. M. Garib Alla, Ahmed I. Ahmed, Babiker K. Abdalla, “Conversion of Solid Waste to Liquid Fuel,” *Int. J. Tech. Res. Appl.*, vol. 2, no. 3, pp. 29–31, 2014, doi: 10.1177/004051757204200904.
- [98] K. Udyani, E. Ningsih, and M. Arif, “Pengaruh Temperatur Pirolisis Terhadap Yield Dan Nilai Kalor Bahan Bakar Cair Dari Bahan Limbah Kantong Plastik,” *Semin. Nas. Sains dan Teknol. Terap.* VI, no. 2013, pp. 389–394, 2018.
- [99] R. Agustin *et al.*, “Rancang Bangun Alat Purifikasi Gas Buang Pirolisis Dengan Sistem Absorber Dan Adsorber Kontinyu,” *J. Syst. Eng. Technol. Innov.*, vol. 1, no. 02, pp. 71–76, 2022, doi: 10.38156/jisti.v1i02.29.
- [100] R. W. Dianta Mustofa Kamal, Ayu Suandari Larasati, Ridwan, “Conversion Machine Of Plastic Into Oil Fuel With Continous System And Reservoir Wet-Steam Oil With 20 kg Capacities,” *Proc. 1st Annu. Int. Sch. Conf. Taiwan*, pp. 283–287, 2013.
- [101] J. Edgar and D. Supramono, “PENGARUH PENAMBAHAN PLASTIK POLIPROPILENA TERHADAP YIELD DAN KUALITAS MINYAK NABATI HASIL PIROLISIS BONGGOL JAGUNG YANG MENGGUNAKAN CO2 SEBAGAI GAS PEMBAWA,” *J. Teknol. Technoscintia*, vol. 11, no. 2, pp. 114–120, 2019.
- [102] P. D. Sugiyono, *Metode Penelitian Kuantitatif Kualitatif dan R&D*. Yogyakarta: Alfabeta, cv, 2019.
- [103] V. W. Sujarweni, *Metodologi Penelitian*. Yogyakarta: PT Pustaka Baru, 2022.
- [104] S. Nasution, *Metode Research*, 14th ed. Jakarta: PT Bumi Aksara, 2014.
- [105] D. Z. A. Safitri, D. S. Wijayanto, and T. W. Saputra, “Pyrolysis of Saw Waste Biomass Mahogany Wood and Polypropylene Plastic,” *JST (Jurnal Sains dan Teknol.*, vol. 12, no. 1, pp. 73–80, 2023, doi: 10.23887/jstundiksha.v12i1.51857.

Hak Cipta:
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



- [106] Tamrin, “Gasifikasi Minyak Jelantah pada Kompor Bertekanan,” *J. Tek. Pertan. Lampung*, vol. 2, no. 2, pp. 115–122, 2013.
- [107] B. Yuniato, “Pengembangan dan Evaluasi Kinerja Mesin Pirolisis Berbahan Baku Sampah Plastik menjadi Bahan Bakar Minyak,” *J. Rotasi*, vol. 23, no. 4, pp. 74–82, 2021, doi: <https://doi.org/10.14710/rotasi.23.4.74-83>.
- [108] I. M. Gandidi, Ali Mustofa, Andicha Aulia Putra, Reno Raines, “PRODUKSI BAHAN BAKAR MINYAK BIO (BIO OIL) DARI SAMPAH KOTA BANDAR LAMPUNG DENGAN METODE PIROLISIS SEBAGAI SOLUSI TERBAIK DALAM MANAJEMEN PENGELOLAAN SAMPAH DAN DIVERSIFIKASI ENERGI,” *Inov. Pembang. – J. KELITBANGAN*, vol. 05, no. 02, pp. 137–145, 2017.
- [109] S. A. Novita *et al.*, “Parabolic dish solar pyrolysis for bio-oil production: performance and energy analysis,” *J. Med. Pharm. Chem. Res.*, vol. 6, no. 1, pp. 89–110, 2024, doi: 10.48309/jmpcr.2024.423505.1030.
- [110] T. B. Prasetyo and F. Rhohman, “Karakteristik Hasil Proses Pirolisis Jenis Plastik PET, HDPE, dan PP Menggunakan Katalis Alam Metode SPSS dan Matlab,” *SEMNAS Inov. Teknol.*, vol. 1, no. 1, pp. 325–330, 2021.
- [111] P. Hernowo, A. Nia, A. P. Mahardika, and S. Yendranis, “Pengukuran Nilai Kalor Biomasa Bahan Baku Biofuel,” *J. Teknol.*, vol. 6, no. 2, pp. 1–5, 2017, [Online]. Available: https://www.researchgate.net/profile/Pandit_Hernowo2/publication/324120597_PENGUKURAN_NILAI_KALOR_BIOMASA_BAHAN_BAKU_BIOFUEL/links/5abeda330f7e9bfc0459aca4/PENGUKURAN-NILAI-KALOR-BIOMASA-BAHAN-BAKU-BIOFUEL.pdf
- [112] S. J. Jaya, S. Bahri, and E. Saputra, “UPGRADING CRUDE BIO-OIL (CBO) DARI BIOMASSA MENJADI UPGRADED BIO-OIL (UBO) DENGAN KATALIS Ni/LEMPUNG,” *Jom Fteknik*, vol. 4, no. 1, pp. 1–5, 2017.

Hak Cipta:

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



LAMPIRAN

Lampiran Gambar 1. Hasil pengujian nilai kalor bahan bakar minyak alternatif hasil co-pirolisis menggunakan alat Automatic Calorimeter AC500 oleh Leco di Laboratorium Konversi Energi, Politeknik Negeri Jakarta.



**LAB. KONVERSI ENERGI
JURUSAN TEKNIK MESIN
POLITEKNIK NEGERI JAKARTA**
Jalan Prof. Dr. G.A. Siwabessy, Kampus UI, Depok 16425

Hasil Analisis Nilai Kalor

Tanggal Pengujian : 23/04/2025
Tempat : Lab Konversi Energi Politeknik Negeri Jakarta
Nama Alat / Type : Automatic Calorimeter AC500 by Leco
Acuan Standard : ASTM D5865-13
Massa Sample : rate 1.0630 gram

NO	KODE SAMPLE	MASSA (gr)	NILAI KALOR CV (Cal/gr)
1	Sample A	1.0504	10268
2	Sample B	1.0638	10222
3	Sample C	1.0647	10555
4	Sample D	1.0615	9715
5	Sample E	1.0622	10123
6	Sample F	1.0687	10438

Depok, 23 – 04 - 2025
Laboran / PLP

Irfan Choiri

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



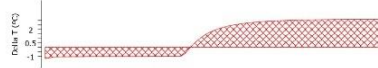
Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Sample A

Unknown	Unknown	Unknown	Name	Mass	Method	Vessel	Fuse Length (cm)
			Sample A	1.0504	1000	1	10.0
Analysis Date	Delta T	Initial Temperature					
4/22/2025 4:16:23 AM	4.187	25.67					

CV (cal/g)
10268



Sample B

Unknown	Unknown	Unknown	Name	Mass	Method	Vessel	Fuse Length (cm)
			Sample B	1.0638	1000	1	0.00
Analysis Date	Delta T	Initial Temperature					
4/22/2025 4:32:10 AM	4.207	26.03					

CV (cal/g)
10222



Sample C

Unknown	Unknown	Unknown	Name	Mass	Method	Vessel	Fuse Length (cm)
			Sample C	1.0647	1000	1	10.0
Analysis Date	Delta T	Initial Temperature					
4/22/2025 4:51:30 AM	4.362	26.06					

CV (cal/g)
10555



Sample D

Unknown	Unknown	Unknown	Name	Mass	Method	Vessel	Fuse Length (cm)
			Sample D	1.0615	1000	1	10.0
Analysis Date	Delta T	Initial Temperature					
4/23/2025 10:13:38 AM	4.004	26.10					

CV (cal/g)
9715



Sample E

Unknown	Unknown	Unknown	Name	Mass	Method	Vessel	Fuse Length (cm)
			Sample E	1.0622	1000	1	10.0
Analysis Date	Delta T	Initial Temperature					
4/23/2025 11:39:49 AM	4.174	26.23					

CV (cal/g)
10123



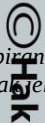
Sample F

Unknown	Unknown	Unknown	Name	Mass	Method	Vessel	Fuse Length (cm)
			Sample F	1.0687	1000	1	10.0
Analysis Date	Delta T	Initial Temperature					
4/23/2025 12:58:27 PM	4.330	26.23					

CV (cal/g)
10438



Element	Average	Std. Deviation	RSD	Count
Mass	1.0619	0.006	0.581	6
CV (cal/g)	10220	291.8	2.855	6



Lampiran Gambar 2. Sertifikat hasil uji viskositas kinematik dari sampel minyak hasil co-pirolisis limbah botol PET dan minyak jelantah menggunakan katalis zeolit alami.

	BADAN RISET DAN INOVASI NASIONAL NATIONAL RESEARCH AND INNOVATION AGENCY DIREKTORAT PENGELOLAAN LABORATORIUM FASILITAS RISET DAN KAWASAN SAINS TEKNOLOGI DIRECTORATE OF RESEARCH LABORATORY FACILITY AND SCIENCE TECHNOLOGY AREA MANAGEMENT LABORATORIUM TEKNOLOGI TERMODINAMIKA MOTOR DAN PROPULSI LABORATORY FOR THERMODYNAMICS ENGINE AND PROPULSION TECHNOLOGY Gedung 230 Kawasan PUSPIPTEK, Serpong - Tangerang Selatan 15314, Indonesia Telp. (021) 7560539, Faks (021) 7560538, surel: layanan_sains@brin.go.id
---	---

LAPORAN PENGUJIAN

Test Report

No. : B-217107/LTMP/LKIM/6/2025

DITERBITKAN UNTUK

Issued for

: Shafa Amatullah Fatin

: Politeknik Negeri Jakarta

1. Identitas Sampel yang Diuji

Test Sample Identification

Nama Sampel

Sample Name

: Minyak Hasil Co-pirolisis

Model / Type

Model / Type

: Limbah Botol Plastik PET dan Minyak Jelantah dengan Katalis Zeolit Alami

Tanggal Diterima

Received Date

: 26 Mei 2025

Tanggal Uji

Testing Date

: 04 Juni 2025

2. Jenis Sampel

Sample Type

: Biodiesel

3. Parameter Uji

Testing Parameter

: Viskositas Kinematik

4. Lokasi Uji

Testing Location

: Laboratorium Kimia - LTMP

Laporan ini terdiri atas

This report includes

: 1 Halaman utama dan 1 halaman lampiran

: 1 main page and 1 page of attachment

Diterbitkan tanggal 12 Juni 2025

Date of issued

Manajer Laboratorium Kimia -

Laboratorium Termodinamika Motor dan Propulsi

Chemistry Laboratory Manager - Laboratory for Thermodynamics Engine and Propulsion



TT ELEKTRONIK

Ihwan Haryono, ST., M.Si.

NIP. 197008311997031001

Dilarang memproduksi sertifikat laporan ini dengan cara apapun kecuali dengan proses fotokopi sertifikat / laporan secara keseluruhan.

It is prohibited to produce this certificate /report in any way except by photocopying the certificate /report in its entirety.

Sertifikat / laporan ini hanya berlaku bagi sampel yang spesifikasinya tertulis di atas dan hanya pada kondisi kalibrasi / uji.

This certificate report is only valid for the sampel whose specifications are written above and only under the conditions of calibration / test.

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

LAMPIRAN

Attachment

No. : B-217107/LTMP/LKIM/6/2025

1. **Metode Uji**
Testing Methode : **ASTM D445**
2. **Alat Uji**
Testing Equipment : **Viscometer SVM 3000**
3. **Merk Alat Uji**
Brand of Testing Equipment : **Anton-Paar**
4. **Kondisi Lingkungan**
Environment Condition :

Kelembaban Relatif, RH	Suhu
69,4 %	22,2 °C

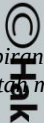
5. **Suhu Uji**
Testing Temperature : **40 °C**
6. **Hasil Uji**
Testing Result :

No	Nama Sampel <i>Sample Name</i>	Viskositas Kinematik <i>Kinematic Viscosity</i> mm ² /s	Ketidakpastian <i>Uncertainty</i> mm ² /s
1	Sampel A	1,3958	0,006
2	Sampel B	1,3627	0,006
3	Sampel C	1,2711	0,007
4	Sampel D	1,3607	0,006
5	Sampel E	1,3028	0,007
6	Sampel F	1,2372	0,007

7. **Referensi Biodiesel**
Biodiesel Reference

STANDAR BAHAN BAKAR	TEMP	DENSITAS	VISKOSITAS
	(°C)	(g/cm ³)	(mm ² /s)
B30 /	15	0.815 - 0.880	-
Dexlite	40	-	2.0 - 5.0

Dilarang memproduksi sertifikat laporan ini dengan cara apapun kecuali dengan proses fotokopi sertifikat / laporan secara keseluruhan.
It is prohibited to produce this certificate /report in any way except by photocopying the certificate /report in its entirety.
Sertifikat / laporan ini hanya berlaku bagi sampel yang spesifikasinya tertulis di atas dan hanya pada kondisi kalibrasi / uji.
This certificate report is only valid for the sampel whose specifications are written above and only under the conditions of calibration / test.



Lampiran Gambar 3. Sertifikat hasil uji densitas dari sampel minyak hasil co-pirolisis limbah botol PET dan minyak jelantah menggunakan katalis zeolit alami.



LAPORAN PENGUJIAN

Test Report

No. : B-217111/LTMP/LKIM/6/2025

DITERBITKAN UNTUK
Issued for

: Shafa Amatullah Fatin
Politeknik Negeri Jakarta

1. Identitas Sampel yang Diuji Test Sample Identification

Nama Sampel
Sample Name

: Minyak Hasil Co-pirolisis

Model / Type
Model / Type

: Limbah Botol Plastik PET dan Minyak Jelantah dengan
Katalis Zeolit Alami

Tanggal Diterima
Received Date

: 26 Mei 2025

Tanggal Uji
Testing Date

: 09 Juni 2025

2. Jenis Sampel Sample Type

: Biodiesel

3. Parameter Uji Testing Parameter

: Densitas

4. Lokasi Uji Testing Location

: Laboratorium Kimia - LTMP

Laporan ini terdiri atas
This report includes

: 1 Halaman utama dan 1 halaman lampiran
1 main page and 1 page of attachment

Diterbitkan tanggal 12 Juni 2025
Date of issued

Manajer Laboratorium Kimia -
Laboratorium Termodinamika Motor dan Propulsi

Chemistry Laboratory Manager - Laboratory for
Thermodynamics Engine and Propulsion

 TT ELEKTRONIK
BRIN

Ihwan Haryono, ST., M.Si.
NIP. 197008311997031001

Dilarang memproduksi sertifikat laporan ini dengan cara apapun kecuali dengan proses fotokopi sertifikat / laporan secara keseluruhan.
It is prohibited to produce this certificate / report in any way except by photocopying the certificate / report in its entirety.

Sertifikat / laporan ini hanya berlaku bagi sampel yang spesifikasinya tertulis di atas dan hanya pada kondisi kalibrasi / uji.
This certificate report is only valid for the sampel whose specifications are written above and only under the conditions of calibration / test.



Dokumen ini ditandatangani secara elektronik menggunakan sertifikat dari BSR/E, silahkan lakukan verifikasi pada dokumen elektronik yang dapat diunduh dengan melakukan scan QR Code

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

LAMPIRAN

Attachment

No. : B-217111/LTMP/LKIM/6/2025

1. **Metode Uji**
Testing Methode : ASTM D4052
2. **Alat Uji**
Testing Equipment : Densitymeter DMA 4100 M
3. **Merk Alat Uji**
Brand of Testing Equipment : Anton-Paar
4. **Kondisi Lingkungan**
Environment Condition :

Kelembaban Relatif, RH	Suhu
69,3 %	22,5 °C

5. **Suhu Uji**
Testing Temperature : 15 °C
6. **Hasil Uji**
Testing Result :

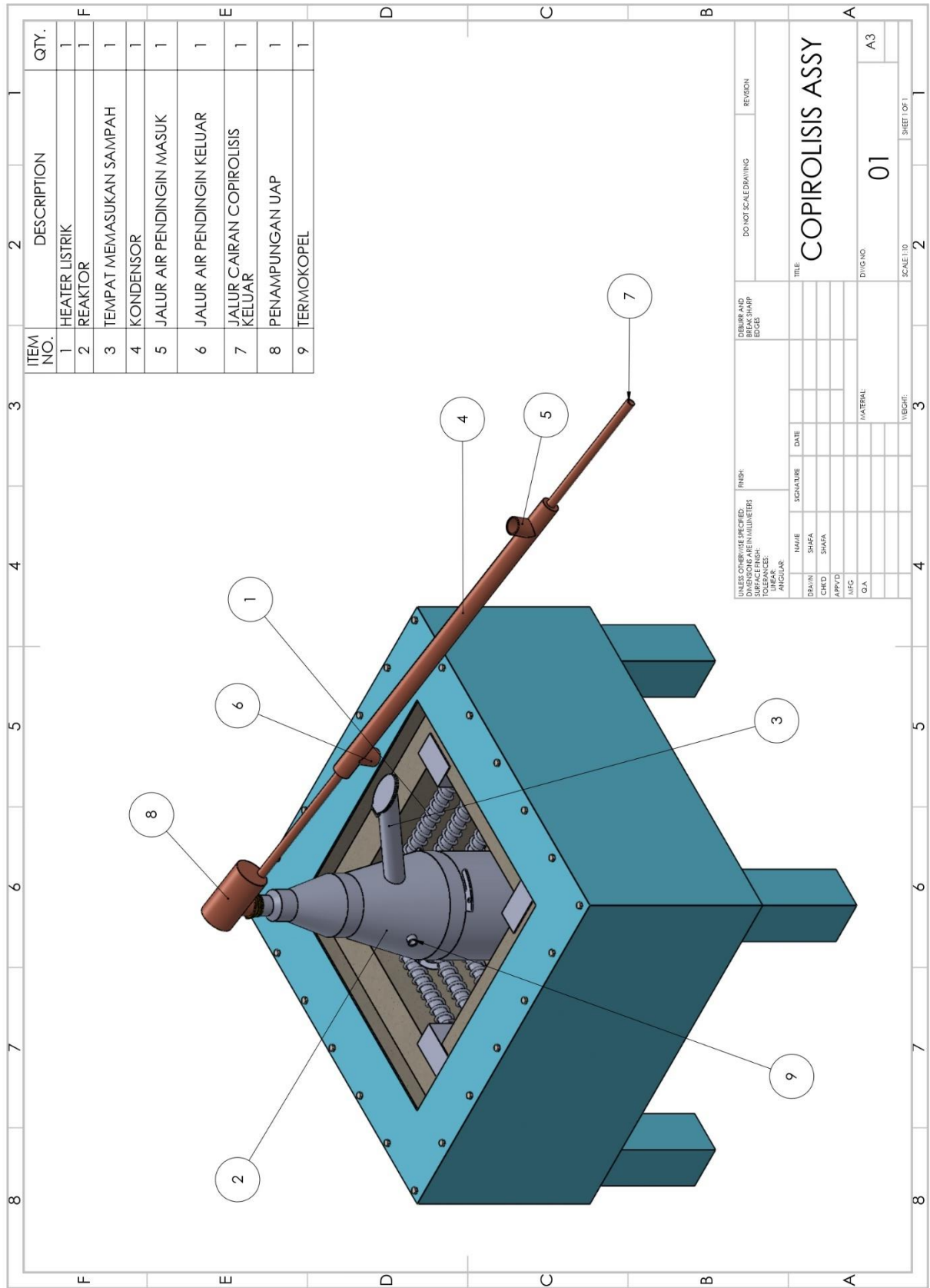
No	Nama Sampel <i>Sample Name</i>	Densitas <i>Density</i> g/cm ³	Ketidakpastian <i>Uncertainty</i> g/cm ³
1	Sampel A	0,8216	0,001
2	Sampel B	0,8292	0,001
3	Sampel C	0,8177	0,001
4	Sampel D	0,8362	0,001
5	Sampel E	0,8267	0,001
6	Sampel F	0,8220	0,001

7. **Referensi Biodiesel**
Biodiesel Reference

STANDAR BAHAN BAKAR	TEMP	DENSITAS	VISKOSITAS
	(°C)	(g/cm ³)	(mm ² /s)
B30 / Dexlite	15	0.815 - 0.880	-
	40	-	2.0 - 5.0

Dilarang memproduksi sertifikat laporan ini dengan cara apapun kecuali dengan proses fotokopi sertifikat / laporan secara keseluruhan.
It is prohibited to produce this certificate /report in any way except by photocopying the certificate /report in its entirety.
Sertifikat / laporan ini hanya berlaku bagi sampel yang spesifikasinya tertulis di atas dan hanya pada kondisi kalibrasi / uji.
This certificate report is only valid for the sampel whose specifications are written above and only under the conditions of calibration / test.

Lampiran Gambar 4. Rancangan prototipe alat co-pirolisis untuk mengolah limbah botol PET dan minyak jelantah menjadi bahan bakar minyak alternatif.



1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumpulkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

KONVERSI LIMBAH PLASTIK DAN MINYAK JELANTAH MENJADI BAHAN BAKAR DIESEL MELALUI PROSES CO-PIROLISIS

ORIGINALITY REPORT

13%

SIMILARITY INDEX

12%

INTERNET SOURCES

6%

PUBLICATIONS

4%

STUDENT PAPERS

PRIMARY SOURCES

1	repository.pnj.ac.id	3%
	Internet Source	
2	repository.its.ac.id	1%
	Internet Source	
3	123dok.com	1%
	Internet Source	
4	docplayer.info	<1%
	Internet Source	
5	id.123dok.com	<1%
	Internet Source	
6	repository.ub.ac.id	<1%
	Internet Source	
7	www.slideshare.net	<1%
	Internet Source	
8	Apriyanti Apriyanti, Asifa Asri. "Pabrikasi dan Uji Kinerja Bulir Polipropilena Berfotokatalis Semikonduktor TiO ₂ pada Fotodegradasi Air Gambut", PRISMA FISIKA, 2022	<1%

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Seminar Nasional Inovasi Vokasi (SNIV) Tahun 2025
Politeknik Negeri Jakarta



SURAT PENERIMAAN ARTIKEL

No. 931/PL3.A.10/PT.00.07/2025

ID Artikel	:	3828
Judul Artikel	:	Studi Nilai Kalor Co-Pirolisis PET dan LDPE dengan Minyak Bekas sebagai Sumber Energi
Penulis	:	Shafa Amatullah Fatm, Dianta Mustofa Kamal dan Tatun Hayatun Nufus

Dengan bangga kami sampaikan bahwa artikel Saudara/i telah melalui proses peninjauan dan DITERIMA untuk diterbitkan dalam Seminar Nasional Inovasi Vokasi (SNIV) Politeknik Negeri Jakarta Tahun 2025. Artikel tersebut akan dipresentasikan secara daring (online) pada tanggal 11 Juni 2025.

Setelah sesi presentasi pada tanggal tersebut, artikel Saudara/i akan menjalani pengecekan plagiarisme menggunakan Turnitin. Apabila hasil pengecekan oleh Panitia menunjukkan tingkat kesamaan lebih dari 20%, maka penulis diwajibkan melakukan revisi. Jika setelah revisi, tingkat kesamaan masih melebihi 20%, maka artikel tidak akan diterbitkan dalam Prosiding SNIV Tahun 2025.

Kami mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya atas partisipasi dan kepercayaan Saudara/i dalam menjadikan kegiatan ini sebagai wadah untuk penerbitan hasil penelitian.

Salam hangat,



Ketua Pelaksana SNIV 2025
Dr. Prihatin Oktivasari, S.Si., M.Si.

Telp : 0858 9449 0797 (Retno Oktaviani)
E-mail : sniv@pnj.ac.id
Web : <https://prosiding.pnj.ac.id/index.php/sniv>

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



©Ha

Lampiran Gambar 8. Sertifikat Pemakalah pada SNIV 2025 – Politeknik Negeri Jakarta

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



SERTIFIKAT

No: 501 /PL3/PT.00.00/2025

diberikan kepada:

Shafa Amatullah Fatin, S.Tr.T.

sebagai

PRESENTER

Seminar Nasional Inovasi Vokasi (SNIV) 2025

**"Inovasi Kolaboratif Teknik dan Soshum di Kampus Vokasi Berdampak
untuk Mewujudkan Indonesia Maju"**

dengan judul paper:

Studi Nilai Kalor Co-Pirolisis PET dan LDPE dengan Minyak Bekas sebagai Sumber Energi

11 Juni 2025

**Politeknik Negeri Jakarta
Jl. Prof. Dr. G. A. Siwabessy, Depok.**



Characteristics of Liquid Co-Pyrolysis Products From Plastic Waste and Used Engine Oil

Dianta Mustofa Kamal^{a,*}, Shafa Amatullah Fatin^a, Dede Muhamad Ilyas^b, Iwan Susanto^a, Sonki Prasetya^b

^aApplied Master of Manufacturing Technology Engineering, Politeknik Negeri Jakarta, Jl. Prof. G. A. Siwabessy, Kampus UI, Depok, Indonesia

^bPower Plant Engineering Study Program, Mechanical Engineering, Politeknik Negeri Jakarta, Jl. Prof. G. A. Siwabessy, Kampus UI, Depok, Indonesia

*email of corresponding author: dianta@pnj.ac.id

Abstract

This study aims to utilize low-density polyethylene (LDPE) plastic waste and engine oil to produce alternative liquid fuel through the co-pyrolysis method. We carried out the co-pyrolysis process with various ratios of LDPE plastic waste and used engine oil, specifically 5:0, 5:1, 5:2, 5:3, and 5:4, within a temperature range of 165°C to 177°C for 1 hour. We tested the characteristics of the resulting liquid products to determine their calorific value, density, and viscosity. The results showed that the calorific value increased with the addition of used engine oil, reaching 11,061.67 cal/g at a 5:4 composition. The liquid products had an average density of 0.8686 g/mL, which was within the range of diesel fuel density. The viscosity of the liquid products also met gasoline standards, with an average value of <1 cSt. The highest yield efficiency reached 9.14 mL/kWh at a 5:4 composition with an efficiency of 1.93%, indicating significant potential for producing energy-efficient liquid fuel. This study sheds new light on the use of plastic waste and engine oil as environmentally friendly alternative liquid fuels.

Article History

Submitted: 02/10/2022

Revised : 23/07/2024

Accepted: 30/07/2024

Published: 31/05/2024

Keywords:

Plastic, Co-Pyrolysis, Used Engine Oil, Liquid Fuel, Energy Efficiency.

Introduction

The increase in plastic usage by 2015 has resulted in an estimated 300 million tons of plastic waste worldwide [1]. In 2019, Indonesia's total waste amounted to 68 million tons, with plastic waste accounting for 14%, or approximately 9.52 million, of this total [2]. The high amount of trash at the final disposal site (TPA) is one indication that garbage disposal is difficult and requires proper mechanisms [3]. Both landfill and incineration methods are used to tackle the problem of plastic waste, but both methods are ineffective because they can create new environmental problems [4]. The most developed plastic waste treatment nowadays is by converting it into liquid fuels through pyrolysis methods [5].

Pyrolysis is the process of decomposing an organic or inorganic material by heating it at high temperatures, either without oxygen or with little oxygen [6]. In addition to the issue of plastic waste, used lubricants from motor vehicles also pose a significant problem. Used lubricants are environmentally unfriendly waste because they contain hazardous and toxic substances (B3) [7]. The high amount of used lubricant is consistent with the increase in the number of vehicles in each city and region, so their use is increasing from year to year [8].

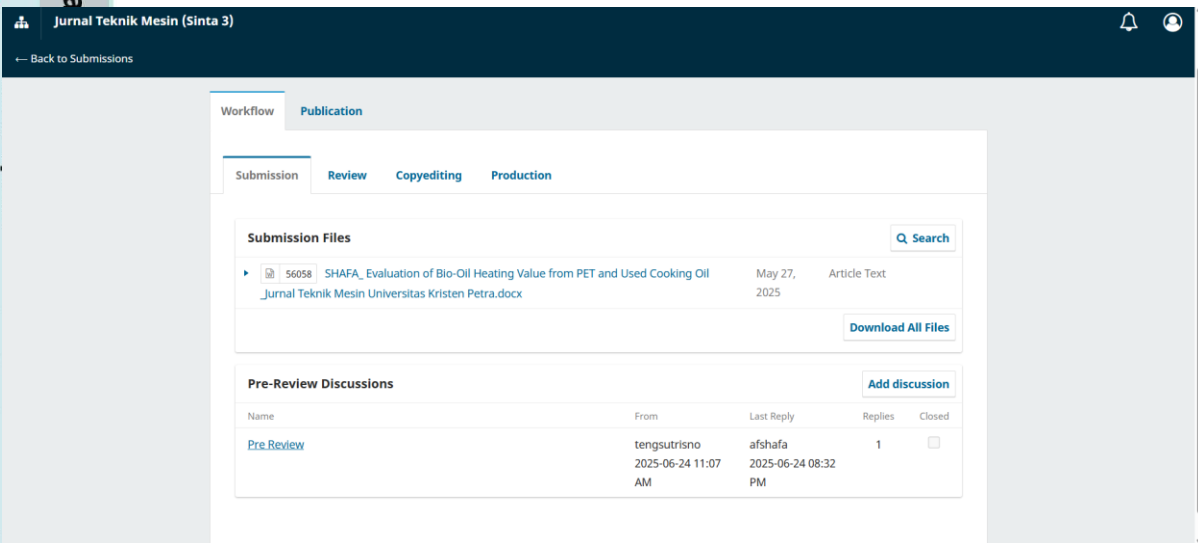
This study aims to utilize plastic waste and used lubricants, specifically through the co-pyrolysis method on low-density polyethylene (LDPE) waste plastic and waste lubricant types. This method can improve the quality and characteristics of the liquid products produced by pyrolysis. We use LDPE plastic waste because it's easy to obtain, heats up faster, and produces more liquid products than other types of plastic waste [9]. When reviewing the use of both of these wastes, the primary raw material is petroleum [10]. Therefore, the method of co-pyrolysis can utilize the energy content of waste plastic and used lubricants to create alternative liquid fuels [11].

The purpose of this study is to convert plastic waste and waste lubricant into liquid fuel and determine the characteristics of the liquid product based on caloric value, density, and viscosity parameters.



©Harta

Lampiran Gambar 10. Bukti Submission Artikel Ilmiah pada Jurnal Teknik Mesin (SINTA 3)



Artikel berjudul "*Evaluation of Bio-Oil Heating Value from PET and Used Cooking Oil*" telah diajukan ke Jurnal Teknik Mesin Universitas Kristen Petra pada 27 Mei 2025, dan saat ini berada dalam tahap pre-review.

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



Lampiran Gambar 11. SK Dirjen Migas No.447.K/MG.06/DJM/2023 tanggal 27 Desember 2023 (Standar Bahan Bakar Jenis Solar yang Dipasarkan di Dalam Negeri)

Spesifikasi Biosolar B35

No.	PARAMETER	METODE UJI	UNIT	BATASAN MIN	BATASAN MAX
1	Angka Setana (Cetane Number)	ASTM D613	-	49	-
2	Berat Jenis (pada suhu 15 °C)	ASTM D4052 atau ASTM D1298	kg/m ³	815	880
3	Viskositas (pada suhu 40 °C)	ASTM D445	mm ² /s	2,0	5,0
4	Kandungan Sulfur	ASTM D4294 atau ASTM D5453 atau ASTM D2622	% m/m	-	0,2 0,005 ¹⁾
5	Distilasi: 90% vol penguapan	ASTM D86	°C	-	370
6	Titik Nyala	ASTM D93	°C	52	-
7	Titik Kabut, atau	ASTM D2500 atau ASTM D5771 atau ASTM D5773 atau ASTM D7683	°C	-	18
	Titik Tuang	ASTM D97 atau ASTM D5949 atau ASTM D5950 atau ASTM D6749	°C	-	18
8	Residu Karbon	ASTM D189 atau ASTM D4530	% m/m	-	0,1
9	Kandungan Air	ASTM D6304	mg/kg	0	400
10	Kandungan FAME	ASTM D7806 atau ASTM D7371	% v/v	35 ²⁾	
11	Korosi Bilah Tembaga	ASTM D130	merit	-	Kelas 1
12	Kandungan Abu	ASTM D482 atau ISO EN6245	% m/m	-	0,01
13	Kandungan Sedimen	ASTM D473	% m/m	-	0,01
14	Bilangan Asam Kuat	ASTM D664	mg KOH/g	0	
15	Bilangan Asam Total	ASTM D664	mg KOH/g	-	0,6
16	Penampilan Visual	Visual	-	Jernih & Terang	
17	Warna	ASTM D1500	No. ASTM	-	3
18	Lubricity (HFRR wear scar dia. @ 60 °C)	ASTM D6079	micron	-	460 ³⁾
19	Kestabilan Oksidasi ⁴⁾	EN 15751	Jam	35	-
		ASTM D7545 atau EN 16091	Menit	45	-

CATATAN UMUM:

- Aditif harus kompatibel dengan minyak mesin (tidak menambah kekotoran mesin/kerak). Aditif yang mengandung komponen pembentuk abu (ash forming) tidak diperbolehkan.
- Penanganan (handling) harus dilakukan secara baik untuk mengurangi kontaminasi (debu, air, bahan bakar lain, dll).
- Pelabelan pada pompa harus memadai dan terdefinisi.
- Untuk kondisi penggunaan BBM pada temperatur operasi < 16°C, pengukuran *Cold Filter Plugging Point* (CFPP) dapat dilakukan berdasarkan kesepakatan antara penjual dan pembeli.
- Jika diperlukan, dapat dilakukan pengukuran *Filter Block Tendency* (FBT), nilai kalor berdasarkan kesepakatan antara penjual dan pembeli. Nilai kalor (HHV) minimal 44,000 MJ/kg.

CATATAN :

- Batasan 0.005% m/m setara dengan 50 ppm, mulai berlaku terhitung sejak tanggal 01 Desember 2027.
- SK Menteri ESDM No.295.K/EK.01/MEM.E/2022 tentang Pemanfaatan Bahan Bakar Nabati Jenis Biodiesel sebagai Campuran Bahan Bakar Minyak Jenis Minyak Solar dalam Kerangka Pembiayaan oleh Badan Pengelolaan Dana Perkebunan Kelapa Sawit.
- Parameter kualitas ini berlaku jika kadar belerang ≤ 500 ppm.
- Metode pengujian dapat dipilih salah satu.

ACUAN :

SK Dirjen Migas No. 447.K/MG.06/DJM/2023 tanggal 27 Desember 2023 tentang Standar dan Mutu (Spesifikasi) Bahan Bakar Minyak Jenis Solar yang Dipasarkan di Dalam Negeri.

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Sebelum Perbaikan	Setelah Perbaikan
	
	
	
	
	

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Pengukuran Daya Heater



Pengecekan Fungsi Heater Listrik



**POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA**