



© 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



**PENGEMBANGAN *SMART COOLING SYSTEM* JALUR
OUTPUT PADA REAKTOR PIROLISIS**

LAPORAN TUGAS AKHIR

**POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA**

Oleh:

Muhamad Fajar Ramadhan

NIM. 2202317011

**PROGRAM STUDI D3 TEKNIK MESIN KAMPUS DEMAK
JURUSAN TEKNIK MESIN
POLITEKNIK NEGERI JAKARTA**

JULI, 2026



© 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



**PENGEMBANGAN *SMART COOLING SYSTEM* JALUR
OUTPUT PADA REAKTOR PIROLISIS**

LAPORAN TUGAS AKHIR

Laporan ini disusun sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan pendidikan
Diploma III Program Studi Teknik Mesin Kampus Demak, Jurusan Teknik Mesin

Oleh:

Muhamad Fajar Ramadhan

NIM. 2202317011

**PROGRAM STUDI D3 TEKNIK MESIN KAMPUS DEMAK
JURUSAN TEKNIK MESIN
POLITEKNIK NEGERI JAKARTA**

JULI, 2026



© 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

“Membahayakan Nyawanya untuk melahirkan ia ke Dunia,
Jadi Tidak mungkin ia tidak ada Artinya.”



“The Future Belongs to Those Who Believe in the Beauty of Their Dreams.”
–Eleanoor Roosevelt.

“Turut berbela sungkawa... Atas sekaratnya jiwa...”
(Orang-Orang di Kerumunan-**FSTVLST**)



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 PERSETUJUAN

LAPORAN TUGAS AKHIR

PENGEMBANGAN *SMART COOLING SYSTEM* JALUR *OUTPUT* PADA REAKTOR PIROLISIS

Oleh:

Muhamad Fajar Ramadhan

NIM. 2202317011

Program Studi D3 Teknik Mesin Kampus Demak

Laporan Tugas Akhir telah disetujui oleh pembimbing

Pembimbing 1

Hamid Ramadhan Nur, S.Pd., M.Pd.
NIP. 199701172024061002

Pembimbing 2

Rouf Muhammad, ST., M.T.
NIP. 199604272024061003

Ketua Program Studi
Diploma Teknik Mesin Kampus Demak

Ir. Edy Ismail, S.Pd., M.Pd., IPP.
NIP. 198105132024211007



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 PENGESAHAN

LAPORAN TUGAS AKHIR

PENGEMBANGAN *SMART COOLING SYSTEM* JALUR *OUTPUT* PADA REAKTOR PIROLISIS

Oleh:

Muhamad Fajar Ramadhan
NIM. 2202317011

Program Studi D3 Teknik Mesin Kampus Demak

Telah berhasil dipertahankan dalam sidang Tugas Akhir di hadapan Dewan Penguji pada tanggal 15 Juli 2026 dan diterima sebagai persyaratan untuk memperoleh gelar Ahli Madya pada Program Studi Teknik Mesin Jurusan Teknik Mesin

DEWAN PENGUJI

No.	Nama	Posisi Penguji	Tanda Tangan	Tanggal
1.	Hamid Ramadhan Nur, S.Pd., M.Pd. NIP 199701172024061002	Ketua		20 Juli 2026
2.	Ir. Edy Ismail, S.Pd., M.Pd., IPP. NIP 198105132024211007	Penguji 1		21 Juli 2026
3.	Rouf Muhammad, ST., M.T. NIP 199604272024061003	Penguji 2		21 Juli 2026

Demak, 15 Juli 2026

Disahkan oleh:

Ketua Jurusan Teknik Mesin



Dr. Fuad Zainuri, S.T., M.Si.
NIP. 197602252000121002



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

LEMBAR PERNYATAAN ORISINALITAS

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Muhamad Fajar Ramadhan
NIM : 2202317011
Program Studi : D3 Teknik Mesin Kampus Demak

menyatakan bahwa yang dituliskan di dalam Laporan Tugas Akhir ini adalah hasil karya saya sendiri bukan jiplakan (*plagiasi*) karya orang lain baik sebagian atau seluruhnya. Pendapat, gagasan, atau temuan orang lain yang terdapat di dalam Laporan Tugas akhir telah saya kutip dan saya rujuk sesuai dengan etika ilmiah. Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenar-benarnya.

Demak, 15 Juli 2026



Muhamad Fajar Ramadhan
NIM. 2202317011

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

PENGEMBANGAN *SMART COOLING SYSTEM* JALUR *OUTPUT* PADA REAKTOR PIROLISIS

Muhamad Fajar Ramadhan¹⁾, Hamid Ramadhan Nur¹⁾, Rouf Muhammad¹⁾

¹⁾Program Studi D3 Teknik Mesin Kampus Demak, Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Jakarta, Jl. Prof. G. A. Siwabessy, Kampus UI, Depok, 16425

Email: muhamad.fajar.ramadhan.tm22@mhsw.pnj.ac.id

ABSTRAK

Proses konversi sampah plastik jenis *Polypropylene* (PP) menjadi minyak menggunakan metode pirolisis konvensional sering kali terkendala oleh rendahnya *volume* hasil cairan (*yield*) akibat sistem pendingin pipa lurus yang kurang optimal. Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan menguji sistem kondensor tipe *spiral* (*helical coil*) berbahan tembaga (diameter 3/8 inci, 10 lilitan, diameter 14 cm) guna meningkatkan efisiensi perpindahan panas. *Monitoring* temperatur uap dilakukan secara *real-time* menggunakan *sensor termokopel Tipe K*. Pengujian dilakukan sebanyak 3 kali menggunakan 3,5 kg sampah plastik PP dengan suhu reaktor mencapai puncaknya pada 376,25°C selama 5 jam 22 menit. Hasil pengujian menunjukkan kondensor *spiral* sangat efektif menurunkan suhu uap dari puncak *inlet* 107,25°C menjadi rata-rata 50,41°C pada saluran *outlet*. Modifikasi ini berhasil menurunkan fraksi *gas* yang lolos (tidak terkondensasi) dari 15,81% menjadi 11,05%. Volume *bio-fuel* cair yang dihasilkan meningkat sebesar 40,63%, yaitu dari 1.280 ml (rendemen massa 28,16%) pada kondensor konvensional menjadi 1.800 ml (rendemen massa 39,6%) pada kondensor *spiral* hasil pengembangan.

Kata Kunci: Pirolisis, Sampah Plastik PP, Kondensor *Spiral*, *Bio-fuel*.



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

PENGEMBANGAN *SMART COOLING SYSTEM* JALUR *OUTPUT* PADA REAKTOR PIROLISIS

Muhamad Fajar Ramadhan¹⁾, Hamid Ramadhan Nur¹⁾, Rouf Muhammad¹⁾

¹⁾Program Studi D3 Teknik Mesin Kampus Demak, Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Jakarta, Jl. Prof. G. A. Siwabessy, Kampus UI, Depok, 16425

Email: muhamad.fajar.ramadhan.tm22@mhsw.pnj.ac.id

ABSTRACT

The process of converting polypropylene (PP) plastic waste into oil using conventional pyrolysis is often hampered by low liquid yield due to a suboptimal straight-pipe cooling system. This study aims to design and test a copper helical coil condenser system (3/8-inch diameter, 10 coils, 14 cm diameter) to improve heat transfer efficiency. Vapor temperature was monitored in real-time using a Type K thermocouple sensor. Testing was conducted using 3.5 kg of PP plastic waste, with the reactor temperature peaking at 376.25°C for 5 hours and 22 minutes. The test results showed that the helical coil condenser was highly effective at reducing the steam temperature from a peak inlet temperature of 107.25°C to an average of 50.41°C at the outlet. This modification successfully reduced the fraction of gas that escaped (uncondensed) from 15.81% to 11.05%. The volume of liquid biofuel produced increased by 40.63%, from 1,280 ml (mass yield of 28.16%) with the conventional condenser to 1,800 ml (mass yield of 39.6%) with the developed spiral condenser.

Keywords: Pyrolysis, PP Plastic Waste, Spiral Condenser, Biofuel.



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

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan ke hadirat Allah SWT atas rahmat dan karunia-Nya, sehingga Laporan Tugas Akhir yang berjudul " Pengembangan *Smart Cooling System* Jalur *Output* Pada Reaktor Pirolisis" ini dapat diselesaikan dengan baik. Laporan ini disusun sebagai salah satu syarat kelulusan program Diploma III Program Studi Teknik Mesin Kampus Demak, Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Jakarta.

Pada kesempatan ini, penulis ingin menyampaikan terima kasih yang tulus kepada semua pihak yang telah memberikan bantuan, bimbingan, dan dukungan selama proses penyusunan laporan ini, khususnya kepada:

1. Dr. Fuad Zainuri, S.T., M.Si., selaku Ketua Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Jakarta.
2. Ir. Edy Ismail, S.Pd., M.Pd., IPP., selaku Ketua Program Studi D3 Teknik Mesin Kampus Demak.
3. Hamid Ramadhan Nur, S.Pd., M.Pd., selaku Dosen Pembimbing 1.
4. Rouf Muhammad, ST., M.T., selaku Dosen Pembimbing 2.
5. Kedua orang tua dan keluarga tercinta yang selalu memberikan doa dan dukungan moral maupun material.
6. Rekan-rekan mahasiswa D3 Teknik Mesin Kampus Demak angkatan 2023 yang telah banyak membantu dalam kelancaran eksperimen ini.

Penulis menyadari bahwa laporan ini masih memiliki kekurangan. Oleh karena itu, kritik dan saran yang membangun sangat diharapkan demi kesempurnaan di masa mendatang. Semoga laporan Tugas Akhir ini dapat memberikan manfaat bagi perkembangan ilmu pengetahuan di bidang Teknik Mesin.

Demak, 15 Juli 2026

Muhamad Fajar Ramadhan
NIM. 2202317011



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 PERSETUJUAN	iii
HALAMAN PENGESAHAN	iv
LEMBAR PERNYATAAN ORISINALITAS	v
ABSTRAK	vi
ABSTRACT	vii
KATA PENGANTAR.....	viii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR GAMBAR.....	xii
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR LAMPIRAN	xiv
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Tujuan Penulisan	4
1.3 Manfaat Penulisan Laporan Tugas Akhir.....	4
1.4 Metode Penulisan Laporan Tugas Akhir.....	5
1.5 Sistematika Penulisan Laporan Tugas Akhir	6
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	8
2.1 Sampah Plastik Dan Karakteristiknya	8
2.1.1 Definisi dan Dampak Lingkungan Sampah Plastik	8
2.1.2 Karakteristik Jenis Plastik Berpotensi <i>Bio-fuel</i> Tinggi.....	8
2.2 Proses Pirolisis Sampah Plastik.....	9
2.2.1 Definisi dan Konsep Dasar Pirolisis	10
2.2.2 Mekanisme Termal dan Temperatur Optimal.....	10
2.2.3 Skema dan Rumus	10



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

2.2.4 Faktor yang Mempengaruhi Hasil Pirolisis	12
2.3 Minyak Hasil Pirolisis (<i>Bio-fuel</i>)	12
2.3.1 Karakteristik Fisik dan Kimia Minyak Plastik PP	12
2.3.2 Perbandingan Minyak PP dengan Bahan Bakar Komersial.....	13
2.4 Sistem Kondensor dan Perpindahan Panas (<i>Heat Transfer</i>)	14
2.4.1 Prinsip Kerja Kondensor pada Proses Pirolisis	14
2.4.2 Teori Pipa <i>Spiral</i> (<i>Helical Coil Condenser</i>)	15
2.4.3 Rumus Perpindahan Panas	16
2.5 Sistem <i>Monitoring</i> Temperatur (<i>Termokopel</i>)	16
2.5.1 Prinsip Kerja Sensor <i>Termokopel Tipe K</i>	16
2.5.2 Pembacaan <i>Data</i> secara <i>Real-Time</i>	17
2.6 Material Tembaga dan Karakteristik Termalnya.....	18
2.7 Proses Perubahan Wujud Uap (Kondensasi).....	18
2.7.1 Mekanisme Pelepasan Kalor Laten.....	18
2.7.2 Fenomena Kondensasi di Dalam Pipa	19
BAB III METODOLOGI	21
3.1 Diagram Alir Penulisan	21
3.2 Penjelasan Langkah Kerja	22
3.2.1 Tahap Identifikasi dan Studi Literatur	22
3.2.2 Tahap Perancangan Desain	22
3.2.3 Tahap Fabrikasi dan Perakitan.....	23
3.2.4 Tahap Pengujian Alat dan Pengumpulan <i>Data</i>	25
3.3 Metode Pemecahan Masalah	26
3.3.1 Pengukuran Performa Awal (<i>Baseline Data</i>).....	27
3.3.2 Optimasi Luas Penampang Kontak Panas dan Pola Aliran	27



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

3.3.3 Penerapan Sistem <i>Monitoring</i> Termal Akurat	27
3.3.4 Evaluasi <i>Output (Yield Method)</i>	28
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	29
4.1 Hasil Perancangan dan Fabrikasi Sistem Kondensor <i>Spiral</i>	29
4.1.1 Spesifikasi Teknis Komponen Alat	29
4.2 Hasil Efektivitas Penurunan Temperatur.....	31
4.2.1 Data Fluktuasi Suhu <i>Real-Time</i>	31
4.3 Hasil <i>Bio-fuel</i> (Yield)	32
4.4 Analisis Residu <i>Char</i> dan Akumulasi Massa (<i>Mass Balance</i>).....	33
4.5 Pembahasan Efektivitas Perpindahan Panas Kondensor <i>Spiral</i>	34
BAB V PENUTUP	38
5.1 Kesimpulan.....	38
5.2 Saran	38
DAFTAR PUSTAKA	40
LAMPIRAN.....	42



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

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Perbandingan Hasil Minyak Pirolisis (Firdausy et al., 2023)	9
Gambar 2.2 Simulasi aliran fluida (Rachmadianty et al., 2023)	9
Gambar 2.3 Desain alat pirolisis pelepah kelapa sawit kapasitas 150 kg (Filma & Siahaan, 2024)	15
Gambar 2.4 <i>Condenser Design</i> (Putrawan et al., 2024)	16
Gambar 2.5 Skema data <i>logger</i> termokopel (Efendi et al., 2023)	18
Gambar 2.6 Pipa <i>spiral</i> (Titahelu et al., 2023)	20
Gambar 3.1 Diagram Alir Penulisan	21
Gambar 3.2 Desain geometri kondensor <i>spiral</i>	23
Gambar 3.3 Pengerolan Pipa Tembaga	23
Gambar 3.4 <i>Cover</i> Pipa <i>Spiral</i>	24
Gambar 3.5 Sensor Termokopel	24
Gambar 3.6 Integrasi Sistem	24
Gambar 3.7 Sampah plastik jenis <i>Polypropylene</i> (PP)	25
Gambar 3.8 Data Suhu <i>Real-Time</i>	25
Gambar 3.9 Hasil Volume Minyak	26
Gambar 3.10 Sisa pembakaran plastik (Char)	26
Gambar 4.1 <i>Design</i> Kondensor pirolisis	29
Gambar 4.2 Grafik Rata-rata Perubahan Suhu Selama Eksperimen Pirolisis (Dari 3x Pengujian)	31



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 TABEL

Tabel 2.1 Perbandingan Minyak PP dan Bahan Bakar (Sulaiman et al., 2024).....	14
Tabel 4.1 Spesifikasi Teknis Kondensor <i>Spiral</i> Hasil Fabrikasi	29
Tabel 4.2 Perbandingan Nilai Rata-rata Hasil Produksi Mesin Pirolisis	34





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 LAMPIRAN

Lampiran 1. Pengujian 1 dan 2	42
Lampiran 2. Pengujian 3	42
Lampiran 3 Kegiatan Fabrikasi Roll pipa dan Pengelasan Pipa	42
Lampiran 4. Sampel Char, Hasil Bio-Fuel dan Bahan plastik PP.....	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 mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Permasalahan limbah padat, khususnya limbah plastik menjadi isu *global* yang terus meningkat dari tahun ke tahun. Indonesia, timbukan sampah nasional mencapai sekitar 31,9 juta ton pada tahun 2024, di mana sekitar 35% di antaranya belum terkelola dengan baik. Kondisi ini menunjukkan bahwa sistem pengelolaan limbah masih belum optimal dan memerlukan solusi teknologi yang lebih efektif dan berkelanjutan.

Limbah plastik menjadi perhatian utama karena sifatnya yang sulit terurai secara alami. Material seperti (PP) *Polypropylene* tidak dapat terdegradasi oleh mikroorganisme di tanah, sehingga cenderung menumpuk di lingkungan dan menimbulkan dampak pencemaran jangka panjang (Kurniawan & Bow, 2021). Oleh karena itu, diperlukan metode pengolahan yang tidak hanya mengurangi *volume* limbah, tetapi juga mampu meningkatkan nilai guna dari limbah tersebut.

Salah satu teknologi yang berkembang pesat adalah pirolisis, yaitu proses dekomposisi termal material organik tanpa kehadiran oksigen yang menghasilkan produk berupa *gas*, cair (*bio-oil*), dan padatan (*char*). Teknologi ini dinilai efektif karena mampu mengonversi limbah plastik menjadi bahan bakar alternatif yang memiliki nilai kalor tinggi (Susilo & Kusuma, 2022). Selain itu pirolisis juga menjadi solusi potensial dalam mendukung transisi energi menuju sumber energi alternatif yang lebih ramah lingkungan.

Pada keberhasilan proses pirolisis sangat dipengaruhi oleh beberapa parameter utama, salah satunya adalah sistem pendinginan (kondensasi) pada jalur *output* reaktor. Uap hasil pirolisis yang keluar dari reaktor memiliki temperatur tinggi dan harus segera didinginkan agar dapat berubah fase menjadi cair (*bio-oil*). Apabila proses pendinginan tidak optimal, maka sebagian uap akan tetap dalam bentuk *gas* dan tidak terkondensasi, sehingga menurunkan efisiensi hasil produk cair.

Penelitian terbaru menunjukkan bahwa performa sistem kondensor sangat berpengaruh terhadap jumlah produk cair yang dihasilkan. Variasi laju aliran air



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

pendingin pada kondensor terbukti meningkatkan *volume* minyak hasil pirolisis secara signifikan. Hal ini menunjukkan bahwa desain dan kinerja sistem pendingin merupakan faktor krusial dalam meningkatkan efisiensi proses pirolisis.

Desain alat pirolisis juga menunjukkan bahwa distribusi temperatur yang tidak merata dapat menyebabkan tidak efisien proses, di mana temperatur reaktor dapat mencapai lebih dari 300°C sementara sistem pendingin belum mampu menurunkan suhu secara optimal (Rachmadianty et al., 2023). Kondisi ini mengindikasikan adanya kebutuhan untuk pengembangan sistem pendingin yang lebih efektif, khususnya pada bagian jalur *output* reaktor.

Pada perspektif perpindahan panas, peningkatan efisiensi pendinginan dapat dicapai dengan memperbesar luas permukaan perpindahan panas dan meningkatkan koefisien perpindahan panas. Salah satu pendekatan yang dapat dilakukan adalah dengan mengembangkan pipa *spiral* pendingin yang dirancang secara optimal, baik dari segi geometri, material, maupun konfigurasi aliran. Penggunaan desain *spiral* memungkinkan peningkatan laju pelepasan panas sehingga proses kondensasi dapat berlangsung lebih cepat dan efisien.

Permasalahan yang sering muncul pada sistem pirolisis skala laboratorium maupun skala kecil adalah kurangnya sistem *monitoring* suhu yang akurat dan *real-time*, khususnya pada jalur *output* reaktor. Padahal, *data* temperatur sangat penting untuk mengevaluasi performa sistem pendingin serta memastikan bahwa proses kondensasi berlangsung secara optimal.

Penggunaan *sensor* suhu berbasis *termokopel* menjadi solusi yang tepat karena memiliki keunggulan dalam mengukur suhu tinggi, respons cepat, serta ketahanan terhadap kondisi lingkungan ekstrem. Integrasi sistem *termokopel* dalam jalur *output* reaktor memungkinkan pemantauan distribusi suhu secara langsung, sehingga dapat digunakan sebagai dasar evaluasi dan optimasi sistem pendingin.

Berdasarkan uraian tersebut, dapat disimpulkan bahwa terdapat kesenjangan antara kebutuhan akan sistem pendingin yang efisien dengan kondisi sistem yang ada saat ini, terutama pada aspek desain pipa pendingin dan *monitoring* suhu. Diperlukan suatu penelitian yang berfokus pada pengembangan pipa *spiral* pendingin yang terintegrasi dengan sistem pembacaan suhu berbasis *termokopel*,



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

guna meningkatkan efisiensi proses kondensasi dan kualitas hasil pirolisis.

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi dalam pengembangan teknologi pirolisis yang lebih efisien, terukur, dan aplikatif, khususnya dalam mendukung pengolahan limbah menjadi energi alternatif yang berkelanjutan.

Guna menjaga kefokuskan penelitian dan ketercapaian tujuan rekayasa, maka penelitian ini dibatasi pada beberapa ruang lingkup berikut:

1. Bahan Baku dan Spesifikasi Alat:

Penelitian dibatasi pada penggunaan sampah plastik jenis *Polypropylene* (PP) bersih dengan massa *input* konstan 3,5 kg. Fabrikasi sistem pendingin difokuskan hanya pada kondensor tipe *spiral (helical coil)* bermaterial tembaga dengan spesifikasi diameter pipa 3/8 inci, 10 lilitan, diameter *coil* 14 cm, dan tinggi 25 cm. Penelitian ini tidak mencakup pemodelan numerik maupun simulasi aliran fluida/perpindahan panas menggunakan *Computational Fluid Dynamics* (CFD), melainkan berfokus penuh pada pengujian eksperimental alat secara langsung.

2. Batasan Instrumen *Monitoring*:

Sistem *data logger* berbasis *Arduino Mega 2560* dan *sensor termokopel Tipe K* hanya berstatus sebagai fasilitas instrumen bantu siap pakai untuk akuisisi *data* suhu secara *real-time*. Penelitian ini tidak mencakup perancangan sirkuit elektronik, pemrograman (*coding C++*), maupun kalibrasi *mikrokontroler*.

3. Parameter *Output*:

Evaluasi performa alat dibatasi pada analisis fisik berupa efektivitas penurunan suhu uap (*inlet vs outlet*), *volume* cairan *bio-fuel*, persentase rendemen massa, serta akumulasi massa residu (*char* dan *gas*). Penelitian ini tidak mencakup pengujian laboratorium kimia lanjutan seperti GC-MS atau pengujian nilai kalor.



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

Rumusan Masalah

1. Bagaimana proses rancang bangun dan integrasi kondensor tipe *spiral (helical coil)* bermaterial tembaga dengan spesifikasi khusus mampu mengoptimalkan ruang kondensasi pada reaktor pirolisis plastik PP?
2. Bagaimana efektivitas penurunan temperatur uap hasil pirolisis dari pipa *inlet* ke *outlet* berdasarkan hasil *monitoring real-time* menggunakan *sensor* termokopel Tipe K?
3. Seberapa besar peningkatan *volume* dan persentase rendemen (*yield*) cairan *bio-fuel* yang dihasilkan oleh kondensor *spiral* dibandingkan dengan kondensor pipa lurus konvensional?

1.2 Tujuan Penulisan

1. Merancang, mem-fabrikasi secara fisik, dan mengintegrasikan kondensor tipe *spiral (helical coil)* bermaterial tembaga dengan spesifikasi khusus pada reaktor pirolisis tanpa melalui pemodelan simulasi CFD.
2. Menganalisis efektivitas penurunan temperatur uap hasil pirolisis dari pipa *inlet* ke *outlet* menggunakan sistem *monitoring* sensor termokopel Tipe K secara *real-time*.
3. Mengukur dan membandingkan peningkatan volume serta persentase rendemen (*yield*) cairan *bio-fuel* yang dihasilkan antara penggunaan kondensor *spiral* hasil fabrikasi dengan kondensor pipa lurus konvensional.

1.3 Manfaat Penulisan Laporan Tugas Akhir

1. Bagi Penulis
 - a. Menerapkan ilmu termodinamika, perpindahan panas, dan perancangan mekanika yang telah dipelajari selama perkuliahan ke dalam bentuk alat penanganan limbah nyata.
 - b. Meningkatkan kemampuan dalam merancang, memanufaktur, serta menganalisis sistem kondensor pada teknologi energi terbarukan.



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. Bagi Akademis

- a. Sebagai salah satu referensi dan literatur ilmiah di perpustakaan kampus mengenai pengembangan teknologi reaktor pirolisis dan optimasi sistem pendinginan (kondensor).
- b. Menjadi acuan atau dasar bagi mahasiswa lain yang ingin melakukan penelitian lanjutan di bidang konversi sampah plastik menjadi energi alternatif (*bio-fuel*).

3. Bagi Masyarakat

- a. Memberikan solusi teknologi tepat guna dalam mempercepat pengolahan limbah sampah plastik yang sulit terurai menjadi bahan bakar alternatif yang bernilai ekonomis.
- b. Menyediakan desain sistem kondensor yang lebih efektif dan efisien untuk meningkatkan kuantitas produksi minyak pirolisis skala rumahan maupun industri kecil.

1.4 Metode Penulisan Laporan Tugas Akhir

Metode yang digunakan dalam penyusunan laporan Tugas Akhir ini berbasis pada metode eksperimen dan studi rekayasa teknik.

1. Studi Pustaka

Pengumpulan teori dasar dilakukan dengan mempelajari jurnal ilmiah nasional maupun internasional serta laporan penelitian terdahulu yang berhubungan dengan proses pirolisis sampah plastik, karakteristik *bio-fuel*, dan perpindahan panas pada kondensor *spiral (helical coil)*.

2. Metode Eksperimen dan Perancangan Alat

a. Tahap Perancangan

Melakukan perhitungan dimensi dan pembuatan desain teknis pipa *spiral* pendingin menggunakan perangkat lunak CAD.

b. Tahap Perakitan

Melakukan fabrikasi dan pemasangan sistem kondensor baru pada reaktor pirolisis konvensional.



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

c. Tahap Pengujian

Menjalankan proses pirolisis menggunakan sampel sampah plastik jenis PP dengan memantau perubahan suhu secara *real-time* menggunakan *termokopel*.

3. Metode Pengumpulan *Data*

a. Data Primer

Diperoleh langsung melalui pengukuran temperatur uap masuk dan keluar kondensor menggunakan *termokopel*, pencatatan waktu proses, serta pengukuran *volume (yield) bio-fuel* yang dihasilkan. Seluruh pengujian dilakukan sebanyak 3 (tiga) kali Uji untuk kondensor *spiral* guna mendapatkan nilai rata-rata yang representatif dan valid.

b. Data Sekunder

Diperoleh dari literatur pendukung mengenai standar mutu bahan bakar minyak plastik, massa jenis, dan nilai kalor sebagai pembanding hasil eksperimen.

4. Analisis Data

Data hasil pengujian yang berupa penurunan suhu dan *volume* minyak pirolisis dianalisis. Hasil tersebut kemudian disajikan dalam bentuk tabel dan grafik untuk membandingkan performa kondensor *spiral* hasil pengembangan dengan kondensor konvensional sebelum modifikasi.

1.5 Sistematika Penulisan Laporan Tugas Akhir

Sistematika penulisan Laporan Tugas Akhir ini disusun secara sistematis yang terbagi menjadi 5 (lima) bab utama dengan uraian sebagai berikut:

BAB I PENDAHULUAN

Bab ini berisikan tentang latar belakang permasalahan mengenai penumpukan sampah plastik PP dan efisiensi kondensor konvensional, tujuan yang ingin dicapai, manfaat penelitian, serta sistematika penulisan laporan.

BAB II LANDASAN TEORI

Bab ini memuat teori-teori penunjang yang relevan dengan topik penelitian, meliputi konsep dasar pirolisis sampah plastik, karakteristik plastik *Polypropylene*



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

(PP), prinsip kerja sistem kondensor dalam mengubah uap menjadi *bio-fuel*, serta teori perpindahan panas pada kondensor tipe *spiral*.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Bab ini menjelaskan mengenai diagram alir pelaksanaan penelitian, alat dan bahan yang digunakan, proses perancangan dan modifikasi sistem kondensor *spiral*, mekanisme pengambilan *data* suhu berbasis *Arduino*, hingga metode perhitungan rendemen (*yield*) *bio-fuel*.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini menyajikan *data* hasil rata-rata pengujian performa kondensor *spiral* dibandingkan dengan kondensor konvensional. Analisis difokuskan pada penurunan suhu uap pirolisis, *total yield bio-fuel* yang dihasilkan, jumlah residu *char*, serta efisiensi perpindahan panas yang terjadi.

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

Bab ini berisi kesimpulan yang diambil dari hasil analisa pengujian alat untuk menjawab tujuan penelitian, serta saran-saran yang berguna untuk pengembangan sistem kondensor dan penelitian pirolisis selanjutnya.

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 V PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil perancangan, pengujian, dan analisis *data* yang telah dilakukan pada sistem kondensor alat pirolisis sampah plastik, maka dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Proses rancang bangun dan fabrikasi pipa *spiral* pendingin (*helical coil*) berbahan tembaga (diameter 3/8 inci, 10 lilitan, diameter *coil* 14 cm, dan tinggi 25 cm) telah berhasil diintegrasikan pada reaktor pirolisis. Geometri *spiral* ini terbukti andal dalam memperluas permukaan kontak termal dan memanipulasi mekanika fluida guna mengoptimalkan kondensasi uap hidrokarbon dalam ruang terbatas.
2. Penerapan sistem *monitoring* berbasis *sensor termokopel Tipe K* secara *real-time* terbukti efektif menganalisis karakteristik termal. Kondensor *spiral* ini mampu menurunkan temperatur secara drastis dari suhu puncak *inlet* sebesar 107,25°C menjadi rata-rata 50,41°C pada *outlet* (titik optimal mencapai 41°C), yang mengindikasikan pelepasan panas melewati titik embun uap secara konstan.
3. Pengembangan sistem kondensor *spiral* ini terbukti mampu meningkatkan *volume* dan persentase rendemen (*yield*) *bio-fuel* secara signifikan, yakni mencapai rata-rata 1.800 ml (rendemen 39,6%) dari 3 kali percobaan. Hasil ini jauh lebih unggul dibanding kondensor pipa lurus konvensional yang hanya menghasilkan 1.280 ml (rendemen 28,16%), serta berhasil menekan fraksi *gas* yang tidak terkondensasi dari 15,81% menjadi 11,05%.

5.2 Saran

Untuk pengembangan penelitian dan penyempurnaan sistem reaktor pirolisis ini di masa yang akan datang, beberapa saran yang dapat diajukan adalah sebagai berikut:



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

1. Perlu dilakukan penambahan sistem sirkulasi air pendingin otomatis yang terintegrasi dengan pendingin aktif (*water chiller*) guna menjaga stabilitas temperatur air kondensor pada tingkat yang konstan, terutama untuk pengoperasian reaktor dalam jangka waktu yang lama.
2. Perlu dilakukan pengujian laboratorium lebih lanjut mengenai karakteristik fisik dan kimia dari *bio-fuel* yang dihasilkan (seperti nilai kalor, densitas, viskositas, dan komposisi senyawa kimia melalui uji GC-MS) guna mengetahui kesetaraannya dengan standar bahan bakar komersial.
3. Perlu dilakukan variasi dan kombinasi jenis sampah plastik yang digunakan, seperti HDPE, LDPE, atau PET, guna menganalisis pengaruh karakteristik struktur polimer yang berbeda terhadap efisiensi kondensasi dan kualitas rendemen minyak yang diperoleh.

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

DAFTAR PUSTAKA

- Adhamatika, A., Brilliantina, A., Kurnia, E., Sari, N., & Wijaya, R. (2023). Program Studi Teknologi Industri Pangan, Jurusan Teknologi Pertanian, Politeknik Negeri Jember 2 Program Studi Keteknikan Pertanian, Jurusan Teknologi Pertanian, Politeknik Negeri Jember. 2(1).
- Anuligwe, C. F., Obiajunwa, D. C., Ikechukwu, N., Chinyere, N. E., & Rebecca, O. A. (2026). Pyrolysis Of Mixed Plastic Waste (Ldpe , Hdpe , Pp , And Ps): A Critical Review Of Fuel Oil Yield , Quality , And Process Performance. 11(1).
- Efendi, R., Darwin, Badia, B. A., Tando, A., Herlina, & Padang, W. L. (2023). Rancang Bangun Data Logger Termokopel Berbasis Arduino Mega 2560 Skala Laboratorium. 9(2), 15–19.
- Firdausy, M. A., Safitri, N., Listiara, W., & Mizwa, A. (2023). Pemanfaatan Sampah Plastik Jenis Plastik Polypropylene (Pp), High-Density Polyethylene (Hdpe), Polyethylene Terephthalate (Pet) Dan Low-Density Polyethylene (Ldpe) Menjadi Bahan Bakar Minyak (Bbm) Alternatif Dengan Proses Pirolisis Dalam Upaya Pengurangan. 9(2), 83–90.
- Kurniawan, S., & Bow, Y. (2021). Kajian Karakteristik Dan Energi Pada Pirolisis Limbah Plastik Low Density Polyethylene (Ldpe). 5(April), 61–70.
- Nur, H. R., Muhammad, R., Sugiyarto, S., Ardika, R. D., Bintoro, R., Safi, M., & Isdhianto, I. (2025). Optimizing Ignition Timing For Gasoline Engines : A Study On Performance And Emissions. 11(02).
- Putrawan, I. M. A., Rajendra, M., Adi, I. K., & Rahtika, I. P. G. S. (2024). Performance Of Water-Cooled Spiral Type Condenser In A Plastic Waste Pyrolysis (Vol. 2024). Atlantis Press International Bv. <https://doi.org/10.2991/978-94-6463-587-4>
- Rachmadianty, A., Luby, A., Studi, P., Teknik, P., Teknik, F., & Jakarta, U. N. (2023). Perancangan Alat Pirolisis Limbah Plastik Menjadi Bahan Bakar Minyak. 6, 62–73.
- Santoso, H., & Ruslim. (2019). Pembuatan Termokopel Berbahan Nikel (Ni) Dan Tembaga (Cu) Sebagai Sensor Temperatur. 5(1), 59–66.



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

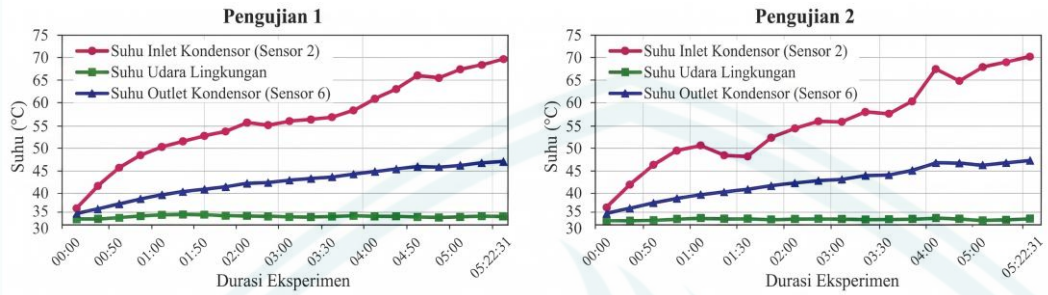
- Simanjuntak, J. P., & Wijaya, K. (2023). Jurnal Insinyur Profesional. 2(3), 66–73.
- Sulaiman, F., Prayitno, H., Ramadhani, R., & Anam, K. (2024). The Effect Of Temperature On The Pyrolysis Pp And Ldpe Plastic Waste : Implications For Pyrolysis Fuel Oil Characteristics. 2(3), 306–315.
- Susilo, G. B., & Kusuma, T. Y. T. (2022). Analisis Pembuatan Bahan Bakar Dari Pirolisis Thermal Dan Katalitik Limbah Plastik Low Density Polyethylene.
- Syaputra, A. (2024). Analisis Kondensor Pada Alat Pirolisis Minyak Plastik Kapasitas 2 Kg. 2(1), 157–168.
- Titahelu, N., Latuny, J., Sophia, C., Tupamahu, E., Josep, S., & Sarwuna, E. (2021). Pitch Ratio Effect On The Effectiveness Of Condenser For Essential Oil Distillation. 6(2).
- Titahelu, N., Pelupessy, D. S., & Rumagutawan, A. F. (2023). Meningkatkan Efektivitas Kondensor Vertikal Pipa Helikal Koil Untuk Destilasi Minyak Atsiri Sereh. 14(1), 235–249. <https://doi.org/10.21776/Jrm.V14i1.1219>

POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA

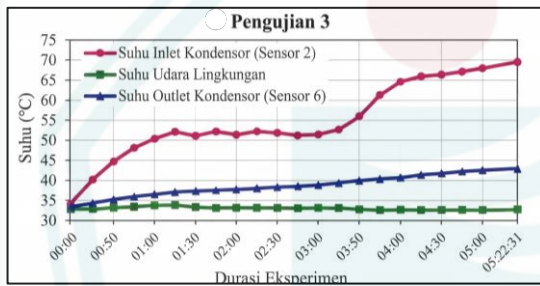
Hak Cipta :

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 mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

LAMPIRAN



Lampiran 1. Pengujian 1 dan 2



Lampiran 2. Pengujian 3



Lampiran 3 Kegiatan Fabrikasi Roll pipa dan Pengelasan Pipa

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



Lampiran 4. Sampel Char, Hasil *Bio-Fuel* dan Bahan plastik PP



Lampiran 5. Dimensi Pipa Spiral



Lampiran 6. Kegiatan di *Workshop* dan *Unit Data Logger*