

PEMBUATAN KONDENSOR ALAT PIROLISIS PENGUBAH SAMPAH
PLASTIK MENJADI BAHAN BAKAR MINYAK

PROYEK AKHIR

*"Diajukan untuk Memenuhi Persyaratan menyelesaikan program Diploma III
Departemen Teknik Mesin Universitas Negeri Padang"*



Oleh :

SALSABILA

22072067/2022

PROGRAM STUDI DIPLOMA III
DEPARTEMEN TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS NEGERI PADANG

2026

HALAMAN PERSETUJUAN

PEMBUATAN KONDENSOR ALAT PIROLISIS PENGUBAH SAMPAH
PLASTIK MENJADI BAHAN BAKAR MINYAK

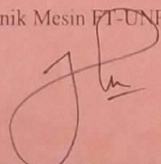
Oleh:

Nama	:	Salsabila
NIM/BP	:	22072067/2022
Konsentrasi	:	Pemesinan
Program Studi	:	DIII Teknik Mesin
Departemen	:	Teknik Mesin
Fakultas	:	Teknik

Padang, 28 Januari 2026

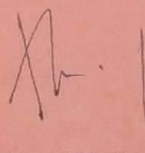
Disetujui Oleh :

Koordinator Program Studi DIII
Teknik Mesin FT-UNP



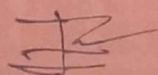
Dr. Junil Adri, S.Pd., M.Pd.T.
NIP. 19870630 202203 1 002

Pembimbing Proyek Akhir



Hendri Nurdin, M.T.
NIP. 1930228 200801 1 007

Kepala Departemen
Teknik Mesin FT-UNP



Dr. Ir. Eko Indrawan, S.T., M.Pd.
NIP. 19800114 201012 1 001

HALAMAN PENGESAHAN

PEMBUATAN KONDENSOR ALAT PIROLISIS PENGUBAH SAMPAH PLASTIK MENJADI BAHAN BAKAR MINYAK

Oleh :

Nama : Salsabila
NIM/BP : 22072067/2022
Konsentrasi : Pemesinan
Program Studi : DIII Teknik Mesin
Departemen : Teknik Mesin
Fakultas : Teknik

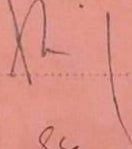
Dinyatakan lulus setelah dipertahankan di depan Dewan Penguji Proyek Akhir
Departemen Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Negeri Padang pada Tanggal
10 Februari 2026

Dewan Penguji

Nama

Tanda Tangan

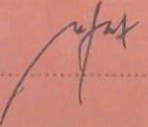
1. Hendri Nurdin, M.T.

1.  (Ketua Penguji)

2. Sri Rizki Putri Primandari, M.T., Ph.D.

2.  (Penguji)

3. Andril Arafat, S.T., M.Eng., Ph.D.

3.  (Penguji)

SURAT PERNYATAAN

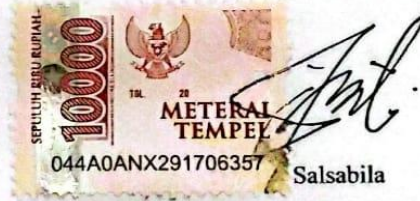
Yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Salsabila
NIM : 22072067
Konsentrasi : Pemesinan
Program Studi : DIII Teknik Mesin
Departemen : Teknik Mesin
Fakultas : Teknik
Judul Proyek Akhir : Pembuatan Kondensor Alat Pirolisis Pengubah
Sampah Plastik menjadi Bahan Bakar Minyak

Dengan ini saya menyatakan bahwa proyek akhir ini benar-benar karya saya sendiri. Sepanjang pengetahuan saya tidak terdapat karya atau pendapat yang ditulis atau diterbitkan orang lain kecuali sebagai acuan atau kutipan dengan mengikuti tata penulisan karya ilmiah yang lazim.

Padang, 5 Maret 2026

Yang Menyatakan,


Salsabila
NIM.22072067

ABSTRAK

Limbah sampah plastik yang terus meningkat menjadi masalah serius bagi lingkungan karena sifatnya yang sulit terurai. Salah satu solusi inovatif adalah mengolah limbah plastik menjadi energi alternatif melalui proses pirolisis. Penelitian ini bertujuan untuk merancang, membuat, dan menguji reaktor pembakaran pada alat pirolisis berbahan stainless steel 304 yang mampu mengubah sampah plastik menjadi bahan bakar minyak. Stainless steel 304 dipilih karena memiliki ketahanan tinggi terhadap panas dan korosi sehingga meningkatkan efisiensi termal dan umur pakai reaktor.

Rancangan alat pengolah sampah plastik menjadi bahan bakar BBM terdiri dari dua komponen utama nya yaitu, antara lain tungku tempat sampah atau di kenal dengan wadah tempat sampah di mana fungsi nya yaitu sebagai tempat pemanasan sampah plastik menjadi uap polimer tanpa udara atau dengan udara yang terbatas (pirolisis) dan kondensor yaitu tempat terjadi nya proses pengembunan dari uap menjadi cair (kondensasi). Selain proses pemanasan, proses pengembunan juga sangat penting untuk menghasilkan kualitas bahan bakar yang bagus.

Berdasarkan hasil tersebut, dapat disimpulkan bahwa alat pirolisis yang dirancang telah berfungsi dengan baik dan mampu mengubah sampah plastik menjadi bahan bakar cair secara efektif. Rangka alat yang dibuat memiliki kekuatan dan kestabilan yang memadai untuk menahan beban serta suhu tinggi selama proses berlangsung. Alat ini berpotensi dikembangkan sebagai teknologi tepat guna untuk membantu masyarakat dalam mengurangi limbah plastik sekaligus menghasilkan sumber energi alternatif yang ramah lingkungan.

Kata kunci: Pirolisis; Sampah Plastik; Bahan Bakar Minyak; Pembuatan; Kondensor

KATA PENGANTAR

Syukur Alhamdulillah penulis ucapkan kehadiran Allah Subhanahu Wa Ta'ala yang telah melimpahkan Rahmat dan Karunia-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan Proyek Akhir ini yang berjudul **“Pembuatan Kondensor Alat Pirolisis Pengubah Sampah Plastik menjadi Bahan Bakar Minyak”**.

Shalawat beserta salam penulis ucapkan kepada Nabi Muhammad Shallahu'Alaihi wa Sallam. Kemudian tak lupa penulis ucapkan kepada guru/dosen yang telah mendidik penulis secara moral dan materi sehingga penulis sampai kepada saat ini. Semoga setiap didikan, nasehat, dan curahan baik lisan maupun tindakan, tak hanya menjadi manfaat bagi penulis, namun juga bermanfaat bahkan menjadi amal jariyah bagi guru/dosen kelak, Amin.

Proyek Akhir ini di buat dengan tujuan untuk memenuhi salah satu kurikulum dalam menyelesaikan Program Studi Diploma Tiga (D-III) di Departemen Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Negeri Padang. Dalam proses penyelesaian Proyek Akhir ini penulis banyak mendapat bantuan pemikiran, pengarahan, dorongan moril dan materil dari berbagai pihak. Oleh karena itu, pada kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu, antara lain sebagai berikut :

1. Kepada papa, kakak dan abang yang selalu mendoakan dan memberikan dorongan moril dan materil kepada penulis dalam menyelesaikan Proyek Akhir ini.
2. Bapak Dr. Ir. Eko Indrawan, S.T, M.Pd. selaku Kepala Departemen Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Negeri Padang.
3. Bapak Dr. Junil Adri, S.Pd., M.Pd.T. selaku Kepala Program Studi DIII Teknik Mesin Departemen Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Negeri Padang.
4. Bapak Rahmat Azis Nabawi, S.Pd., M.Pd.T. selaku Dosen Penasehat Akademik.
5. Bapak Hendri Nurdin, S.T., M.T. selaku Pembimbing Proyek Akhir.
6. Bapak/Ibu Staf Pengajar dan administrasi kepegawaian Departemen Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Negeri Padang.

7. Kepada sahabat Anak Soeharto yang telah banyak memberi dukungan selama pembuatan proyek akhir.
8. Semua teman dan rekan Teknik Mesin yang telah banyak membantu dan memberi dukungan selama pembuatan proyek akhir.

Akhir kata penulis mengucapkan banyak terima kasih dan mohon maaf apabila ada kesalahan dalam penulisan Proyek Akhir ini. Karena itu penulis mengharapkan masukan, saran dan kritikan yang bersifat membangun guna lebih menyempurnakan ini nantinya dan semoga dengan adanya Proyek Akhir ini dapat bermanfaat bagi kita semua khususnya penulis.

Padang, 5 Maret 2026

Salsabila

NIM. 22072067

DAFTAR ISI

HALAMAN PERSETUJUAN.....	Error! Bookmark not defined.
HALAMAN PENGESAHAN.....	i
SURAT PERNYATAAN.....	ii
ABSTRAK	iii
KATA PENGANTAR	v
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR GAMBAR	ix
DAFTAR TABEL	x
BAB I PENDAHULUAN	1
A. Latar Belakang	1
B. Identifikasi Masalah.....	4
C. Batasan Masalah.....	4
D. Rumusan Masalah	5
E. Tujuan Proyek Akhir.....	5
F. Manfaat Proyek Akhir.....	5
BAB II KAJIAN PUSTAKA	7
A. Alat Pirolisis.....	7
B. Kondensor	10
C. Sampah Plastik	12
D. Bahan Bakar Minyak.....	14
E. Jenis-Jenis Pengelasan dan Alat Bantu Las	15
BAB III METODE PROYEK AKHIR	22

A. Jenis Proyek akhir	22
B. Tempat dan Waktu Pelaksanaan	22
C. Tahap Pembuatan Proyek Akhir	22
D. Alat dan Bahan yang Digunakan.....	23
E. Alat Pelindung Diri	24
F. Tahap Perencanaan Proyek Akhir	24
G. Desain Gambar.....	25
H. Diagram Alir Proyek Akhir.....	26
I. Anggaran Biaya (RAB).....	27
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	30
A. Hasil Pembuatan Kondensor	30
B. Hasil Pengujian Alat	32
C. Hasil Proyek Akhir.....	36
D. Pembahasan.....	38
E. Keselamatan Kerja	39
F. Keselamatan Diri Sendiri	39
G. Keselamatan Peralatan	39
H. Keselamatan Lingkungan.....	39
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	40
A. Kesimpulan	40
B. Saran.....	40
DAFTAR PUSTAKA	41
LAMPIRAN	43

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Alat Pirolisis.....	7
Gambar 2. Kondensor	10
Gambar 3. Jenis-jenis Sampah Plastik	14
Gambar 4. Keterangan Komponen Alat.....	25
Gambar 5. Pemotongan Bahan.....	31
Gambar 6. Perakitan Pipa Spiral	31
Gambar 7. Pengelasan Pipa Spiral	32
Gambar 8. Finishing.....	32
Gambar 9. Hasil Proyek Akhir Pembuatan Kondensor Alat Pirolisis	36
Gambar 10. Hasil Proyek Akhir Alat Pirolisis Pengubah Sampah Plastik menjadi Bahan Bakar Minyak.....	37

DAFTAR TABEL

Tabel 1. Jenis-jenis Plastik.....	13
Tabel 2. Keterangan Alat pirolisis Pengubah Sampah Plastik menjadi Bahan Bakar Minyak	25
Tabel 3. Rancangan Anggaran Biaya (RAB).....	27
Tabel 4. Hasil Uji Coba.....	35
Tabel 5. Spesifikasi Hasil Perancangan dan Pembuatan Alat.....	37

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Berdasarkan Data Sistem Informasi Pengelolaan Sampah Nasional (SIPSN) Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan (Menlhk), timbulan sampah nasional pada tahun 2024 mencapai puncaknya sebesar 35,9 juta ton. Meskipun terjadi penurunan volume sampah plastik pada tahun 2025 menjadi sekitar 20,25 juta ton, komposisi sampah plastik justru menunjukkan peningkatan yang mengkhawatirkan. Data terbaru mencatat bahwa proporsi sampah plastik meningkat dari 15,88% pada tahun 2019 menjadi 19,95% pada awal tahun 2025. Kondisi ini diperburuk oleh rendahnya efisiensi daur ulang plastik di Indonesia yang masih tertahan di angka sekitar 10%, sementara lebih dari 11,3 juta ton sampah plastik masih belum terkelola dengan baik dan berisiko mencemari ekosistem perairan. (KLHK, 2024).

Plastik pada dasarnya berasal dari minyak bumi sehingga memiliki kandungan energi yang cukup tinggi. Hal ini menunjukkan bahwa limbah plastik sebenarnya masih memiliki potensi untuk dimanfaatkan kembali sebagai sumber energi alternatif. Oleh karena itu, diperlukan suatu teknologi pengolahan limbah plastik yang tidak hanya mampu mengurangi volume sampah, tetapi juga menghasilkan produk yang memiliki nilai ekonomis dan energi. Salah satu teknologi yang banyak dikembangkan untuk tujuan tersebut adalah pirolisis.

Pirolisis merupakan proses dekomposisi termal bahan pada suhu tinggi tanpa adanya oksigen, sehingga tidak terjadi pembakaran melainkan penguraian molekul menjadi senyawa yang lebih sederhana. Pada proses pirolisis plastik, rantai panjang polimer akan terpecah menjadi molekul hidrokarbon yang lebih kecil dalam bentuk gas, cair, dan residu padat (*Megaprastio et al.*, 2023). Produk utama yang diharapkan dari proses pirolisis adalah minyak pirolisis yang memiliki karakteristik mendekati bahan bakar fosil seperti bensin atau solar.

Rancangan alat pengolah sampah plastik menjadi bahan bakar BBM terdiri dari dua komponen utama yaitu, antara lain tungku tempat sampah atau di kenal

dengan wadah tempat sampah di mana fungsi nya yaitu sebagai tempat pemanasan sampah plastik menjadi uap polimer tanpa udara atau dengan udara yang terbatas (pirolisis) dan kondensor yaitu tempat terjadi nya proses pengembunan dari uap menjadi cair (kondensasi). Keberhasilan proses pirolisis tidak hanya ditentukan oleh reaktor pemanas, tetapi juga sangat bergantung pada sistem pendingin uap pirolisis, yaitu kondensor. Kondensor berfungsi untuk mengubah uap hidrokarbon hasil pemanasan plastik menjadi bahan bakar minyak melalui proses perpindahan panas. Desain kondensor yang tidak optimal akan menyebabkan Sebagian uap tidak terkondensasi dan terbuang sebagai gas, sehingga menurunkan hasil minyak yang diperoleh (*Rijono et al., 2023*).

Kondensasi merupakan proses yang terjadi ketika uap jenuh bersentuhan dengan suatu permukaan yang memiliki suhu lebih rendah sehingga uap tersebut berubah fase menjadi cair (*Incropera et al., 2011*). Dalam proses kondensasi terjadi proses pelepasan kalor dari suatu sistem yang menyebabkan terjadi nya uap (*vapor*) berubah menjadi cair (*Liquid*). Kondensor yakni alat penukar kalor (*heat exchanger*) yang berfungsi sebagai media terjadi nya proses kondensasi. Proses kondensasi di dalam kondensor terjadi dengan cara penurunan temperatur dari salah satu fluida kerjanya. Di dalam kondensor terjadi proses pemindahan panas dari uap yang berperan sebagai fluida panas dan air yang berperan sebagai fluida dingin. Kinerja kondensor di pengaruhi oleh beberapa hal antara lain yaitu desain kondensor itu sendiri, nilai konduktifitas bahan, kerapatan lapisan isolasi pada kondensor tersebut, suhu lingkungan tempat pengoperasian alat, fouling factor (faktor pengotoran), jenis fluida pendingin, debit aliran air pendingin dan arah aliran fluida. Rancangan yang di pilih akan banyak memberikan pengaruh terhadap hasil kondensasinya, karena bentuk dari suatu kondensor berpengaruh terhadap proses transper panas yang terjadi di dalamnya. Nilai konduktivitas suatu bahan kondensor memberikan pengaruh sangat besar terhadap efektivitas proses transer panas yang terjadi di dalam kondensor, karena semakin tinggi nilai konduktifitas bahan maka proses transper panasnya akan semakin baik dan kualitasnya meningkat.

Diameter tabung kondensor memainkan peran penting dalam efisiensi proses kondensasi pada alat pirolisis yang mengolah limbah plastik menjadi bahan bakar minyak. Jika diameter tabung kondensor terlalu kecil, aliran uap hasil pirolisis akan terhambat, menyebabkan waktu kontak antara uap dan permukaan kondensor tidak memadai. Hal ini berakibat pada rendahnya jumlah minyak yang dihasilkan, serta mempercepat pemanasan air pendingin yang digunakan untuk proses kondensasi, sehingga mengurangi kemampuan kondensor untuk mengubah uap menjadi cairan. Penelitian menunjukkan bahwa diameter yang optimal untuk tabung kondensor dapat meningkatkan laju perpindahan panas dan efisiensi kondensasi secara signifikan. Desain pipa spiral dalam kondensor untuk alat pirolisis pengolah limbah plastik menjadi bahan bakar minyak merupakan elemen krusial yang mempengaruhi efisiensi proses kondensasi. Pipa spiral ini dirancang untuk meningkatkan area permukaan kontak antara uap panas dan media pendingin, sehingga mempercepat proses pengembunan. Menurut teori perpindahan panas, laju kondensasi dipengaruhi oleh luas permukaan penukar panas, perbedaan suhu antara uap dan media pendingin, serta laju aliran fluida pendingin. Oleh karena itu, pemilihan bentuk pipa, material dan sistem pendinginan pada kondensor menjadi faktor penting dalam meningkatkan efisiensi alat pirolisis. Salah satu desain umum yang digunakan adalah pipa spiral karena dapat memperbesar luas permukaan kontak antara uap panas dan air pendingin sehingga proses kondensasi berlangsung lebih efektif (*Incropera & DeWitt, 2007*).

Alat pirolisis yang sudah ada di bukit surungan kota padang panjang memiliki beberapa kelebihan dan kekurangan. Kelebihannya adalah dapat mengolah limbah plastik dengan proses yang mudah dengan suhu yang dapat diatur, serta proses yang efektif karena tidak ada sisa/residu pembakaran. Kekurangannya adalah alat yang masih memiliki kebocoran dan pendingin yang masih menggunakan jerigen plastik yang kurang tahan terhadap suhu tinggi, sehingga tidak efisien dalam

Untuk mengatasi permasalahan tersebut, inovasi diperlukan dalam pengembangan alat pirolisis yang lebih efektif dan efisien. Salah satu inovasi yang

dapat dilakukan adalah membuat kondensor alat pirolisis pengubah sampah plastik menjadi bahan bakar minyak dengan tujuan meningkatkan efektivitas proses kondensasi uap hasil pirolisis. Dengan perancangan kondensor yang tepat, diharapkan dapat diperoleh hasil minyak yang lebih optimal serta meningkatkan keamanan dan keandalan alat secara keseluruhan.

Sehubungan uraian di atas, maka penulis tertarik untuk membuat laporan yang dituangkan dalam bentuk Tugas Akhir dengan judul **“Pembuatan Kondensor Alat Pirolisis Pengubah Sampah Plastik Menjadi Bahan Bakar Minyak”**. Sebagai alat untuk memaksimalkan atau memanfaatkan limbah plastic untuk pembuatan bahan bakar minyak dan mengurangi limbah pada lingkungan.

B. Identifikasi Masalah

Berdasarkan latar belakang tersebut dapat di identifikasikan masalah sebagai berikut :

1. Penanganan sampah plastik di tempat pembuangan sampah masih dilakukan dengan cara dibakar (*insenerasi*) sehingga terjadinya populasi udara. Metode *insinerasi* (pembakaran sampah plastik) masih banyak di gunakan di tempat pembuangan sampah di indonesia karena di anggap cara yang sederhana untuk mengurangi volume sampah.
2. Bentuk dari suatu kondensor berpengaruh terhadap proses transper panas yang terjadi di dalamnya.
3. Nilai konduktivitas suatu bahan kondensor memberikan pengaruh sangat besar terhadap efektivitas proses transer panas yang terjadi di dalam kondensor.

C. Batasan Masalah

Berdasarkan identifikasi masalah diatas, agar permasalahan ini terfokus, maka penulis memberikan batasan masalah yaitu pada **”Pembuatan Kondensor Alat Pirolisis Pengubah Sampah Plastik Menjadi Bahan Bakar Minyak.”**.

1. Pembuatan Kondensor alat pirolisis penghasil bahan bakar minyak dari limbah plastik.

D. Rumusan Masalah

Didasari oleh batasan masalah di atas dan konsentrasi yang dimiliki anggota pelaksanaan proyek akhir dirumuskan masalah :

1. Bagaimana cara pembuatan kondensor alat pirolisis pengubah sampah plastic menjadi bahan bakar minyak?

E. Tujuan Proyek Akhir

Berdasarkan rumusan masalah di atas maka tujuan dari pembuatan kondensor alat pirolisis pengubah sampah plastic menjadi bahan bakar minyak ini adalah sebagai berikut:

1. Untuk mengetahui cara pembuatan kondensor alat pirolisis pengubah sampah plastik menjadi bahan bakar minyak

F. Manfaat Proyek Akhir

Proyek akhir ini di harapkan memberikan manfaat bagi mahasiswa untuk menuntaskan tugas akhir dengan baik lancar serta tidak ada hambatan bagi mahasiswa. Berikut manfaat dari proyek akhir ini adalah :

1. Bagi Mahasiswa
 - a. Sebagai suatu penerapan teori dan praktek kerja yang di peroleh saat perkuliahan.
 - b. Mengenalkan ide pembuatan alat pirolisis untuk pembuatan bahan bakar minyak dari limbah plastik.
 - c. Sebagai model belajar aktif tentang cara inovasi teknologi bidang teknik mesin.
 - d. Melatih kekompakan untuk bekerja dalam tim.
2. Bagi dunia pendidikan
 - a. Dapat direalisasikan menjadi program pengabdian pada masyarakat dalam bentuk pembuatan karya teknologi tepat guna bagi industri kecil dan menengah.
 - b. Menambah pembendaharaan macam-macam inovasi dan modifikasi mesin.
 - c. Dapat memberikan pengaruh terhadap perkembangan ilmu pengetahuan khususnya aplikasi teori pada lapangan nyata.

3. Bagi masyarakat umum
 - a. Diharapkan adanya alat ini dapat membantu masyarakat dalam proses pengolahan limbah plastik agar berguna.
 - b. Membangun kerja sama di bidang pendidikan antara mahasiswa dan masyarakat sehingga terjalin hubungan yang baik.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Berdasarkan hasil pembuatan, dan pengujian yang telah dilakukan, dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Dari sisi pembuatan, proses fabrikasi yang meliputi pengukuran, pemotongan, perakitan, pengelasan, dan finishing berhasil dilakukan sesuai rancangan gambar kerja. Hasil akhir menunjukkan rangka alat memiliki dimensi yang presisi dan kokoh, serta mampu menjaga kestabilan sistem saat alat beroperasi.
2. Dari hasil pengujian, alat pirolisis mampu mengubah 1 kg sampah plastik menjadi ± 1 liter bahan bakar cair dengan nilai kalor mencapai 8505 J/kg. Hal ini membuktikan bahwa alat dapat bekerja secara efisien dan aman dengan tekanan kerja stabil di kisaran 1,5 bar.

Secara keseluruhan, proyek akhir ini telah mencapai tujuan yang ditetapkan, yaitu berhasil merancang dan membuat rangka alat pirolisis pengubah sampah plastik menjadi bahan bakar minyak yang fungsional, efisien, dan aman digunakan.

B. Saran

Sebagai tindak lanjut dari hasil proyek akhir ini, beberapa saran pengembangan dapat diberikan sebagai berikut:

1. Sistem pemanas dan pendingin perlu dioptimalkan agar proses pirolisis dan kondensasi dapat berlangsung lebih cepat dan efisien.
2. Penambahan sensor otomatis seperti temperature controller dan pressure gauge digital dapat membantu menjaga kestabilan sistem dan meningkatkan keselamatan kerja.

Dengan pengembangan dan penyempurnaan tersebut, alat pirolisis ini diharapkan dapat menjadi solusi teknologi tepat guna yang berkontribusi nyata dalam mengurangi limbah plastik serta menyediakan sumber energi alternatif yang ramah lingkungan.

DAFTAR PUSTAKA

- Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan. (2024). *Laporan Capaian Kinerja Pengelolaan Sampah Nasional Tahun 2024*. Sistem Informasi Pengelolaan Sampah Nasional (SIPSN).
- Megaprastio, B., Syamsiro, M., Saputro, M. A., & Rina, F. (2023). Teknologi Pirolisis untuk Konversi Sampah Plastik Menjadi Bahan Bakar Minyak: Kajian Literatur. *Jurnal Rekayasa Mesin*, 18(2), 229–240.
- Rijono, D. R., Tangkuman, S., & Luntungan, H. (2023). Rancang Bangun Tabung Pirolisis pada Alat Pengubah Sampah Plastik Menjadi Bahan Bakar Minyak. *Jurnal Tekno Mesin*, 9(1), 1–11.
- Incropera, F. P., & DeWitt, D. P. (2007). *Fundamentals of Heat and Mass Transfer*. John Wiley & Sons.
- Incropera, F. P., DeWitt, D. P., Bergman, T. L., & Lavine, A. S. (2011). *Fundamentals of Heat and Mass Transfer* (7th ed.). John Wiley & Sons.
- Saputro, A., Nugroho, B., & Prasetyo, E. (2024). *Pengaruh Efektivitas Kondensor terhadap Hasil Minyak pada Proses Pirolisis Sampah Plastik*. *Jurnal Rekayasa Energi*, 12(1), 45–52.
- Iswadi, D., Nurisa, F., & Liastuti, E. (2017). Pemanfaatan Sampah Plastik LDPE dan PET Menjadi Bahan Bakar Minyak dengan Proses Pirolisis. *Jurnal Ilmiah Teknik Kimia*, 1(2), 77–85.
- Rijono, D. R., Tangkuman, S., & Luntungan, H. (2023). Rancang Bangun Tabung Pirolisis pada Alat Pengubah Sampah Plastik Menjadi Bahan Bakar Minyak. *Jurnal Tekno Mesin*, 9(1), 1–11.
- Anafi, A., Putra, H. A., & Wijaya, A. (2021). Kajian Teknologi Pirolisis untuk Pengolahan Sampah Plastik. *Jurnal Energi Terbarukan*, 4(2), 55–63.
- Suhartoyo. (2019). Pemanfaatan Sampah Plastik Menjadi Bahan Bakar Minyak. *AME: Jurnal Ilmiah Teknik Mesin*, 7(2).
- Bridgwater, A. V. (2012). *Review of fast pyrolysis of biomass and product upgrading*. *Biomass and Bioenergy*, 38, 68–94.

- Surono, U. B. (2013). *Berbagai Metode Konversi Sampah Plastik Menjadi Bahan Bakar Minyak*. Jurnal Teknik, 3(1), 32–40.
- Vasile, C. (2002). *Handbook of Polyolefins* (2nd ed.). New York: Marcel Dekker Inc.
- Wiratmaja, I. G. (2010). *Analisis Karakteristik Bahan Bakar Minyak dan Alternatif Energi*. Denpasar: Universitas Udayana.
- Wibowo, A. (2016). *Teknologi Pengelasan Logam*. Yogyakarta: Penerbit Andi.
- Kalpakjian, S., & Schmid, S. R. (2014). *Manufacturing Engineering and Technology* (7th ed.). Boston: Pearson Education.
- Little, R. L. (2009). *Welding and Welding Technology*. New York: McGraw-Hill.