

**PERANCANGAN 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"*

Semester Juli – Desember 2025



Oleh:

**FAREL SURYA PERMANA
22072024**

**PROGRAM STUDI DIPLOMA III
DEPARTEMEN TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS NEGERI PADANG
2025**

HALAMAN PERSETUJUAN

PERANCANGAN ALAT PIROLISIS PENGUBAH SAMPAH PLASTIK MENJADI BAHAN BAKAR MINYAK

Oleh

Nama : Farel Surya Permana
Nim : 22072024
Konsentrasi : Konstruksi
Program Studi : D3 Teknik Mesin
Departemen : Teknik Mesin
Fakultas : Teknik

Padang, 31 Oktober 2025

Disetujui Oleh:

Koordinator Program Studi DIII
Teknik Mesin UNP



Dr. Junil Adri, S.Pd., M.Pd.T.
NIP. 198706302022031002

Pembimbing Proyek Akhir



Dr. Dori Yuvenda, S.Pd., M.T., IPP.
NIP. 198811012022031006

Kepala Departemen
Teknik Mesin FT-UNP



Dr. Eko Indrawan, S.T., M. Pd.
NIP. 198001142010121001

HALAMAN PENGESAHAN

PERANCANGAN ALAT PIROLISIS PENGUBAH SAMPAH PLASTIK MENJADI BAHAN BAKAR MINYAK

OLEH:

Nama	: Farel surya permana
NIM/BP	: 22072024/2022
Konsentrasi	: Konstruksi
Program Studi	: DHI 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 31 Oktober 2025.

Dewan Penguji

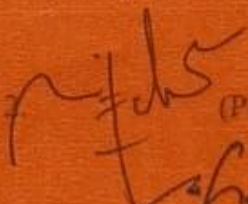
Nama

Tanda Tangan

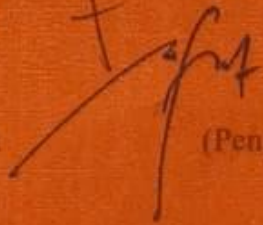
1. Dr. Dori Yuvenda, S.Pd., M.T., IPP.

1.  (Ketua Penguji)

2. Rifelino, S.Pd., M.T.

2.  (Penguji 1)

3. Andril Arafat, ST, M.Eng, Ph.D

3.  (Penguji 2)

SURAT PERNYATAAN

Yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Farel Surya Permana
NIM/BP : 22072024/2022
Konsentrasi : Konstruksi
Program Studi : DIII Teknik Mesin
Departemen : Teknik Mesin
Fakultas : Teknik
Judul Proyek Akhir : Perancangan 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, 17 Mei

2025

Menyatakan



Farel Surya Permana

NIM. 22072024

ABSTRAK

Proyek akhir dengan judul “Perancangan Alat Pirolisis Pengubah Sampah Plastik Menjadi Bahan Bakar Minyak” ini bertujuan untuk merancang alat yang mampu mengubah sampah plastik menjadi bahan bakar minyak melalui proses pirolisis. Permasalahan utama yang melatarbelakangi penelitian ini adalah meningkatnya jumlah sampah plastik yang sulit terurai di lingkungan dan berpotensi menimbulkan pencemaran. Oleh karena itu, dibutuhkan inovasi teknologi yang dapat mengolah limbah tersebut menjadi produk yang bernilai guna.

Metode perancangan alat meliputi tahap studi literatur, perhitungan teknis, pemilihan material, dan pembuatan desain konstruksi alat. Komponen utama yang dirancang terdiri dari reaktor pirolisis, sistem pemanas, kondensor, dan penampung hasil minyak. Proses pirolisis dilakukan pada suhu 300°C hingga 500°C tanpa kehadiran oksigen, sehingga rantai polimer pada plastik terurai menjadi hidrokarbon yang kemudian terkondensasi menjadi minyak. Hasil perancangan menunjukkan bahwa alat ini berpotensi menghasilkan bahan bakar cair dari limbah plastik jenis polietilena (PE) dan polipropilena (PP) dengan efisiensi konversi yang baik. Dengan demikian, alat pirolisis ini diharapkan dapat menjadi solusi tepat guna dalam mengurangi volume sampah plastik sekaligus menghasilkan energi alternatif yang ramah lingkungan.

KATA PENGANTAR

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

Shalawat beserta salam penulis ucapkan kepada Nabi Muhammad Shalallahu 'Alaihi Wa Sallam. Kemudian tak lupa penulis ucapkan terima kasih kepada Bapak/Ibu guru/dosen yang telah mendidik penulis secara moral dan materi sehingga penulis bisa sampai pada 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. Kedua orang tua, saudara dan keluarga tercinta yang selalu memberikan dorongan kepada penulis dalam menyelesaikan proyek akhir ini.
2. Bapak Dr. 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 Rifelino, S.Pd., M.T.selaku Dosen Penasehat Akademik.
5. Bapak Dr. Dori Yuvenda, S.Pd., M.T., IPP. selaku Pembimbing Proyek Akhir.
6. Bapak/Ibu Staff Pengajar dan administrasi kepegawaian Departemen Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Negeri Padang.

7. Semua sahabat, 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, 31 Oktober 2025

Farel Surya Permana
NIM. 22072024

DAFTAR ISI

HALAMAN PERSETUJUAN SEMINAR PROPOSAL	i
HALAMAN PENGESAHAN	ii
SURAT PERNYATAAN.....	iii
KATA PENGANTAR	iv
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR GAMBAR	ix
DAFTAR TABEL	x
BAB I PENDAHULUAN	1
A. Latar Belakang	1
B. Identifikasi Masalah	5
C. Batasan Masalah.....	5
D. Rumusan Masalah	5
E. Tujuan Proyek Akhir	5
F. Manfaat Proyek Akhir	6
BAB II KAJIAN PUSTAKA	7
A. Teori Pendukung	7
B. Devinisi Plastik	19
C. Bahan Bakar Minyak.....	21
BAB III METODE PROYEK AKHIR.....	26
A. Jenis Proyek Akhir	26
B. Tempat dan Waktu Pelaksanaan	26
C. Tahap Pembuatan Tugas Akhir	26
D. Perencanaan Alat dan Bahan Pada Proyek Akhir.....	27

E.	Alat Pelindung Diri	28
F.	Tahap Perencanaan Proyek Akhir	28
G.	Desain Gambar	29
H.	Diagram Alir Proyek Akhir	30
I.	Rancangan Anggaran Biaya (RAB)	31
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN PROYEK AKHIR		35
A.	Hasil Perancangan	35
B.	Hasil Perhitungan	40
C.	Hasil Pengujian	43
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN		52
DAFTAR PUSTAKA		54
LAMPIRAN		54

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. 1 Limbah Plastik	1
Gambar 1. 2 Polutan udara dari pembakaran bahan bakar fosil	3
Gambar 1. 3 Alat Pirolisis Yang Sudah Ada	4
Gambar 2. 1 Desain Alat Pirolisis	14
Gambar 2. 2 Reaktor Pirolisis	17
Gambar 2. 3 Tabung Kondensor	17
Gambar 2. 4 Kompor Pemanas	18
Gambar 2. 5 Tabung Air	18
Gambar 2. 6 Kotak Tar	18
Gambar 2. 7 Bahan Bakar Minyak (BBM)	22
Gambar 3. 1 Desain Alat Pirolisis	29
Gambar 3. 2 Diagram Alir Proyek Akhir	30
Gambar 4. 1 Perancangan Rangka	35
Gambar 4. 2 Perancangan Alas Rangka	36
Gambar 4. 3 Perancangan Tabung Reaktor	36
Gambar 4. 4 Perancangan Pintu Reaktor	37
Gambar 4. 5 Perancangan Pintu Reaktor	37
Gambar 4. 6 Perancangan Tutup Reaktor	38
Gambar 4. 7 Perancangan Kotak Tar	38
Gambar 4. 8 Perancangan Tungku	39
Gambar 4. 9 Perancangan Pipa Spiral	40
Gambar 4. 10 Hasil Proyek Akhir Tabel spesifikasi	49

DAFTAR TABEL

Tabel 3. 1Rancangan Anggaran Biaya	31
Tabel 4. 1Tabel Hasil Uji Coba	43

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Limbah plastik telah menjadi salah satu masalah lingkungan paling mendesak di dunia, termasuk di Indonesia. Menurut data dari Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan (KLHK), setiap harinya Indonesia menghasilkan sekitar 71.688 ton sampah, dengan sampah plastik menduduki peringkat kedua terbanyak setelah sampah sisa makanan (KLHK, 2023). Akumulasi limbah ini tidak hanya mencemari tanah dan perairan, tetapi juga mengganggu keseimbangan ekosistem dan berpotensi membahayakan kesehatan manusia. Apabila tidak segera dimusnahkan seperti pada gambar berikut.



Gambar 1. 1 Limbah Plastik

Penangan sampah plastik di beberapa tempat pembuangan sampah seringkali dilakukan dengan dibakar (insenerasi). Insenerasi dilakukan sebagai akibat terbatasnya lahan tempat pembuangan sampah akhir. Namun sistem pembakaran sampah anorganik terdapat kelemahan yaitu membutuhkan suatu energi yang cukup banyak seperti penggunaan bahan bakar cair sebagai pemantik pembakar sampah (burner) (Rudend & Hermana, 2020). Beberapa resiko yang didapatkan akibat asap pembakaran sampah plastik yaitu masalah pernafasan, iritasi pada mata, meracuni tubuh secara tak langsung, kerusakan pada organ tubuh, dan dapat memicu terjadinya kanker. Selain itu

juga dapat mengganggu keseimbangan lingkungan seperti perubahan iklim yang cepat, gangguan pemandangan, pencemaran udara, kadar oksigen yang menurun, dan kebakaran lahan (Napid ut. Al, 2021).

Sampah plastik mempunyai dampak positif yang luar biasa, karena plastik bisa diolah menjadi bahan bakar minyak dengan cara pirolisis yang bertujuan untuk mengurangi sampah plastik. Hal ini bisa dilakukan karena pada dasarnya plastik berasal dari minyak bumi, sehingga tinggal dikembalikan ke bentuk semula. Selain itu plastik juga memiliki nilai kalor yang cukup tinggi, setara dengan bahan bakar fosil seperti bensin dan solar.

"Saat ini ketergantungan Indonesia terhadap energi fosil masih sangat tinggi di mana pada bauran energi primer per Agustus 2023, porsi batu bara 38,8%, terhitung hingga Agustus 2023 Indonesia baru memproduksi minyak sebesar 597 ribu barel per hari (bph) padahal produksi minyak diharapkan bisa mencapai 600 ribu bph di akhir 2023. Harapan tersebut terlihat jauh dari target awal 2023 yang seharusnya produksi minyak mencapai 660 ribu bph," jelasnya Staf Khusus Menteri ESDM bidang Percepatan Tata Kelola Mineral dan Batu Bara Irwandy Arif, pada acara Indonesia Mineral and Energy Conference di Jakarta, Selasa (19/12/2023).

Namun, dibalik manfaatnya yang besar, energi fosil juga membawa konsekuensi yang sangat serius bagi lingkungan dan masa depan umat manusia. Pembakaran bahan bakar fosil melepaskan sejumlah besar polutan udara, seperti sulfur dioksida, nitrogen oksida, dan materi partikulat. Polutan ini menyebabkan berbagai masalah kesehatan, termasuk penyakit pernapasan, penyakit jantung, dan kanker. Pembakaran bahan bakar fosil merupakan penyebab utama emisi gas rumah kaca, terutama karbon dioksida. Gas rumah kaca memerangkap panas di atmosfer, menyebabkan suhu bumi meningkat dan memicu perubahan iklim yang ekstrim, seperti gelombang panas, badai, dan kenaikan permukaan air laut (Mitra Rekayasa Keberlanjutan, 2024). Seperti pada gambar dibawah ini.



Gambar 1. 2 Polutan udara dari pembakaran bahan bakar fosil

Oleh karena itu, dikembangkanlah suatu alat yang dapat mengubah plastik menjadi bahan bakar minyak. Dimana alat ini di buat dengan menerapkan metode *pirolisis*. *Pirolisis* merupakan suatu metode menguraikan bahan kimia dengan cara dipanaskan menggunakan suhu yang tinggi tanpa atau dengan sedikit oksigen (Nasrun, et al., 2016). Bahan bakar yang di hasilkan dengan cara metode pirolisis ini dapat menjadi solusi alternatif bagi penggunaan bahan bakar minyak terbatas. Berkaitan dengan hal tersebut, maka penelitian mengenai metoda pyrolysis ini sangat menarik untuk dilakukan guna mengetahui sejauh manakah metoda ini dapat membantu masyarakat dalam mengatasi pencemaran lingkungan akibat sampah plastik yang selama ini dianggap tidak memiliki nilai ekonomis, serta dapat menjadikannya sebagai referensi untuk menghasilkan sumber energi alternatif ditengah semakin krisisnya sumber daya minyak fosil.

Alat pirolisis dirancang dengan memanfaatkan material Stainless Steel yang ada dengan menggunakan prinsip destilasi memiliki kelebihan dan kekurangan dalam cara kerjanya. Pada prinsip kerja pertama, selama proses pembakaran sampah padat akan mengalami penguraian sehingga menjadi abu, asap atau gas buang. Prinsip kedua, dimana abu atau asap dilarutkan dalam air secara *continue* dengan bantuan motor listrik. Prinsip yang ketiga, melalui proses pembakaran sampah akan mengalami penguraian yang secara tidak langsung akan menghasilkan asap cair, tar, dan arang. Prinsip yang keempat, hasil penguraian sampah plastik akan menghasilkan bahan organik yang mudah terbakar.

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 mendinginkan gas dan berpotensi mengalami kerusakan.



Gambar 1. 3 Alat Pirolisis Yang Sudah Ada

Untuk mengatasi kelemahan-kelemahan tersebut, inovasi diperlukan dalam pengembangan alat pirolisis yang lebih efektif dan efisien. Salah satu inovasi yang dapat dilakukan adalah membuat rangka pada tabung reaktor dengan *system knock down* sehingga pada saat ingin melakukan pengisian tabung reaktor lebih mudah dan praktis. Selain itu, pengembangan material yang lebih kuat dan tahan panas juga penting untuk meningkatkan daya tahan alat. Dengan inovasi-inovasi tersebut, diharapkan alat pirolisis dapat lebih mendukung proses pengurangan sampah yang menghasilkan bahan bakar minyak.

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

B. Identifikasi Masalah

Berdasarkan latar belakang tersebut dapat di identifikasikan masalah sebagai berikut:

1. Peningkatan jumlah sampah plastik yang semakin meningkat sehingga mengganggu ekosistem
2. 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.
3. Ketergantungan terhadap energi fosil masih sangat tinggi
4. Belum tersedianya alat-alat penanganan sampah plastik yang menghasilkan bahan bakar, alternatif pengolahan sampah plastik yang lebih ramah lingkungan, seperti konversi menjadi bahan bakar minyak (BBM) melalui proses pirolisis.

C. Batasan Masalah

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

1. Merancang alat pirolisis penghasil bahan bakar dari limbah plastik.

D. Rumusan Masalah

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

1. Bagaimana merancang alat pirolisis pengubah sampah plastik menjadi bahan bakar minyak?

E. Tujuan Proyek Akhir

Berdasarkan rumusan masalah di atas maka tujuan dari tujuan dari proyek akhir ini adalah:

1. Untuk merancang alat *pirolisis* pengubah sampah plastik menjadi bahan bakar minyak.

F. Manfaat Proyek Akhir

Proyek akhir ini di harapkan memberikan manfaat 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 industry kecil dan menengah.
 - b. Menambahn 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

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

1. Alat pirolisis pengubah sampah plastik menjadi bahan bakar cair telah berhasil dirancang dan diuji, menunjukkan kemampuan efektif dalam mengonversi sampah plastik menjadi bahan bakar minyak. Proses pirolisis yang dilakukan pada berbagai lama waktu menghasilkan rendemen dan kualitas bahan bakar yang berbeda-beda. Rendemen massa meningkat dari 42,5% pada waktu 60 detik, menjadi 68% pada 120 detik, dan mencapai 85% pada 180 detik, menunjukkan bahwa semakin lama waktu pirolisis, semakin besar jumlah bahan bakar cair yang dihasilkan.
2. Secara keseluruhan, percobaan C (180 detik) memberikan hasil paling optimal dalam hal jumlah produk, nilai energi, dan efisiensi konversi. Jenis plastik yang digunakan juga memengaruhi hasil pirolisis, di mana plastik jenis HDPE dan PP menghasilkan bahan bakar dengan kualitas lebih baik dan residu lebih sedikit dibandingkan jenis lainnya. Dengan demikian, alat pirolisis ini terbukti mampu mengubah sampah plastik menjadi bahan bakar alternatif yang bernilai energi tinggi, serta berpotensi mengurangi dampak lingkungan akibat penumpukan limbah plastik.

B. Saran

1. Berdasarkan hasil pengujian, semakin lama waktu pirolisis menghasilkan rendemen dan efisiensi energi yang lebih tinggi, meskipun laju produksi per satuan waktu menurun. Oleh karena itu, diperlukan pengujian lanjutan untuk menentukan waktu operasi yang paling optimal, sehingga diperoleh keseimbangan antara kualitas energi produk dan kecepatan produksi bahan bakar cair.
2. Sistem kondensasi atau pendinginan perlu ditingkatkan baik dari segi kapasitas maupun efisiensinya, agar uap hasil pirolisis dapat terkondensasi secara maksimal. Dengan demikian, jumlah produk cair

yang dihasilkan akan meningkat dan kehilangan gas yang tidak terkondensasi dapat diminimalkan.

3. Disarankan melakukan uji pirolisis terhadap berbagai jenis plastik seperti PE, PP, PS, dan PET untuk mengetahui pengaruh karakteristik bahan baku terhadap rendemen, nilai kalor, dan kualitas produk cair, sehingga dapat ditentukan jenis plastik yang paling potensial untuk diolah menjadi bahan bakar.

DAFTAR PUSTAKA

- Adoe, R. R., dkk. (2016). *Pemanfaatan Limbah Plastik Menjadi Bahan Bakar Minyak Melalui Proses Pirolisis. Jurnal Teknologi dan Industri.*
- Alodokter. (2023). *Dampak sampah plastik bagi lingkungan dan kesehatan manusia.*
- Anwar, R., & Setiawan, A. (2020). *Teknologi Pirolisis untuk Pengolahan Limbah Plastik Skala Kecil dan Menengah.* Jurnal Energi dan Material, 8(2), 112–120.
- Aprian, H., dkk. (2009). *Pirolisis Sampah Plastik Sebagai Alternatif Energi.* Jakarta: Pusat Penelitian Energi.
- Ariyanto, T. (2018). *Pengolahan Limbah Plastik Menjadi Bahan Bakar Minyak dengan Metode Pirolisis.* Yogyakarta: Deepublish.
- Beer, F. P., Johnston, E. R., DeWolf, J. T., & Mazurek, D. F. (2012). *Mechanics of Materials* (6th ed.). McGraw-Hill Education.
- Budynas, R. G., & Nisbett, J. K. (2015). *Shigley's Mechanical Engineering Design* (10th ed.). McGraw-Hill Education.
- Cengel, Y. A., & Boles, M. A. (2015). *Thermodynamics: An Engineering Approach* (8th ed.). New York: McGraw-Hill Education.
- Dickson. (2017). *Jenis dan Kode Plastik Serta Dampaknya.* Surabaya: CV Teknologi Hijau.
- Fogler, H. S. (2016). *Elements of Chemical Reaction Engineering.* Prentice Hall.
- Gaurav, A., dkk. (2014). *Pyrolysis Technology for Plastic Waste Management. International Journal of Scientific Engineering and Technology.*
- Hibbeler, R. C. (2013). *Engineering Mechanics: Statics and Dynamics* (14th ed.). Pearson Education.
- Hibbeler, R. C. (2013). *Structural Analysis* (9th ed.). Pearson Education.

- Hirtz, J., Stone, R. B., McAdams, D. A., Szykman, S., & Wood, K. L. (2002). *A Functional Basis for Engineering Design: Reconciling and Evolving Previous Efforts. Research in Engineering Design*, 13(2), 65–82.
- Ilham, R. (2014). *Teknologi Pirolisis Sampah Plastik untuk Energi Alternatif*. Bandung: Universitas Teknologi Bandung.
- Juvinall, R. C., & Marshek, K. M. (2012). *Fundamentals of Machine Component Design* (5th ed.). John Wiley & Sons.
- Juwono, T., & Prasetyo, A. (2015). Kajian proses pirolisis plastik menjadi bahan bakar alternatif. *Jurnal Teknik Kimia*, 21(3)
- Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan (KLHK). (2023). *Statistik Pengelolaan Sampah Tahun 2023*.
- Khurmi, R. S., & Gupta, J. K. (2005). *A Textbook of Machine Design*. Eurasia Publishing House (P) Ltd, New Delhi.
- Krisna, A. (2013). *Plastik dan Jenis-jenisnya*. Yogyakarta: Andi Offset.
- Landi, D., & Arijanto, R. (2017). *Analisis Dampak Limbah Plastik terhadap Lingkungan dan Solusi Daur Ulang. Jurnal Lingkungan Hidup Indonesia*.
- Lepawsky, J. (2017). *Waste, Recycling, and the Global Economy*. Cambridge: Polity Press.
- Moran, M. J., & Shapiro, H. N. (2010). *Fundamentals of Engineering Thermodynamics* (7th ed.). John Wiley & Sons.
- Mott, R. L. (2014). *Machine Elements in Mechanical Design* (5th ed.). Pearson Education.
- Mustofa, M., dkk. (2013). *Studi Eksperimen Pirolisis Plastik untuk Produksi Minyak Bakar. Jurnal Teknik Mesin*, 10(2), 45–52.
- Napid, N., dkk. (2021). *Dampak Asap Pembakaran Sampah Plastik terhadap Kesehatan dan Lingkungan. Jurnal Kesehatan Lingkungan Indonesia*.

- Nasrum, R., dkk. (2016). *Konversi Limbah Plastik Menjadi Bahan Bakar Minyak dengan Metode Pirolisis*. Makassar: Universitas Hasanuddin.
- Nego, D., dkk. (2016). *Pengolahan Sampah Plastik dengan Teknologi Ramah Lingkungan. Jurnal Ilmiah Teknologi Lingkungan*.
- Nur, R., & Suyuti, M. A. (2018). *Perancangan Sistem dan Analisis Kebutuhan dalam Pengembangan Produk Teknik*. Yogyakarta: Deepublish.
- Oktavia, D., & Wibowo, A. (2019). *Analisis Kinerja Proses Pirolisis Plastik terhadap Hasil Bahan Bakar Cair. Jurnal Teknik Mesin*, 8(2), 45–52.
- Otto, K. N., & Wood, K. L. (2001). *Product Design: Techniques in Reverse Engineering and New Product Development*. Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall.
- Pahl, G., Beitz, W., Feldhusen, J., & Grote, K.-H. (2007). *Engineering Design: A Systematic Approach* (3rd ed.). London: Springer-Verlag.
- Pressman, R. S. (2009). *Software Engineering: A Practitioner's Approach*. New York: McGraw-Hill.
- Rudend, T., & Hermana, D. (2020). *Evaluasi Insinerasi Sampah Plastik di Indonesia*. Jakarta: Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan.
- Serway, R. A., & Jewett, J. W. (2014). *Physics for Scientists and Engineers* (9th ed.). Brooks/Cole Cengage Learning.
- Shigley, J. E. (2015). *Mechanical Engineering Design*. McGraw-Hill.
- Shigley, J. E., & Mischke, C. R. (2001). *Mechanical Engineering Design* (6th ed.). New York: McGraw-Hill.
- Srinivasan, V. (2018). *Design Thinking: A Guide to Creative Problem Solving for Everyone*. London: Penguin Random House.
- Stamatis, D. H. (2003). *Failure Mode and Effect Analysis: FMEA from Theory to Execution* (2nd ed.). Milwaukee, WI: ASQ Quality Press.

- Sularso, & Suga, K. (2004). *Dasar Perencanaan dan Pemilihan Elemen Mesin*. Jakarta: Pradnya Paramita.
- Sularso, & Suga, K. (2008). *Dasar Perencanaan dan Pemilihan Elemen Mesin*. Jakarta: Pradnya Paramita.
- Surono. (2013). *Kimia Polimer dan Plastik dalam Kehidupan Sehari-hari*. Bandung: Pustaka Pelajar.
- Umiyani, A. (2023, Desember 20). *RI sangat tergantung energi fosil, ini buktinya*. Okezone Finance.
- Ulrich, K. T., & Eppinger, S. D. (2019). *Product Design and Development* (7th ed.). New York: McGraw-Hill Education.
- Vasile, C. (2002). *Handbook of Polyolefins*. New York: CRC Press.
- Wiratmaja, I. W. (2010). *Pengantar Teknologi Minyak dan Gas Bumi*. Bandung: ITB.
- Yunus A. Çengel, & Boles, M. A. (2015). *Thermodynamics: An Engineering Approach* (8th ed.). McGraw-Hill Education.