

PENGARUH PENAMBAHAN MATERIAL ALUMINIUM SERI 5052 TERHADAP PEMERATAAN PROSES PEMBAKARAN PADA REAKTOR PIROLISIS SAMPAH PLASTIK

Dwi Puja Langkirna

S1 Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya
Email: dwi.21062@mhs.unesa.ac.id

Hanna Zakiyya

Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya
Email: hannazakiyya@unesa.ac.id

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh penambahan pelat aluminium seri 5052 terhadap distribusi panas dalam reaktor pirolisis sampah plastik LDPE. Penelitian dilakukan secara eksperimental dengan variasi ketebalan pelat aluminium sebesar 1 mm, 2 mm, dan 3 mm yang dipasang di bagian dasar reaktor, tepat di atas sumber panas berbahan bakar LPG. Fokus utama penelitian adalah untuk mengevaluasi sejauh mana variasi ketebalan pelat dapat mempercepat waktu pelelehan plastik LDPE dan meningkatkan volume minyak pirolisis yang dihasilkan. Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan pemahaman mengenai peran pelat aluminium dalam meningkatkan performa termal reaktor pirolisis skala laboratorium. Dengan pemerataan panas yang lebih baik, proses pelelehan plastik dapat berlangsung lebih cepat dan efisien, sehingga volume minyak pirolisis yang diperoleh dalam waktu tertentu menjadi lebih banyak. Penelitian ini dapat menjadi acuan dalam pengembangan desain reaktor pirolisis yang lebih optimal.

Kata Kunci: Pirolisis, Aluminium seri 5052, Sampah plastik LDPE

Abstract

This study aims to analyze the effect of adding aluminum 5052 plates on heat distribution in a pyrolysis reactor for LDPE plastic waste. The research is conducted experimentally using aluminum plates with varying thicknesses of 1 mm, 2 mm, and 3 mm, installed at the base of the reactor directly above the LPG-fueled heat source. The primary focus is to evaluate how variations in plate thickness influence the melting time of LDPE and the resulting volume of pyrolytic oil. The results of this study are expected to provide insight into the role of aluminum plates in enhancing the thermal performance of laboratory-scale pyrolysis reactors. Improved heat distribution may lead to faster and more efficient plastic melting, thus increasing the amount of pyrolytic oil produced within a given time. This research may serve as a reference for optimizing the design of future pyrolysis reactors.

Keywords: Pyrolysis, Aluminum 5052, LDPE Plastic Waste

PENDAHULUAN

Permasalahan limbah plastik masih menjadi isu lingkungan global yang terus meningkat seiring dengan tingginya konsumsi material polimer sintetis. Salah satu jenis plastik yang sering digunakan adalah Low-Density Polyethylene (LDPE), yang diaplikasikan pada berbagai produk sehari-hari seperti kantong belanja, kemasan makanan, botol, dan kemasan fleksibel. Sifat LDPE yang ringan, kuat, dan tahan terhadap bahan kimia menjadikannya sangat diminati, namun karakteristik tersebut juga menyebabkan limbah LDPE sulit terdegradasi secara alami. Akumulasi limbah plastik yang tidak tertangani dengan baik berkontribusi terhadap pencemaran tanah, perairan, dan ekosistem, sehingga diperlukan teknologi pengolahan yang mampu mengurangi jumlah limbah sekaligus memberikan nilai tambah.

Salah satu teknologi yang berkembang untuk mengatasi permasalahan tersebut adalah pirolisis, yaitu proses dekomposisi termal material organik pada kondisi minim atau tanpa oksigen. Teknologi ini mampu mengonversi limbah plastik menjadi produk yang bernilai ekonomi berupa minyak pirolisis, gas, dan residu padat. Penelitian Butler et al. (2011) menunjukkan bahwa pirolisis 1 kg

plastik jenis polyolefin, seperti polyethylene, polypropylene, dan polystyrene, mampu menghasilkan hingga 950 mL minyak dengan nilai kalor yang mendekati bahan bakar fosil. Hasil serupa juga dilaporkan oleh Jusnita et al. (2019), yang memperoleh sekitar 193 mL minyak dari pirolisis plastik LDPE pada suhu 369 °C dengan karakteristik densitas dan viskositas yang mendekati bahan bakar komersial. Hamzah dan Nurhuda (2020) menyatakan bahwa minyak hasil pirolisis LDPE memiliki potensi sebagai bahan bakar alternatif karena karakteristik fisiknya yang memenuhi spesifikasi tertentu.

Keberhasilan proses pirolisis sangat dipengaruhi oleh karakteristik termal bahan baku. LDPE diketahui memiliki titik leleh pada kisaran 105–115 °C, dengan hasil analisis Differential Scanning Calorimetry (DSC) menunjukkan nilai sekitar 103,9 °C (Sartika et al., 2021) hingga 110,9 °C (Fire Safety Research Institute, 2023). Informasi mengenai sifat termal ini penting sebagai dasar dalam menentukan kondisi operasi proses pirolisis agar dekomposisi berlangsung secara optimal. Meskipun demikian, proses pirolisis umumnya berlangsung pada temperatur yang jauh lebih tinggi, sehingga pemerataan distribusi panas di dalam reaktor menjadi faktor yang sangat menentukan

keberhasilan konversi plastik menjadi produk yang diinginkan.

Salah satu kendala utama pada proses pirolisis adalah ketidakmerataan distribusi panas di dalam reaktor. Distribusi panas yang tidak seragam menyebabkan sebagian material mengalami dekomposisi secara berlebihan, sementara bagian lainnya belum terurai secara sempurna. Kondisi tersebut berdampak pada rendahnya rendemen minyak, meningkatnya pembentukan residu karbon, serta menurunnya efisiensi energi selama proses berlangsung (Darza, 2020; Indrayani et al., 2021). Diperlukan upaya untuk meningkatkan pemerataan panas agar proses perpindahan kalor di dalam reaktor berlangsung lebih efektif.

Salah satu pendekatan yang berpotensi meningkatkan distribusi panas adalah penggunaan material dengan konduktivitas termal tinggi sebagai penghantar panas tambahan di dalam sistem reaktor. Aluminium seri 5052 merupakan salah satu material yang memiliki konduktivitas termal tinggi (sekitar 138 W/m·K), ringan, tahan korosi, serta memiliki stabilitas mekanik yang baik pada kondisi temperatur tinggi (Committee, 1990). Karakteristik tersebut menjadikan aluminium 5052 berpotensi digunakan sebagai media pemerata panas pada reaktor pirolisis.

Beberapa penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa penggunaan material aluminium mampu meningkatkan efisiensi perpindahan panas pada berbagai sistem termal. Dewi et al. (2021) melaporkan bahwa penambahan pelat aluminium 5052 pada tungku berbahan bakar LPG mampu mempercepat distribusi panas serta menurunkan konsumsi LPG sebesar 15–20% pada proses pirolitik skala laboratorium. Penelitian Cahyono et al. (2021) juga menunjukkan bahwa penambahan pelat logam konduktif dapat meningkatkan kestabilan temperatur permukaan reaktor sehingga efisiensi konversi plastik menjadi minyak pirolisis meningkat. Irfansyah et al. (2022) juga menemukan bahwa pelat aluminium tetap mampu mempertahankan distribusi temperatur yang merata meskipun ketebalannya dikurangi hingga 3 mm. Penelitian lain oleh Widodo dan Setyadi (2015), Wahyudi dan Asroni (2023), serta Megaprastio et al. (2023) menunjukkan bahwa variasi ketebalan pelat aluminium berpengaruh terhadap kecepatan penyebaran panas dan efisiensi termal pada berbagai aplikasi perpindahan panas.

Meskipun berbagai penelitian telah mengkaji penggunaan aluminium sebagai material penghantar panas, kajian mengenai pengaruh variasi ketebalan pelat aluminium seri 5052 terhadap pemerataan proses pembakaran pada reaktor pirolisis limbah plastik LDPE berbahan bakar LPG yang dilengkapi flame passage masih sangat terbatas. Sebagian besar penelitian sebelumnya berfokus pada karakteristik produk pirolisis atau performa material secara umum, sedangkan pengaruh ketebalan pelat aluminium terhadap distribusi temperatur, efisiensi konsumsi LPG, dan kualitas hasil pirolisis belum banyak dilaporkan. Kondisi ini menunjukkan adanya kesenjangan penelitian (research gap) yang perlu dikaji lebih lanjut.

Berdasarkan uraian tersebut, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh penambahan pelat aluminium seri 5052 dengan variasi ketebalan 1 mm, 2 mm,

3 mm, 4 mm, dan 5 mm terhadap pemerataan proses pembakaran pada reaktor pirolisis limbah plastik LDPE. Reaktor yang digunakan telah dilengkapi dengan flame passage sebagai saluran pengarah nyala api dan menggunakan bahan bakar LPG untuk menjaga kestabilan temperatur. Penelitian difokuskan pada analisis distribusi temperatur di dalam reaktor, efisiensi konsumsi LPG, rendemen minyak pirolisis, serta karakteristik produk yang dihasilkan. Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi dalam pengembangan teknologi pirolisis limbah plastik yang lebih efisien, hemat energi, dan berkelanjutan sebagai salah satu alternatif pengelolaan limbah plastik sekaligus penyediaan energi alternatif.

METODE

Jenis penelitian yang dilakukan adalah penelitian kuantitatif dengan metode eksperimen yang bertujuan untuk mengetahui pengaruh penambahan pelat aluminium seri 5052 terhadap pemerataan proses pembakaran pada reaktor pirolisis limbah sampah plastik jenis Low-Density Polyethylene (LDPE). Penelitian dilakukan dengan memberikan perlakuan berupa variasi ketebalan pelat aluminium yang dipasang pada reaktor pirolisis, kemudian dilakukan pengukuran distribusi temperatur, konsumsi LPG, serta hasil minyak pirolisis yang diperoleh.

Tempat dan Waktu Penelitian

> Tempat Penelitian

Penelitian dilaksanakan di Laboratorium Perpindahan Panas Program Studi S1 Teknik Mesin Universitas Negeri Surabaya. Pengujian karakteristik minyak pirolisis dilakukan di laboratorium pengujian yang memiliki fasilitas pengujian sifat fisik bahan bakar sesuai dengan standar yang berlaku.

> Waktu Penelitian

Penelitian dilaksanakan mulai bulan Februari 2025 hingga Januari 2026, dimulai dari penyusunan proposal, persiapan alat dan bahan, pelaksanaan pengujian, pengolahan data, hingga penyusunan laporan penelitian.

Variabel Penelitian

> Variabel Bebas

Variabel bebas pada penelitian ini adalah ketebalan pelat aluminium seri 5052 yang digunakan sebagai media penghantar panas di dalam reaktor pirolisis dengan variasi ketebalan 1 mm, 2 mm, 3 mm, 4 mm, dan 5 mm.

> Variabel Terikat

Variabel terikat penelitian ini meliputi:

1. Distribusi temperatur pada beberapa titik reaktor.
2. Konsumsi bahan bakar LPG selama proses pirolisis.
3. Rendemen (yield) minyak pirolisis.
4. Karakteristik minyak pirolisis yang dihasilkan.

> Variabel Kontrol

Variabel kontrol yang digunakan dalam penelitian meliputi:

1. Jenis plastik berupa Low-Density Polyethylene (LDPE).
2. Massa plastik sebanyak 500 gram pada setiap pengujian.
3. Jenis reaktor pirolisis yang digunakan.
4. Bahan bakar berupa LPG.
5. Lama proses pirolisis selama 180 menit.

- Sistem pendingin (kondensor) dan debit air pendingin dibuat tetap pada setiap pengujian.

Bahan, Alat, dan Instrumen Penelitian

Penelitian dilakukan menggunakan metode eksperimen pada proses pirolisis limbah plastik LDPE dengan variasi ketebalan pelat aluminium seri 5052.

> Bahan

- Limbah plastik Low-Density Polyethylene (LDPE) sebagai bahan baku pirolisis.
- Pelat aluminium seri 5052 dengan ketebalan 1 mm, 2 mm, 3 mm, 4 mm, dan 5 mm sebagai media penghantar panas.
- Gas LPG sebagai sumber energi pembakaran.
- Air sebagai media pendingin pada kondensor.

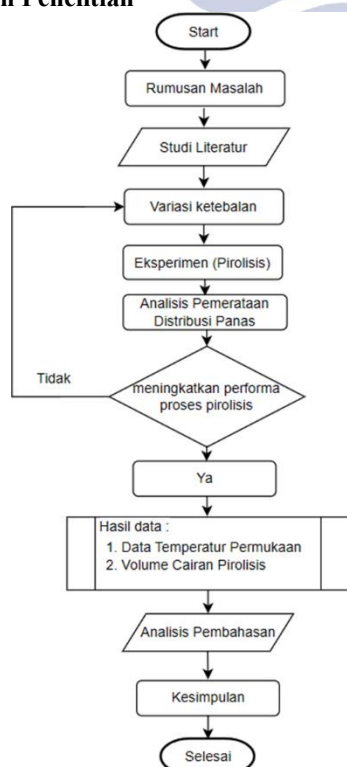
> Alat

- Reaktor pirolisis yang telah dilengkapi flame passage.
- Kompor LPG.
- Kondensor.
- Bak pendingin dan pompa sirkulasi air.
- Timbangan digital.
- Gelas ukur.
- Stopwatch.
- Peralatan keselamatan kerja (APD).

> Instrumen

- Thermocouple tipe K yang terhubung dengan digital thermometer untuk mengukur temperatur pada beberapa titik reaktor.
- Infrared Thermometer (Thermogun) untuk mengukur temperatur permukaan reaktor.
- Timbangan digital untuk mengukur massa bahan dan konsumsi LPG.
- Gelas ukur untuk mengukur volume minyak pirolisis.

Rancangan Penelitian



Prosedur Penelitian

Prosedur penelitian dilakukan setelah seluruh alat dan bahan dipersiapkan. Tahapan penelitian adalah sebagai berikut.

1. Persiapan Alat dan Bahan

Reaktor pirolisis dirangkai lengkap dengan sistem kondensor, saluran pendingin, thermocouple, dan kompor LPG. Pelat aluminium seri 5052 dipasang pada dasar reaktor sesuai variasi ketebalan yang akan diuji. Limbah plastik LDPE dibersihkan, dipotong menjadi ukuran yang lebih kecil, kemudian ditimbang sebanyak 500 gram untuk setiap pengujian.

2. Proses Pirolisis

Plastik LDPE dimasukkan ke dalam reaktor kemudian sistem pendingin diaktifkan. Kompor LPG dinyalakan hingga proses pirolisis berlangsung selama 180 menit. Pengujian dilakukan pada masing-masing variasi ketebalan pelat aluminium, yaitu 1 mm, 2 mm, 3 mm, 4 mm, dan 5 mm.

3. Pengambilan Data

Selama proses berlangsung dilakukan pencatatan temperatur pada beberapa titik reaktor menggunakan thermocouple. Selain itu dicatat pula konsumsi LPG, waktu proses, serta volume minyak pirolisis yang dihasilkan pada setiap variasi ketebalan pelat aluminium.

4. Pengujian Produk Pirolisis

Minyak pirolisis yang diperoleh diukur volumenya untuk menentukan rendemen hasil pirolisis. Selanjutnya dilakukan pengujian karakteristik minyak sesuai parameter yang direncanakan dalam penelitian.

Teknik Analisis Data

Data hasil penelitian dianalisis menggunakan metode statistik deskriptif. Data distribusi temperatur, konsumsi LPG, rendemen minyak pirolisis, dan karakteristik minyak disajikan dalam bentuk tabel dan grafik untuk membandingkan pengaruh setiap variasi ketebalan pelat aluminium seri 5052. Selanjutnya dilakukan analisis terhadap hubungan antara ketebalan pelat aluminium dengan pemerataan distribusi panas, efisiensi penggunaan LPG, serta hasil pirolisis sehingga dapat ditentukan variasi ketebalan yang memberikan kinerja terbaik pada reaktor pirolisis.

HASIL DAN PEMBAHASAN

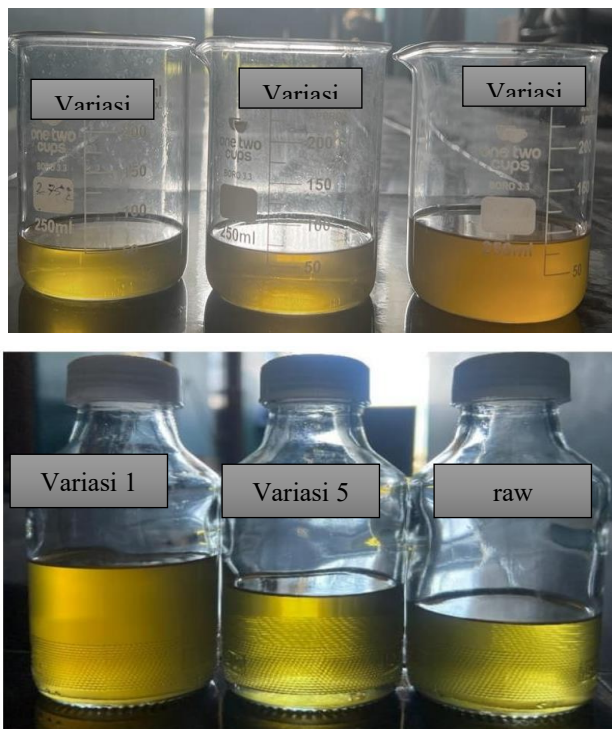
Tabel 1. Parameter

No	Parameter	1 mm	2 mm	3 mm	4 mm	5 mm	raw
1	Suhu (°C)	32 8.3	33 1.3	33 5	33 0	32 3.3	3 5 0
2	Berat minyak (m) volume 250 ml	21 5	23 8	25 2	22 8	21 0	1 2 7
3	Berat residu (g) setelah kering	13 5	12 0	11 0	12 5	14 0	1 7 0
4	Lama proses (menit)	18 0	18 0	18 0	18 0	18 0	1 8 0

Berdasarkan tabel di atas, parameter rata-rata suhu pada proses pirolisis menunjukkan adanya variasi pada setiap ketebalan aluminium seri 5052 yang digunakan. Pada ketebalan 1 mm diperoleh rata-rata suhu sebesar 328,3°C, kemudian meningkat pada ketebalan 2 mm menjadi 331,3°C. Suhu tertinggi terjadi pada ketebalan 3 mm yaitu sebesar 335°C. Setelah itu, suhu mengalami penurunan pada ketebalan 4 mm menjadi 330°C dan kembali turun pada ketebalan 5 mm sebesar 323,3°C dan sedangkan untuk variasi tanpa menggunakan pelat sebesar 350°C dikarenakan tidak ada penghambat panas. Data ini menunjukkan bahwa ketebalan aluminium 3 mm mampu menghasilkan distribusi panas yang paling optimal dibandingkan variasi lainnya. Kenaikan suhu hingga titik tertentu menunjukkan kemampuan aluminium dalam menghantarkan panas secara merata, sedangkan penurunan pada ketebalan yang lebih besar diduga disebabkan oleh meningkatnya hambatan perpindahan panas akibat material yang terlalu tebal.

Pada parameter berat minyak hasil pirolisis, diperoleh pola yang relatif sejalan dengan rata-rata suhu. Berat minyak tanpa variasi ketebalan sebesar 127 gram sedangkan ketebalan 1 mm sebesar 215 gram, kemudian meningkat menjadi 238 gram pada ketebalan 2 mm. Produksi minyak tertinggi terjadi pada ketebalan 3 mm dengan hasil sebesar 252 gram. Selanjutnya, hasil minyak menurun pada ketebalan 4 mm menjadi 228 gram dan kembali turun pada ketebalan 5 mm sebesar 210 gram. Kondisi ini menunjukkan bahwa semakin optimal distribusi panas di dalam reaktor, maka proses dekomposisi termal plastik berlangsung lebih efektif sehingga menghasilkan minyak yang lebih banyak. Ketebalan 3 mm dapat dikatakan sebagai kondisi paling optimal dalam penelitian ini karena mampu menghasilkan suhu tertinggi sekaligus produksi minyak terbesar.

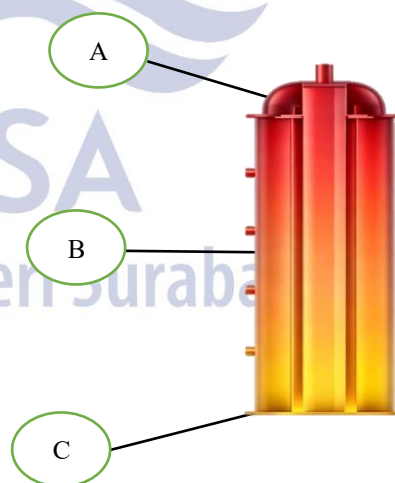
Parameter berat residu menunjukkan pola yang berlawanan dengan berat minyak. Pada material tanpa variasi ketebalan berat residu ketebalan 1 mm, berat residu tercatat sebesar 135 gram. Nilai tersebut menurun pada ketebalan 2 mm menjadi 120 gram dan mencapai nilai terendah pada ketebalan 3 mm yaitu sebesar 110 gram. Namun berat residu kembali meningkat pada ketebalan 4 mm menjadi 125 gram dan terus meningkat pada ketebalan 5 mm sebesar 140 gram. Penurunan residu pada ketebalan 3 mm mengindikasikan bahwa sebagian besar bahan plastik berhasil terurai menjadi produk cair dan gas selama proses pirolisis. Sebaliknya, peningkatan residu pada ketebalan yang lebih besar menunjukkan bahwa proses dekomposisi tidak berlangsung maksimal sehingga masih banyak sisa padatan yang tertinggal di dalam reaktor.



Gambar 1. Hasil Variasi Minyak

Keterangan:

- Tanpa variasi / raw menunjukkan warna kuning jernih kualitas baik
- Variasi 1 warna kuning jernih kualitas baik
- Variasi 2 kuning jernih kualitas cukup baik
- Variasi 3 kuning cenderung kecoklatan dekomposisi sedikit kurang sempurna dan untuk kualitas cukup baik
- Variasi 4 kuning jernih kualitas cukup baik
- Variasi 5 warna kuning jernih kualitas cukup baik



Gambar 2 reaktor suhu

Tabel 2. Variasi pelat dan suhu

Ketebalan Pelat	Suhu Atas (°C)	Suhu Tengah (°C)	Suhu Bawah (°C)	Selisih Maks -Min
1 mm	328	302	273	55 °C
2 mm	321	311	293	30 °C

Ketebalan Pelat	Suhu Atas (°C)	Suhu Tengah (°C)	Suhu Bawah (°C)	Selisi h Maks -Min
3 mm	315	312	305	10 °C
4 mm	308	301	288	23 °C
5 mm	298	291	275	26 °C
raw	335	304	275	60°C

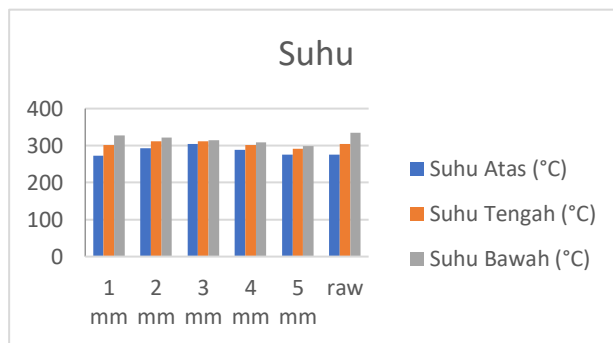
Pada Pelat 1 mm karena terlalu tipis, aluminium menyerap panas cepat tapi tidak mampu menyimpannya. Pelat 2 mm peran aluminium mulai berfungsi baik sebagai penghantar panas. Ketebalan ini memberi keseimbangan cukup tipis untuk menerima panas, cukup tebal untuk menyebarkannya ke bawah yang menyebabkan sebaran panas mulai merata, tapi masih ada selisih yang cukup besar. Pelat 3 mm peran aluminium 5052 ini adalah titik kinerja terbaik bahan ini. Ketebalan 3 mm memanfaatkan keunggulan utama Aluminium 5052 dengan Konduksi Panas Merata. Aluminium berfungsi sebagai "penyebar panas" yang efektif. Pelat 4 mm di sini peran aluminium 5052 terlalu tebal. Sifat konduksi aluminium justru menjadi kelemahan karena pelat menjadi penyerap panas berlebih. Pelat 5 mm pada dasarnya memiliki kesamaan dengan pelat 4 mm karena ketebalan dari pelat aluminium 5052 menyebabkan penyerapan panas yang berlebih yang menyebabkan penyerapan panas yang sangat berlebih sehingga suhu pada ruangan semakin menurun

Tabel 3. Pengukuran Densitas

Ukuran pelat	Berat Minyak (g)	Volume (ml)	Densitas (g/ml)
1 mm	215	250	0.86
2 mm	238	250	0.95
3 mm	252	250	1.01
4 mm	228	250	0.91
5 mm	210	250	0.84

Densitas tertinggi diperoleh pada ukuran pelat 3 mm sebesar 1.01 g/ml, sedangkan densitas terendah terdapat pada ukuran 5 mm sebesar 0.84 g/ml. Hal ini menunjukkan bahwa ukuran residu bahan memengaruhi komposisi dan kerapatan minyak yang dihasilkan. Ukuran pelat yang terlalu besar menyebabkan proses dekomposisi termal kurang optimal sehingga densitas minyak menurun.

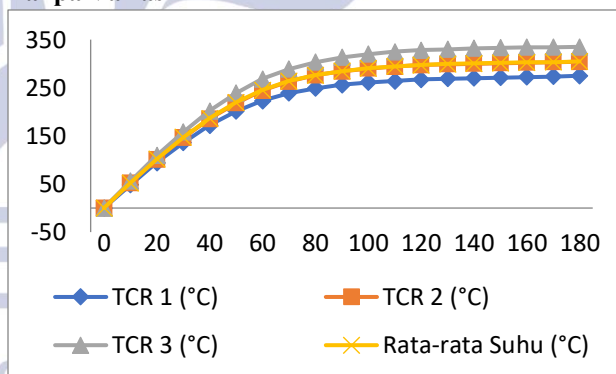
Berdasarkan hasil perhitungan densitas, viskositas, dan nilai kalor dapat disimpulkan bahwa ukuran pelat bahan memengaruhi karakteristik minyak yang dihasilkan. Ukuran pelat 3 mm menghasilkan densitas dan viskositas tertinggi, sedangkan ukuran partikel 1 mm menghasilkan nilai kalor tertinggi. Sebaliknya, ukuran partikel yang lebih besar cenderung menghasilkan minyak dengan densitas, viskositas, dan nilai kalor yang lebih rendah karena proses pemanasan tidak merata selama proses pirolisis.



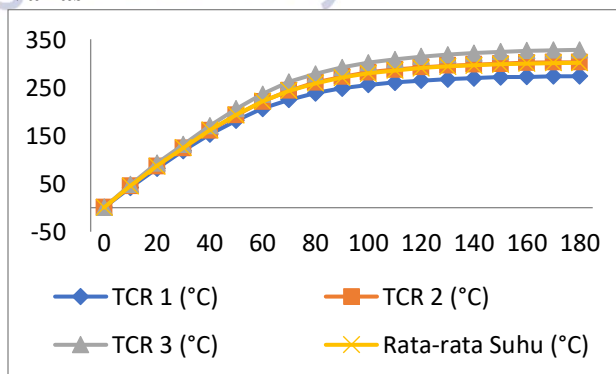
Gambar 3. Parameter Rata-Rata Suhu

Gambar 3 menunjukkan pada ketebalan pelat 1 mm, suhu yang dihasilkan tergolong paling tinggi dengan suhu atas sebesar 273°C, suhu tengah 302°C, dan suhu bawah 328°C. Seiring bertambahnya ketebalan pelat menjadi 2 mm dan 3 mm, suhu pada bagian tengah dan bawah mengalami peningkatan, di mana pada ketebalan 3 mm suhu tengah mencapai 312°C dan suhu bawah 315°C. Namun, suhu bawah justru mengalami penurunan bertahap dari 328°C menjadi 315°C. Pada ketebalan 4 mm dan 5 mm, seluruh parameter suhu cenderung mengalami penurunan. Pada ketebalan 5 mm, suhu atas tercatat sebesar 255°C, suhu tengah 275°C, dan suhu bawah 298°C. Sedangkan pada raw atau tanpa variasi suhu atas tercatat 275°C, suhu tengah 304°C dan suhu bawah 335°C. Semakin besar ketebalan pelat, distribusi suhu cenderung menurun karena kemampuan pelat dalam menyerap dan menahan panas semakin tinggi.

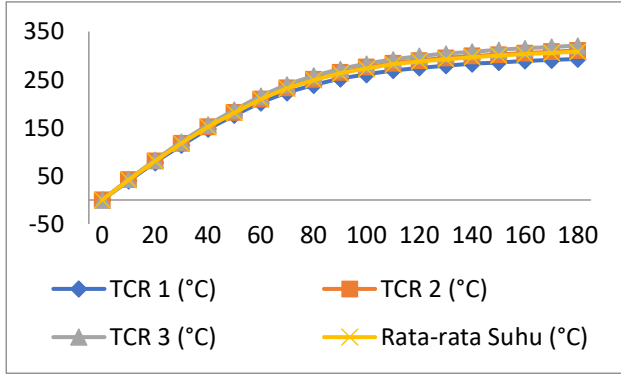
Tanpa Variasi



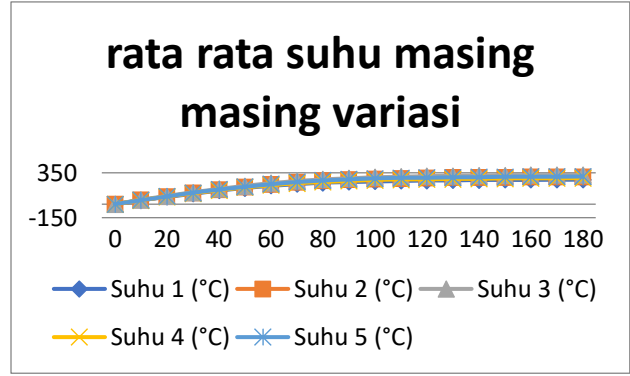
Variasi 1



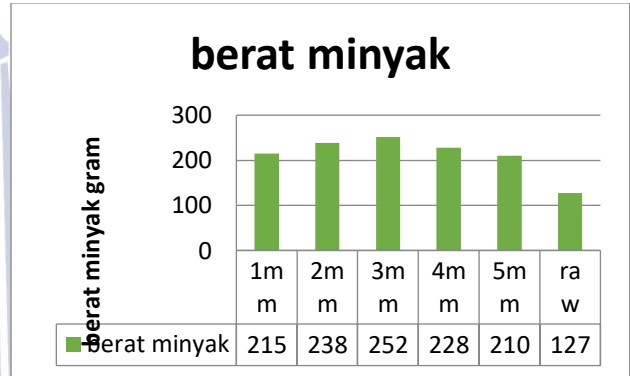
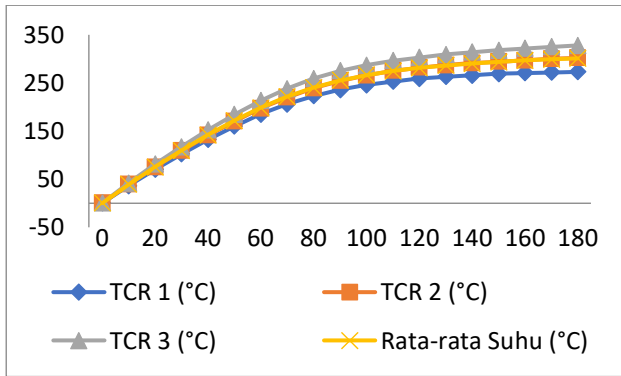
Variasi 2



Rata rata suhu per variasi

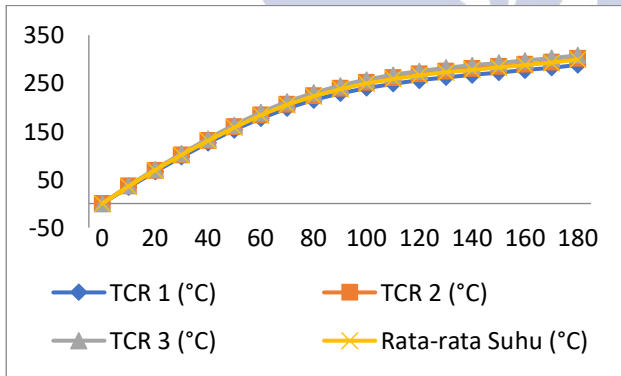


Variasi 3



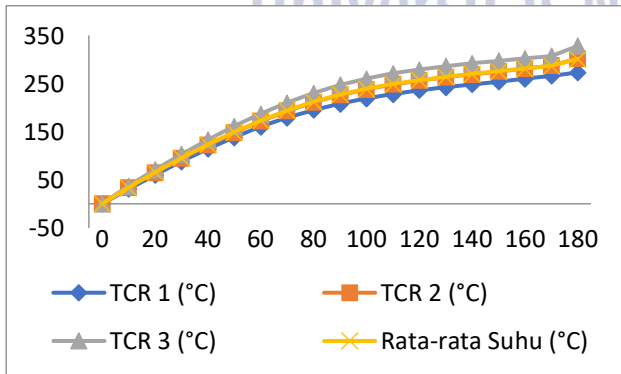
Gambar 4. Berat Minyak

Variasi 4

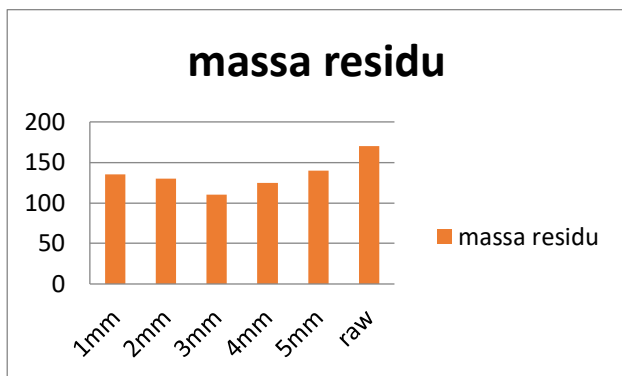


Berdasarkan Gambar 4 pada pengujian pertama, berat minyak yang dihasilkan sebesar 215 gram. Nilai ini meningkat pada pengujian kedua menjadi 238 gram. Puncak produksi terjadi pada pengujian ketiga dengan berat minyak sebesar 252 gram. Setelah itu, terjadi penurunan pada pengujian keempat menjadi 228 gram dan kembali menurun pada pengujian kelima sebesar 210 gram dan raw 127 gram

Variasi 5



Pada pola berat minyak menunjukkan adanya tren peningkatan hasil minyak hingga mencapai titik optimum pada pengujian ketiga, kemudian mengalami penurunan pada pengujian berikutnya. Kondisi optimum pada pengujian ketiga diduga berkaitan dengan distribusi suhu yang paling merata dan stabil, sehingga proses pemutusan rantai polimer plastik berlangsung lebih efektif. Semakin optimal proses dekomposisinya, semakin besar pula konversi bahan baku plastik menjadi produk cair berupa minyak pirolisis (Anwar & Prasetyo, 2021; Sari & Hidayat, 2022)."



Gambar 5. Berat residu

Berdasarkan Gambar 5 tentang berat residu, terlihat bahwa pada pengujian pertama berat residu sebesar 135 gram. Nilai ini menurun pada pengujian kedua menjadi 120 gram dan kembali menurun pada pengujian ketiga hingga mencapai 110 gram sebagai nilai terendah. Namun, pada pengujian keempat berat residu meningkat menjadi 125 gram dan kembali meningkat pada pengujian kelima menjadi 140 gram dan raw 170 gram

Penurunan residu pada pengujian ketiga menunjukkan bahwa proses pirolisis berlangsung lebih optimal, sehingga sebagian besar bahan plastik terkonversi menjadi produk cair dan gas. Sebaliknya, peningkatan residu pada pengujian keempat dan kelima menandakan bahwa proses dekomposisi tidak berlangsung secara maksimal. Hal ini dapat dipengaruhi oleh distribusi panas yang kurang merata atau kondisi operasional reaktor yang kurang stabil (Wijaya & Setiawan, 2024; Al-Salem et al., 2024)..

Berdasarkan Gambar 3 tentang parameter rata-rata suhu, berat minyak, dan berat residu, Secara umum, hubungan antara berat minyak dan berat residu menunjukkan pola yang berbanding terbalik. Ketika berat minyak meningkat, berat residu cenderung menurun, sebagaimana terlihat pada pengujian ketiga. Hal ini menguatkan bahwa efisiensi proses pirolisis sangat ditentukan oleh kestabilan suhu dan pemerataan panas di dalam reaktor (Maulana & Suryani, 2023; Chen et al., 2023).

Berdasarkan parameter rata-rata suhu, diketahui bahwa distribusi suhu pada titik pengukuran menunjukkan variasi yang relatif kecil. Hal ini mengindikasikan pemerataan panas yang baik, yang menjadi syarat utama berjalannya proses dekomposisi secara efektif (Hidayat & Pratama, 2022; Elbaba & Williams, 2022)."

Penggunaan pelat aluminium seri 5052 dengan variasi ketebalan memberikan pengaruh nyata terhadap pemerataan perpindahan panas dalam reaktor pirolisis. Aluminium 5052 memiliki sifat konduktivitas panas yang baik, sehingga mampu menyalurkan panas secara merata ke seluruh ruang reaksi (Pratama & Wibowo, 2024). Variasi ketebalan pelat menyebabkan perbedaan hambatan termal: pelat yang lebih tipis memungkinkan panas masuk

lebih cepat, sedangkan pelat yang lebih tebal memperlambat laju pemanasan namun menghasilkan suhu yang lebih stabil dan terdistribusi seragam (Santoso & Kusuma, 2023; Rahman et al., 2024). Pemerataan panas yang baik ini memastikan proses penguraian rantai polimer berlangsung secara seragam, sehingga meningkatkan konversi plastik menjadi minyak dan meminimalkan pembentukan residu (Al-Salem et al., 2022)."

Oleh karena itu, meskipun hasil penelitian ini menunjukkan sedikit perbedaan signifikan, bukan berarti ketebalan aluminium sama sekali tidak memiliki pengaruh. Bisa jadi pengaruh tersebut bersifat kecil atau membutuhkan kondisi eksperimental yang berbeda agar dapat terdeteksi secara statistik. Analisis tambahan seperti perhitungan effect size (misalnya eta squared) dapat memberikan informasi mengenai besarnya pengaruh praktis (practical significance), meskipun secara statistik tidak signifikan.

Secara keseluruhan, pembahasan ini menunjukkan bahwa dalam kondisi eksperimen yang dilakukan, variasi ketebalan aluminium tidak memberikan pengaruh signifikan terhadap variabel respon yang diteliti. Hasil ini sesuai dengan teori dan penelitian terdahulu yang menyatakan bahwa pengaruh ketebalan terhadap karakteristik material sangat bergantung pada rentang variasi, kondisi operasional, serta interaksi dengan faktor lain seperti perlakuan panas, proses manufaktur, atau pembebanan mekanik. Dengan demikian, untuk penelitian selanjutnya disarankan memperluas rentang variasi ketebalan, meningkatkan jumlah sampel, serta mempertimbangkan parameter tambahan agar diperoleh pemahaman yang lebih komprehensif mengenai hubungan antara ketebalan aluminium dan karakteristik material yang dikaji.

Simpulan

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan, mendapat kesimpulan bahwa variasi ketebalan pelat aluminium seri 5052 tidak memberikan pengaruh yang signifikan secara statistik terhadap pemerataan proses pembakaran pada reaktor pirolisis limbah plastik LDPE. Meskipun demikian, berdasarkan hasil pengamatan distribusi temperatur dan performa reaktor selama proses pirolisis, pelat aluminium seri 5052 dengan ketebalan tiga milimeter menunjukkan kinerja yang paling baik dalam menghasilkan distribusi panas yang lebih merata, menjaga kestabilan temperatur operasi, serta mendukung proses pirolisis yang lebih optimal. Dengan sifat konduktivitas termal yang tinggi dan ketahanan korosi yang baik, aluminium seri 5052 berpotensi digunakan sebagai material penghantar panas pada reaktor pirolisis untuk meningkatkan efisiensi proses,

meskipun pengaruh variasi ketebalannya belum terbukti signifikan pada kondisi penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Abnisa, F., Wan Daud, W. M. A., & Sahu, J. N. (2023). Pyrolysis of mixed plastic waste: Effect of temperature and reactor material. *Energies*, 16(3), 1224. <https://doi.org/10.3390/en16031224>
- Al Mamun, A., Prasetya, T. A. E., Dewi, I. R., & Ahmad, M. (2023). Microplastics in human food chains: Food becoming a threat to health safety. *Science of the Total Environment*, 858, 159834.
- Al-Salem, S. M., Al-Naimi, M., & Al-Dousari, A. (2022). Influence of reactor wall material and thickness on temperature uniformity during plastic pyrolysis. *Process Safety and Environmental Protection*, 162, 987–998.
- Boggavarapu, P., Ray, B., & Ravikrishna, R. V. (2014). Thermal Efficiency of LPG and PNG-fired burners: Experimental and numerical studies. *Fuel*, 116, 709–715. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.fuel.2013.08.054>
- Butler, E., Devlin, G., & McDonnell, K. (2011). Waste polyolefins to liquid fuels via pyrolysis: review of commercial state-of-the-art and recent laboratory research. *Waste and Biomass Valorization*, 2, 227–255. *Mechanical Engineering*. Springer.
- Cahyono, M. S., Haryono, S., & Mandala, W. W. (2021). Proses Pirolisis Untuk Mengkonversi Limbah Plastik Menjadi Bahan Bakar Minyak Menggunakan Penyaringan Adsorban (Arang dan Zeolit). *Jurnal Offshore: Oil, Production Facilities and Renewable Energy*, 5(2), 74. <https://doi.org/10.30588/jo.v5i2.993>
- Choudhury, B. K., Haloi, R., Bharadwaj, K. K., Rajkhowa, S., & Sarma, J. (2022). Bio-based and biodegradable plastics as alternatives to conventional plastics. *Plastic and Microplastic in the Environment: Management and Health Risks*, 170–186. Committee, A. S. M. I. H. (1990). *ASM Handbook: Fatigue and fracture* (Vol. 19). ASM International.
- D. F. T. Sartika *et al.*, "Thermal properties of low-density polyethylene studied by differential scanning calorimetry," *ACS Omega*, 2021. [Online]. Available: <https://doi.org/10.1021/acsomega.1c04809>
- Darza, S. E. (2020). Dampak pencemaran bahan kimia dari perusahaan kapal indonesia terhadap ekosistem laut. *Jurnal Ilmiah Manajemen, Ekonomi, & Akuntansi (MEA)*, 4(3), 1831–1852.
- Davis, J. R. (1993). *Aluminum and Aluminum Alloys*. ASM International. https://www.asminternational.org/documents/10192/1849770/0528_7G_Chapter_1.pdf
- De Mello Soares, C. T., Ek, M., Östmark, E., Gällstedt, M., & Karlsson, S. (2022). Recycling of multi-material multilayer plastic packaging: Current trends and future scenarios. *Resources, Conservation and Recycling*, 176, 105905.
- Devi, R. S., Kannan, V. R., Natarajan, K., Nivas, D., Kannan, K., Chandru, S., & Antony, A. R. (2016). *The role of microbes in plastic degradation*. Environmental Waste Management. Boca Raton: CRC Press.
- Dewi, I. D., Wijayanti, I. D., & Suwarta, P. (2021). *Smart Innovation in EN*, 573-3 BS. (2009). *Aluminium and aluminium alloys - Chemical composition and form of wrought products - Part 3: Chemical composition*. European Committee for Standardization (CEN). https://metcenter.ru/f/en_573-3.pdf
- Fogarassy, C., Toth, L., Czikkely, M., & Finger, D. C. (2019). Improving the efficiency of pyrolysis and increasing the quality of gas production through optimization of prototype systems. *Resources*, 8(4), 182.
- Fire Safety Research Institute, "Low-Density Polyethylene (LDPE) material database," 2023. [Online] Available: <https://materials.fsri.org/materialdetail/low-density-polyethylene-ldpe>
- Gao, F. (2010). *Pyrolysis of waste plastics into fuels*.
- Halliday, D., Resnick, R., & Walker, J. (2013). *Fundamentals of Physics* (10th (ed.)). Wiley.
- Hamzah, S., & Nurhuda, A. (2020). Analisis karakteristik pirolisis limbah plastik LDPE sebagai bahan bakar alternatif. *Turbo: Jurnal Program Studi Teknik Mesin*, 9(2), 69–74. <https://ojs.umm metro.ac.id/index.php/turbo/article/view/1158>
- Incropera, F. P., DeWitt, D. P., Bergman, T. L., & Lavine, A. S. (2011). *Fundamentals of Heat and Mass Transfer* (7th (ed.)). Wiley.
- Indrayani, N. L., Sadiana, R., Novianto, N. A., & Syahputra, N. (2021). Analisis Pengaruh Temperatur Pirolisis Limbah Plastik High Density Polyethylene (Hdpe) terhadap Laju Reaksi Hasil Bio Oil sebagai Bahan Bakar Alternatif. *Jurnal Ilmiah Teknik Mesin*, 9(2), 101–109. <http://ejournal.unismabekasi.ac.id>
- Irfansyah, M., Sulaiman, T., & Rahmawati, L. (2022). Pengaruh ketebalan pelat aluminium dalam sistem termal pirolisis. *Jurnal Termodinamika*, 19(4), 95–102.
- Irza, A., Berliana, J. D., & Rahmawati, S. H. (2024). *Trend: Trash is handy*. Uwais Inspirasi Indonesia.
- Irawan, C., Jelita, R., & Nata, I. F. (2018). Material selection for pyrolysis reactor: Thermal and corrosion analysis. *Reaktor*, 18(1), 38–44. <https://doi.org/10.14710/reaktor.18.1.38-44>
- Jusnita, J., Denur, D., Hasan, I., Yuhelson, Y., Fauzi, M. R., & Japri, J. (2019). Penyuluhan Pemanfaatan Limbah Plastik Sebagai Bahan Bakar Alternatif Di

- Smk Telkom Pekanbaru. *Jurnal Pengabdian UntukMu NegeRI*, 3(1), 24–28. <https://doi.org/10.37859/jpumri.v3i1.1148>
- J. Li, M. Li, C. Li, and Y. Xu, “Evaluation of tensile properties of 5052 type aluminum–magnesium alloy at warm temperatures,” *Materials Science Forum*, vol. 620–622, pp. 305–310, 2009. doi: 10.4028/www.scientific.net/MSF.620-622.305
- Kasirajan, S., & Ngouajio, M. (2012). Polyethylene and biodegradable mulches for agricultural applications: a review. *Agronomy for Sustainable Development*, 32, 501–529.
- K., Njuguna, J., & Majka, T. M. (2022). *Thermal degradation of polymeric materials*. Elsevier
- Kumar, S., & Singh, R. (2023). Numerical investigation of heat transfer characteristics of aluminium plate as heat spreader. *Proceedings of the International Conference on Mechanical, Energy and Thermal Engineering*, 45–52. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/1201/1/012019>
- Li, H., Aguirre-Villegas, H. A., Allen, R. D., Bai, X., Benson, C. H., Beckham, T., Bradshaw, S. L., Brown, J. L., Brown, R. C., & Cecon, V. S. (2022). Expanding plastics recycling technologies: chemical aspects, technology status and challenges. *Green Chemistry*, 24(23), 8899–9002.
- Mahari, W. A. W., Azwar, E., Foong, S. Y., Ahmed, A., Peng, W., Tabatabaei, M., Aghbashlo, M., Park, Y.-K., Sonne, C., & Lam, S. S. (2021). Valorization of municipal wastes using co-pyrolysis for green energy production, energy security, and environmental sustainability: A review. *Chemical Engineering Journal*, 421, 129749.
- Mallinson, J. H. (2020). *Corrosion-resistant plastic composites in chemical plant design*. CRC Press.
- 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. <https://doi.org/10.32497/jrm.v18i2.4443>
- Muji Sri Prastiwi, Enny Susiyawati, Didik Nurhadi, Budi Purwoko, Agus Wiyono, Moch. Khoirul Anwar, Gigih Siantoro, Wiwik Sri Utami, Rooselyna Ekawati, Harmanto, Warju, Febrita Ardianingsih, Reza Rahmadian, Siti Ina Savira, Muh. Ali Masnun, Anas Ahmadi. (2024). *PEDOMAN TUGAS AKHIR UNIVERSITAS NEGERI SURABAYA*. 1–23.
- Nasrun, N., Kurniawan, E., & Sari, I. (2017). Studi Awal Produksi Bahan Bakar Dari Proses Pirolisis Kantong Plastik Bekas. *Jurnal Teknologi Kimia Unimal*, 5(1), 30. <https://doi.org/10.29103/jtku.v5i1.77>
- Pielichowski, J. (2011). Pirolisis sampah plastik: Pengaruh keseragaman suhu terhadap hasil produk. *Jurnal Teknologi Lingkungan*, 22(3), 289–296. <https://doi.org/10.29122/jtl.v22i3>.
- Rahmat, F. A., & Haryanto, D. (2022). Pengolahan limbah plastik PP dan LDPE menjadi bahan bakar cair melalui catalytic thermal cracking (CTC). *Jurnal Pendidikan dan Teknologi Indonesia*, 2(4), 393–402. <https://jpti.journals.id/index.php/jpti/article/view/235>
- S. K. Kairy, P. D. Hodgson, and R. K. Singh Raman, “Thermal stability of aluminum alloys,” *Metals*, vol. 10, no. 8, p. 1030, 2020. doi: 10.3390/met10081030
- Sabaa, M. W. (2021). *Introduction to Polymeric Materials and Engineering* (2nd ed. (ed.)). Wiley-Interscience. <https://www.wiley.com/en-us/Introduction+to+Polymeric+Materials+and+Engineering%2C+2nd+Edition-p-9781119426767>
- Saputra, A., Iswahyuni, & Herlambang, A. (2024). Sintesis dan Karakterisasi Minyak Pirolisis Dari Sampah Kantong Plastik LDPE Menggunakan Reaktor Batch Sederhana. *Journal of Energy, Materials, & Manufacturing Technology*, 3(01), 1–10. <https://doi.org/10.61844/jemmtec.v3i01.713>
- Soni, V. K., Singh, G., Vijayan, B. K., Chopra, A., Kapur, G. S., & Ramakumar, S. S. V. (2021). Thermochemical recycling of waste plastics by pyrolysis: a review. *Energy & Fuels*, 35(16), 12763–12808.
- Soong, Y.-H. V., Sobkowicz, M. J., & Xie, D. (2022). Recent advances in biological recycling of polyethylene terephthalate (PET) plastic wastes. *Bioengineering*, 9(3), 98.
- Vasile, C., & Pascu, M. (2005). *Practical guide to polyethylene*. iSmithers Rapra Publishing.
- Venderbosch, R. H., & Prins, W. (2010). Fast pyrolysis technology development. *Biofuels, Bioproducts and Biorefining*, 4(2), 178–208.
- Wahyudi, T. C., & Asroni, A. (2023). Analisa Variasi Temperatur terhadap Nilai Kekerasan Aluminium pada Proses Squeeze Casting. *Turbo: Jurnal Program Studi Teknik Mesin*, 11(2), 348–353. <https://ojs.ummetro.ac.id/index.php/turbo/article/view/2338>
- Widodo, G., & Setyadji, M. (2015). Model Perhitungan Distribusi Suhu Sepanjang Pelat Elemen Bakar (PEB) U₃Si₂-Al pada Pengurangan Tebal dan Waktu Pemanasan. *Jurnal Teknologi Bahan Nuklir*, 12(2), 45–56. <https://jurnal.batan.go.id/index.php/jtbn/article/view/824>
- Wibowo, A., Susanto, H., & Prasetyo, B. (2021). Analisis distribusi suhu pada reaktor pirolisis sampah plastik variasi bahan dinding. *Jurnal Teknik Mesin Universitas Negeri Semarang*, 12(2), 112–120. <https://doi.org/10.15294/jtmes.v12i2.42718>

- Ye, Z., Huang, J., Gao, W., Zhang, Y., Cheng, Z., Chen, S., & Yang, J. (2017). Microstructure and mechanical properties of 5052 aluminum alloy/mild steel butt joint achieved by MIG-TIG double-sided arc welding-brazing. *Materials & Design*, 123, 69–79.
- S. K. Kairy, P. D. Hodgson, and R. K. Singh Raman, "Thermal stability of aluminum alloys," *Metals*, vol. 10, no. 8, p. 1030, 2020. doi: 10.3390/met10081030
- X. Zhang, Q. Wang, and Y. Liu, "Modeling the flow behavior of aluminum alloy 5052 under hot compression using constitutive equations," in *Proc. Int. Conf. Materials Science and Engineering (ICMSE)*, 2015, pp. 173–177. doi: 10.2991/icmse-15.2015.32
- Zhang, Y., Liu, H., & Wang, L. (2023). Thermal conductivity of aluminum alloys—A review. *Materials*, 16(3), 1224. <https://doi.org/10.3390/ma16031224>

