

Analisis Pengaruh Temp eratur 150–250°C terhadap Yield Minyak dan Yield Char pada Pirolisis PP

Pandu Adi Pambudi¹, Hisyam Ma'mun², Muhamad Safi'i³

^{1,2,3}Teknik Mesin, Fakultas Teknik dan Informatika, Universitas PGRI Semarang.

Jl. Sidodadi Timur, Jalan Dokter Cipto No.24, Karang Tempel, Semarang Timur, Kota Semarang, Central Java 50232.

Email: ¹panduadipambudi@gmail.com, ²hisyam@upgris.ac.id, ³muhamadsafii@upgris.ac.id

Email Penulis Korespondensi: ¹muhamadsafii@upgris.ac.id

Info Artikel	Abstrak
Kata Kunci: Polypropylene Char Yield Pirolisis Plastik PP Temperatur Oil Yield	Sampah plastik polypropylene (PP) sulit terurai sehingga diperlukan teknologi pengolahan yang dapat mengurangi beban lingkungan sekaligus menghasilkan produk bernilai guna. Penelitian ini menganalisis pengaruh temperatur 150°C, 200°C, dan 250°C terhadap distribusi produk pirolisis PP berupa minyak dan char pada waktu proses 120 menit. Bahan baku berupa karung PP dengan massa awal 550 g diproses menggunakan reaktor pirolisis tanpa penambahan katalis, kemudian massa minyak dan char ditimbang untuk menghitung yield. Hasil pengujian menunjukkan bahwa yield minyak menurun dari 12,00% pada 150°C menjadi 7,27% pada 200°C dan 3,82% pada 250°C, sedangkan yield char meningkat dari 64,55% menjadi 66,73% dan 86,73%. Pada kondisi eksperimen yang diuji, 150°C menghasilkan yield minyak tertinggi dalam rentang temperatur penelitian, sedangkan 250°C menghasilkan yield char tertinggi. Neraca massa menunjukkan adanya fraksi yang tidak tertampung masing-masing 129 g, 143 g, dan 52 g; fraksi tersebut tidak dapat diidentifikasi secara spesifik dari data yang tersedia dan tidak diperlakukan sebagai produk tertentu. Temuan menunjukkan bahwa peningkatan temperatur dalam rentang yang diuji tidak otomatis meningkatkan fraksi cair dan bahwa interpretasi hasil perlu mempertimbangkan distribusi panas serta keterbatasan pengukuran produk gas.
	Abstract
Keywords: Char Yield Pyrolysis Polypropylene Plastic Waste Temperature Oil Yield	This study analyzes the effect of 150°C, 200°C, and 250°C on oil and char distribution during PP plastic pyrolysis at 120 minutes. PP sack waste with an initial mass of 550 g was processed without catalyst addition. Oil and char were collected and weighed, and their yields were calculated relative to the initial feedstock. Oil yield decreased from 12.00% at 150°C to 7.27% at 200°C and 3.82% at 250°C, while char yield increased from 64.55% to 66.73% and 86.73%. Within the tested range, 150°C produced the highest oil yield and 250°C the highest char yield. Mass-balance calculation identified unaccounted fractions of 129 g, 143 g, and 52 g at 150°C, 200°C, and 250°C. These fractions cannot be specifically classified as gas or process loss from the available measurements. The findings indicate that increasing temperature within the tested range did not increase the measured liquid fraction. Interpretation should consider heat transfer, temperature distribution, and limitations in collecting uncondensed products.
	<i>JuKSIT is licensed under a Creative Commons Attribution-Share Alike 4.0 International License</i> 

1. PENDAHULUAN

Peningkatan penggunaan plastik dalam aktivitas rumah tangga dan industri berkontribusi terhadap akumulasi sampah yang sulit terdegradasi. Polypropylene (PP) merupakan salah satu polimer termoplastik yang banyak digunakan sebagai bahan karung, wadah, penutup, dan berbagai produk sehari-hari. Salah satu pendekatan pengolahan adalah pirolisis, yaitu konversi termal bahan dalam kondisi minim oksigen untuk menghasilkan fraksi cair, gas, dan residu padat [1], [2].

Pada pirolisis plastik, temperatur merupakan variabel operasi penting karena menentukan penerimaan panas, pemutusan rantai polimer, pembentukan senyawa volatil, dan peluang uap untuk terkondensasi. Hasil akhir juga dipengaruhi jenis polimer, ukuran bahan, laju pemanasan, waktu tinggal, katalis, serta konfigurasi reaktor [3]–[6].

Penelitian terdahulu pada PP umumnya melaporkan kinerja pirolisis pada temperatur lebih tinggi daripada 150–250°C atau menggunakan parameter tambahan seperti katalis dan campuran plastik. Perbedaan kondisi tersebut membuat hasil pada temperatur rendah tidak dapat langsung disamakan dengan hasil pada temperatur tinggi [7]–[10].

Rentang 150–250°C dipilih karena merupakan kondisi operasi yang digunakan pada sistem reaktor penelitian dan memungkinkan pengamatan perubahan distribusi produk pada tiga tingkat temperatur. Penelitian ini tidak dimaksudkan untuk menetapkan temperatur optimum secara umum, melainkan membandingkan oil yield dan char yield yang terukur pada tiga kondisi tersebut.

Celah penelitian yang ditangani adalah kebutuhan untuk mendokumentasikan distribusi massa produk terukur pada pirolisis karung PP tanpa katalis pada rentang 150–250°C menggunakan konfigurasi reaktor yang digunakan. Kontribusi penelitian berupa dokumentasi empiris hubungan temperatur dengan oil yield dan char yield, disertai pemeriksaan neraca massa serta karakterisasi tambahan produk cair. Kebaruan tidak diklaim sebagai metode baru, tetapi sebagai dokumentasi eksperimental pada kombinasi bahan, alat, dan rentang temperatur yang diuji.

Tujuan penelitian adalah menganalisis perubahan oil yield dan char yield pada 150°C, 200°C, dan 250°C; menentukan temperatur yang menghasilkan oil yield tertinggi dalam rentang yang diuji; serta mendeskripsikan karakteristik produk cair. Istilah temperatur optimum dihindari karena tiga titik temperatur belum cukup untuk melakukan optimasi rentang operasi yang lebih luas.

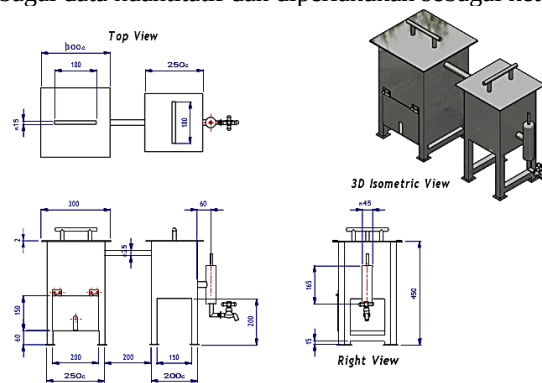
2. METODOLOGI PENELITIAN

2.1. Desain dan Kondisi Eksperimen

Penelitian menggunakan eksperimen kuantitatif dengan temperatur sebagai variabel bebas dan oil yield serta char yield sebagai parameter utama. Massa bahan baku pada setiap pengujian adalah 550 g dan waktu proses 120 menit. Temperatur yang diuji 150°C, 200°C, dan 250°C tanpa katalis. Tekanan maksimum yang tercatat adalah 0,4 bar.

Sistem terdiri atas reaktor, pipa pengalir uap, kondensor, wadah pendingin, dan saluran minyak. Reaktor dan kondensor menggunakan Mild Steel ASTM A36. Pipa penyalur uap berdiameter 1 inci dengan ketebalan 2 mm, reservoir 1½ inci dengan ketebalan 4 mm, dan jalur uap sekitar 25 mm.

Tidak terdapat laporan penggunaan gas inert. Karena itu atmosfer diposisikan sebagai kondisi minim oksigen akibat konfigurasi tertutup, bukan atmosfer inert yang terukur. Laju pemanasan, temperatur internal bahan, dan laju aliran media pendingin tidak tersedia sebagai data kuantitatif dan diperlakukan sebagai keterbatasan.



Gambar 1. Desain Mesin Pirolisis

2.2. Bahan Baku dan Prosedur

Bahan berupa karung PP dipilah, dibersihkan, ditimbang 550 g, lalu dimasukkan ke reaktor. Informasi kuantitatif tentang ukuran potongan, kadar air, dan kontaminan tidak tersedia sehingga tidak digunakan sebagai dasar klaim.

- Bahan dimasukkan ke reaktor dan sistem ditutup.
- Reaktor dipanaskan pada 150°C, 200°C, atau 250°C selama 120 menit.
- Uap dialirkan ke kondensor dan cairan yang terkondensasi ditampung sebagai minyak.
- Residu padat dalam reaktor dikumpulkan sebagai char.
- Massa minyak dan char ditimbang; volume minyak juga dicatat.
- Karakterisasi produk cair dilakukan dengan densitas, viskositas, dan nilai kalor.

Karakterisasi densitas dilaporkan dilakukan tiga kali. Namun, eksperimen utama pirolisis pada tiap temperatur tidak didokumentasikan sebagai pengulangan, sehingga hasil Tabel 1 diperlakukan sebagai hasil pengujian tunggal dan tidak disajikan sebagai mean $\pm$ standar deviasi.



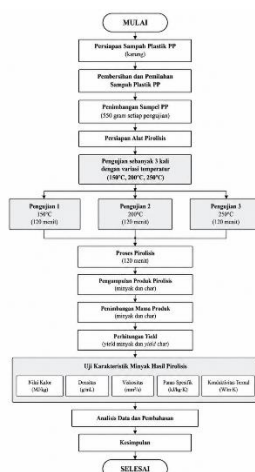
Gambar 2. Persiapan Material Mesin Pirolisis dan Karung PP.

2.3. Pengukuran dan Analisis Data

Temperatur permukaan reaktor diamati menggunakan kamera termal. Tiga pengamatan menunjukkan 119,9°C, 204,2°C, dan 300,9°C. Angka tersebut merupakan temperatur permukaan pada titik pengukuran, bukan temperatur internal bahan dan tidak diperlakukan sebagai set point.

Oil yield = $(m_{oil} / m_{feed}) \times 100\%$. Char yield = $(m_{char} / m_{feed}) \times 100\%$. Neraca massa sederhana dihitung dari massa awal dikurangi massa minyak dan char. Selisih tidak langsung diasumsikan sebagai gas karena massa atau komposisi gas tidak diukur. Tidak dilakukan statistik inferensial karena tidak tersedia replikasi eksperimen utama.

2.4. Prosedur Penelitian

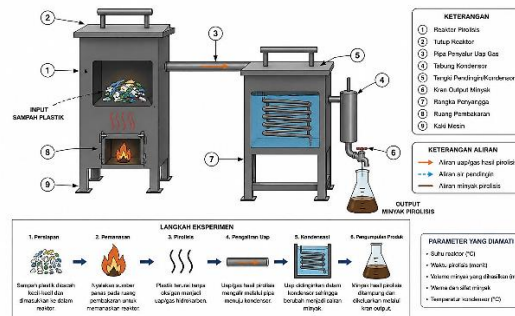


Gambar 3. Prosedur Penelitian

2.5. Skema Eksperimen

Skema eksperimen alat pirolisis pada Gambar 3 menunjukkan tahapan pengolahan sampah plastik menjadi minyak pirolisis melalui proses pemanasan dalam kondisi minim atau tanpa oksigen. Alat terdiri atas beberapa komponen utama, yaitu reaktor pirolisis, pipa pengalir uap, *condenser*, wadah pendingin, dan saluran keluaran minyak. Sampah plastik PP material yang telah diperkecil ukurannya kemudian dimasukkan ke dalam reaktor, kemudian dipanaskan melalui ruang pembakaran di bawah reaktor hingga terjadi proses penguraian rantai polimer yang menghasilkan uap *hydrocarbon*. Uap tersebut mengalir melalui pipa menuju kondensor, kemudian didinginkan menggunakan air pendingin yang mengelilingi pipa spiral hingga mengalami kondensasi dan berubah menjadi cairan berupa minyak pirolisis. Minyak yang terbentuk selanjutnya dialirkan ke wadah penampungan dan dikeluarkan melalui kran output. Selama eksperimen, parameter yang diamati mencakup suhu yang terdapat di dalam reaktor, *time process* pirolisis, temperatur kondensor, volume minyak yang dihasilkan, serta karakteristik fisik minyak seperti warna dan bentuk. Pengamatan tersebut dilakukan untuk mengetahui pengaruh kondisi operasi terhadap jumlah dan karakteristik produk yang dihasilkan, sekaligus mengevaluasi efektivitas proses pirolisis dalam mengolah sampah plastik PP menjadi produk minyak. Hasil pengujian berupa massa minyak dan massa *char* pada setiap variasi temperatur kemudian ditimbang dan dicatat sebagai data penelitian. Data

tersebut kemudian dianalisis menggunakan persamaan *yield* minyak dan *yield char* untuk mengetahui dampak variasi temperatur terhadap distribusi produk pirolisis plastik PP.

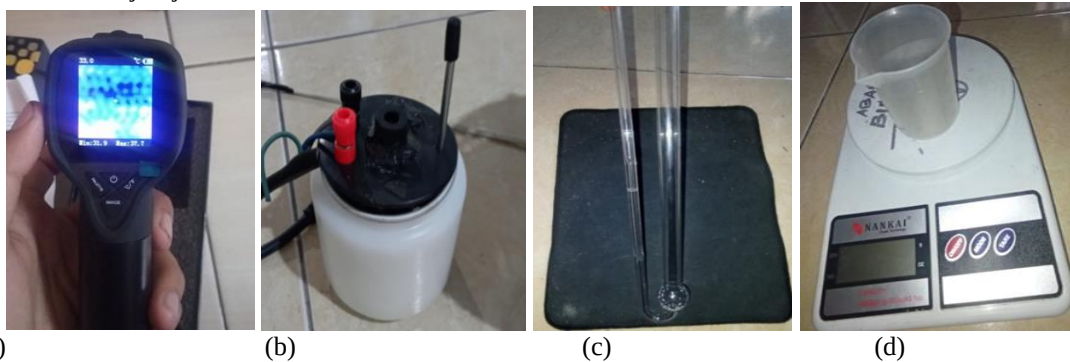


Gambar 3. Skema Eksperimen Mesin Pirolisis.

2.6. Metode Pengambilan Data

Pengambilan data dilakukan melalui pengujian langsung menggunakan sampah plastik jenis *Polypropylene (PP)* berupa karung sebagai bahan baku pirolisis. Karung PP terlebih dahulu dipilah dan dibersihkan, kemudian ditimbang untuk memperoleh massa awal bahan baku sebesar 550 gram. Bahan baku selanjutnya dimasukkan ke dalam reaktor dan diproses dengan variasi temperatur 150°C, 200°C, dan 250°C selama 120 menit pada setiap pengujian. Selama proses berlangsung, temperatur reaktor dan kondisi proses diamati dan dicatat. Setelah proses selesai, minyak pirolisis yang terkondensasi dikumpulkan dan ditimbang untuk memperoleh massa minyak, sedangkan residu padat yang tertinggal di dalam reaktor dikumpulkan dan ditimbang sebagai massa *char*. Data massa awal bahan baku, massa minyak, dan massa *char* pada setiap variasi temperatur kemudian dicatat dan digunakan untuk menghitung nilai *yield* minyak dan *yield char* sebagai dasar analisis pengaruh temperatur terhadap distribusi produk pirolisis PP.

Karakteristik *liquid fuel* diuji berdasarkan nilai kalor, *viscosity*, dan densitas. *Calorific value* diukur menggunakan *Calorimeter Joule*, *viscosity* menggunakan *Viskometer Ostwald*, dan densitas ditentukan menggunakan gelas ukur dan timbangan digital berdasarkan perbandingan massa dan volume. Setiap pengujian dilakukan sebanyak tiga kali, kemudian dirata-ratakan. Alat uji dijelaskan oleh Gambar 4.



Gambar 4. Thermal Kamera(a), Bom Kalori(b), Gelas Ukur(c), dan Viskometer Ostwald(d).

2.7. Reduksi Data

Hasil pengujian kemudian direduksi menjadi parameter penelitian berupa *yield* minyak dan *yield char*, yang masing-masing dihitung berdasarkan perbandingan massa produk yang dihasilkan dengan massa awal sampah plastik PP sebagai bahan baku.

a. Yield Minyak

Persentase massa minyak pirolisis yang dihasilkan dibandingkan dengan massa awal sampah plastik PP dinyatakan sebagai *yield* minyak, yang digunakan untuk mengevaluasi efektivitas proses dalam menghasilkan produk cair.

$$Y_{minyak} = \frac{m_{minyak}}{m_{bahan\ baku}} \times 100\% \quad (1)$$

b. Yield Char

Yield Char menunjukkan persentase massa residu padat (*char*) yang tersisa setelah proses pirolisis terhadap massa awal sampah plastik PP. Nilai *yield char* digunakan untuk mengetahui jumlah residu yang tidak terkonversi menjadi produk cair maupun gas.

$$Y_{char} = \frac{m_{char}}{m_{bahan\ baku}} \times 100\% \quad (2)$$

Selanjutnya data hasil penelitian dianalisis secara kuantitatif berdasarkan parameter kalor, *viscosity*, dan nilai densitas *liquid fuel* hasil pirolisis. Selanjutnya dilakukan perhitungan dari setiap parameter untuk membandingkan karakteristik *liquid fuel* yang dihasilkan dari plastik PP.

c. Nilai Kalor

Nilai kalor yang diperoleh digunakan sebagai dasar untuk membandingkan kandungan energi bahan bakar cair hasil pirolisis plastik LDPE dan PP.

$$NC = \frac{C \text{ sistem}(T_2 - T_1)}{m \text{ fuel}} \quad (3)$$

d. Nilai Viskositas

Nilai *viscosity* bahan bakar cair ditentukan melalui pengujian menggunakan Viskometer Ostwald. Pengukuran dilakukan berdasarkan waktu yang diperlukan sampel untuk mengalir melewati pipa ostwall yang telah dikalibrasi di bawah pengaruh gaya gravitasi. Apabila menggunakan viskometer digital, nilai viskositas ditampilkan langsung oleh alat sehingga tidak memerlukan perhitungan manual. Persamaan viskositas kinematik dinyatakan sebagai berikut:

$$\nu = C \times t \quad (4)$$

e. Nilai Densitas

Density value ialah perbandingan antara massa dan volume liquid oil yang dihasilkan.

$$\rho = \frac{m}{V} \quad (5)$$

f. Panas Spesifik

Panas spesifik adalah sebuah parameter untuk mengetahui kemampuan suatu bahan untuk menyerap energi panas. Pengujian panas spesifik pada bahan bakar cair hasil pirolisis dilakukan untuk mengetahui karakteristik termal dari masing-masing jenis plastik yang digunakan.

$$Cp = \frac{Q}{m\Delta T} \quad (6)$$

g. Konduktivitas Thermal

Konduktivitas *thermal* dilakukan untuk mengolah hasil pengukuran temperatur dan parameter pengujian menjadi nilai konduktivitas *thermal* setiap sampel.

$$k = \frac{Q \text{ fuel } L}{A\Delta T t} \quad (7)$$

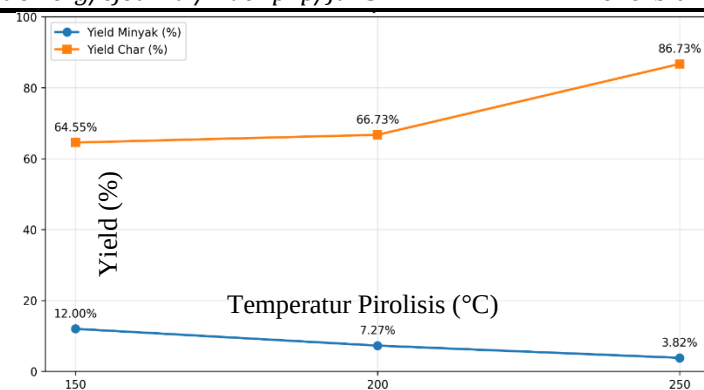
3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Hasil Pengujian Pirolisis

Riset ini bertujuan menganalisis kausalitas variasi temperatur terhadap *yield* minyak dan *yield char* dari pirolisis sampah plastik Polypropylene (PP), dengan massa awal 550 gram pada setiap pengujian, waktu pemanasan 120 menit, dan tekanan maksimum 0,4 bar; temperatur meliputi 150°C, 200°C, dan 250°C, sedangkan hasil pengujian berupa volume minyak, massa minyak, serta massa *char* disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil Pengujian Pirolisis Sampah Plastik PP

Temperatur	Massa Awal	Volume Minyak	Massa Minyak	Oil Yield	Massa Char	Char Yield	Tidak Tertampung
150°C	550 g	68 mL	66 g	12,00%	355 g	64,55%	129 g
200°C	550 g	40 mL	40 g	7,27%	367 g	66,73%	143 g
250°C	550 g	15 mL	21 g	3,82%	477 g	86,73%	52 g



Gambar 5. Grafik Hasil dari Pengujian Pirolisis Sampah Plastik PP.

Berdasarkan Tabel 8, Oil yield turun dari 12,00% pada 150°C menjadi 7,27% pada 200°C dan 3,82% pada 250°C. Char yield meningkat dari 64,55% menjadi 66,73% dan 86,73%. Dengan demikian, 150°C menghasilkan oil yield tertinggi dalam rentang yang diuji dan 250°C menghasilkan char yield tertinggi.

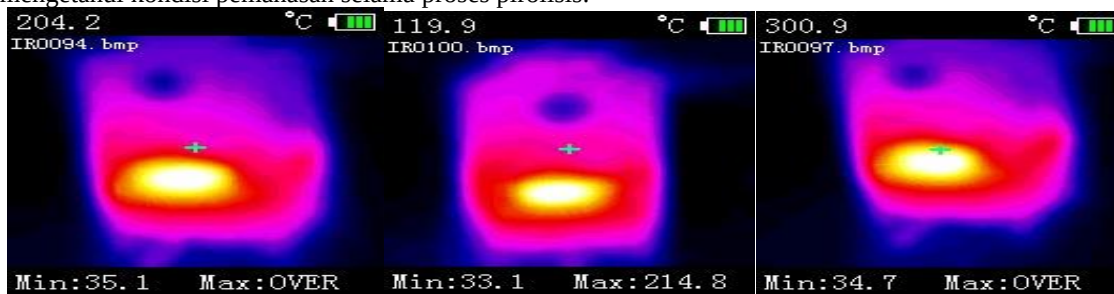
Pola ini perlu dibaca dengan mempertimbangkan bahwa temperatur nominal 150–250°C tidak identik dengan temperatur aktual seluruh bahan. Kamera termal menunjukkan temperatur permukaan hingga 300,9°C dan distribusi panas tidak seragam. Pada rentang pengujian, penurunan fraksi minyak dapat konsisten dengan belum optimalnya dekomposisi termal PP, perbedaan temperatur permukaan dan bahan, serta keterbatasan kondensasi. Literatur melaporkan bahwa dekomposisi PP umumnya memerlukan kondisi termal yang lebih intens [7], [8]. Karena temperatur internal bahan dan produk gas tidak diukur, penyebab tersebut tidak diperlakukan sebagai bukti kausal tunggal.

Neraca massa menghasilkan selisih 129 g, 143 g, dan 52 g. Selisih dapat mencakup gas yang tidak terkondensasi, uap yang tidak tertampung, dan kehilangan massa selama proses. Karena tidak ada pengukuran gas, fraksi tersebut tidak diklasifikasikan secara spesifik.

3.2. Hasil Pengujian Karakteristik

a. Karakteristik *Thermal*

Pengamatan temperatur (Gambar 5) permukaan reaktor menggunakan kamera termal dilakukan untuk mengetahui distribusi panas selama proses pirolisis plastik PP. Peningkatan temperatur menunjukkan adanya perpindahan panas dari sumber pemanas menuju dinding reaktor dan bahan baku. Hasil pengamatan digunakan sebagai informasi pendukung untuk mengetahui kondisi pemanasan selama proses pirolisis.



Gambar 6. Hasil dari Pengambilan Data Karakteristik Thermal Menggunakan Kamera Thermal

Hasil pengamatan kamera *thermal* menunjukkan adanya peningkatan temperatur permukaan reaktor selama proses pirolisis sampah plastik PP. Berdasarkan hasil pengamatan karakteristik *thermal*, terjadi peningkatan temperatur permukaan reaktor dari 119,9°C pada pengamatan pertama, 204,2°C pada pengamatan kedua, hingga 300,9°C pada pengamatan ketiga. Peningkatan temperatur menunjukkan bahwa panas yang diterima reaktor semakin besar selama proses pemanasan. Pada gambar *thermal*, warna kuning hingga putih menunjukkan daerah dengan temperatur paling tinggi, sedangkan warna merah, ungu, dan biru menunjukkan temperatur yang semakin rendah. Konsentrasi warna kuning pada bagian tengah hingga bawah reaktor menunjukkan bahwa panas lebih banyak terkumpul pada daerah tersebut, sementara bagian yang berwarna biru dan ungu memiliki temperatur relatif lebih rendah. Perbedaan warna tersebut menunjukkan bahwa distribusi panas pada reaktor belum sepenuhnya merata. Semakin tinggi temperatur pemanasan, semakin luas area dengan temperatur tinggi, sehingga energi panas yang diterima plastik PP semakin besar dan dapat mendorong proses dekomposisi termal selama pirolisis (Tabel 2).

Tabel 2. Pengamatan Kamera <i>Thermal</i>			
Pengamatan	Titik (°C)	Minimum (°C)	Maksimum (°C)
1	119,9	33,1	214,8
2	204,2	35,1	>300
3	300,9	34,7	>300

Temperatur permukaan meningkat dari 119,9°C menjadi 204,2°C dan 300,9°C. Distribusi panas pada citra termal menunjukkan area panas yang tidak sepenuhnya seragam. Karena itu, penelitian lanjutan perlu mengukur temperatur internal bahan atau temperatur gas reaktor agar hubungan temperatur dengan yield dapat ditentukan lebih kuat.

b. Karakteristik Produk Cair

Karakterisasi produk cair merupakan analisis pendukung. Sampel yang diuji dilaporkan memiliki densitas 0,73 g/mL, viskositas 0,91 mm²/s, nilai kalor 40,50 MJ/kg, panas spesifik 9,215 kJ/kg·K, dan konduktivitas termal 0,287 W/m·K. Kondisi temperatur sumber sampel karakterisasi tidak dinyatakan secara eksplisit, sehingga nilai tersebut tidak digunakan untuk membandingkan tiga temperatur secara terpisah.



Gambar 7. Bahan Bakar Pirolisis PP

c. Nilai Densitas Hasil Pirolisis PP

Berdasarkan Tabel 3, densitas minyak hasil pirolisis sampah plastik PP pada tiga kali percobaan diperoleh sebesar 0,73 g/mL dengan volume 60 mL dan massa 43 g pada setiap pengujian. Nilai yang sama pada ketiga percobaan menunjukkan bahwa hasil pengukuran densitas relatif konsisten. Nilai densitas tersebut lebih rendah dibandingkan penelitian terdahulu yang memperoleh densitas 0,7941–0,8083 g/mL dan 0,85 g/mL. Perbedaan tersebut menunjukkan adanya perbedaan karakteristik minyak yang dihasilkan, yang dapat berkaitan dengan komposisi *hydrocarbon* hasil proses pirolisis. Dengan demikian, minyak hasil pirolisis PP pada penelitian ini memiliki densitas rata-rata sebesar 0,73 g/mL.

Tabel 3. Nilai Densitas Sampah Plastik PP			
Percobaan	Volume	Massa	Densitas
PP 1	60 mL	43 g	0,73 g/mL
PP 2	60 mL	43 g	0,73 g/mL
PP 3	60 mL	43 g	0,73 g/mL
Rata-rata	60 mL	43 g	0,73 g/mL

d. Nilai Viskositas Hasil Pirolisis PP

Mengacu pada Tabel 3, minyak hasil pirolisis plastik PP memiliki viskositas sebesar 0,91 mm²/s, yang menunjukkan rendahnya hambatan aliran sehingga bahan bakar cair tersebut relatif mudah mengalir; karakteristik ini dipengaruhi oleh komposisi serta struktur hidrokarbon yang terbentuk selama pirolisis, sehingga minyak PP memiliki sifat aliran yang cukup baik.

e. Nilai Kalor Hasil Pirolisis PP

Bahan bakar cair plastic pyrolysis PP memiliki calorific value sebesar 40,50 MJ/kg, yang mengindikasikan kandungan energi relatif tinggi dan menunjukkan potensinya untuk dimanfaatkan sebagai bahan bakar alternatif, mengingat semakin besar nilai kalor maka semakin banyak energi yang dihasilkan melalui proses pembakaran.

f. Nilai Panas Spesifik PP

Pengujian panas spesifik dilakukan untuk mengetahui karakteristik thermal bahan bakar cair hasil pirolisis LDPE dan PP dalam menyerap panas. Hasil pengujian (Tabel 4) digunakan untuk membandingkan panas spesifik kedua jenis bahan bakar pada kondisi pengujian yang sama.

Tabel 4. Nilai Panas Spesifik

Jenis Fuel	Massa (kg)	T ₁ (°C)	T ₂ (°C)	ΔT (K)	Q listrik (J)	C _{ef} (J/K)	Q fuel (J)	C _p (kJ/kg·K)
PP	0,018	29,6	65,1	35,5	23.760	3503,3	5.891,78	9,125

Berdasarkan hasil pengujian pada Tabel 4, liquid fuel hasil pirolisis sampah plastik PP memiliki panas spesifik sebesar 9,215 kJ/g·K. Nilai tersebut menunjukkan bahwa bahan bakar cair hasil pirolisis PP memerlukan sejumlah energi panas untuk meningkatkan temperatur pada massa tertentu. Besarnya panas spesifik dapat berkaitan dengan karakteristik dan komposisi hidrokarbon yang terbentuk selama proses pirolisis.

g. Nilai Konduktivitas *Thermal*

Tabel 5. Nilai Konduktivitas *Thermal*

Jenis fuel	Massa (kg)	T ₁ (°C)	T ₂ (°C)	ΔT (K)	Q fuel (J)	L (m)	A (m ²)	k (W/m·K)
PP	0,018	29,6	65,1	35,5	5.891,78	0,04	0,003	0,287

Berdasarkan hasil perhitungan pada Tabel 5, Konduktivitas dekomposisi bahan bakar cair melalui proses pirolisis waste plastic PP tercatat sebesar 0,287 W/m·K. Nilai tersebut menunjukkan kemampuan bahan bakar cair PP dalam menghantarkan panas selama proses pemanasan. Konduktivitas termal dipengaruhi oleh karakteristik dan komposisi senyawa hidrokarbon yang terbentuk selama proses pirolisis. Nilai konduktivitas termal tersebut menunjukkan bahan bakar cair dari hasil pirolisis PP menunjukkan kemampuan yang cukup baik dalam mentransmisikan panas pada kondisi pengujian yang dilakukan.

h. Keterbatasan dan Implikasi

Keterbatasan utama meliputi tidak terdokumentasinya replikasi eksperimen utama, tidak tersedianya laju pemanasan dan laju aliran pendingin secara kuantitatif, tidak adanya pengukuran temperatur internal bahan, serta tidak adanya pengukuran massa dan komposisi gas. Oleh karena itu, hasil menggambarkan perilaku sistem pada kondisi alat yang diuji dan tidak digunakan untuk menetapkan temperatur optimum secara umum.

Penelitian lanjutan disarankan menggunakan replikasi pada setiap temperatur, pengukuran temperatur internal, neraca massa lengkap, pengukuran produk gas, serta rentang temperatur lebih luas. Hal tersebut akan memperkuat pemisahan pengaruh temperatur dari pengaruh sistem reaktor

4. KESIMPULAN

Variasi temperatur 150°C, 200°C, dan 250°C memengaruhi distribusi produk terukur pada pirolisis karung PP dengan massa awal 550 g dan waktu proses 120 menit. Oil yield berturut-turut 12,00%, 7,27%, dan 3,82%, sedangkan char yield 64,55%, 66,73%, dan 86,73%. Dengan demikian, 150°C menghasilkan oil yield tertinggi dalam rentang temperatur yang diuji dan 250°C menghasilkan char yield tertinggi. Hasil ini tidak menetapkan temperatur optimum secara umum karena penelitian hanya mencakup tiga titik temperatur. Selisih neraca massa sebesar 129 g, 143 g, dan 52 g tidak diklasifikasikan sebagai gas karena produk gas tidak diukur. Karakterisasi produk cair menghasilkan densitas 0,73 g/mL, viskositas 0,91 mm²/s, dan nilai kalor 40,50 MJ/kg. Keterbatasan penelitian berupa tidak adanya replikasi eksperimen utama yang terdokumentasi, pengukuran temperatur internal, laju pemanasan, laju pendinginan, dan komposisi gas perlu menjadi fokus penelitian berikutnya.

PERNYATAAN PENGGUNAAN KECERDASAN BUATAN (ARTIFICIAL INTELLIGENCE)

Dalam penyempurnaan naskah ini, penulis menggunakan kecerdasan artifisial generatif sebagai bantuan penyuntingan bahasa, penataan struktur, dan perbaikan kejelasan uraian berdasarkan naskah serta komentar reviewer. AI tidak digunakan untuk menghasilkan data eksperimen, memanipulasi hasil pengukuran, menetapkan hasil penelitian, atau membuat kesimpulan yang tidak didukung data. Seluruh angka, tabel, interpretasi, dan isi akhir naskah menjadi tanggung jawab penulis.

REFERENSI

- [1] R. Imam Wibowo and R. Mulyawan, "PENERAPAN TEKNOLOGI PIROLISA UNTUK PENGOLAHAN LIMBAH PLASTIK POLYPROPYLENE MENJADI BAHAN BAKAR BENSIN," *Chemical Engineering Journal Storage*, vol. 5, no. 5, pp. 995–1004, 2025, doi: 10.29103/cejs.v5i5.19944.
- [2] K. Rofiq, E. Marlina, and N. Robbi, "PRODUKSI BAHAN BAKAR HASIL PROSES PIROLISIS SAMPAH PLASTIK PP MENGGUNAKAN VARIASI PENDINGINAN."
- [3] A. Rendi, H. Ansyah, H. Ma'mun, and M. Safi, "Penerbit : Utiliti Project Solution Rancang Bangun Mesin Konversi Sampah Plastik Menjadi Minyak Mentah Melalui Proses Pirolisis Dengan Variasi Material Plastik PP Dan LDPE," *Jurnal Kolaborasi Sains dan Ilmu Terapan*, vol. 5, 2026, [Online]. Available: <https://utilityprojectsolution.org/ejournal/index.php/JuKSIT>
- [4] "Teknologi Pirolisis untuk Konversi Sampah Plastik menjadi Bahan Bakar Minyak : Kajian Literaturadmin,+Edit-4443-116809-1-ED,"
- [5] F. Faiz, D. Hidayat, and I. H. Siregar, "UJI KARAKTERISTIK MINYAK PIROLISIS BERBAHAN BAKU LIMBAH PLASTIK POLYPROPYLENE."
- [6] A. Islami, S. Sutrisno, and H. Heriyanti, "Pirolisis sampah plastik jenis polipropilena (PP) menjadi bahan bakar cair-premium-like," *JC-T (Journal Cis-Trans): Jurnal Kimia dan Terapannya*, vol. 3, no. 2, pp. 1–6, Dec. 2019, doi: 10.17977/um0260v3i22019p001.
- [7] D. G. H. Adoe, D. Yola Satria, and A. Sanusi, "Karakterisasi Minyak Hasil Pirolisis Berbahan Dasar Limbah Plastik Jenis Polypropylene (PP)," vol. 10, no. 02, pp. 15–22, 2023, [Online]. Available: <http://ejurnal.undana.ac.id/index.php/LJTMU>
- [8] M. Hasby Ashsidiq, D. G. H. Adoe, D. B. N. Riwu, and D. A. T. Sina, "Analisis Bahan Bakar Minyak Hasil Pirolisis Sampah Plastik Jenis PP (Polypropylene) Terhadap Karakteristik Minyak Yang Dihasilkan", [Online]. Available: <http://ejurnal.undana.ac.id/index.php/LJTMU>
- [9] "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 SAMPAH AN-ORGANIK17577-50940-1-SM".
- [10] I. Fahrurazy, "REKAYASA MESIN KONVERSI SAMPAH PLASTIK MENJADI MINYAK MENTAH DENGAN VARIASI SAMPAH PLASTIK JENIS POLYPROPILENA (PP) DAN POLY ETHYLENE THEREPHTHALATE (PET)," 2356, [Online]. Available: <https://ejurnalunsam.id/index.php/jurutera>
- [11] R. Gunawan, S. Daud, E. Yenie, M. T. Lingkungan,) Dosen, and T. Lingkungan, "Pengaruh Suhu dan Variasi Rasio Plastik Jenis Polypropylene dan Plastik Polytyrene terhadap Yield dengan proses Pirolisis," 2017.
- [12] F. Faiz, D. Hidayat, and I. H. Siregar, "UJI KARAKTERISTIK MINYAK PIROLISIS BERBAHAN BAKU LIMBAH PLASTIK POLYPROPYLENE."
- [13] "Karakterisasi Bahan Bakar Dari Sampah Plastik Jenis High Density Polyethelene (HDPE) Dan Low Density Polyethelene (LDPE)".
- [14] W. Arini and E. Lovisia, "PENGEMBANGAN ALAT PIROLISIS SAMPAH PLASTIK SEBAGAI MEDIA BELAJAR BERBASIS LINGKUNGAN PADA MATERI SUHU DAN KALOR DI SMP KABUPATEN MUSI RAWAS," *Jurnal Perspektif Pendidikan*, vol. 14, no. 1, pp. 22–35, Jun. 2020, doi: 10.31540/jpp.v14i1.909.
- [15] R. Purwo Wijayanto, F. Rubian Alhikam, and I. Hendrawan, "ANALISIS MODIFIKASI DESAIN REAKTOR PADA RANCANG BANGUN ALAT PIROLISIS DAN PENGUJIAN NILAI KALOR UNTUK PLASTIK PP DAN ABS," pp. 247–256, 2024, doi: 10.21776/jrm.v15i3.1493.
- [16] S. Naimah *et al.*, "DEKOMPOSISI LIMBAH PLASTIK POLYPROPYLENE DENGAN METODE PIROLISIS," *Jurnal Sains Materi Indonesia Indonesian Journal of Materials Science*, vol. 13, no. 3, pp. 226–229, 2012.
- [17] J. Wahyudi, H. T. Prayitno, A. Dwi, A. B. Perencanaan, P. Daerah, and K. Pati, "THE UTILIZATION OF PLASTIC WASTE AS RAW MATERIAL FOR PRODUCING ALTERNATIVE FUEL," 2018.
- [18] K. Udyani *et al.*, "PENGARUH TEMPERATUR PIROLISIS TERHADAP YIELD DAN NILAI KALOR BAHAN BAKAR CAIR DARI BAHAN LIMBAH KANTONG PLASTIK."
- [19] D. G. H. Adoe, W. Bunganaen, I. F. Krisnawi, and F. A. Soekwanto, "Pirolisis Sampah Plastik PP (Polyprophylene) menjadi Minyak Pirolisis sebagai Bahan Bakar Primer," 2016, [Online]. Available: <http://ejournal-fst-unc.com/index.php/LJTMU>
- [20] A. Setyo *et al.*, "PEMANFAATAN LIMBAH PLASTIK SEBAGAI ENERGY ALTERNATIF," *Jurnal SIMETRIS*, vol. 9, no. 1, 2018.
- [21] "Teknologi Pirolisis untuk Konversi Sampah Plastik menjadi Bahan Bakar Minyak : Kajian Literatur".

- [22] J. Artikel, "JURNAL KAJIAN TEKNIK MESIN Vol 6 No1," 2021. [Online]. Available: <http://journal.uta45jakarta.ac.id/index.php/jktm/index>
- [23] A. Islami, S. Sutrisno, and H. Heriyanti, "Pirolisis sampah plastik jenis polipropilena (PP) menjadi bahan bakar cair-premium-like," *JC-T (Journal Cis-Trans): Jurnal Kimia dan Terapannya*, vol. 3, no. 2, pp. 1–6, Dec. 2019, doi: 10.17977/um0260v3i22019p001.
- [24] W. Yulianto, F. Rhohman, and N. Suwito, "Perbandingan Bahan Bakar Premium Dengan Produk Cair Hasil Pyrolysis Plastik PET dan PP," *Jurnal Mesin Nusantara*, vol. 1, no. 2, pp. 114–121, 2018, doi: 10.29407/jmn.v1i2.
- [25] D. Suci Auliyah, D. Aulia Rahmani, M. Iqbal Ramadhan, A. Dyah Setyowati, and A. Irawan, "Strategi Inovatif Dalam Meningkatkan Kinerja Pemanfaatan Limbah Plastik Sebagai Bahan Bakar Melalui Metode Pirolisis," *Jurnal Ilmiah Multidisiplin*, vol. 3, no. 2, 2024.
- [26] N. Putri Guswira, M. Ihsan Hamdy, M. Hartati, F. Sains Dan Teknologi, P. Studi Teknik Industri, and U. Sultan Syarif Kasim Riau, "Perancangan Alat Destilasi Untuk Mengubah Sampah Plastik Menjadi Bahan Bakar Minyak Prospektif Melalui Proses Pirolisis Bertingkat," *Jurnal Rekayasa Industri (JRI)*, vol. 6, no. 1, 2024.
- [27] "Produksi+Bahan+Bakar+Cair+Dari+Limbah+Plastik+Polypropylene+(PP) (1)".