

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Krisis sampah plastik telah menjadi tantangan lingkungan global yang mendesak, termasuk di Indonesia, data Sistem Informasi Pengelolaan Sampah Nasional (SIPSN) menunjukkan bahwa timbunan sampah plastik di Indonesia terus meningkat setiap tahunnya, jauh melampaui kapasitas sistem daur ulang yang ada (Rezi & Rahayu, 2025). Sifat plastik yang *non-biodegradable* menyebabkan akumulasi di Tempat Pembuangan Akhir (TPA), mencemari tanah dan perairan, serta berkontribusi pada masalah mikroplastik yang mengancam ekosistem dan kesehatan manusia kondisi ini menuntut dikembangkannya metode pengelolaan yang tidak hanya mengurangi volume sampah, tetapi juga menciptakan nilai ekonomi dari limbah tersebut (Rahman et al., 2021). Dari sekian banyak jenis sampah plastik, *polypropylene* (PP) menempati porsi yang signifikan, plastik PP banyak digunakan dalam kehidupan sehari-hari sebagai kemasan makanan, botol, tutup botol, wadah, dan peralatan rumah tangga kelimpahan sampah PP ini, jika tidak dikelola dengan baik, akan memperparah beban lingkungan, namun di balik tantangan tersebut tersimpan potensi besar sifat kimiawi PP yang merupakan polimer hidrokarbon menjadikannya kandidat yang ideal untuk dikonversi menjadi senyawa bernilai lebih tinggi, khususnya melalui proses termokimia yang dapat memutus rantai polimer panjangnya menjadi bahan bakar cair (Hidayat & Kusmiyati, 2025).

Pirolisis muncul sebagai teknologi pengolahan sampah plastik yang sangat prospektif, secara teknis pirolisis adalah proses dekomposisi termal yang terjadi pada suhu tinggi (biasanya 300-800°C) dalam lingkungan tanpa oksigen, proses ini mampu mengubah sampah plastik padat menjadi tiga produk utama yaitu bahan bakar cair (minyak pirolisis), gas yang dapat dibakar (*syngas*), dan residu padat (*char*) (Selpiana et al., 2021). Keunggulan utama pirolisis adalah kemampuannya mereduksi volume sampah secara drastis sekaligus menghasilkan produk energi yang dapat dimanfaatkan, sehingga menawarkan solusi yang berkelanjutan dan

berbasis ekonomi sirkular dari berbagai parameter operasi pirolisis, suhu merupakan faktor yang paling kritis dan berpengaruh dominan terhadap hasil proses, suhu pirolisis secara langsung mengendalikan mekanisme dan tingkat pemutusan rantai polimer (*cracking*) (Sa'diyah et al., 2021). Suhu yang terlalu rendah dapat mengakibatkan *cracking* tidak sempurna dan menghasilkan minyak dengan viskositas tinggi, sedangkan suhu yang terlalu tinggi dapat menyebabkan pembentukan gas berlebih sehingga mengurangi rendemen minyak cair yang diinginkan, oleh karena itu diperlukan penelitian sistematis untuk memahami pengaruh variasi suhu ini guna menemukan kondisi operasi yang optimal (Keshmiry et al., 2023).

Berdasarkan tinjauan teknik proses, suhu pirolisis berfungsi sebagai variabel operasional kritis yang secara langsung mengendalikan kinetika reaksi, perpindahan panas dan massa, serta efisiensi konversi termokimia, optimasi parameter suhu menentukan selektivitas produk antara fase *bio-oil*, *syngas*, dan *biochar* melalui pengaturan laju dekomposisi komponen volatil dan derajat karbonisasi (Novita et al., 2021). Pemetaan hubungan suhu-karakteristik produk ini menjadi dasar perancangan reaktor dan strategi kontrol proses untuk menghasilkan output dengan spesifikasi properti yang ditargetkan, seperti nilai kalorifik *bio-oil*, porositas *biochar*, atau komposisi *syngas* dengan implementasi skema kontrol suhu yang presisten dengan demikian merupakan prerequisite fundamental dalam scale-up sistem pirolisis menuju aplikasi industri yang ekonomis dan berkelanjutan (Zabaniotou, 2023). Dalam konteks ini penelitian tidak hanya berfokus pada rendemen minyak pirolisis, tetapi juga pada karakteristik kualitas bahan bakar cair yang dihasilkan variasi suhu diduga kuat mempengaruhi sifat-sifat fisika-kimia minyak, seperti densitas, viskositas, nilai kalor, komposisi fraksi hidrokarbon, dan angka asam karakteristik inilah yang akan menentukan kelayakan minyak pirolisis sebagai bahan bakar alternatif, misalnya untuk substitusi partial dalam furnace atau diesel engine tanpa pemahaman mendalam tentang pengaruh suhu terhadap karakteristik ini, produk yang dihasilkan berisiko tidak memenuhi standar kelayakan pakai (Sania & Rubianto, 2023).

Penelitian ini oleh (Susanto dkk. 2024) mengkaji sifat-sifat minyak pirolisis yang dihasilkan dari sampah plastik oleh BWB sebagai bahan bakar alternatif yang potensial. Penelitian ini bereksperimen dengan mesin pirolisis buatan sendiri (*Fastpol G-5*) pada suhu 250–325 °C selama 8 jam, diikuti dengan pemurnian, esterifikasi, dan filtrasi. Bahan baku adalah sampah plastik campuran, terutama *polietilena* (PE) dan *polipropilena* (PP). Bahan bakar yang dihasilkan (setara solar) diuji untuk menilai karakteristiknya sesuai dengan standar minyak solar yang diuraikan dalam Keputusan Direktur Jenderal Minyak dan Gas Nomor 146 Tahun 2020. Selain itu, analisis kromatografi gas dilakukan untuk memeriksa komposisi senyawa. Hasil penelitian menunjukkan bahwa plastik pirolisis yang dihasilkan oleh BWB secara umum memenuhi standar kualitas minyak solar 48, kecuali untuk parameter kepadatan dan warna. Angka setana dan kandungan sulfur masing-masing adalah 48,6 dan 890% m/m. Komposisi kimia bahan bakar menunjukkan bahwa ia mengandung 54,46% senyawa alifatik, 22,85% aromatik, dan 22,69% oksigenat. Komposisi kimia zat ini yang kompleks, yang terdiri dari senyawa aromatik, olefin, dan terutama hidrokarbon alifatik, membuatnya cocok untuk digunakan sebagai bahan bakar dalam berbagai aplikasi. Produksi minyak pirolisis BWB dari limbah plastik telah terbukti menjadi bahan bakar alternatif yang layak.

Pada penelitian lain yang dilakukan oleh (Gonzalez dkk. 2022) menyelidiki pengaruh laju pemanasan dan suhu pada pirolisis campuran acak limbah plastik (PP, LDPE, HDPE). Hasilnya menunjukkan bahwa konversi sempurna bahan baku tercapai dengan hasil cairan maksimum sebesar 69% berat, yang berarti dari setiap 1 kg limbah plastik dapat dihasilkan sekitar 0,85 liter minyak pirolisis. Penelitian ini lebih lanjut mengungkapkan bahwa suhu yang lebih tinggi atau waktu tinggal yang lebih singkat (akibat laju pemanasan tinggi) justru mengurangi rendemen minyak pirolisis karena lebih banyak bahan yang terkonversi menjadi produk gas. Minyak pirolisis yang dihasilkan sendiri terdiri dari beragam senyawa hidrokarbon, sehingga diperlukan proses fraksinasi sebelum dapat digunakan sebagai bahan bakar pada mesin pembakaran dalam. Proses pemisahan ini berhasil menghasilkan 21,12% berat fraksi ringan (menyerupai bensin), 56,52% berat fraksi menengah (menyerupai solar), dan 22,36% berat fraksi berat (menyerupai solar berat).

Analisis menunjukkan bahwa fraksi ringan memiliki indeks oktan dan nilai kalori yang setara dengan bensin konvensional, sementara fraksi menengah memiliki indeks setana dan nilai kalori yang telah memenuhi standar untuk solar. Pada akhirnya, penelitian ini membuktikan bahwa pirolisis merupakan alternatif yang sangat menjanjikan untuk memulihkan limbah plastik yang sudah tidak dapat didaur ulang secara mekanis tradisional, sekaligus mengubahnya menjadi produk bahan bakar yang bernilai.

Hasil penelitian ini diharapkan dapat menjadi acuan ilmiah dalam pengambilan keputusan untuk pengembangan bahan bakar cair berkelanjutan dari pirolisis Polypropylene (PP) di Indonesia, dengan menyajikan data teknis kritis meliputi rendemen cair, densitas, nilai kalor, viskositas, dan komposisi kimia berdasarkan variasi suhu operasi, guna mendorong pemanfaatan limbah plastik secara optimal serta berkontribusi pada diversifikasi sumber energi terbarukan yang ramah lingkungan.

1.2 Rumusan Masalah

1. Bagaimana pengaruh variasi temperatur suhu pirolisis 300°C, 400°C , dan 500°C terhadap rendemen bahan bakar cair?
2. Bagaimana variasi suhu 300°C, 400°C, dan 500°C mempengaruhi nilai kalor pada bahan bakar cair?
3. Bagaimana variasi suhu 300°C, 400°C, dan 500°C mempengaruhi densitas pada bahan bakar cair?

1.3 Batasan Masalah

1. Jenis plastik yang digunakan *polypropylene*.
2. Parameter yang dianalisis meliputi rendemen, nilai kalor, dan densitas
3. Variasi suhu pirolisis yang diuji dalam penelitian terbatas pada rentang suhu 300°C, 400°C, dan 500°C.
4. Proses pengujian setiap variasi suhu dilakukan dengan waktu tetap 60 menit.
5. Penelitian ini pengujian hanya dilakukan pada liquid yang dihasilkan dari hasil pirolisis.

6. Pengujian dilakukan di mitra karang taruna puger

1.4 Tujuan Penelitian

1. Menganalisis pengaruh suhu terhadap rendemen bahan bakar.
2. Mengetahui variasi suhu 300°C, 400°C, dan 500°C pada nilai kalor bahan bakar cair pirolisis
3. Mengetahui variasi suhu 300°C, 400°C, dan 500°C pada densitas bahan bakar cair pirolisis

1.5 Manfaat Penelitian

1. Memberikan informasi mengenai pengaruh variasi suhu pirolisis 300°C, 400°C, dan 500°C terhadap rendemen bahan bakar cair yang dihasilkan dari limbah plastik *polypropylene* (PP).
2. Memberikan informasi mengenai pengaruh variasi suhu pirolisis 300°C, 400°C, dan 500°C terhadap nilai kalor bahan bakar cair hasil pirolisis limbah plastik *polypropylene* (PP).
3. Memberikan informasi mengenai karakteristik bahan bakar cair hasil pirolisis limbah plastik *polypropylene* (PP) berdasarkan parameter densitas, nilai kalor, dan rendemen.