

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Sampah plastik *polypropylene* (PP) yang terus menumpuk membutuhkan solusi segera mengingat sifat material ini yang sangat sulit terurai secara alami (Farin & Mangkurat, n.d.). Keberadaan PP dalam berbagai produk kemasan dan barang rumah tangga menciptakan dilema lingkungan dimana material yang sangat awet justru menjadi beban ekosistem (Febrian et al., 2023). Sementara itu, limbah organik seperti kulit durian yang melimpah di daerah tropis sering kali menjadi masalah tersendiri akibat penanganannya yang kurang optimal melalui pembakaran atau penimbunan, kondisi ini mendorong perlunya pengembangan metode pengolahan terpadu yang mampu mengubah kedua jenis limbah tersebut menjadi produk bernilai (Hayati et al., 2025). Teknologi pirolisis sebagai proses dekomposisi termal tanpa oksigen menawarkan potensi konversi plastik PP menjadi bahan bakar cair, namun efektivitas proses ini dapat ditingkatkan melalui penambahan material katalitik alami seperti kulit durian (Zulfikar, 2020).

Penambahan limbah kulit durian ke dalam proses pirolisis plastik PP bukanlah sebuah pencampuran yang sederhana, melainkan sebuah strategi yang didasari oleh potensi sinergi kimiawi antara kedua material tersebut. Secara hipotesis, kulit durian memainkan peran ganda yang krusial. Pertama, ia bertindak sebagai *co-feeder* atau bahan baku pendamping yang turut menyumbangkan senyawa karbon untuk dikonversi menjadi produk volatil. Kedua, dan yang lebih penting, adalah perannya sebagai katalis alami heterogen. Ketika mengalami pirolisis, kulit durian akan menghasilkan *biochar* yang memiliki struktur pori-pori luas dan mengandung senyawa anorganik seperti kalium (K) dan kalsium (Ca) (Mayora & Nugraheni, 2023). *Biochar* inilah yang menjadi situs aktif katalitik, menyediakan area permukaan yang sangat besar untuk memfasilitasi pemutusan rantai polimer panjang (depolimerisasi) dari PP menjadi hidrokarbon rantai pendek. Selain itu, komponen selulosa dan hemiselulosa dalam kulit durian yang terdegradasi pada suhu lebih rendah dapat

menghasilkan radikal bebas dan senyawa intermediate yang memicu dan mempercepat reaksi pemecahan rantai karbon plastik, sehingga menurunkan energi aktivasi yang dibutuhkan dalam proses pirolisis murni plastik(Syefringga, 2021).

Untuk mengukur pengaruh limbah kulit durian secara komprehensif, penelitian ini akan memfokuskan pada beberapa parameter kunci produksi bahan bakar cair. Variabel utama yang dimanipulasi adalah rasio atau persentase massa kulit durian terhadap campuran plastik PP(Ria Sheftiana Rusli Hayaati 2020). Pengaruh ini kemudian akan dievaluasi melalui sejumlah indikator kinerja. Pertama adalah rendemen atau yield bahan bakar cair, yang mengkuantifikasi seberapa banyak fraksi minyak yang dihasilkan dari satu kali proses, kedua, adalah karakteristik fisiko-kimia dari minyak tersebut, yang meliputi viskositas, densitas, titik nyala, dan nilai kalor (calorific value), yang secara langsung menentukan kualitasnya sebagai bahan bakar. Ketiga, dan yang paling mendalam, adalah komposisi kimia hidrokarbon yang dianalisis menggunakan kromatografi gas-spektrometri massa (GC-MS)(Harlivia et al., 2022). Analisis ini akan mengungkap apakah penambahan kulit durian dapat meningkatkan fraksi bensin (C5-C12) atau diesel (C13-C20) dan mengurangi fraksi lilin (wax) yang tidak diinginkan, serta mengurangi kandungan senyawa olefin yang dapat menurunkan stabilitas oksidatif bahan bakar(Soekarno & No, 2020).

Pada studi sebelumnya yang diteliti oleh Anggono et al. (2020) Penggunaan katalis pada pirolisis plastik PP dan PET dapat mempengaruhi proses pirolisis dengan perbandingan hasil liquid, arang, dan gas. Hasil liquid pada pirolisis katalis lebih banyak plastik PP dari pada plastik PET, akan tetapi minyak pada plastik PET memiliki masa jenis lebih besar dibanding plastik PP sehingga pada Gambar 3 hasil liquid menunjukkan angka lebih banyak di banding plastik PP. Untuk hasil arang yang didapat plastik PP lebih banyak dari plastik PET dengan jumlah 96 gram, dan untuk hasil gas pada pirolisis plasti PET lebih banyak dari plastik PP dikarenakan plastik PET menghasilkan gas yang sulit untuk dikondensasikan lebih banyak.

Hasil penelitian ini diharapkan dapat menjadi landasan untuk menyusun spesifikasi teknis (*technical specification*) dalam scale-up proses pirolisis katalitik, termasuk parameter kinetik, persyaratan katalis, dan karakteristik produk, guna mendukung implementasi sistem konversi limbah-ke-energi yang efektif dan layak secara teknis.

1.2 Rumusan Masalah

1. Bagaimana pengaruh variasi konsentrasi zeolit alam terhadap volume hasil (yield) dan densitas minyak produk ko-pirolisis campuran plastik polipropilena (PP) dan serbuk kulit durian?.
2. Bagaimana pengaruh variasi konsentrasi zeolit alam (5%, 10%, dan 15%) terhadap viskositas kinematik minyak hasil ko-pirolisis campuran plastik polipropilena (PP) dan serbuk kulit durian?
3. Bagaimana pengaruh variasi konsentrasi zeolit alam (5%, 10%, dan 15%) terhadap nilai kalor minyak hasil ko-pirolisis campuran plastik polipropilena (PP) dan serbuk kulit durian?

1.3 Batasan Masalah

1. Jenis plastik yang digunakan hanya PP.
2. Parameter yang digunakan meliputi Campuran terhadap Hasil Pirolisis, Viskositas, Densitas, Nilai Kalor
3. Serbuk kulit durian yang digunakan adalah 5 gram pada setiap sampel
4. Sampel yang dicampur serbuk kulit durian yaitu 4 sampel
5. Bahan yang digunakan yaitu plastik dengan berat 3kg
6. Variasi zeolite alam yang digunakan adalah 5%, 10%, 15%
7. Proses pengujian pada temperature 400°C
8. Waktu yang ditetapkan setiap pirolisis 60 menit
9. Pengujian dilakukan di lab Teknik mesin Universitas Muhammadiyah Jember

1.4 Tujuan Penelitian

1. Menganalisis pengaruh variasi konsentrasi zeolit alam terhadap volume hasil (yield) dan karakteristik densitas minyak produk ko-pirolisis campuran plastik PP dan serbuk kulit durian.
2. Menganalisis pengaruh variasi konsentrasi zeolit alam terhadap karakteristik viskositas kinematik minyak hasil ko-pirolisis campuran plastik PP dan serbuk kulit durian
3. Menentukan pengaruh variasi konsentrasi zeolit alam terhadap peningkatan nilai kalor minyak hasil ko-pirolisis campuran plastik PP dan serbuk kulit durian guna mengetahui kualitas energi terbaiknya

1.5 Manfaat Penelitian

1. Bagi Peneliti

Pengembangan Kompetensi Ilmiah: Meningkatkan pemahaman, wawasan, dan keterampilan praktis peneliti dalam mengaplikasikan teori teknologi termal, khususnya metode ko-pirolisis katalitik menggunakan zeolit alam.

Solusi Berbasis Riset: Melatih kemampuan peneliti dalam menganalisis karakteristik fisik dan termal bahan bakar alternatif, serta memberikan pengalaman nyata dalam memecahkan masalah lingkungan terkait limbah plastik dan biomassa.

2. Bagi Lembaga Perguruan Tinggi

Pengayaan Khazanah Ilmiah: Menambah literatur akademik, dokumentasi riset, dan referensi ilmiah di perpustakaan universitas, khususnya dalam bidang energi terbarukan dan konversi energi di Program Studi Teknik Mesin/Teknik Kimia.

Peningkatan Mutu Riset Institusi: Mendukung visi perguruan tinggi dalam mengembangkan riset berbasis potensi lokal (seperti optimalisasi zeolit alam dan pemanfaatan limbah domestik) yang berkelanjutan, serta memperkuat

kontribusi institusi terhadap pencapaian target Sustainable Development Goals (SDGs).

3. Bagi Masyarakat

Solusi Penanganan Limbah: Memberikan edukasi dan bukti empiris kepada masyarakat bahwa limbah plastik polipropilena (PP) dan limbah serbuk kulit durian dapat diolah kembali menjadi produk yang bernilai guna tinggi, bukan sekadar berakhir di Tempat Pembuangan Akhir (TPA).

Potensi Energi Alternatif: Memberikan wawasan tentang peluang penyediaan bahan bakar alternatif berbasis limbah secara mandiri di masa depan, yang berpotensi mengurangi ketergantungan masyarakat pada bahan bakar fosil komersial

4. Bagi Pembaca

Sumber Referensi Akademik: Menjadi bahan rujukan, pembandingan, atau data dasar (baseline data) bagi pembaca atau peneliti selanjutnya yang tertarik untuk mengembangkan riset sejenis, seperti variasi suhu reaktor, optimasi jenis katalis lain, atau skala reaktor yang lebih besar (scale-up)

Media Edukasi Energi Terbarukan: Memberikan informasi yang informatif mengenai peran zeolit alam dalam proses perengkahan hidrokarbon (cracking) serta potensi sinergi antara limbah polimer sintetis dan biomassa.