

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Energi memegang peranan krusial dalam kehidupan manusia karena menjadi penopang utama berbagai aktivitas sekaligus mempermudah pelaksanaan kegiatan sehari-hari. Hingga saat ini, kebutuhan energi masih didominasi oleh sumber yang berasal dari bahan bakar fosil. Kondisi tersebut menimbulkan kekhawatiran, mengingat ketersediaan energi fosil bersifat terbatas dan tidak dapat diperbarui (Russiadi et al., 2023). Pemanfaatan energi alam terus mengalami peningkatan seiring bertambahnya kebutuhan pada sektor transportasi dan aktivitas industri. Kondisi ini secara langsung mendorong naiknya konsumsi bahan bakar fosil dari alam. Oleh karena itu, diperlukan langkah konkret untuk mengurangi ketergantungan terhadap energi fosil, salah satunya melalui pengembangan dan penerapan energi terbarukan yang lebih ekonomis serta ramah lingkungan. Konteks ini, sampah perkotaan muncul sebagai salah satu sumber energi terbarukan yang berpotensi dimanfaatkan sebagai alternatif pengganti energi fosil (Rafi et al., 2019).

Permasalahan sampah kini menjadi isu krusial di tengah masyarakat. Salah satu tantangan utama yang dihadapi adalah keterbatasan lahan untuk tempat pembuangan akhir (TPA), sementara volume sampah terus meningkat seiring pertumbuhan jumlah penduduk dan perubahan pola hidup. Akibatnya, pengelolaan sampah sering kali belum berjalan secara optimal dan masih menghadapi berbagai keterbatasan (Rafi et al., 2019). Secara umum, sampah diklasifikasikan menjadi dua jenis, yaitu sampah yang dapat terurai (*biodegradable*) dan yang tidak dapat terurai (*non-biodegradable*). Sampah yang mudah terurai umumnya berasal dari bahan organik, seperti daun, kertas, dan ranting. Sebaliknya, sampah anorganik misalnya plastik memiliki sifat sulit terurai. Dalam praktiknya, penggunaan plastik dalam kehidupan sehari-hari hampir tidak terpisahkan, karena sebagian besar kebutuhan manusia melibatkan material berbasis plastik (Suhartoyo, 2021).

TPA Pakusari merupakan salah satu TPA terbesar dari total lima TPA yang ada di Kabupaten Jember dengan luas lahan 6,8 Ha mencatat sekitar 4.024.429 ton sampah yang dihasilkan dari 7 kelurahan yang disuplai dalam setiap bulan. Sampah pada Kecamatan Kaliwates tercatat sekitar 1.677.349 ton masuk ke TPA Pakusari dalam setiap bulan serta merupakan penyumbang sampah terbanyak. Di Jember sendiri volume komposisi sampah antara lain: sampah organik 81,9%, sampah plastik 5,5%, sampah karet 4,1%, sampah besi 1,3%, sampah kaca 1,2%, sampah kain 1,5%, dan sampah beracun 4,5% (Dewi et al., 2020). Sampah plastik merupakan salah satu sampah non organik yang memiliki persentase tertinggi dari pada sampah non organik lainnya di Kabupaten Jember.

Plastik merupakan salah satu jenis limbah yang sulit terurai secara alami, sehingga berpotensi menimbulkan masalah lingkungan dalam jangka panjang. Di antara berbagai jenis plastik yang digunakan, *Low-Density Polyethylene* (LDPE) termasuk yang cukup umum dijumpai. Plastik dengan kode nomor 4 ini dikenal memiliki karakteristik yang lebih lunak dan fleksibel dibandingkan jenis plastik lainnya (Hartono & Rachmat, 2022). Sebagai upaya mengatasi permasalahan tersebut, program daur ulang sampah plastik telah banyak diterapkan. Melalui proses ini, limbah plastik diolah kembali menjadi produk plastik baru. Namun, pendekatan ini pada dasarnya hanya mengubah bentuk plastik tanpa benar-benar mengurangi jumlah total limbahnya. Ketika produk hasil daur ulang tersebut tidak lagi digunakan, materialnya akan kembali menjadi sampah. Oleh karena itu, diperlukan alternatif penanganan yang lebih efektif. Salah satu pendekatan yang mulai banyak dikembangkan adalah pemanfaatan sampah plastik sebagai sumber energi alternatif, misalnya melalui metode pirolisis, yang mampu mengonversi limbah plastik menjadi bahan bakar.

Pirolisis merupakan proses dekomposisi kimia yang berlangsung melalui pemanasan material pada kondisi tanpa atau dengan sangat sedikit oksigen, sehingga tidak terjadi pembakaran sempurna. Dalam proses ini, bahan baku mengalami pemecahan struktur kimia dan berubah menjadi fase gas. Selanjutnya, gas tersebut dialirkan melalui pipa umumnya berbahan logam untuk didinginkan,

sehingga mengalami kondensasi dari fase gas menjadi cairan yang kemudian dikenal sebagai minyak pirolisis (Rafi et al., 2019). Produk utama yang dihasilkan dari proses pirolisis meliputi arang (char), minyak, dan gas. Arang yang terbentuk dapat dimanfaatkan sebagai bahan bakar padat maupun diolah lebih lanjut menjadi karbon aktif. Sementara itu, minyak pirolisis berpotensi digunakan sebagai zat aditif atau campuran dalam bahan bakar. Adapun gas yang dihasilkan dapat dimanfaatkan secara langsung melalui proses pembakaran sebagai sumber energi (Iswadi et al., 2017). Kinerja proses pirolisis serta kualitas produk yang dihasilkan dipengaruhi oleh beberapa parameter utama, seperti waktu reaksi, temperatur operasi, massa bahan, dan ukuran partikel. Selain itu, penambahan katalis juga menjadi faktor penting karena dapat memengaruhi laju reaksi sekaligus meningkatkan kuantitas dan kualitas minyak pirolisis yang dihasilkan (Anggono et al., 2020).

Pada tahap proses pirolisis, penggunaan katalis memberikan sejumlah keuntungan yang signifikan. Kehadiran katalis dapat menurunkan kebutuhan energi dibandingkan proses tanpa katalis, sehingga proses menjadi lebih efisien. Selain itu, katalis juga berperan dalam mempercepat laju reaksi, sekaligus meningkatkan kualitas dan jumlah produk yang dihasilkan (Anggono et al., 2020). Katalis zeolit dapat dibedakan menjadi dua jenis, yaitu zeolit alam dan zeolit sintetis. Zeolit alam terbentuk secara alami melalui proses fisika dan kimia yang kompleks pada batuan di lingkungan geologis tertentu, tanpa penambahan bahan kimia dari luar. Sementara itu, zeolit sintetis merupakan material buatan yang dirancang agar memiliki karakteristik fisika dan kimia yang mirip dengan zeolit alam, namun diproduksi melalui proses sintesis dari bahan baku tertentu. Secara umum, penggunaan katalis zeolit dalam proses pirolisis cenderung mengurangi fraksi minyak dan residu yang dihasilkan, tetapi di sisi lain meningkatkan pembentukan fraksi gas jika dibandingkan dengan proses degradasi termal tanpa katalis (Anggono et al., 2020).

Berdasarkan uraian tersebut, penelitian ini berfokus pada analisis eksperimental mengenai pengaruh variasi konsentrasi zeolit alam lokal terhadap

karakteristik minyak hasil pirolisis LDPE pada suhu konstan 400°C. Kebaruan dalam penelitian ini terletak pada kajian hubungan antara variasi konsentrasi zeolit alam lokal dengan waktu reaksi, viskositas, serta nilai kalor minyak pirolisis LDPE pada kondisi temperatur tetap tersebut. Hasil penelitian ini diharapkan dapat menjadi alternatif solusi dalam pemanfaatan limbah perkotaan sekaligus mendukung pengembangan teknologi energi terbarukan yang lebih efisien dan berkelanjutan.

## 1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian latar belakang di atas, maka diperoleh rumusan masalah yang dibahas pada penelitian ini adalah:

1. Bagaimana pengaruh variasi campuran plastik LDPE-ZA terhadap waktu yang dibutuhkan pada proses pembakaran metode pirolisis?
2. Bagaimana pengaruh variasi zeolit alam dengan konsentrasi (non ZA, 5%, 10%, dan 15%) terhadap hasil uji viskositas campuran minyak plastik LDPE-ZA?
3. Bagaimana pengaruh variasi zeolit alam dengan konsentrasi (non ZA, 5%, 10%, dan 15%) terhadap hasil uji nilai kalor campuran minyak plastik LDPE-ZA?

## 1.3 Batasan Masalah

Batasan masalah pada penelitian ini adalah:

1. Penelitian ini menggunakan limbah plastik *bubble wrap* transparan yang berjenis plastik LDPE (*Low Density Polyethylene*).
2. Menggunakan potongan *bubble wrap* ukuran 2-3 cm.
3. Variasi konsentrasi zeolit alam yaitu: non ZA; 5%; 10%; 15%.
4. Menggunakan zeolit alam yang berjenis clinoptilolite.
5. Ukuran zeolit alam 100 mesh.
6. Penelitian ini berfokus pada waktu yang dibutuhkan keluarnya minyak, uji viskositas, dan uji nilai kalor.
7. Penelitian ini menggunakan metode pirolisis.

#### 1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini sebagai berikut:

1. Mengetahui pengaruh variasi zeolit alam terhadap waktu yang dibutuhkan pada proses pembakaran pirolisis.
2. Mengetahui pengaruh variasi zeolit alam dengan konsentrasi (non ZA, 5%, 10%, dan 15%) terhadap hasil uji viskositas campuran minyak plastik LDPE–ZA.
3. Mengetahui pengaruh variasi zeolit alam dengan konsentrasi (non ZA, 5%, 10%, dan 15%) terhadap hasil uji nilai kalor campuran minyak plastik LDPE–ZA.

#### 1.5 Manfaat Penelitian

Hasil penelitian mengenai proses pirolisis sampah plastik jenis *Low-Density Polyethylene* (LDPE) menggunakan variasi katalis zeolit alam ini diharapkan mampu memberikan kontribusi teoritis, teknis, maupun aplikatif yang signifikan. Adapun manfaat pelaksanaan penelitian ini dijabarkan secara spesifik ke dalam poin-poin sebagai berikut:

##### 1. Peneliti

Sebagai sarana pengembangan kompetensi akademik, penalaran ilmiah, serta keterampilan teknologis dalam mengaplikasikan teori termokimia di bidang rekayasa proses dan konversi energi. Memperdalam pemahaman komprehensif mengenai mekanisme perengkahan katalitik (*catalytic cracking*) limbah polimer menjadi fraksi bahan bakar cair. Mengasah keterampilan operasional laboratorium, khususnya dalam melakukan karakterisasi fisik dan kimia fraksi bahan bakar minyak sintetis yang dihasilkan.

##### 2. Perguruan Tinggi

Memperkaya khazanah keilmuan, literasi akademik, serta dokumentasi pustaka ilmiah pada program studi terkait di bidang teknologi energi terbarukan. Berkontribusi positif terhadap pemenuhan capaian Indikator Kinerja Utama (IKU) institusi di bidang kualitas riset dan publikasi ilmiah mahasiswa. Memperkuat

pengembangan peta jalan (roadmap) penelitian laboratorium serta meningkatkan reputasi akademik kampus dalam penyediaan solusi inovatif berbasis material lokal.

### 3. Masyarakat

Menyediakan diseminasi informasi dan solusi edukatif mengenai teknik konversi limbah polimer non-biodegradable menjadi produk bernilai ekonomi tinggi (upcycling). Mendukung program kelestarian lingkungan dalam mereduksi laju akumulasi sampah plastik di ekosistem domestik melalui pendekatan pemulihan energi. Menawarkan alternatif bahan bakar komersial berbasis energi terbarukan dengan mengoptimalkan potensi komoditas mineral lokal (zeolit alam)

### 4. Pembaca

Berfungsi sebagai referensi empiris, rujukan ilmiah, dan landasan komparatif yang valid bagi studi lanjutan yang relevan. Menyediakan data parameter operasi (seperti rasio katalis, temperatur optimum, dan efisiensi produk cair) sebagai basis data pemodelan reaktor pirolisis skala pilot. Menjadi acuan perbandingan untuk pengembangan modifikasi teknologi aktivasi atau modifikasi struktur jenis katalis zeolit lainnya.