

# BAB 1

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Menurut data Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan, total sampah yang dihasilkan di kota Surabaya pada tahun 2025 mencapai 660 ribu ton. Dari jumlah tersebut, sebanyak 16,51% atau sekitar 108 ribu ton disumbang oleh sampah plastik. Pengolahan sampah plastik menjadi masalah yang cukup serius, dikarenakan material yang tidak bisa terdekomposisi secara alami sehingga pengelolaan sampah plastik dengan metode landfill maupun open dumping kurang disarankan. Pengolahan dengan pembakaran pun memiliki dampak negatif terhadap lingkungan sekitar yaitu terjadinya pencemaran udara (Tia Novia, 2021).

Banyak penelitian menunjukkan bahwa volume sampah plastik di seluruh dunia terus meningkat, dan hanya sebagian kecil yang dapat didaur ulang (Hopewell *et al.*, 2009). Penggunaan plastik sekali pakai yang meningkat, terutama dalam kemasan makanan, minuman, dan konsumsi produk setiap hari, mengakibatkan sistem pengelolaan sampah mengalami tekanan yang signifikan. Sistem ini masih bergantung pada pengumpulan, pengangkutan, dan pembuangan akhir sampah (Gandhi *et al.*, 2021). Oleh karena itu, diperlukan alternatif metode pengolahan lain yang lebih efektif dalam mengatasi permasalahan meningkatnya sampah plastik.

Pirolisis merupakan proses degradasi material pada rentang suhu tinggi, yaitu antara 300 - 1000°C, yang bertujuan untuk mengubah bahan menjadi gas. Gas hasil proses tersebut selanjutnya direkomendasikan dan didistilasi sehingga menghasilkan produk berupa minyak serta residu padat yang berbentuk arang. Gas yang terbentuk dialirkan melalui pipa menuju unit kondensor untuk diubah menjadi produk cair. Dalam pengolahan sampah plastik, Jenis pirolisis yang digunakan pada penelitian ini yaitu *Catalytic Pyrolysis*. Pirolisis katalitik mampu menghasilkan fraksi hidrokarbon yang lebih ringan dan lebih sesuai dengan rentang bahan bakar komersial (Miandad *et al.*, 2016). Keberhasilan proses pirolisis dipengaruhi oleh berbagai faktor, antara lain komposisi bahan baku yang

berbeda sehingga menghasilkan variasi kandungan minyak (Bhattacharya *et al.*, 2009), serta parameter operasional seperti temperatur, waktu tinggal, dan ukuran partikel bahan baku (Luo *et al.*, 2010). Penerapan konsep *circular economy* dalam pengelolaan limbah plastik telah menunjukkan bukti nyata dalam penelitian ilmiah sebagai salah satu strategi efektif untuk menghasilkan bahan bakar alternatif sekaligus mengurangi dampak lingkungan dari sampah plastik. Dalam kerangka *circular economy*, limbah plastik secara mekanik diubah menjadi produk bernilai melalui proses pirolisis, sehingga sumber daya yang sebelumnya menjadi dapat dimanfaatkan kembali sebagai bahan bakar cair yang dapat digunakan untuk energi (Aryan *et al.*, 2025).

Berkaitan dengan hal tersebut, parameter proses pirolisis juga memiliki pengaruh yang signifikan terhadap kualitas minyak yang dihasilkan. Namun demikian, kualitas minyak hasil pirolisis sangat dipengaruhi oleh berbagai parameter proses, seperti jenis plastik, komposisi bahan baku, suhu proses, serta penggunaan katalis (Miandad *et al.*, 2016). Variasi suhu dalam proses pirolisis diketahui memiliki pengaruh signifikan terhadap karakteristik minyak yang dihasilkan, termasuk densitas dan nilai kalor (Riesco *et al.*, 2022). Penelitian oleh Al-Salem *et al.* (2017) menunjukkan bahwa peningkatan suhu pirolisis dapat meningkatkan proses pemecahan rantai polimer menjadi hidrokarbon yang lebih ringan sehingga mempengaruhi kualitas minyak yang dihasilkan (Al-Salem *et al.*, 2017). Oleh karena itu, optimasi parameter proses seperti suhu, komposisi bahan baku, dan penggunaan katalis menjadi aspek penting dalam pengembangan teknologi pirolisis limbah plastik sebagai sumber energi alternatif (Sharuddin *et al.*, 2016).

Plastik terdiri atas berbagai jenis yang dapat dimanfaatkan sebagai bahan baku dalam penerapan teknologi pirolisis. Jenis-jenis plastik tersebut antara lain PET yang umum digunakan sebagai bahan botol minuman, HDPE yang banyak dimanfaatkan sebagai kemasan botol sampo yang dapat digunakan berulang kali, LDPE yang lazim digunakan untuk kantong plastik dan kantong sampah, PP yang digunakan sebagai wadah penyimpanan makanan, serta PS yang dimanfaatkan sebagai peralatan makan sekali pakai seperti sendok, garpu, dan styrofoam. Di

antara jenis plastik tersebut, LDPE dan PET merupakan jenis yang paling sering digunakan dalam proses pirolisis sederhana karena banyak digunakan sebagai produk sekali pakai oleh masyarakat. Oleh sebab itu, jenis plastik ini perlu diolah kembali menjadi material yang dapat diubah bentuknya atau dikonversi kembali ke bentuk awal bahan baku plastik, yaitu minyak (Saputra *et al.*, 2020).

Bahan bakar berbasis minyak menjadi kebutuhan utama dalam berbagai sektor, khususnya di industri dan transportasi. Seiring waktu, kebutuhan terhadap bahan bakar terus mengalami peningkatan akibat tingginya penggunaan mesin, sementara ketersediaan sumber daya alam sebagai bahan baku minyak mengalami penurunan. Kondisi tersebut mendorong perlunya pengembangan energi alternatif diharapkan mampu menggantikan peran bahan bakar konvensional melalui pengelolaan dan pemanfaatan teknologi yang didukung oleh campur tangan manusia.

Hasil penelitian oleh (Okonsky *et al.*, 2024) menyatakan bahwa mengoptimasi kondisi operasi (temperatur, catalyst to feed ratio, dan PET : LDPE) untuk memaksimalkan produk target circular economy. Sedangkan penelitian yang dilakukan oleh (Sivagami *et al.*, 2022) menyatakan bahwa pirolisis katalitik menggunakan zeolit dapat menghasilkan lebih banyak minyak yang hampir setara dengan standar baku mutu bahan bakar.

Meskipun sejumlah studi telah meneliti pirolisis sampah plastik PET dan LDPE secara individu serta penggunaan katalis zeolit untuk meningkatkan kualitas minyak pirolisis, terdapat beberapa kesenjangan penelitian yang relevan dengan topik “Kombinasi Sampah Plastik (PET & LDPE) Menjadi BBM Alternatif Melalui Metode Pirolisis Dengan Variasi Suhu Sebagai Upaya *Circular Economy*” ini. Pertama, banyak belum meneliti apabila menggabungkan kedua jenis plastik tersebut (PET dan LDPE). Kedua, belum banyak yang mengaitkan temuan ini secara langsung untuk penerapannya, terutama dalam konteks pengembalian nilai tambah limbah plastik sebagai bahan bakar alternatif.

## 1.2 Perumusan Masalah

Rumusan masalah yang akan dipelajari di penelitian ini, yaitu;

1. Bagaimana pengaruh variasi suhu (400°C dan 600°C) terhadap kualitas minyak hasil pirolisis dari kombinasi PET dan LDPE?
2. Bagaimana kualitas minyak hasil pirolisis kombinasi sampah plastik PET dan LDPE berdasarkan parameter densitas, viskositas, dan nilai kalor pada setiap variasi suhu dan komposisi?
3. Apakah minyak hasil pirolisis kombinasi PET dan LDPE memiliki karakteristik yang mendekati standar bahan bakar konvensional sehingga berpotensi diterapkan dalam konsep *circular economy*?

## 1.3 Maksud dan Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini, yaitu:

1. Menganalisis pengaruh variasi suhu (400°C dan 600°C) terhadap kualitas minyak hasil pirolisis dari kombinasi PET dan LDPE.
2. Menganalisis kualitas minyak hasil pirolisis kombinasi sampah plastik PET dan LDPE berdasarkan parameter densitas, viskositas, dan nilai kalor pada setiap variasi suhu dan komposisi plastik.
3. Mengevaluasi potensi minyak hasil pirolisis sebagai bahan bakar alternatif yang mendukung penerapan konsep *circular economy* dalam pengelolaan limbah plastik.

## 1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat yang didapatkan dari penelitian ini adalah:

- a. Ilmu Pengetahuan dan Teknologi (IPTEK) → Penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi terhadap pengembangan ilmu pengetahuan dan teknologi, khususnya dalam bidang pengolahan sampah plastik melalui metode pirolisis sebagai alternatif pemanfaatan limbah menjadi bahan bakar minyak (BBM) yang lebih ramah lingkungan, bernilai ekonomis, dan berpotensi mendukung pengembangan energi alternatif.

- b. Institusi → Penelitian ini diharapkan dapat menjadi referensi ilmiah serta mendukung pengembangan inovasi teknologi di bidang teknik lingkungan, khususnya terkait pemanfaatan sampah plastik sebagai sumber energi alternatif yang berkelanjutan dan mendukung penerapan konsep *circular economy*.
- c. Masyarakat → Penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi mengenai pemanfaatan sampah plastik sebagai bahan baku pembuatan BBM alternatif melalui metode pirolisis, sehingga dapat menjadi salah satu upaya dalam mengurangi timbunan sampah plastik, meminimalkan dampak pencemaran lingkungan,
- d. Peneliti → Penelitian ini diharapkan dapat menjadi sarana untuk mengembangkan kemampuan akademik dan keterampilan dalam menerapkan ilmu yang telah diperoleh selama masa perkuliahan, khususnya dalam bidang pengolahan limbah, teknologi pirolisis, penelitian ilmiah, serta menambah pengalaman dalam pelaksanaan penelitian dan analisis data.

## 1.5 Lingkup Penelitian

Ruang lingkup dari penelitian ini, yaitu:

1. Jenis sampah plastik yang digunakan sebagai bahan baku penelitian adalah PET, contohnya seperti botol minuman dan galon sekali pakai. Sedangkan untuk LDPE menggunakan kantong kresek.
2. Pengambilan sampah plastik dilakukan di perumahan sekitar yang berasal dari limbah padat domestik.
3. Jenis katalis yang digunakan pada penelitian ini adalah zeolit alami yang telah diaktivasi.
4. Penelitian dilaksanakan di Laboratorium Hilirisasi Program Studi Teknik Kimia UPN “Veteran” Jawa Timur
5. Bahan bakar yang dihasilkan digunakan sebagai bahan bakar teknologi tepat guna sesuai dengan kualitas minyak yang memenuhi baku mutu bahan bakar minyak.