

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Permasalahan sampah plastik di Indonesia semakin memprihatinkan dari tahun ke tahun. Menurut data dari Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan (KLHK), Indonesia menghasilkan lebih dari 60 juta ton sampah setiap tahunnya, di mana sekitar 17% di antaranya merupakan sampah plastik (KLHK, 2021). Salah satu jenis plastik yang sering ditemukan dalam timbunan sampah adalah polistirena (PS), plastik berbasis aromatik yang biasa digunakan dalam bentuk styrofoam, wadah makanan sekali pakai, dan kemasan pelindung. Polistirena termasuk dalam kategori plastik yang sulit terurai secara alami dan sangat ringan, sehingga mudah tersebar di lingkungan dan mencemari tanah, perairan, hingga lautan.



Gambar 1. Limbah Plastik (KLHK, 2021)

Pengelolaan limbah polistirena di Indonesia masih didominasi oleh metode konvensional seperti penimbunan di tempat pembuangan akhir (TPA) dan pembakaran terbuka yang tidak ramah lingkungan. Daur ulang mekanis terhadap polistirena juga tidak efisien karena material ini cenderung rapuh dan mudah terkontaminasi. Selain itu, volume besar dan berat ringan membuatnya tidak ekonomis untuk dikumpulkan dan didaur ulang secara konvensional. Oleh karena itu, diperlukan pendekatan teknologi alternatif yang lebih efektif, efisien, dan ramah lingkungan.

Salah satu teknologi yang dinilai potensial untuk mengatasi limbah polistirena adalah proses pirolisis, yaitu proses dekomposisi termal bahan organik dalam kondisi minim atau tanpa oksigen. Melalui proses pirolisis, limbah plastik seperti polistirena dapat dikonversi menjadi bahan bakar cair (minyak

pirolisis), gas sintetis, dan residu padat yang dapat dimanfaatkan lebih lanjut. Keunggulan dari metode ini adalah tidak memerlukan pemilahan material secara ketat, dapat mengurangi volume sampah secara signifikan, serta menghasilkan produk dengan nilai ekonomi. Produk utama dari pirolisis polistirena, yaitu stirena monomer, memiliki potensi sebagai bahan baku industri petrokimia dan energi.

Polistirena memiliki struktur kimia aromatik yang memungkinkan hasil pirolisis berupa senyawa bernilai tinggi seperti stirena, toluena, dan benzena. Dengan pengaturan suhu dan kondisi proses yang tepat, pirolisis dapat menjadi solusi yang sangat menjanjikan dalam pengolahan limbah PS. Selain itu, pirolisis tidak hanya menurunkan beban sampah di TPA, tetapi juga dapat berperan dalam penyediaan energi alternatif berbasis limbah. Hal ini sangat relevan dalam konteks Indonesia yang sedang mendorong transisi energi bersih dan implementasi ekonomi sirkular.

Namun, proses pirolisis juga memiliki sejumlah tantangan, seperti tingginya kebutuhan energi, kontrol emisi gas berbahaya, serta kualitas produk yang belum stabil. Oleh karena itu, penelitian terhadap parameter-parameter proses pirolisis seperti suhu, waktu tinggal, jenis reaktor, dan penggunaan katalis sangat diperlukan untuk mengoptimalkan hasil. Penelitian dalam bidang ini akan sangat bermanfaat untuk pengembangan teknologi pirolisis di Indonesia, baik dalam skala laboratorium maupun industri.

Masalah penumpukan sampah plastik menjadi salah satu isu lingkungan yang sangat mendesak untuk diselesaikan di seluruh dunia, termasuk Indonesia. Plastik yang tahan lama dan sulit terurai menyebabkan limbah plastik menumpuk di tempat pembuangan akhir, lautan, dan berbagai ekosistem lainnya (Jambeck.2015). Di antara berbagai jenis plastik yang beredar, polistirena (polystyrene/PS) menjadi salah satu yang paling banyak ditemukan dalam limbah domestik dan industri. Polistirena banyak digunakan dalam kemasan makanan, wadah minuman, dan bahan isolasi karena sifatnya yang ringan, murah, dan mudah dibentuk. Namun, sifat tersebut sekaligus menjadi masalah karena polistirena sulit terurai secara alami dan cenderung mengakumulasi dalam lingkungan (Hopewell.2009).

Pengelolaan limbah polistirena secara konvensional seperti daur ulang mekanik dan pembakaran masih memiliki keterbatasan. Daur ulang mekanik memerlukan proses pemisahan dan pembersihan yang rumit serta kualitas hasil daur ulang yang menurun (Al-Salem.2017). Pembakaran langsung sampah plastik berpotensi menimbulkan polusi udara berupa gas beracun dan residu

berbahaya (Sharuddin.2016). Oleh karena itu, diperlukan metode pengolahan alternatif yang lebih efektif dan ramah lingkungan.

Pirolisis merupakan salah satu teknologi termal yang menjanjikan untuk mengatasi masalah limbah plastik, khususnya polistirena. Proses ini dilakukan dengan memanaskan plastik dalam kondisi tanpa oksigen sehingga menghasilkan minyak pirolisis, gas, dan residu padat. Produk minyak pirolisis dapat dimanfaatkan sebagai bahan bakar cair yang bernilai ekonomi tinggi (Miandad.2016). Selain itu, pirolisis mampu mengubah limbah plastik yang sulit diolah menjadi produk yang lebih mudah dimanfaatkan, sehingga mengurangi beban limbah di lingkungan (Kaminsky & Zorriquet, 2007).

Karakteristik kimia polistirena yang mengandung rantai polimer dengan cincin aromatik membuatnya sangat ideal untuk proses pirolisis. Saat dipanaskan, polistirena akan terurai menjadi monomer stirena dan senyawa aromatik lain seperti toluena, benzena, dan etilbenzena yang memiliki nilai jual tinggi (Sundarakannan.2017). Hal ini menjadikan proses pirolisis tidak hanya sebagai solusi pengurangan limbah, tetapi juga sebagai peluang untuk menghasilkan bahan bakar dan bahan baku kimia dari limbah plastik.

Namun demikian, meskipun pirolisis menjanjikan, proses ini juga memiliki tantangan, seperti kebutuhan energi yang tinggi untuk mencapai suhu operasi, pengendalian emisi gas berbahaya, dan variasi kualitas produk minyak pirolisis (Achilias.2007). Penelitian mengenai pengaruh parameter proses seperti suhu, tekanan, laju pemanasan, dan penggunaan katalis menjadi penting untuk meningkatkan efisiensi dan kualitas produk yang dihasilkan dari pirolisis polistirena.

Dalam konteks Indonesia, penerapan teknologi pirolisis sangat relevan mengingat tingginya produksi limbah plastik yang belum tertangani secara optimal (KLHK, 2021). Pengembangan teknologi ini diharapkan dapat membantu pemerintah dan masyarakat dalam mengurangi dampak negatif limbah plastik serta mendukung penggunaan energi terbarukan yang berkelanjutan. Oleh karena itu, kajian mendalam mengenai proses pirolisis polistirena sangat diperlukan untuk mempercepat adopsi teknologi ini dalam pengelolaan limbah plastik nasional.

Alasan dibuatnya Process Flow Diagram (PFD) untuk sistem Batch pengolahan limbah plastik Polystyrene (PS) menjadi bahan bakar minyak yaitu:

1. Visualisasi Alur Proses secara menyeluruh
2. Identifikasi komponen utama proses
3. Mempermudah perancangan dan perancangan
4. Menunjukkan urtan dan interaksi proses

5. Mendukung evaluasi dan optimasi proses
6. Mendukung pengendalian operasional dan keamanan

1.2 Rumusan Masalah

Berikut adalah rumusan masalah yang dapat diajukan:

1. Bagaimana . proses pengolahan limbah plastik *polystyrene* menjadi bahan bakar minyak (BBM) dengan kapasitas 10kg/batch berdasarkan pada karakteristik fisik dan kimia dari *polystyrene* sebagai bahan baku dan spesifikasi produk BBM yang diproduksi dalam proses Pra Rancangan ini?
2. Bagaimana spesifikasi peralatan reaktor pirolisis yang dirancang berdasarkan perhitungan neraca massa dan panas keseluruhan proses?

1.3 Tujuan

1. Merancang *Process Flow Diagram* dari pengolahan limbah plastik *polystyrene* menjadi bahan bakar minyak (BBM) dengan kapasitas 10 kg/batch berdasarkan pada karakteristik fisik dan kimia dari *polystyrene* sebagai bahan baku dan spesifikasi produk BBM yang diproduksi dalam proses Pra Rancangan ini.
2. Menentukan spesifikasi peralatan reaktor pirolisis yang dirancang berdasarkan perhitungan neraca massa dan panas keseluruhan proses.

1.4 Manfaat

A. Bagi Ilmu Pengetahuan dan Teknologi:

- Menambah wawasan dan data ilmiah mengenai konversi limbah plastik *polystyrene* menjadi bahan bakar minyak, khususnya pada skala batch 10 kg.
- Menyediakan informasi mengenai parameter proses yang optimal dan karakteristik produk yang dihasilkan, yang dapat menjadi dasar untuk penelitian lebih lanjut.

B. Bagi Lingkungan

- Menyumbangkan solusi inovatif dalam upaya mengurangi penumpukan limbah plastik *polystyrene* yang sulit terurai dan mencemari lingkungan.
- Mendukung konsep ekonomi sirkular dan pengelolaan limbah yang berkelanjutan dengan mengubah sampah menjadi produk bernilai.

C. Bagi Industri dan Masyarakat

- Menyediakan dasar pra-rancangan yang dapat dikembangkan lebih lanjut menjadi skala pilot atau komersial, membuka peluang bisnis baru dalam pengolahan limbah.
- Berpotensi menyediakan sumber energi alternatif yang dapat mengurangi ketergantungan pada bahan bakar fosil.
- Meningkatkan kesadaran masyarakat akan potensi nilai dari limbah plastik dan mendorong praktik daur ulang.

D. Bagi Pemerintah/Kebijakan

- Dapat menjadi masukan dalam perumusan kebijakan terkait pengelolaan limbah plastik dan pengembangan energi terbarukan.