

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1. Latar Belakang**

Limbah plastik di Indonesia menurut data statistik Sistem Informasi Pengelolaan Sampah Nasional (SIPSN), sampah plastik menempati urutan ke-2 terbesar setelah sampah organik kuliner. Plastik sudah menjadi salah satu bahan yang paling umum digunakan dalam kehidupan kita sehari-hari, pada tahun 2021 Indonesia menghasilkan 25,95 juta ton atau 15,96% dari total sampah yang dihasilkan (SIPSN, 2021). Karakteristik plastik memiliki ikatan kimia yang sangat kuat sehingga banyak material yang dipakai oleh masyarakat berasal dari plastik. Namun plastik merupakan material yang tidak bias terdekomposisi secara alami (non biodegradable) Hal ini menjadi salah satu permasalahan sekaligus tantangan yang harus ditangani secara serius bagi pemerintah melalui regulasi untuk dapat mengelola limbah plastik ini secara baik, sehingga dapat meminimalisir dampak pencemaran lingkungan baik tanah, air maupun udara. Plastik merupakan salah satu produk turunan dari minyak bumi. Oleh karena itu, plastik mempunyai kandungan energi yang tinggi seperti bahan bakar pada umumnya seperti bensin, solar dan minyak tanah. Plastik merupakan material terbuat dari nafta yang merupakan produk turunan minyak bumi yang diperoleh melalui proses penyulingan. (Perkasa, 2023).

Beberapa jenis plastik yang biasa digunakan adalah berbahan baku PolyEthylene Terephthalate (PET), *High Density* PolyEthylene (HDPE), Polyvinyl Chloride (PVC), *Low Density* PolyEthylene (LDPE), Poly Propylene (PP) dan Poly Styrene (PS) (Novia, 2021). Mengingat keberadaan sampah plastik di lingkungan sangat berbahaya, maka dari itu perlu adanya penelitian untuk menanganinya. Salah satunya adalah pemanfaatan sampah plastik menjadibahan bakar minyak (BBM) menggunakan teknik pirolisis. Salah satu alternatif penanganan sampah plastik adalah dengan melakukan proses daur ulang (recycle). Plastik memiliki nilai kalor yang

relatif tinggi, sebanding dengan bahan bakar fosil seperti bensin dan solar. Secara kimiawi, plastik tersusun dari nafta, yaitu produk turunan minyak bumi yang dihasilkan melalui proses distilasi (Mustam et al., 2021).

Ada beberapa metode yang dapat digunakan untuk mengkonversi sampah plastik menjadi bahan bakar cair, antara lain: *pyrolysis (thermal cracking)*, and *catalytic cracking*. Diantara metode tersebut, metode pirolisis adalah metode yang dianggap paling menjanjikan. Pirolisis berasal dari dua kata yaitu *pyro* yang berarti panas dan *lysis* yang berarti penguraian atau degradasi, sehingga pirolisis berarti penguraian biomassa oleh panas pada suhu lebih dari 150°C. Pada proses pirolisis limbah plastik mengalami dekomposisi pada suhu tinggi tanpa adanya udara atau dengan udara terbatas. Proses dekomposisi pada pirolisis ini juga sering disebut dengan devolatilisasi. Produk pirolisis umumnya terdiri dari gas ( $H_2$ , CO,  $CO_2$ ,  $H_2O$ , dan  $CH_4$ ), tar (pyrolitic oil), dan arang. (Iswadi., dkk 2017). Minyak yang dihasilkan mengandung parafin, isoparafin, olefin, naphthene dan aromatik sehingga dapat dimanfaatkan sebagai bahan bakar. Oleh karena itu, minyak hasil pirolisis layak digunakan sebagai bahan bakar tunggal maupun bahan substitusinya (Sari, 2017).

Secara kimiawi, bahan bakar ini memiliki karakteristik yang kurang ideal, seperti tingkat keasaman tinggi yang bersifat korosif, adanya senyawa halogen yang berpotensi merusak mesin, serta nilai oktan dan viskositas yang tidak konsisten. (Wahyudi, dkk 2018). Pada penelitian Thahir et al. (2019) memaparkan bahwa ketidakstabilan properties fisik-kimia menjadi masalah utama. Viskositas, densitas, titik nyala, dan nilai kalor yang bervariasi membuat bahan bakar ini tidak bisa memenuhi standar yang ditetapkan. Selain itu, nilai oktan/*cetane* yang tidak konsisten dapat menyebabkan pembakaran tidak sempurna dan berpotensi merusak mesin. Oleh karena itu bahan bakar dari limbah plastik perlu untuk dilakukan *upgrading* sebagai upaya dalam meningkatkan mutu bahan bakar. Menurut (Matuszewska, et al 2022), *upgrading* bahan bakar cair melalui proses hidrogenasi dapat digunakan untuk meningkatkan mutu bahan bakar cair dari limbah plastik.

Proses hidrogenasi terjadi dengan adanya tiga komponen: hidrogen, katalis, dan senyawa tak jenuh. Transfer pasangan hidrogen ke senyawa tak jenuh difasilitasi melalui katalis heterogen yang memungkinkan reaksi terjadi pada suhu dan tekanan yang lebih rendah. Misalnya, hidrogenasi mengubah alkena menjadi alkana dalam minyak plastik. Dengan adanya katalis dapat mengubah senyawa tak jenuh menjadi jenuh dan membuat minyak lebih stabil (Papari, et al 2021). Hegedus (2021) melaporkan bahwa bahan bakar hasil pirolisis plastik HDPE, LDPE, dan PP mengandung olefin dalam kadar tinggi yang melebihi standar untuk bahan bakar. Kandungan olefin yang tinggi ini memengaruhi kualitas bahan bakar, seperti menurunkan nilai oktan, meningkatkan volatilitas yang menyebabkan bahan bakar mudah menguap, serta memicu pembentukan residu di mesin. Salah satu cara untuk mengurangi kadar olefin pada bahan bakar hasil pirolisis plastik adalah melalui proses *hydrotreatment*, yaitu hidrogenasi. Proses ini bertujuan untuk meningkatkan kualitas bahan bakar, efisiensi pembakaran, mengurangi emisi polutan, dan memenuhi standar lingkungan yang lebih ketat. Hidrogenasi melibatkan penambahan hidrogen pada ikatan rangkap dua olefin, mengubahnya menjadi alkana jenuh yang lebih stabil, meningkatkan stabilitas bahan bakar, dan meningkatkan nilai oktannya.

Dalam hal ini dibutuhkan peran katalis dalam peningkatan mutu bahan bakar cair yang berasal dari limbah plastik HDPE dengan menggunakan reaksi hidrogenasi. Katalis memainkan peran penting dalam reaksi hidrogenasi limbah plastik menjadi bahan bakar karena dapat meningkatkan efisiensi konversi dan selektivitas terhadap produk (Kalsum & Herawati, 2024). Katalis berbasis logam transisi Nikel (Ni) dan molibdenum (Mo) yang didukung oleh alumina atau zeolit sering digunakan dalam reaksi hidrogenasi untuk meningkatkan hasil hidrokarbon fraksi bensin dan solar. Logam-logam yang sering digunakan untuk reaksi hidrogenasi olefin yaitu Ni, Pd dan Pt (Riandis,dkk 2021). Menurut penelitian (Wei, et al 2023) katalis bifungsional yang menggabungkan katalis logam dan asam padat telah banyak digunakan untuk proses ini. Katalis logam termasuk katalis berbasis Pt-,28–34 Pd-, Ni-35–37 dan Co-36,37, di antaranya katalis berbasis Pt. (Wang, et al 2024) melaporkan bahwa hidrogenasi

katalitik yang mengandung logam seperti palladium (Pd), platinum (Pt), emas (Au), dan *ruthenium* (Ru), serta bahan oksida logam seperti titanium dioksida ( $\text{TiO}_2$ ), tembaga(I) oksida ( $\text{Cu}_2\text{O}$ ), dan cerium dioksida ( $\text{CeO}_2$ ), memiliki berbagai keunggulan dan aplikasi yang signifikan. Tetapi logam mulia seperti Pd, Pt, Au, dan Ru jauh lebih mahal dibandingkan Ni-Mo. Hal ini membuat penggunaannya kurang ekonomis, terutama untuk aplikasi skala besar atau industri yang membutuhkan katalis dalam jumlah besar. Katalis Ni-Mo memiliki stabilitas termal dan mekanis yang lebih baik pada kondisi reaksi yang ekstrem (tekanan dan suhu tinggi), dibandingkan beberapa katalis berbasis logam mulia.

Logam nikel (Ni) dipilih sebagai katalis karena merupakan logam transisi yang memiliki orbital d kosong sehingga efektif menerima pasangan elektron dari reaktan untuk mencapai suatu reaksi. Selain itu, logam nikel berukuran sangat kecil sehingga pendistribusiannya pada pengemban akan lebih merata dan meminimalkan terjadinya aglomerasi pada permukaan pengemban. Pengemban yang digunakan harus memiliki luas permukaan cukup besar sebagai tempat untuk mendistribusikan logam, sedangkan logam Mo memiliki selektivitas tinggi terhadap reaksi hidrogenasi. Pemakaian logam Mo sangat luas dalam reaksi katalitik baik berupa logam murni, oksida logam atau dikombinasikan dengan logam transisi lainnya dan sebagai pengemban sehingga logam Mo sangat baik digunakan untuk aktivitas proses *catalytic hydrocracking* trigliserida. (Nor et al, 2023) melaporkan, bahwa nikel dan molibdenum membentuk kombinasi katalis yang efektif untuk hidropirolisis katalitik, dimana nikel memfasilitasi adsorpsi dan aktivasi hidrogen, mendukung proses hidrogenasi dan deoksigenasi senyawa biomassa, sehingga meningkatkan kualitas dan hasil bio-oil. Molibdenum berkontribusi pada penghilangan oksigen dari oksigenat aromatik dan meningkatkan stabilitas termal katalis, menjadikannya tahan terhadap kondisi reaksi yang keras pada suhu tinggi (450–550 °C).

Salah satu perkembangan terbaru yang menarik dalam bidang ini adalah penggunaan katalis *biochar* yang dihasilkan dari biomassa. Biomassa, yang mencakup

berbagai jenis bahan organik seperti limbah pertanian, sisa-sisa tanaman, atau kayu, merupakan sumber daya potensial untuk memproduksi katalis *biochar*. Proses produksi *biochar* melalui pirolisis atau karbonisasi biomassa menghasilkan bahan padat yang kaya akan karbon dengan sifat-sifat yang unik. Katalis *biochar* memiliki potensi untuk digunakan dalam berbagai reaksi katalitik, termasuk reaksi transesterifikasi, oksidasi, hidrogenasi, dan banyak lagi. (Amalia, dkk 2023). *Biochar* memiliki struktur pori yang besar dan luas permukaan, yang meningkatkan kemampuan adsorpsi dan reaktivitasnya dalam berbagai reaksi kimia, termasuk transesterifikasi dan hidrogenasi. Hal ini memberikan *biochar* keunggulan dalam efisiensi katalitik. Katalis *biochar* dapat diaktivasi untuk meningkatkan sifat katalitiknya, sehingga dapat bersaing dengan katalis konvensional. (Ala'a et al, 2018) melaporkan produksi biodiesel dengan menerapkan katalis berbasis karbon, menunjukkan sifat katalitik yang luar biasa serta dukungan katalis karena luas permukaan yang lebih tinggi, stabilitas termal yang lebih baik, dan efektivitas biayanya. Bahan berbasis *biochar* sangat sesuai untuk digunakan sebagai pendukung karbon untuk fungsionalisasi logam karena stabilitasnya dalam media basa dan asam, luas permukaan yang besar (setelah aktivasi) yang memungkinkan tingkat dispersi tinggi, dan adanya banyak gugus fungsi permukaan yang meningkatkan penahan prekursor logam (Kumar, et al 2020).

Berdasarkan hal tersebut diatas, maka pada penelitian ini akan dilakukan proses *upgrading* bahan bakar dari limbah plastik HDPE dengan menggunakan katalis bifungsional berbasis *biochar* yang diimbangkan dengan logam Ni-Mo diharapkan bahwa penelitian ini akan memberikan wawasan yang mendalam tentang potensi penggunaan katalis berbasis *biochar* untuk proses *upgrading* bahan bakar dengan proses yang lebih efektif dan ramah lingkungan.

## 1.2. Batasan Masalah

Berdasarkan uraian pada latar belakang, maka penelitian ini dibatasi pada penggunaan:

1. Limbah plastik yang digunakan dibatasi pada jenis HDPE (High Density Polyethylene).
2. Katalis yang digunakan adalah katalis heterogen Ni-Mo yang disupport pada *biochar* dari limbah cangkang kelapa sawit.
3. Proses *upgrading* bahan bakar cair dilakukan melalui reaksi hidrogenasi.

## 1.3. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang maka di peroleh perumusan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana karakteristik katalis Ni-Mo/*Biochar* hasil sintesis dari limbah cangkang kelapa sawit berdasarkan hasil analisis FTIR, XRD, dan BET?
2. Bagaimana pengaruh konsentrasi katalis Ni-Mo/*Biochar* terhadap efektivitas reaksi hidrogenasi BBC HDPE.
3. Bagaimana kualitas BBC HDPE hasil hidrogenasi menggunakan katalis Ni-Mo/*Biochar*.

## 1.4. Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mengetahui karakteristik katalis Ni-Mo/*biochar* yang di hasilkan untuk proses *upgrading* bahan bakar dari limbah plastik.
2. Untuk mengetahui pengaruh konsentrasi katalis Ni/*Biochar* terhadap efektivitas reaksi hidrogenasi BBC HDPE.
3. Untuk mengetahui kualitas BBC HDPE hasil hidrogenasi menggunakan katalis Ni-Mo/*Biochar*.

### 1.5. Manfaat Penelitian

Adapun manfaat dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mengetahui karakteristik katalis Ni-Mo/*biochar* yang di hasilkan untuk proses *upgrading* bahan bakar dari limbah plastik.
2. Untuk mengetahui pengaruh konsentrasi katalis Ni/*Biochar* terhadap efektivitas reaksi hidrogenasi BBC HDPE.
3. Untuk mengetahui kualitas BBC HDPE hasil hidrogenasi menggunakan katalis Ni-Mo/*Biochar*.

