

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Meningkatnya penggunaan bahan bakar sejalan dengan pertumbuhan ekonomi dan perkembangan teknologi. Pertumbuhan ekonomi yang pesat digapai dengan cara meningkatkan produktivitas, baik melalui investasi dan ketersediaan cadangan energi yang memadai untuk mendorong pertumbuhan. Keadaan ini berujung pada meningkatnya permintaan pemakaian energi. Analisis Global Kapital Investama Alwi Assegaf (7 Juni 2021) menjelaskan bahwa cadangan minyak AS terus menurun dalam dua pekan terakhir, hal ini menandakan kuatnya permintaan minyak. *American Petroleum Institute (API)* juga melaporkan bahwa cadangan persediaan minyak mentah turun 2,1 juta barel terhitung pada 4 Juni 2021. *Riset ANZ* memprediksi jumlah permintaan minyak pada kuartal IV-2021 akan meningkat 450.000 barel/hari. Hal ini didorong karena masa peralihan dari gas alam ke BBM untuk pembangkitan listrik pada musim dingin di Northern Hemisphere tahun ini. Organisasi Negara- Negara Pengekspor Minyak Bumi (*OPEC*) memang sudah menaikkan produksi minyak menjadi 400.000 barel/hari hingga Desember 2021, namun sepertinya usaha tersebut masih belum bisa mengimbangi jumlah permintaan minyak dunia. Karena keadaan ini, kenaikan harga minyak pada beberapa negara tidak terelakkan. Disaat yang bersamaan pula Indonesia membutuhkan energi untuk mendorong pembangunan. Sampai sekarang, pertumbuhan dan perkembangan Indonesia diperoleh dari hasil investasi pembangunan yang didukung terutama oleh energi berbasis fosil seperti minyak dan batu bara (Haryana, 2010). Bahan bakar minyak berasal dari minyak bumi yang merupakan energi tidak terbarukan, sehingga cepat atau lambat ketersediaannya pasti akan habis. Thacker (2013) memperkirakan Indonesia mungkin harus mengimpor lebih dari 70% kebutuhan minyak nasionalnya pada tahun 2025, hal ini karena berkurangnya produksi minyak di dalam negeri dan meningkatnya permintaan energi. Krisis ini perlu ditanggulangi dengan suatu

usaha eksplorasi dan penelitian berkelanjutan untuk mendapatkan sumber bahan baku alternatif.

Pada kenyataannya, Indonesia memiliki potensi besar energi baru terbarukan (EBT) sebesar 311.232 MW, diantaranya mini/micro hydro sebesar 450 MW, Biomass 50 GW, energi surya 4,80 kWhm⁻²/hari, energi angin 3-6 mdet¹ dan energi nuklir 3 GW. Salah satu potensi EBT yang belum banyak dimanfaatkan adalah energi biomassa. Potensi sediaan energi biomassa di Indonesia sebesar 50.000 MW, tetapi hanya 0,64% yang sudah termanfaatkan, yaitu hanya sebesar 320 MW. Salah satu jenis biomassa yang menjanjikan adalah kelapa sawit (Prasetyani, 2009). Indonesia merupakan negara penghasil kelapa sawit nomor satu di dunia dan disusul oleh Malaysia. Namun, sedikit permasalahan pada industri kelapa sawit, yaitu pengelolaan limbahnya (Azri, 2014). Pada perkebunan kelapa sawit dihasilkan limbah sebanyak 50-70 ton tiap satu hektarnya (Purwanto, 2012). Jenis limbah kelapa sawit yang utama adalah tandan kosong, pelepah, cangkang dan serat sisa industri. Dari satu pohon sawit dihasilkan limbah 40-50 pelepah/pohon dalam 1 tahun. Diperkirakan jumlah limbah pelepah dalam satu tahun luas 1 hektar kelapa sawit sebanyak 6400 - 7500 pelepah (Samosir, 2014). Pemanfaatan limbah pelepah kelapa sawit menjadi bioenergi tentunya memberikan peluang dan dampak positif baik dari segi lingkungan, sosial maupun ekonomi. Salah satu usaha yang cukup menarik perhatian dalam mengurangi ketergantungan pemakaian energi tidak terbarukan adalah konversi limbah pelepah kelapa sawit menjadi Bio-oil .

Teknologi yang biasa digunakan dalam pembuatan Bio-oil dengan kinerja tinggi adalah *fast pyrolysis*, yaitu proses pemanasan dan dekomposisi biomassa menjadi molekul yang lebih kecil baik berbentuk padatan, cairan maupun bentuk gas dengan temperatur yang tinggi (450^o- 600^oC) tanpa kehadiran oksigen (Purwanto, 2012). Untuk menghasilkan Bio-oil yang maksimal harus memperhatikan faktor- faktor penting, seperti laju pemanasan yang tinggi, temperatur tinggi dan waktu tinggal yang singkat (Basak, 2007). *Fast pyrolysis* adalah salah satu teknologi yang dapat menjanjikan persen produk cair lebih tinggi dibandingkan produk gas dan arang dengan mengontrol lingkungan saat proses berlangsung (Abdullah, 2008). Banyak peneliti yang telah mempelajari

teknologi pirolisis cepat, diminati karena menawarkan cara yang menarik dan fleksibel untuk menghasilkan bahan bakar terbarukan (Abdullah, 2010). Abnisa dkk., (2013) melakukan pirolisis cepat terhadap residu pohon kelapa sawit menggunakan reaktor *fixed bed*. Hasil maksimum Bio-oil yang diperoleh adalah 43,5% pada suhu 500°C, laju aliran gas 2 L/min selama 1 jam. Produk cair dapat digunakan sebagai sumber bahan bakar bermutu rendah secara langsung, atau ditingkatkan sebagai kualitas yang lebih tinggi bahan bakar cair. Rahman, dkk., (2014) melakukan pirolisis cepat limbah pelepah kelapa sawit dalam reaktor *fixed bed*. Hasil maksimum Bio-oil yang diperoleh adalah 47,4% pada suhu 400°C. Kim, dkk., (2013) mempelajari pirolisis cepat cangkang kelapa sawit (PKS), tandan kosong kelapa sawit (EFB) dan cangkang kulit biji jatropha (JSC) menggunakan reaktor *fluidized bed*. Hasil maksimum Bio-oil EFB 36,5%, lebih tinggi bila dibandingkan dengan PKS 30,3% dan JSC 27,2%.

Dari studi kajian riset sebelumnya, konversi limbah kelapa sawit menjadi Bio-oil masih belum memenuhi syarat komposisi sesuai untuk menggantikan diesel. Bio-oil yang telah dihasilkan pada penelitian sebelumnya masih memiliki kandungan senyawa oksigenat yang sangat tinggi. Kandungan senyawa oksigenat dalam Bio-oil dapat menyebabkan rendahnya pH, meningkatkan keasaman, menurunkan heating value, menyebabkan korosi, membuat produk menjadi tidak stabil dan berakibat pada tingginya angka viskositas produk (Purwanto, 2012).

Salah satu teknologi yang digunakan untuk meng-upgrade bio-oil adalah *catalytic hydrotreatment*. Proses ini dilakukan pada kondisi operasi dengan suhu dan tekanan yang sangat tinggi (lebih dari 150°C dan lebih dari 100 bar). Salah satu metodenya adalah proses hidrideoksigenasi (HDO) (Mercarder, 2010). Kajian penelitian terdahulu menunjukkan bahwa temperatur dan tekanan sangat berpengaruh terhadap reaksi HDO. Tekanan berperan penting dalam memastikan kelarutan gas hidrogen yang lebih tinggi pada Bio-oil, sehingga ketersediaannya pada katalis juga tinggi (Choudhary, 2011).

Sebagaimana proses *catalytic hydrotreatment*, pemakaian katalis merupakan salah satu parameter yang berperan penting dalam proses ini. Reaksi hydrotreatment biasanya memakai katalis untuk mengurangi suhu dan energi reaksi (Wang, 2010). Augustine (1996) dalam bukunya menyatakan bahwa

terdapat beberapa kekurangan penggunaan logam murni sebagai katalis, seperti sintering, terdeaktivasi karena kehilangan situs aktif dan umur katalis yang lebih pendek. Katalis zeolit merupakan katalis yang paling umum digunakan dalam proses konversi biomassa, dikarenakan kemampuan deoksigenasinya yang sangat baik (Usui, 2004). Mordenit dikenal dengan sifat unggulnya yaitu stabilitas termal yang tinggi karena kemampuan untuk mempertahankan strukturnya di suhu 800-900 °C. Mordenit juga memiliki rongga dan saluran yang menjadikannya cocok sebagai adsorben, media penukar ion dan bahan pengemban (Trisunaryanti, 2012). Mordenit adalah katalis asam yang sangat kuat yang terdiri dari saluran yang lebih besar (utama) dan lebih kecil (kantong samping). Saluran utama berukuran $6,5 \times 7,0$ yang dihubungkan oleh pori-pori berliku berukuran $2,6 \times 5,7$ yang membentuk apa yang disebut saku samping (Webster, 1999). Saku samping ini terlalu kecil untuk sebagian besar molekul organik, sehingga sistem mikropori searah berakibat pada katalis mordenit yang disintesis mudah terdeaktivasi (Mierczynski, 2013). Penelitian Beeckman (1979) menjelaskan bahwa struktur mikro saku samping mordenit dapat menyebabkan kerusakan katalis akibat kokas. Kokas yang terbentuk tidak hanya menutupi situs aktif tetapi juga memblokir pori-pori katalis sehingga membatasi aktivitas katalitik, selektivitas juga stabilitas (Aguado, 2009). Aktivitas katalitik dapat ditingkatkan dengan penghamburan logam baik di permukaan atau di pori-pori zeolit. Ribeiro (1987) menjelaskan bahwa kehadiran logam memiliki efek positif yaitu menghidrogenasi prekursor kokas pada mordenit.

Katalis heterogen berbasis logam Co bisa dijadikan alternatif yang menjanjikan. Diantara banyak oksida logam transisi, katalis kobalt oksida telah terbukti memiliki kinerja katalitik yang baik pada beberapa reaksi diantaranya reaksi oksidasi hidrokarbon-brominasi (Mei dkk., 2016), dekomposisi N_2O (Sui, dkk., 2017), epoksidasi alkena (Li, dkk., 2017) dan eliminasi formaldehid (Lu, dkk., 2017). Namun, aktivitas katalitik, selektivitas produk, dan stabilitas katalis kobalt oksida perlu ditingkatkan lebih lanjut dengan meningkatkan sisi aktif katalis. Logam besi (Fe) merupakan unsur golongan transisi yang menyediakan orbital d yang belum terisi penuh oleh elektron, sehingga dapat membantu meningkatkan keasaman total katalis. Penghamburan logam aktif ke permukaan

pengembangan dapat memperluas permukaan katalis dan memperbanyak sisi aktif katalis yang bertujuan untuk meningkatkan sifat katalitik katalis (Satterfield, 1980).

Dalam penelitian ini, digunakan pelepah kelapa sawit sebagai bahan baku biomassa. Langkah pertama penelitian ini adalah pirolisis bahan baku dengan mengalirkan gas N_2 pada temperatur $500^\circ C$ selama 2 jam. Selanjutnya, produk bio-oil dengan katalis bimetal dialirkan gas H_2 untuk proses HDO dengan memvariasikan suhu reaksi untuk mempelajari komposisi hasil produk Biohidrokarbon cair yang dihasilkan pada setiap suhu yang diuji cobakan. Hasil yang diharapkan yakni produk biohidrokarbon dengan kondisi proses yang optimum dan dapat menjadi Sumber *biofuel* terbarukan di masa yang akan datang.

1.2 Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana karakteristik katalis yang dihasilkan?
2. Bagaimana aktivitas dan selektivitas katalis dengan karakteristik terbaik diantara Mordenit, Fe_2O_3/Mor , CoO/Mor dan Fe_2O_3-CoO/Mor pada proses hidredeoksigenasi bio-oil?
3. Bagaimana sifat fisiokimia bio-oil hasil pirolisis dan proses upgrading hidredeoksigenasi (HDO) dengan katalis mordenit dan Fe_2O_3-CoO/Mor ?

1.3 Batasan Masalah

Penelitian ini dibatasi pada:

1. Uji karakteristik Katalis Fe_2O_3/Mor , CoO/Mor dan Fe_2O_3-CoO/Mor hasil preparasi,
2. Uji aktivitas dan selektifitas Katalis bimetal Fe_2O_3-CoO/Mor hasil preparasi, serta
3. Mengetahui karakteristik Produk Biohidrokarbon cair yang dihasilkan pada proses hidredeoksigenasi bio-oil pelepah kelapa sawit dengan katalis bimetal Fe_2O_3-CoO/Mor dan mordenit dasar dengan variasi suhu.

1.4 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan penelitian dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mengetahui karakteristik katalis yang dihasilkan.

2. Mengetahui aktivitas dan selektivitas katalis dengan karakteristik terbaik diantara Mordenit, $\text{Fe}_2\text{O}_3/\text{Mor}$, CoO/Mor dan $\text{Fe}_2\text{O}_3\text{-CoO}/\text{Mor}$ pada proses hidredeoksigenasi bio-oil.
3. Mengehau sifat fisiokimia bio-oil hasil pirolisis dan proses upgrading hidredeoksigenasi (HDO) dengan katalis mordenit dan $\text{Fe}_2\text{O}_3\text{-CoO}/\text{Mor}$.

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini untuk peneliti sendiri ialah untuk menambah pengetahuan, pemahaman dan kemahiran dalam melakukan penelitian. Selain itu, manfaat lain dari penelitian ini ialah sebagai :

1. Pelatihan bagi peneliti untuk mengembangkan katalis, melakukan pirolisis dan proses HDO bio-oil.
2. Pengetahuan dasar bagi peneliti selanjutnya mengenai support katalis, pirolisis dan *hydrotreating*.
3. Bahan pertimbangan dalam pengembangan biomassa sebagai bio-fuel pengganti minyak bumi.
4. Bahan untuk menguatkan nilai ilmiah dan manfaat limbah pelepah kelapa sawit.