

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Biomassa

Sebelum mengenal bahan bakar fosil, manusia sudah menggunakan biomassa sebagai sumber energi. Biomassa mengacu pada material yang berasal dari makhluk hidup, tidak termasuk material yang berhubungan dengan geologi. Biomassa dapat dikonversi secara langsung atau tidak langsung menjadi bahan bakar hayati yang dapat berupa padatan, cairan atau gas. Sumber utama dari biomassa untuk menghasilkan energi adalah berbagai biomassa jenis tumbuhan dan kayu-kayuan, biomassa dari buah-buahan dan biji dan lain-lain. Melalui produk-produk tersebut, energi matahari secara langsung atau tidak langsung dipindahkan oleh suatu proses fotosintesis sehingga memungkinkan tumbuhan-tumbuhan tersebut menghasilkan suatu biomassa. Proses pembakaran untuk menghasilkan energi panas merupakan cara tradisional dalam menggunakan biomassa, yang telah dilakukan manusia bersamaan dengan ditemukannya api. Biomassa tersedia dalam jumlah yang melimpah dan murah, serta dimanfaatkan dengan mengkonversikannya menjadi produk-produk yang kaya energi melalui proses-proses tertentu (Zinoviev, et. al, 2007).

Indonesia dengan kekayaan alamnya yang melimpah, mempunyai potensi untuk menjadi lumbung bioenergi dunia. Potensi yang benar-benar tidak dapat diabaikan adalah tersedianya lahan yang luas untuk membudidayakan tanaman-

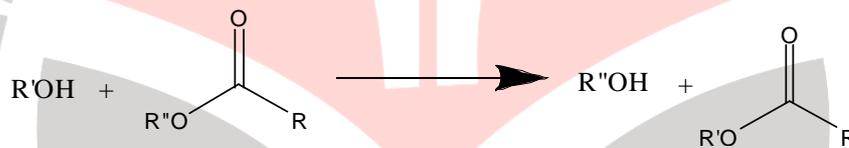
tanaman yang potensial sebagai sumber bahan baku bioenergi. Indonesia bahkan merupakan negara penghasil minyak nabati terbesar di dunia, bahan baku minyak nabati meliputi asam lemak dari kelapa sawit, jarak pagar, kelapa, sirsak, srikaya, kapuk, dan alga. (www.chem-is-try.org).

Saat ini dunia menghadapi kenyataan akan menipisnya persediaan energi, khususnya energi sebagai bahan bakar. Karena bahan bakar yang selama ini digunakan merupakan bahan bakar fosil yang tidak dapat diperbaharui dan penggunaannya sebagai bahan bakar seringkali menghasilkan senyawa-senyawa beracun dan mencemari lingkungan. Maka perlu dicari suatu energi alternatif yang dapat diperbaharui dan aman terhadap lingkungan, yaitu biofuel.

2.2. Biofuel

Biofuel digunakan untuk menyatakan bahan bakar yang dihasilkan dari biomassa, dapat berupa metil ester asam lemak atau alkana cair yang termasuk dalam kelompok biodiesel, maupun etanol (bioetanol). Biodiesel merupakan bahan bakar yang memiliki sifat menyerupai minyak diesel/solar. Bahan bakar ini ramah lingkungan karena menghasilkan emisi gas buang yang jauh lebih baik dibandingkan dengan diesel/solar, yaitu bebas sulfur, bilangan asap (*smoke number*) yang rendah, memiliki *cetane number* yang lebih tinggi, pembakaran lebih sempurna, memiliki sifat pelumasan terhadap piston mesin dan dapat terurai (biodegradable) sehingga tidak menghasilkan racun (*non toxic*) (www.chem-is-try.org).

Biodiesel (FAME) merupakan suatu asam lemak metil ester yang dihasilkan dari minyak nabati dan lemak hewan melalui reaksi transesterifikasi. Teknologi yang telah banyak digunakan untuk memproduksi biodiesel adalah transesterifikasi trigliserida dari asam lemak dengan metanol, menghasilkan metil ester asam lemak (biodiesel) (Zinoviev, et. al, 2007). Transesterifikasi merupakan reaksi antara trigliserida (minyak) dengan alkohol (etanol atau metanol) dengan adanya katalis (Natrium Hidroksida atau Kalium Hidroksida) menghasilkan suatu metil atau etil ester.



Gambar 2.1. Reaksi Transesterifikasi

Reaksi tersebut menghasilkan produk samping, yaitu gliserol. Sehingga harga biodiesel akan bergantung pada penjualan gliserol, dan peningkatan produksi biodiesel akan menyebabkan harga dari gliserol menjadi rendah. Akibatnya untuk menutupi biaya produksi maka harga jual biodiesel hasil transesterifikasi menjadi lebih tinggi.

Selain melalui proses transesterifikasi, biodiesel dapat juga dihasilkan dari minyak nabati melalui proses *cracking*, atau lebih tepatnya *hydrocracking*. *Cracking* atau perengkahan adalah suatu cara untuk memecah rantai molekul hidrokarbon yang

besar menjadi molekul yang lebih kecil. Pemecahan ini menggunakan suhu dan tekanan yang tinggi tanpa adanya katalis, atau suhu dan tekanan yang rendah dengan menggunakan katalis. Keunikan dari reaksi ini adalah molekul hidrokarbon dihancurkan secara acak untuk menghasilkan campuran hidrokarbon yang lebih kecil (www.chemguide.co.uk).

Untuk mengganti premium, alternatifnya adalah gasohol (gasoline-alkohol) yang merupakan campuran antara bensin dan bioetanol. Bioetanol bersumber dari karbohidrat yang potensial sebagai bahan baku seperti jagung, ubi kayu, ubi jalar, sagu, dan tebu. Dari beberapa bahan baku tersebut, diketahui bahwa tanaman jagung merupakan pakan unggulan untuk bahan utama bioetanol karena selain dari segi ekonomis tergolong murah, jumlah hasil bioetanol yang dihasilkan jagung ternyata lebih besar diantara tanaman lain (www.chem-is-try.org).

Setelah bahan baku diatas melalui proses fermentasi, dihasilkanlah etanol. Dan dari etanol dapat dibuat etanol 99,5% atau *fuel grade ethanol* yang bisa digunakan untuk campuran gasohol. Di dalam etanol, terdapat 35% oksigen yang dapat meningkatkan efisiensi pembakaran mesin dan juga meningkatkan angka oktan seperti zat aditif *Methyl Tertiary Butyl Ether* (MTBE) dan *Tetra Ethyl Lead* (TEL). Selain itu, etanol juga bisa terurai sehingga dapat mengurangi emisi gas buang berbahaya (www.chem-is-try.org).

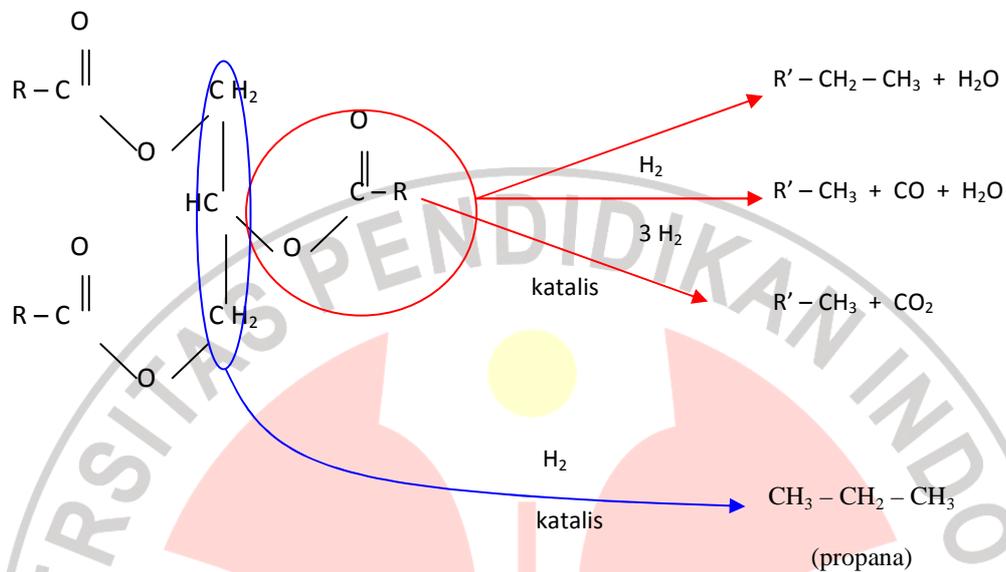
Kelemahan dari bioalkohol diantaranya keterbatasan dalam penggunaannya yang masih diarahkan hanya pada bidang transportasi juga masalah korosi yang kerap

kali timbul pada reaktor. Selain itu, produksi dalam skala besar tentu memerlukan pembangunan pabrik khusus untuk memproduksi bioalkohol.

Bioalkana adalah alkana rantai lurus yang dihasilkan dari biomassa melalui proses hidrogenasi. Alkana yang dihasilkan dapat bermacam-macam bergantung pada sumber yang digunakan dan proses yang dilakukan. Bahan baku yang digunakan dalam produksi bioalkana sama seperti yang digunakan dalam produksi biodiesel, hanya saja proses yang dilakukan dan produk yang dihasilkannya berbeda.

Alternatif lain untuk mengkonversi trigliserida dari minyak nabati atau lemak hewan yang biasa digunakan untuk menghasilkan biodiesel selain dengan cara transesterifikasi yang biasa dilakukan, adalah dengan proses hidrogenasi katalitik.

Persamaan reaksi hidrogenasi trigliserida dengan menggunakan katalis adalah sebagai berikut :



Gambar 2.2. Reaksi Konversi Trigliserida Menjadi Alkana

Propil yang menghubungkan triester akan dihidrogenasi menjadi propana, sedangkan rantai karbon yang membentuk gliserida akan dihidrogenasi menjadi alkana yang sesuai dengan jumlah karbon yang terkandung di dalamnya.

Keuntungan dari proses hidrogenasi trigliserida dengan menggunakan katalis ini, dapat menghasilkan berbagai jenis alkana cair yang dapat dimanfaatkan sebagai sumber bahan bakar, maupun untuk aplikasi yang lain. Alkana cair yang dihasilkan akan bergantung dari jenis trigliserida yang digunakan sebagai bahan baku. Tidak adanya produk samping seperti gliserol menyebabkan harga pasar dari biodiesel ini tidak bergantung pada produk samping. Selain itu, untuk jalur reaksi reduksi, tidak

menghasilkan produk samping berupa CO₂ maupun CO sehingga dapat mengurangi emisi udara. Produksi bioalkana untuk skala industri, juga tentu saja memerlukan suatu infrastruktur, namun ada kesesuaian antara infrastruktur yang diperlukan dengan infrastruktur yang ada pada industri kilang minyak, sehingga berpeluang dapat memanfaatkan industri kilang minyak.

Secara umum, permasalahan yang mendasari bioenergi adalah ketersediaan lahan sebagai bahan baku bioenergi dan juga pabrikasi yang memerlukan biaya cukup besar. Kandungan sulfur yang hampir tidak ada menjadi poin positif untuk digunakannya bioenergi. Siklus-hidup yang stabil dari tumbuhan akan dapat meminimalisir bahaya pemanasan global. Perbedaan yang signifikan antara biodisel, bioalkohol, dan bioalkana adalah pada bahan bakunya, proses pengolahannya, dan produk yang dihasilkannya. Bioalkana memiliki karakteristik produk yang lebih mirip dengan bahan bakar fosil dibandingkan dengan bioalkohol maupun biodisel.

2.3. Lemak dan Minyak

Bahan baku yang digunakan dalam penelitian ini adalah minyak nabati (minyak goreng). Lemak dan minyak adalah bahan – bahan yang tidak larut dalam air yang berasal dari tumbuh – tumbuhan dan hewan. Lemak dan minyak yang digunakan dalam makanan sebagian besar adalah trigliserida yang merupakan ester dari gliserol dan berbagai asam lemak. Istilah lemak (fat) biasanya digunakan untuk campuran trigliserida yang berbentuk padat pada suhu ruangan, sedangkan minyak (oil) berarti campuran trigliserida cair pada suhu ruangan (Buckle, et. al. 2007).

Trigliserida dapat berwujud padat atau cair, hal ini tergantung dari komposisi asam lemak yang menyusunnya. Sebagian besar minyak nabati berbentuk cair Karena mengandung sejumlah asam lemak tidak jenuh, yaitu asam oleat, linoleat, atau asam linolenat dengan titik cair yang rendah. Lemak hewani pada umumnya berbentuk padat pada suhu kamar karena banyak mengandung asam lemak jenuh, misalnya asam palmitat dan stearat yang mempunyai titik cair lebih tinggi (Ketaren, 2005).

Minyak dapat digunakan sebagai medium penggoreng bahan pangan. Dalam penggorengan, minyak goreng berfungsi sebagai medium penghantar panas, menambah rasa gurih, menambah nilai gizi dan kalori dalam bahan pangan (Ketaren, 2005).

Jenis minyak yang umumnya dipakai untuk menggoreng adalah minyak nabati seperti minyak sawit, minyak kacang tanah dan minyak wijen. Minyak goreng jenis ini mengandung sekitar 80% asam lemak tak jenuh jenis asam oleat dan linoleat, kecuali minyak kelapa. Proses penyaringan minyak kelapa sawit sebanyak 2 kali (pengambilan lapisan lemak jenuh) menyebabkan kandungan asam lemak tak jenuh menjadi lebih tinggi (Sartika, 2009).

Minyak kelapa sawit berasal dari tanaman golongan palm yaitu kelapa sawit (*Elaeis guinensis* JACQ) dan ditanam disebagian besar daerah di Indonesia seperti Jawa Barat (Lebak dan Tangerang), Lampung, Riau, Sumatera Barat, Sumatera Utara dan Aceh (Ketaren, 2005).

Minyak kelapa sawit adalah minyak yang mempunyai komposisi yang tetap. Rata-rata komposisi asam lemak minyak kelapa sawit dapat dilihat pada Tabel 2.1.

Tabel 2.1. Komposisi Asam Lemak Minyak Kelapa Sawit

Asam Lemak	Minyak kelapa sawit (%)
Asam miristat	1,1 – 2,5
Asam palmitat	40 - 46
Asam stearat	3,6 – 4,7
Asam oleat	39 – 45
Asam linoleat	7 - 11

Sumber: Ketaren, 2005.

2.4. Katalis dan Material Pendukung

Pada penelitian ini digunakan $\text{NiO}/\text{Al}_2\text{O}_3$ sebagai katalis. Dimana Al_2O_3 merupakan material pendukung yang memperluas permukaan katalis. Katalis ialah zat yang mengambil bagian dalam reaksi kimia dan mempercepatnya, tetapi ia sendiri tidak mengalami perubahan kimia yang permanen. Jadi katalis tidak muncul dalam persamaan kimia balans secara keseluruhan, tetapi kehadirannya sangat mempengaruhi hokum laju, memodifikasi dan mempercepat lintasan yang ada, atau lazimnya, membuat lintasan yang sama sekali baru bagi kelangsungan reaksi (Oxtoby, et. al. 2001).

Katalisis dapat dibagi ke dalam dua jenis: homogen dan heterogen. Dalam katalisis homogen, katalis ada dalam fasa yang sama dengan fasa reaktan, misalnya katalis fasa gas mempercepat reaksi fasa gas, atau unsure yang dilarutkan dalam

larutan mempercepat reaksi dalam larutan. Dalam katalis heterogen, katalis berada dalam fasa yang berbeda. Kasus yang paling penting ialah kerja katalitik dari permukaan padatan tertentu pada reaksi-reaksi fasa gas dan fasa larutan (Oxtoby, et. al. 2001).

Katalis pada umumnya mengandung dua komponen atau lebih, yaitu material pendukung dan fasa aktif. Material pendukung merupakan suatu kendaraan bagi fasa aktif yang memperluas permukaan fasa aktif untuk dapat dibentuk menjadi partikel kasar sehingga sesuai untuk digunakan pada reaktor teknik. Bahan yang banyak digunakan sebagai material pendukung dengan permukaan yang luas adalah silika gel dan γ -alumina, yang menghasilkan luas permukaan 100 – 800 m²/g. Material dengan luas permukaan yang rendah (~ 1 m²/g) adalah α -alumina dan *mullite* (alumina – silika). Baik γ -alumina maupun η -alumina merupakan material pendukung dengan luas permukaan yang tinggi (15-300 m²/g) (Moulijn, 1993).

Sebagai katalis, salah satu sifat penting dalam proses konversi menghasilkan fraksi bensin adalah jumlah situs asam totalnya (keasaman). Keasaman material pendukung dapat ditingkatkan dengan cara pengembanan logam-logam transisi yang memiliki orbital *d* belum terisi penuh. Logam-logam ini secara langsung dapat berfungsi sebagai katalis tanpa diembankan terlebih dahulu pada pengembanan, tetapi memiliki kelemahan, diantaranya luas permukaan yang relatif kecil, dan selama proses katalitik dapat terjadi penggumpalan. Pengembanan logam-logam tersebut pada zeolit akan mendistribusikannya secara merata pada permukaan pengembanan, sehingga menambah luas permukaan spesifik sistem katalis secara keseluruhan. Jenis

logam yang biasanya diimbankan pada pengemban dan digunakan secara luas pada industri minyak bumi adalah Ni-Mo dan Ni-Pd pada pengemban zeolit-Y [5] atau zeolit sintetis. Sistem katalisnya disebut sebagai katalis *bifunctional*, yaitu melibatkan fungsi logam dan pengembannya sebagai katalis (Trisunaryanti, dkk. 2005).

2.5. Reaktor *Batch*

Reaksi *hydrocracking* pada penelitian dilakukan dengan menggunakan reaktor tipe *batch*. Pada sistem ini, setelah mengisi reaktor dengan sejumlah reaktan, reaksi dimulai baik dengan memulai pemanasan maupun dengan menambahkan katalis. Reaktan yang belum terkonversi dan produk reaksi terdapat di dalam reaktor selama reaksi. Dengan demikian komposisi campuran reaksi berubah sebagai fungsi dari waktu. Pada reaktor *batch*, biasanya digunakan untuk menghasilkan produk bernilai tinggi dengan jumlah yang sedikit. Reaktor tipe ini memiliki volume hingga 10 m^3 dan diisi dengan zat dalam keadaan cair. Dengan adanya pengadukan secara mekanik, dipastikan menghasilkan campuran yang baik, bersamaan dengan perubahan panas yang baik disekeliling reaktor dan jika diperlukan, dengan juga mempertahankan katalis dalam suspensinya. Untuk pencampuran yang baik, baik temperatur maupun komposisi harus merata di seluruh bagian reaktor (Moulijn, 1993).