

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI

2.1 Tinjauan Pustaka

Harjanti dkk (2009) melakukan penelitian tentang kinetika reaksi heterogen etanolisis minyak jarak kepyar (*ricinus communis*) dengan katalisator zeolit klinoptilolit. Pada penelitian tersebut alkoholisis minyak jarak dilakukan pada suhu tinggi dengan katalisator zeolit alam klinoptilolit dalam sebuah reaktor autoklaf yang dilengkapi dengan manometer, termometer, kran pengambil cuplikan, dan pemanas. Penelitian tersebut menunjukkan bahwa pada kisaran waktu tertentu, peningkatan suhu dan putaran autoklaf mengakibatkan peningkatan konversi gliserid. Dari hasil penelitian tersebut kinetika reaksi menunjukkan bahwa reaksi kimia pada permukaan katalisator merupakan langkah yang mengendalikan kecepatan reaksi keseluruhan. Kondisi proses yang relatif optimum terjadi pada waktu 60 menit, suhu 120°C dan kecepatan putaran autoklaf 110 rpm dengan perbandingan alkohol-minyak 12,56 mg/mg dan prosentase katalisator 2,56%. Pada keadaan ini konversi gliserid mencapai 0,73 bagian. Ester dari minyak jarak yang diperoleh memiliki viskositas 8,0 cSt, titik tuang -16,6°F, titik nyala 215°F, warna ASTM 1, dan nilai kalor 19,119 Btu/lb.

Hermawati (2015) melakukan penelitian tentang pengaruh temperatur pemanasan awal dan kecepatan ulir terhadap perolehan minyak biji jarak pagar (*jatropha curcas linn*) dengan metode pengepresan berulir. Pada penelitian tersebut minyak diperoleh dengan metode pengepresan berulir (*screw press*). Biji jarak pagar dibersihkan dari kotorannya kemudian dipanaskan dengan variabel suhu 50°C, 70°C, 90°C serta variabel kecepatan ulir 175 rpm, 200 rpm dan 220 rpm. Dari hasil penelitian tersebut pengamatan yang dilakukan variabel 9 memperoleh presentase rendeman minyak terbanyak yaitu 10,11% variabel suhu pemanasan awal 90°C dan kecepatan putar ulir 220 rpm. Kadar air minyak biji jarak yang diperoleh antara 0,2-1,2%. Densitas minyak biji jarak yang diperoleh antara 0,896-0,912 g/ml. Viskositas minyak biji jarak yang diperoleh antara 17,33-19,51 cp,

angka asam minyak biji jarak yang diperoleh antara 3,03-3,9 , angka penyabunan minyak biji jarak yang diperoleh antara 188,5-194,11.

Atmoko dkk (2014) melakukan penelitian tentang pengaruh temperatur pada proses transesterifikasi terhadap karakteristik biodiesel dari minyak goreng bekas. Penelitian tersebut dilakukan dengan proses transesterifikasi dengan cara mereaksikan katalis dan metanol yang kemudian dicampur bersamaan dengan minyak goreng bekas. Pencampuran tersebut menggunakan variasi temperatur 30°C, 40°C, 50°C dan 60°C. Hasil pengujian karakteristik densitas pada variasi temperatur 30°C dan 40 sebesar 0,8779 g/ml, 50°C sebesar 0,8771 g/ml dan temperatur 60°C didapatkan nilai 0,8747 g/ml. Pada pengujian viskositas temperatur 30°C, 40°C, 50°C dan 60 °C dihasilkan nilai 5,258 mm²/s, 5,078 mm²/s, 4,939 mm²/s, dan 4,728 mm²/s. Untuk hasil pengujian titik nyala dengan temperatur 30°C sebesar 202,5°C, variasi temperatur 40°C sebesar 198,5°C, temperatur 50 °C didapatkan 196,5 °C, dan 60 °C sebesar 192,5 °C. Dari hasil tersebut didapatkan hasil karakteristik densitas, viskositas dan titik nyala. Hasil tersebut menunjukkan bahwa semua pengujian biodiesel yang dihasilkan memenuhi standar karakteristik biodiesel.

Wanri (2014) melakukan penelitian tentang pembuatan metil ester (biodiesel) dari limbah ampas kedelai dengan proses transesterifikasi in situ menggunakan katalis NaOH. Hasil samping dari industri tahu adalah ampas kedelai, berupa padatan putih yang masih mengandung air. Penelitian tersebut memanfaatkan limbah ampas kedelai sebagai bahan pembuatan biodiesel dengan proses transesterifikasi in situ dan mengetahui pengaruh suhu dan waktu operasi pada proses transesterifikasi in situ terhadap karakteristik mutu biodiesel. Analisis yang dilakukan pada produk biodiesel meliputi densitas, viskositas, bilangan asam, nilai kalor dan titik nyala. Dari hasil penelitian tersebut didapatkan kondisi optimum pada suhu 50°C dan waktu 90 menit, dengan data densitas 0,866 g/ml, viskositas 4,82 cSt, bilangan asam 0,44 mg/g, nilai kalor 9481,4679 Cal/g dan titik nyala 104°C. Berdasarkan data yang didapatkan, penelitian tersebut menyimpulkan produk biodiesel sudah memenuhi Standar Nasional Indonesia (SNI).

Sari (2007) melakukan penelitian tentang proses pembuatan biodiesel minyak jarak pagar (*Jatropha curcas L.*) dengan transesterifikasi satu dan dua tahap. Pada penelitian tersebut dilakukan proses transesterifikasi dengan katalis basa satu tahap atau dua tahap, pada berbagai rentang suhu dan beragam konsentrasi metanol. Metil ester dengan viskositas kinematik terkecil dihasilkan dari reaksi pada suhu rendah 30°C dengan nisbah mol metanol lima kali mol minyak. Pada kondisi tersebut, viskositas dan densitas metil ester hasil proses dua tahap lebih kecil dari proses satu tahap namun memiliki bilangan asam yang lebih besar bahkan melebihi batas yang ditetapkan standar ASTM D664. Dari hasil penelitian tersebut didapatkan perlakuan terbaik adalah proses transesterifikasi satu tahap pada suhu 30°C dengan molar rasio metanol: minyak sebesar 5:1. Metil ester yang dihasilkan memiliki viskositas kinematik 3.89 cSt, densitas 0,88g/cm³ dan bilangan asam 0,48 mg KOH/g sampel.

Prasetyo (2014) melakukan penelitian tentang pemanfaatan ampas segar kelapa sawit menjadi bahan bakar alternatif (biodiesel) dengan proses transesterifikasi in-situ menggunakan katalis NaOH. Penelitian tersebut dilakukan untuk mengetahui bagaimana pengaruh waktu reaksi dan variasi temperatur reaksi (45°C, 50°C, 55°C, 60°C) terhadap kualitas biodiesel yang sesuai dengan standar SNI 04-7182-2006 melalui proses transesterifikasi in-situ. Dari hasil penelitian tersebut dilakukan pembuatan metil ester (Biodiesel) dari ampas segar kelapa sawit dengan menggunakan katalis NaOH ini didapat kondisi yang optimum untuk menghasilkan produk Biodiesel memenuhi Standar Nasional Indonesia adalah dengan penggunaan temperatur 55°C dan waktu selama 4 jam diperoleh rendemen biodiesel 35,89%, densitas 0,8647 g/ml, viskositas 5,1064 cSt, bilangan asam 0,449 mg.KOH/g, nilai kalor 9,445,897 Cal/g dan titik nyala 138°C, dimana nilai tersebut telah memenuhi standar mutu biodiesel sesuai dengan SNI 04-7182-2006.

Suyono dkk (2017) melakukan penelitian tentang biodiesel dari mangrove jenis nyamplung (*Calophyllum inophyllum*) sebagai alternatif pengganti bahan bakar minyak fosil. Penelitian tersebut dilakukan dengan mengkaji kandungan minyak pada biji nyamplung, sintesis biodieselnya serta teknik kultur intensif dan

model pengembangan kultur massalnya. *Yield* biodisel yang dihasilkan dari minyak biji nyamplung pada penelitian ini sebesar 82,87%, berada pada kisaran *yield* biodisel hasil para peneliti terdahulu melalui transesterifikasi satu tahap sebesar 79,03-91,00%. Angka setana dan alkil ester pada biodisel yang dihasilkan masing-masing sebesar 79,50 dan 99,71% sudah memenuhi Standar Nasional Indonesia (SNI). Densitas yang dihasilkan sebesar 893,1 kg/m³, titik kabut 20°C dan gliserol total 0,26% sudah mendekati SNI dengan selisih yang tidak signifikan, sedangkan angka asam yang dihasilkan sebesar 1,86 mg KOH/gram biodisel dan viskositas biodiselnnya 15,7 mm²/s belum memenuhi SNI secara signifikan. Untuk menyempurnakan angka asam dan viskositas tersebut masih diperlukan penyempurnaan proses sintesa biodisel melalui diversifikasi jumlah tahapan esterifikasi, alternatif jenis dan kadar katalisator ataupun optimalisasi suhu reaksi transesterifikasinya.

Jimmy (2012) melakukan penelitian tentang penggunaan minyak nyamplung sebagai bahan bakar alternatif pengganti minyak tanah. Peubah konsentrasi aditif etanol yang digunakan masing-masing adalah 0%; 1%; 2%; 3%; 4%; 5%. Minyak nyamplung yang digunakan sebanyak 200 g. Pencampuran bahan aditif dilakukan dalam bejana berpengaduk pada temperatur kamar dengan pengadukan lambat selama 10 menit agar homogen. Dari penelitian tersebut menunjukkan bahwa penambahan aditif etanol dan etil laktat terjadi penurunan titik nyala minyak nyamplung. Minyak nyamplung dengan konsentrasi etanol dan etil laktat 2% diperoleh titik nyala 55°C, densitas 0,9358g/cm³, dan viskositas 43,71 mm²/s. Minyak nyamplung dengan aditif etanol dan etil laktat lebih tepat diaplikasikan pada kompor tekan dari pada kompor sumbu.

Widyanastuti dkk (2013) melakukan penelitian tentang studi ekstraksi hydraulic press minyak biji kelor (*Moringa oleifera*) dengan variasi perlakuan panas. Pemanasan dilakukan dengan pengovenan dan pengukusan. Sedangkan, lama pemanasan menggunakan variabel 5, 10, dan 15 menit dengan pengulangan sebanyak 3 kali. Hasil dari penelitian tersebut lama pemanasan dan proses pemanasan memberikan pengaruh pada minyak biji kelor yang dihasilkan. Proses

pemanasan dan lama waktu pemanasan memberikan pengaruh terhadap beberapa analisa yang dilakukan, yaitu: kadar air awal 0,754% - 8,251%. Sedangkan setelah dikukus diperoleh kadar air antara 15,205-17.029%, nilai *Free Fatty Acid* antara 2,495- 2,687%, bilangan asam 4.629-5,337%, indeks bias antara 1,4689-1.4690, viskositas antara 26,76-31,56, densitas antara 0,884 -0,981 gr/cm³, warna dari minyak kelor berkisar antara kuning muda-kuning tua, rerata rendemen minyak biji kelor berkisar antara 6,40% - 4,40%, dan tingkat ekstraksi nilainya berkisar antara 13,592%-159,463%.

Wahyuni ddk (2015) melakukan penelitian tentang pengaruh suhu proses dan lama pengendapan terhadap kualitas biodiesel dari minyak jelantah. Penelitian tersebut menggunakan variasi suhu 40°C, 50°C, 60°C, 70,°C dan 80°C dan lama waktu pengendapan (*settling*) dilakukan selama 24 jam, 48 jam, 96 jam, 144 jam, 192 jam, dan 240 jam. Dari hasil penelitian tersebut untuk variasi suhu kualitas biodiesel yang terbaik adalah pada saat suhu 500°C dimana menghasilkan rendemen 76%, viskositas 5.923 cSt, densitas 864.418 kg/m³, serta *flash point* >1100°C. Variasi lama pengendapan (*settling*) tidak mempengaruhi kualitas biodiesel dimana rata-rata untuk semua variasi viskositas antara 5,7-5,8 Cs, densitas sekitar 861kg/m³, *flash point* >1100°C dan rendemen rata-rata 75,8%.

2.2 Dasar Teori

Minyak nabati mempunyai fungsi sebagai bahan makanan, bahan baku industri serta bahan bakar atau campuran bahan bakar. Bahan baku minyak nabati utamanya adalah dari biji-bijian yakni kelapa, kelapa sawit, jagung, jarak, olive (zaitun), kacang tanah, biji kapuk, biji kapas, alpokat, kacang macadam, kanola, biji nyamplung, dan lain-lain. Semua minyak nabati dapat digunakan sebagai pengganti bahan bakar namun dengan proses-proses pengolahan tertentu (Wijanarko, 2013).

Minyak nabati sebagai bahan baku biodiesel memiliki beberapa kelebihan, diantaranya sumber minyak nabati mudah diperoleh, proses pembuatan biodiesel dari minyak nabati mudah dan cepat, serta tingkat konversi minyak nabati menjadi biodiesel yang tinggi (95%). Minyak nabati memiliki komposisi asam lemak

berbeda-beda tergantung dari jenis tanamannya. Zat-zat penyusun utama minyak-lemak (nabati maupun hewani) adalah trigliserida, yaitu triester gliserol dengan asam-asam lemak (C8 – C24). Komposisi asam lemak dalam minyak nabati menentukan sifat fisik kimia minyak (Siswani dkk, 2012).

2.2.1 Minyak Jarak Pagar

Tanaman jarak pagar (*Jatropha curcas L.*) sejak lama dikenal sebagai tanaman konservasi karena sifatnya yang sangat toleran terhadap jenis tanah dan iklim. Tanaman ini sangat cepat tumbuh dan struktur akarnya mampu menahan erosi, terutama apabila ditanam dengan jarak yang sangat rapat (0,25 – 0,30 m). Apabila ditanam dengan jarak tanam lebih lebar yaitu 2 x 3 m dapat digunakan untuk produksi biji. Pada jarak yang lebih lebar lagi (4x 5 m), akan dihasilkan pohon dengan kayu yang baik untuk pembuatan pulp dan papan serat. Tanaman ini terutama memberikan nilai ekonomis, karena bijinya menghasilkan minyak sebagai bahan baku pembuatan biodisel. Selain itu, hampir seluruh bagian tanaman dari tanaman jarak pagar dapat dimanfaatkan : kayu dan dahan untuk bahan bakar, tempurung biji untuk arang aktif, getah dan daun untuk biopestisida, kayu tua untuk pulp kertas, papan serat dan serat kulit buah untuk kompos. Selain itu, dari limbah proses pembuatan biodisel akan dihasilkan bungkil untuk makanan ternak, biopestisida serta gliserin untuk bahan kimia dan kosmetika. Pada areal tanaman yang luas, produksi nektarnya dapat diekplorasi untuk produksi lebah madu. Dampaknya pada industri hilir yaitu memicu tumbuhnya industri rakyat seperti sabun cuci, pupuk, biopestisida, gliserin, pulp kertas, papan serat dan lain-lain (Sudradjat dkk, 2003).



Gambar 2.2. Buah dan biji jarak pagar (Jitunews, 2014)

2.2.2 Minyak kedelai

Kedelai (*Glycine max L*) merupakan sumber protein dan dapat menghasilkan minyak bermutu tinggi. Minyak kedelai mempunyai kelebihan yang khas dibandingkan dengan jenis minyak nabati lain. Kandungan asam linoleat minyak kedelai mencapai 64%, paling tinggi diantara minyak sumber asam lemak tak jenuh lainnya seperti minyak jagung, minyak biji kapas dan minyak kacang tanah. Asam lemak ini merupakan asam lemak tak jenuh ganda yang paling potensial mencegah hiperkolesterol. Minyak kedelai mengandung lebih kurang 85% asam lemak tidak jenuh. Asam lemak tidak jenuh lebih mudah diabsorpsi usus dan lebih mudah dicerna dari pada asam lemak jenuh. Nilai cerna asam lemak tidak jenuh dalam tubuh mencapai 94%. Disamping itu asam lemak tak jenuh juga dapat mencegah atau mengurangi gejala atherosclerosis (Gunawan dkk, 2003).

Minyak kedelai memiliki keuntungan, antara lain lebih ramah lingkungan. Biodiesel minyak kedelai lebih ramah lingkungan karena terbuat dari sumber yang dapat diperbaharui dan memiliki emisi yang lebih rendah dibandingkan dengan petroleum diesel. Penggunaan biodiesel tidak meningkatkan kadar CO₂ di atmosfer. Biodiesel juga lebih ramah lingkungan dari pada diesel biasa. Penelitian di Universitas Idaho, USA, menggambarkan biodiesel terdegradasi 95% setelah 28 hari dibandingkan bahan bakar yang hanya 40%. Pelumasan yang lebih baik pada mesin menjadi salah satu keuntungan soy biodiesel (Sari, 2006).



Gambar 2.3. Biji kedelai (Jitunews, 2014)

2.2.3 Sifat Bahan Bakar Cair

Karakteristik bahan bakar cair yang akan dipakai pada mesin atau peralatan lainnya perlu diketahui terlebih dahulu agar hasil pembakarannya optimal. Umumnya, karakteristik bahan bakar cair yang perlu diketahui adalah sebagai berikut:

2.2.3.1 Densitas

Densitas adalah jumlah zat yang terkandung dalam suatu unit volume. Setiap bahan memiliki densitas yang berbeda-beda tergantung pada faktor lingkungan seperti suhu dan tekanan. Satuan densitas adalah kg/m^3 dan dalam cgs adalah gram per centimeter kubik g/cm^3 . Faktor konversi sangat berguna dimana $1 \text{ g/cm}^3 = 1000 \text{ kg/m}^3$ (Wahyuni, 2015). Secara matematis masa jenis dapat dinyatakan dengan persamaan sebagai berikut:

$$\rho = \frac{m}{v} \dots\dots\dots (2.1)$$

Dimana:

ρ = massa jenis (kg/m^3)

m = massa sampel minyak nabati (kg)

v = volume sampel minyak nabati (m^3)

2.2.3.2 Viskositas

Viskositas adalah ukuran yang menyatakan kekentalan suatu bahan cair untuk mengalir atau ukuran besarnya tahanan geser dari bahan cair. Makin tinggi viskositas minyak akan makin kental dan lebih sulit mengalir, demikian sebaliknya. Viskositas bahan bakar minyak sangat penting artinya, terutama bagi mesin-mesin diesel maupun ketel uap, karena viskositas minyak sangat berkaitan dengan suplay konsumsi bahan bakar kedalam ruang bakar dan juga sangat berpengaruh terhadap kesempurnaan proses pengkabutan (*atomizing*) bahan bakar melalui injector (Mirmanto, 2009).

Rumus matematis viskositas dapat dinyatakan dengan persamaan sebagai berikut:

$$V = \frac{\mu}{\rho} \dots\dots\dots (2.2)$$

Dimana:

V = viskositas kinematik (cSt)

μ = viskositas dinamik (mPa.s)

ρ = Densitas (kg/m³)

a. Kekentalan Dinamik

Kekentalan Dinamik atau Absolute Viskositas Dinamis merupakan rasio tegangan geser yang dihasilkan ketika fluida mengalir. Dalam satuan SI diukur dalam pascal-detik atau newton detik per meter persegi, tapi centimeter-gram-detik (cgs) Unit, centipoise, lebih diterima secara luas, dengan:

$$1 \text{ centipoise (cP)} = 10^{-3} \text{Pa} \cdot \text{s} = 10^{-3} \text{N} \cdot \text{s} / \text{m}^2$$

Centipoise adalah satuan viskositas yang digunakan dalam perhitungan berdasarkan persamaan Reynolds dan berbagai persamaan pelumasan elastohydrodynamic.

b. Viskositas Kinematik

Viskositas kinematik adalah rasio tegangan geser yang dihasilkan ketika fluida mengalir dibagi dengan kepadatan. Dalam Unit SI adalah meter persegi per detik, akan tetapi satuan cgs, Centistoke, lebih luas diterima, dengan 1 centistoke (Cst) = 1 mm²/s. Centistoke adalah unit yang paling sering dikutip oleh pemasok pelumas dan pengguna. Dalam prakteknya, perbedaan antara viskositas kinematik dan dinamis paling penting untuk minyak. Viskositas kinematik menjadi parameter utama dalam penentuan mutu metil ester, karena memiliki pengaruh besar terhadap efektivitas metil ester sebagai bahan bakar. Minyak nabati memiliki viskositas jauh lebih besar dibanding viskositas bahan bakar diesel yang menjadi kendala penggunaan langsung minyak nabati sebagai bahan bakar (Sumangat, 2008).

2.2.3.3 Titik nyala (*Flash point*)

Flash point adalah temperatur pada keadaan dimana uap di atas bahan bakar akan terbakar dengan cepat (meledak) apabila nyala api didekatkan padanya, sedangkan *flash point* adalah temperatur pada keadaan dimana uap di atas permukaan bahan bakar terbakar secara kontinyu apabila nyala api didekatkan padanya. *Flash point* dipakai untuk mengetahui kestabilan bahan bakar terhadap kemungkinan menyala atau terbakar, juga untuk pertimbangan cara penanganan atau penyimpanan serta pengiriman yang aman. Alat yang digunakan untuk mengetahui bahan bakar cair adalah *flash point* (Mirmanto, 2011).

2.2.3.4 Nilai kalor

Nilai kalor merupakan angka yang menyatakan jumlah panas / kalori yang diperoleh dari proses pembakaran bahan bakar dengan oksigen. Nilai kalor berkaitan erat dengan densitas. Semakin besar densitas suatu minyak, maka semakin kecil nilai kalornya, begitupula sebaliknya semakin kecil densitasnya maka semakin besar nilai kalornya. Nilai kalor dapat ditentukan dengan melakukan pembakaran dengan oksigen bertekanan pada alat bomb calorimeter.

Nilai kalori umumnya dinyatakan dalam satuan kCal/kg atau Btu/lb (Kholidah, 2014).

2.2.3.5 Sifat Bahan Bakar Minyak Solar

Diantara sifat-sifat bahan bakar solar yang terpenting ialah kualitas penyalan, volatilitas, viskositas, titik tuang dan titik kabut (Susilo, 2014).

a. Kualitas penyalan

Kualitas penyalan bahan bakar solar yang berhubungan dengan kelambatan penyalan, tergantung kepada komposisi bahan bakar. Kualitas bahan bakar solar dinyatakan dalam angka cetan, dan dapat diperoleh dengan jalan membandingkan kelambatan menyala bahan bakar solar dengan kelambatan menyala bahan bakar pembanding (reference fuels) dalam mesin uji baku CFR (ASTM D 613-86). Sebagai bahan bakar pembanding digunakan senyawa hidrokarbon cetan atau nheksadekan ($C_{16}H_{34}$), yang mempunyai kelambatan penyalan yang pendek dan heptametilnonan (isomer cetan) yang mempunyai kelambatan penyalan relatif panjang.

b. Volatilitas

Volatilitas bahan bakar diesel yang merupakan faktor yang penting untuk memperoleh pembakaran yang memuaskan dapat ditentukan dengan uji distilasi ASTM (ASTM D 86-90). Makin tinggi titik didih atau makin berat bahan bakar diesel, makin tinggi nilai kalor untuk setiap galonnya dan makin diinginkan dari segi ekonomi. Tetapi hidrokarbon berat merupakan sumber asap dan endapan karbon serta dapat mempengaruhi operasi mesin. Sehingga bahan bakar diesel harus mempunyai komposisi yang berimbang antara fraksi ringan dan fraksi berat agar diperoleh volatilitas yang baik.

c. Viskositas

Viskositas bahan bakar solar perlu dibatasi. Viskositas yang terlalu rendah dapat mengakibatkan kebocoran pada pompa injeksi bahan bakar, sedangkan viskositas yang terlalu tinggi dapat mempengaruhi kerja cepat alat injeksi bahan

bakar dan mempersulit pengabutan bahan bakar minyak akan menumbuk dinding dan membentuk karbon atau mengalir menuju ke karter dan mengencerkan minyak karter.

d. Titik tuang dan titik kabut

Bahan bakar solar harus dapat mengalir dengan bebas pada suhu atmosfer terendah dimana bahan bakar ini digunakan. Suhu terendah dimana bahan bakar solar masih dapat mengalir disebut titik tuang. Pada suhu sekitar 10°F diatas titik tuang, bahan bakar solar dapat berkabut dan hal ini disebabkan oleh pemisahan kristal malam yang kecil-kecil. Suhu ini dikenal dengan nama titik kabut. Karena kristal malam dapat menyumbat saringan yang digunakan dalam system bahan bakar mesin diesel, maka seringkali titik kabut lebih berarti dari pada titik tuang.