

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI

2.1 Tinjauan Pustaka

Minyak nabati yang memiliki potensi besar dalam pembuatan biodiesel yaitu tanaman jarak pagar (*jathropa curcas oil*). Tanaman ini banyak ditemukan di wilayah Indonesia yang beriklim tropis, biji tanaman jarak banyak mengandung kadar minyak yang banyak sehingga minyak ini memiliki potensi menggantikan bahan bakar minyak jenis solar dan juga tanaman jarak ini tidak untuk dikonsumsi seperti minyak nabati lainnya.

Tabel 2.1 Sifat-sifat fisik minyak jarak pagar (*jathropa curcas oil*)

Parameter	Nilai
Water content (w/w %)	0,003
Nilai Kalor (Mj/Kg)	41,72
Conradson carbon residue (w/w %)	0,0223
Pour point (°C)	-5
Flash Point (°C)	117
Cupper strip corrosion	1a
Viskositas kinematik 40 °C (cSt)	4,016
Densitas 15°C (g/cm ³)	0,8826

(Jefferson et al., 2009)

Minyak jarak memiliki nilai kekentalan yang tinggi karena komponen terbesar yang terkandung dalam minyak jarak yaitu trigliserida yang mengandung asam lemak oleat dan linoleate. Hal ini yang membuat minyak jarak berbeda dengan minyak nabati lainnya.

Tabel 2.2 Kandungan asam lemak minyak jarak pagar

Asam Lemak	Jumlah (%)
Asam lauric (C12:0)	5,9
Asam miristic (C14:0)	2,7

Asam Lemak	Jumlah(%)
Asam palmitic (C18:0)	13,5
Asam stearic (C18:0)	6,1
Asam oleic (C18:1)	21,8
Asam linoleic (C18:2)	47,4
Lain-lain	2,7

(Jefferson et al., 2009)

Minyak jarak tidak dapat digunakan sebagai minyak pangan karena minyak jarak memiliki kandungan racun yang berbahaya apabila dikonsumsi. Racun tersebut terdapat dalam bentuk risin (suatu protein risinin (suatu alkaloid) dan *heat-stable allergen* yang dikenal dengan CB-IA. Kandungan asam lemak esensialnya juga sangat rendah sehingga tidak dapat digunakan sebagai minyak makan dan bahan pangan (Ketaren, 1986). Minyak jarak sumber minyak terbarukan yang termasuk non-edible oil, sehingga tidak bersaing dengan kebutuhan konsumsi (Syarifuddin, 2006). Selain minyak jarak, minyak kelapa sawit juga dapat digunakan sumber daya biomassa yang memiliki potensi tinggi sebagai sumber energi terbarukan untuk produksi biodiesel. Minyak sawit diperoleh dari proses pengempaan daging buah kelapa sawit yang berbentuk kasar berwarna kuning kemerah merahan sampai menjadi warna merah tua. Minyak hasil pengempaan daging buah kelapa sawit dinamakan *crude palm oil* (Wijayanti, 2008).

Tabel 2.3 Komponen penyusun minyak sawit

Komponen	Komposisi%
Trigliserida	95,62
Asam lemak bebas	4,00
Air	0,20
Phosphatida	0,07
Karoten	0,03
Aldehid	0,07

(Gunstone, 1997)

Tabel 2.4 Kandungan asam lemak minyak kelapa sawit

Asam Lemak	Jumlah%
Asan laurat	0-0,4
Asam Miristat	0,6-1,7
Asam palmitat	41,1-47,0
Asam Stearat	3,7-5,6
Asam Oleat	38,2-43,6
Asam Linoleat	6,6-11,9
Asam Linolenat	0-0,6
Asam Arakidat	-

(Wijayanti, 2008)

Indrayati, (2009) melakukan penelitian untuk memperbaiki karakteristik biodiesel jarak pagar dengan suhu rendah dengan mencampur minyak jarak pagar dengan minyak nabati lainnya. Dalam proses pembuatan biodiesel ini dapat dilakukan dengan tahap *esterifikasi* dan *transesterifikasi*. Tetapi tergantung pada kandungan asam lemak bebas yang dimiliki oleh masing-masing minyak nabati tersebut. Minyak nabati dengan kandungan asam lemak bebas lebih dari 2%, maka perlu dilakukan tahap *esterifikasi*. Dari hasil penelitian campuran minyak jarak pagar dengan minyak kelapa menghasilkan campuran biodiesel terbaik yang mampu menurunkan titik awan dan titik tuang pada biodiesel jarak pagar. Viskositas dan densitas campuran minyak ini menghasilkan nilai yang sesuai dengan standar *ASTM D 6751* dan SNI.

Mahmud dkk, (2010) melakukan penelitian dengan mencampur minyak jarak pagar dan minyak goreng bekas. Pengujian yang dilakukan meliputi viskositas, densitas, bil asam, indeks bias, bil iod, dari campuran minyak jarak dan minyak jelantah pagar untuk nilai kalor berkisar 8172,1 kal/g sampai dengan 9197,29 kal/g. Dari penelitian ini menghasilkan nilai densitas berkisar 904,082 kg/m³ - 904,082 kg/m³, nilai indeks bias berkisar 1,466 - 1,462, nilai viskositas berkisar 4,18 cP - 4,11 cP, bilangan asam berkisar 30,294 mg KOH/g sampel - 0,813 OH/g sampel, dan bilangan Iod ada pada kisaran 135,530 g.

Setyaningsih, dkk (2010) juga telah melakukan penelitian menggunakan dua metode pencampuran, yang pertama adalah metode pencampuran dalam bentuk minyak sebelum proses biodiesel dan metode yang ke dua adalah dalam bentuk biodiesel. Pencampuran metode yang pertama menghasilkan titik awan yang lebih tinggi dan titik tuang yang lebih rendah, dibandingkan dengan metode yang ke dua nilainya yang relatif konstan. Pencampuran 55% biodiesel jarak pagar dengan biodiesel laurat (75% laurat metil ester) menunjukkan titik awan dan titik tuang minimum (-3 °C; -18°C). Titik minimum ini disebut dengan titik *eutectic* yang mencerminkan keseimbangan yang ideal dari cair-padat di antara metil ester jenuh rantai sedang dan metil ester tidak jenuh rantai panjang. Komposisi metil ester biodiesel ini adalah palmitat 8,91%, laurat 34,03%, oleat 46,17%, stearat 3,82% dan palmitat 8,91%. Hasil ini juga menunjukkan peran laurat, suatu asam lemak jenuh rantai sedang, yang berpengaruh dalam biodiesel kelapa (48,11%).

Hastono & Prasetyo, (2010) melakukan penelitian dengan mencampur minyak jarak dengan minyak nabati lain. Penelitian ini menyimpulkan bahwa minyak Jarak Pagar (CJO) memiliki viskositas, densitas, indeks bias, bilangan asam, dan bilangan iod yang lebih tinggi jika dibandingkan dengan minyak kelapa sawit dan minyak goreng bekas, serta nilai kalor yang lebih rendah dari minyak kelapa sawit dan minyak goreng bekas, sehingga semakin besarnya kuantitas minyak jarak pagar maka semakin tinggi nilai viskositas, densitas, indeks bias, bilangan asam, dan bilangan iod.

Elma, Suhendra, dan Wahyuddin (2016) melakukan penelitian tentang pembuatan biodiesel dari campuran minyak kelapa dan minyak jelantah dengan proses *esterifikasi* dan *transesterifikasi*. Proses *esterifikasi* dilakukan dengan cara mencampurkan kedua minyak nabati dengan metanol dan katalis asam (H_2SO_4). Sedangkan proses transesterifikasi dilakukan dengan cara penambahan katalis basa (KOH) dan metanol. Dari penelitian ini, didapatkan *yield* yang terbaik sebesar 96,6511% dengan komposisi minyak jelantah dan minyak kelapa 75MJ:25MK dan 25MJ:75MK. komposisi 50% minyak jelantah dan 50% minyak kelapa (50MJ:50MK) (sesuai dengan standar EN14214).

Prasetyo, (2017) melakukan penelitian dengan metode *transesterifikasi* menggunakan metanol 15% dari volume minyak dan katalis KOH (Kalium Hidroksida) dengan perbandingan 1% dari volume minyak. Pencampuran antara biodiesel jarak dan biodiesel sawit pada suhu 80 °C selama 60 menit menghasilkan perbandingan terbaik yaitu pada komposisi 40:60. Dengan meningkatnya penambahan minyak sawit pada setiap variasi campuran maka nilai densitas, viskositas dan flash point cenderung menurun, akan tetapi untuk nilai kalor mengalami peningkatan.

Tinjauan pustaka di atas menunjukkan bahwa perlunya penelitian tentang pengaruh komposisi biodiesel campuran minyak jarak dan minyak sawit dengan metode pencampuran sebelum diolah menjadi biodiesel, lalu dilanjutkan dengan proses *esterifikasi* menggunakan campuran metanol dan katalis asam, serta proses *transesterifikasi* menggunakan campuran metanol dan katalis basa.

2.2 Dasar Teori

2.2.1 Biodiesel

Biodiesel merupakan bahan bakar minyak alternatif dengan berbahan dasar minyak nabati atau hewani yang diproses melalui proses kimia sehingga menjadi minyak yang dapat digunakan pada mesin diesel.

Biodiesel terdiri dari metil ester, hasil *transesterifikasi* atau *esterifikasi* dari asam lemak bebas (FFA). Bahan bakar biodiesel menjadi lebih diminati karena emisi gas buang yang lebih ramah lingkungan. Sebagian besar biodiesel terbuat dari proses *transesterifikasi* sumber daya yang dapat dijadikan makanan, seperti lemak hewan, minyak sayur, dan bahkan limbah minyak goreng, dengan proses katalis kondisi basa. Akan tetapi, konsumsi katalis yang tinggi, pembentukan sabun, serta rendahnya hasil panen membuat biodiesel lebih mahal dari pada bahan bakar fosil (Hikmah, 2010).

2.2.2 Spesifikasi Biodiesel

Metode pencampuran minyak nabati untuk membuat biodiesel dengan cara *esterifikasi* dan *transesterifikasi* harus memiliki hasil akhir yang sesuai dengan

standar mutu biodiesel. Syarat mutu biodiesel harus sesuai SNI 7182-2015, yang dikeluarkan oleh BSN (Badan Standardisasi Nasional). Syarat tersebut dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 2.5 Syarat mutu biodiesel SNI 7182-2015

No	Parameter Uji	Satuan Min/Maks	Persyaratan
1	Massa Jenis Pada 40 °C	kg/m ³	850-890
2	Viskositas Kinematik Pada 40 °C	mm ² /s (cSt)	2,3-6,0
3	Angka Setana	Min	51
4	Titik nyala	°C, min	100
5	Titik kabut	°C, maks	18
6	Korosi lempeng tembaga (3 jam pada 50 °C)	-	nomor 1
7	Residu Karbon - Dalam percontohan asli; atau - Dalam 10% ampas	% massa maks	0,05 0,3
8	Air dan sedimen	%-volume, maks	0,05
9	Temperatur destilasi 90%	°C, maks	360
10	Abu tersurfatkan	%-massa, maks	0,02
11	Belerang	mg/kg, maks	100
12	Fosfor	mg/kg, maks	10
13	Angka asam	mg-KOH/g, maks	0,5
14	Gliserol bebas	%-massa, maks	0,02
15	Gliserol total	%-massa, maks	0,24
16	Kadar ester metil	%-massa, min	96,5
17	Angka iodium	%-massa (g-12/100), maks	115
18	Kestabilan oksidasi - Periode induksi metode racimat atau - Periode induksi metode petro oksidasi	Menit	360 27
19	Kadar monogliserida	%-massa, maks	0,8

(BTBRD-BPPT, 2015)

2.2.3 Minyak Jarak

Tanaman jarak dibudidayakan di banyak negara, jarak pagar (*Jatropha curcas L.*) termasuk jenis tanaman semak atau pohon yang tahan terhadap kekeringan dan tumbuh di dataran rendah dengan curah hujan 625 mm/tahun (Syah, 2006). Tanaman jarak pagar dapat menghasilkan berbagai macam produk yang berguna, terutama pada bijinya yang menghasilkan minyak melalui proses ekstraksi. Minyak yang dihasilkan memiliki karakteristik hampir serupa dengan minyak sawit (Openshaw, 2000). Penggunaan minyak jarak sebagai bahan bakar alternatif untuk mesin diesel dapat mengurangi kadar CO₂ di atmosfer, tanaman jarak tidak termasuk dalam tanaman pangan sehingga tidak akan mengganggu ketersediaan pangan, tetapi minyak jarak ini memiliki permasalahan yaitu tingginya viskositas minyak jarak pagar yang sepuluh kali lebih besar dari bahan bakar diesel. Hal ini disebabkan berat molekul dan struktur kimianya yang besar, agar viskositasnya berkurang dan sesuai dengan bahan bakar mesin diesel. Kualitas biodiesel yang lebih baik dapat diperoleh dengan beberapa cara, di antaranya mencampur minyak jarak pagar dengan solar, *mikro-emulsifikasi*, *pirolisis*, dan *transesterifikasi* (Budiman dkk, 2014).

2.2.4 Minyak Kelapa Sawit

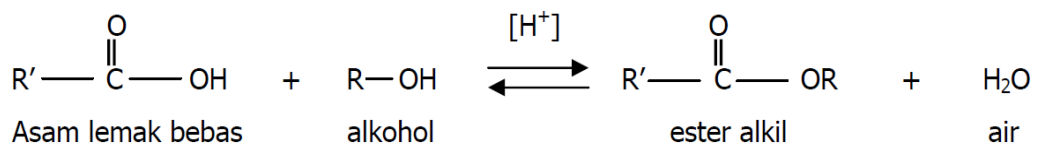
Perkebunan kelapa sawit banyak dikembangkan diluar Pulau Jawa seperti, Sumatera, Sulawesi dan Kalimantan. Pulau Sumatera merupakan produsen kelapa sawit terbesar di Indonesia. Pada tahun 2008 produksi kelapa sawit di Riau mencapai 24,40% dari total produksi kelapa sawit Indonesia, sedangkan Sumatera Utara 21,4 persen, dan Sumatera Selatan sebesar 9,76 persen (BPS Pusat, 2008).

Kelapa sawit dapat tumbuh dengan baik pada dataran rendah di daerah tropis yang beriklim basah, yaitu sepanjang garis katulistiwa yaitu 15° LU sampai 15° LS. Di luar zona tersebut biasanya pertumbuhan tanaman kelapa sawit agak terhambat sehingga masa awal produksinya juga terhambat. Umumnya tanaman kelapa sawit tumbuh optimum pada dataran rendah dengan ketinggian 200-500 m dari permukaan laut (dpl). Ketinggian lebih dari 600 mdpl tidak cocok untuk pertumbuhan tanaman kelapa sawit. Perbedaan ketinggian tempat akan

mempengaruhi suhu, tingkat pencahayaan dan curah hujan pada tanaman kelapa sawit (Setyamidjaja, 1993). Secara garis besar buah kelapa sawit terdiri dari serabut buah (*pericarp*) dan inti (*kernel*). Serabut buah kelapa sawit terdiri dari tiga lapis yaitu lapisan luar atau kulit buah yang disebut *pericarp*, lapisan sebelah dalam disebut *mesocarp* atau *pulp* dan lapisan paling dalam disebut *endocarp*. Inti kelapa sawit terdiri dari lapisan kulit biji (*testa*), *endosperm* dan *embrio*. *Mesocarp* mengandung kadar minyak rata-rata sebanyak 56%, inti (*kernel*) mengandung minyak sebesar 44%, dan *endocarp* tidak mengandung minyak (Ketaren, 1986).

2.2.5 Esterifikasi

Esterifikasi adalah proses mereaksikan asam lemak bebas (FFA) dengan alkohol rantai pendek (metanol atau etanol) untuk menghasilkan metil ester asam lemak (FAME) dan air (Sulastri, 2010). Reaksi esterifikasi dari asam lemak menjadi metil ester :

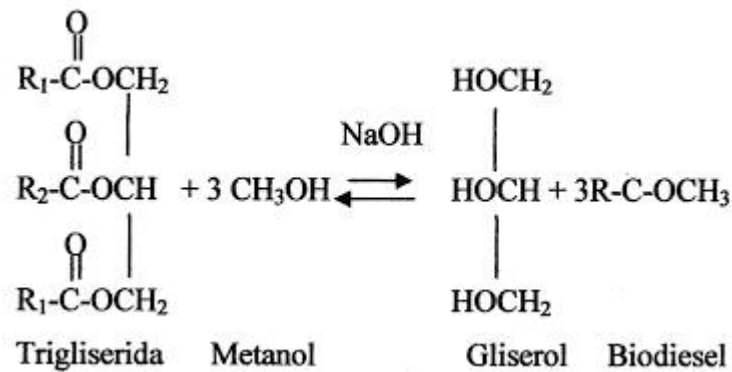


Gambar 2.1 Reaksi *Esterifikasi*

Proses pengolahan dengan kadar asam lemak bebas >5mg KOH/g harus melewati reaksi *esterifikasi* terlebih dahulu kemudian *transesterifikasi*, karena akan mengakibatkan pembentukan sabun dalam proses transesterifikasi jika tidak melewati proses esterifikasi. Dengan tahap yang pertama dilakukan dengan penurunan kadar asam lemak bebas melalui proses esterifikasi dan tahap selanjutnya transesterifikasi (Budiman dkk., 2017). Dalam reaksi esterifikasi faktor-faktor yang berpengaruh pada reaksi esterifikasi adalah waktu reaksi, pengadukan, katalisator, dan suhu reaksi. Ketika asam lemak dan alkohol dipanaskan dengan tambahan katalis asam, maka akan tercapai kesetimbangan antara ester dan air (Hikmah, 2010).

2.2.6 Transesterifikasi

Transesterifikasi adalah proses pencampuran minyak dengan alkohol dan katalis untuk menghasilkan akil ester dan gliserol (Dewi, 2015). Katalis yang digunakan pada reaksi *transesterifikasi* adalah katalis basa (KOH atau NaOH). Reaksi *transesterifikasi trigliserida* menjadi metil ester adalah.



Gambar 2.2 Reaksi *transesterifikasi*

Pada reaksi *transesterifikasi* faktor-faktor yang berpengaruh pada reaksi *transesterifikasi* adalah pengaruh air dan asam lemak bebas, pengaruh perbandingan molar antara molar alkohol dengan bahan mentah, jenis alkohol, jenis katalis, dan temperature (Hikmah, 2010).

2.2.7 Metanol

Alkohol sangat berperan penting dalam proses pembuatan biodiesel khususnya pada reaksi *esterifikasi* dan *transesterifikasi*. Alkohol dibutuhkan dalam jumlah banyak untuk menggeser kesetimbangan reaksi menjadi produk yang sempurna. Jenis alkohol yang sering digunakan pada proses *esterifikasi* dan *transesterifikasi* yaitu metanol, karena metanol memiliki reaktivitas yang tinggi bila dibandingkan dengan jenis alkohol lain. Sifat reaktif pada metanol berkaitan dengan rantai atom C yang dimilikinya. Alkohol yang memiliki rantai atom C yang pendek akan memperkecil hambatan sterik saat penyerangan gugus karbonil trigliserida berlangsung.

Metanol memiliki kelebihan yaitu harga yang relatif murah, mudah di-*recovery*, dan kelarutan di dalam minyak yang cukup baik dibandingkan dengan

alkohol jenis lainya. Metanol juga memiliki kekurangan yaitu beracun dan sangat korosif terhadap campuran biodiesel (Budiman dkk, 2017).

2.2.8 Katalis

Katalis merupakan suatu zat yang berfungsi untuk mempercepat laju reaksi kimia pada suhu tertentu, tanpa mengalami perubahan atau terikat dalam reaksi tersebut. Katalis yang umum digunakan dalam proses *esterifikasi* dan *transesterifikasi* adalah katalis asam dan basa homogen.

Katalis basa yang biasa digunakan yaitu NaOH dan KOH, katalis ini dipilih karena dapat digunakan pada temperatur dan tekanan relatif rendah serta memiliki kemampuan katalisator yang tinggi. Pemakaian katalis KOH pada reaksi *transesterifikasi* telah berhasil pada beberapa minyak nabati.

Katalis asam yang biasa digunakan yaitu H_2SO_4 , H_3PO_4 , dan HCL katalis digunakan untuk proses pembuatan biodiesel dengan kadar asam lemak bebas $>5mg$ KOH/g melalui proses *esterifikasi*. Jenis katalis basa membutuhkan alkohol lebih banyak dikarenakan efek korosi dari katalis tersebut.

2.2.9 Sifat Fisik Bahan Bakar Cair

Karakteristik bahan bakar cair dapat diketahui dengan beberapa tahap pengujian sebelum dipergunakan pada mesin tertentu, maka perlu mengetahui sifat fisik bahan bakar cair yang mendekati standar mutu bahan bakar cair dapat diketahui dengan cara sebagai berikut:

2.2.9.1 Densitas

Densitas merupakan berat jenis persatuan volume yang berhubungan dengan massa dan volume dari suatu zat. Densitas dari suatu benda adalah total massa dibagi dengan total volume (Dewi, 2015). Besarnya densitas dari suatu minyak akan mempengaruhi kinerja dari mesin yang menggunakan minyak tersebut. Dikarenakan perbandingan jumlah udara dan energi didalam ruang bakar dari mesin dipengaruhi dari densitas. Standar densitas dari biodiesel mengacu pada Spesifikasi SNI 7182-2015 dengan tingkat densitas $850-890$ kg/m^3 pada suhu $40^{\circ}C$ (Badan Standarisasi Nasional (BSN), 2015).

Densitas dapat dituliskan dalam persamaan 2.1:

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

Keterangan : ρ = kerapatan massa zat (kg/m³)

m = massa zat (kg)

v = volume zat (m³)

2.2.9.3 Viskositas

Viskositas merupakan parameter ukur tingkat kekentalan fluida. Viskositas biodiesel merupakan permasalahan utama karena minyak nabati mempunyai viskositas lebih tinggi dari pada solar. Viskositas yang tinggi atau fluida masih lebih kental akan mengakibatkan kecepatan aliran akan lebih lambat sehingga proses derajat atomisasi bahan bakar akan terlambat pada ruang bakar. Viskositas ini sangat mempengaruhi nilai kalor karena kemampuan mengkabut dan rantai siklid minyak nabati yang sukar dipecah dalam pembakaran (Fajar dkk, 2007). Alat yang dipakai untuk mengukur viskositas kinematik adalah viskometer Ostwald, atau *glass capillary viscometer*. Satuan untuk viskositas kinematik adalah *centistokes* (cSt) atau sama dengan mm² per detik (Indrayati, 2009). Standar densitas dari biodiesel mengacu pada spesifikasi SNI 7182-2015 nilai viskositass biodiesel pada suhu 40⁰C adalah 2.3 – 6 cSt (Badan Standarisasi Nasional (BSN), 2015).

Viskositas dapat dituliskan dalam persamaan 2.2:

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

Keterangan: V = Viskositas kinematik (cSt)

μ = Viskositas dinamik (mPa.s)

ρ = Densitas (kg/m³)

2.2.9.3 Titik Nyala (*Flash Point*)

Titik nyala (*flash pont*) merupakan titik temperatur awal atau terendah ketika uap pada bahan bakar yang bercampur dengan udara dapat menyala sebentar

dan setelah itu mati. Ketika bahan bakar menyala secara menerus maka temperatur tersebut dinamakan titik bakar (*fire point*). Titik nyala yang begitu tinggi sangat mempermudah proses penyimpanan bahan bakar, karena bahan bakar tidak akan menyala terhadap suhu ruang.

2.2.9.4 Nilai Kalor (*Heating Value*)

Nilai kalor adalah jumlah nilai energi panas yang diperoleh dari hasil pembakaran bahan bakar dan oksigen. Minyak biodiesel pada umumnya jika densitas minyak tersebut tinggi maka nilai kalor pada minyak tersebut rendah, sebaliknya demikian jika densitas minyak rendah maka nilai kalor pada minyak tersebut akan menjadi tinggi. Satuan nilai kalor dinyatakan dalam satuan kCal/kg atau bisa dikenal juga dengan satuan Btu/lb (satuan british) (Kholidah , 2014).

