

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Tanaman Bintaro (*Cerbera manghas L*)

Pohon bintaro banyak digunakan sebagai penghijauan dan juga sebagai penghias tanaman kota. Pohon bintaro juga disebut *Pong-pong tree* atau *Indian suicide tree*, mempunyai nama latin *Cerbera manghas L*, termasuk tumbuhan non pangan atau tidak untuk dimakan. Pohon bintaro sering disebut juga sebagai mangga laut, buta badak, babuto, dan kayu gurita. Dalam bahasa Inggris tanaman ini dikenal sebagai *Sea Mango*. Tanaman Bintaro (gambar 2.1.) termasuk tumbuhan *mangrove* yang berasal dari daerah tropis di Asia, Australia, Madagaskar, dan Kepulauan Samudera Pasifik sebelah barat (Gaillard et al, 2004).



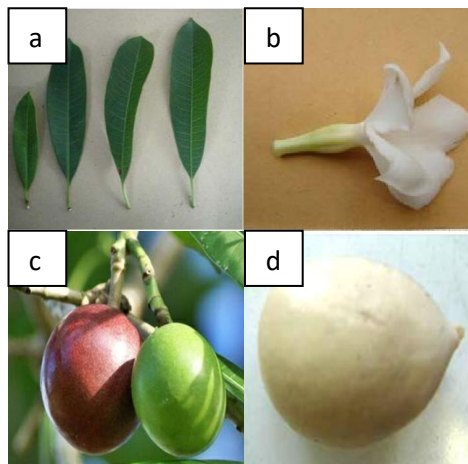
Gambar 2.1. Pohon bintaro

Klasifikasi Tanaman Bintaro (*Cerbera manghas L*) :

- Kingdom : Plantae – plants
- Subkingdom : Tracheobionta – Vascular plants
- Superdivision : Spermatophyta – Seed plants
- Division : Magnoliophyta – Flowering plants
- Class : Magnoliopsida – Dicotyledons
- Subclass : Asteridae
- Order : Gentianales

Family : Apocynaceae – Dogbane family
 Genus : *Cerbera* L.
 Species : *Cerbera odollam* Gaertn.

Tanaman Bintaro memiliki daun yang bentuknya memanjang, simetris, dan menumpul pada bagian ujung dengan ukuran bervariasi, tetapi rata-rata memiliki panjang 25 cm. Tersusun secara spiral, terkadang berkumpul pada ujung roset. Bunga Bintaro terdapat pada ujung pedikel simosa dengan lima petal yang sama atau disebut *pentamery*. Korola berbentuk tabung dan ada warna kuning pada bagian tengahnya. Buah bintaro berbentuk bulat dan berwarna hijau pucat dan ketika tua akan berwarna merah. Buah bintaro merupakan buah drupa (buah biji) yang terdiri dari tiga lapisan yaitu epikarp atau eksokarp (kulit bagian terluar buah), mesokarp (lapisan tengah berupa serat seperti sabut kelapa), dan endokarp (biji yang dilapisi kulit biji atau testa). Buah bintaro terdiri atas 8% biji dan 92% daging buah. Bijinya sendiri terbagi dalam cangkang 14% dan daging biji 86%. Buah bintaro tidak dapat dikonsumsi, karena mengandung zat yang bersifat racun terhadap manusia (Chang *et al*, 2010).



Gambar 2.2. (a) daun, (b) bunga, (c) buah, (d) biji

Dinamakan *Cerbera* karena biji dan semua bagian pohonnya mengandung racun yang disebut “cerberin” yaitu racun yang dapat menghambat saluran ion kalsium di dalam otot jantung manusia, sehingga mengganggu detak jantung dan dapat menyebabkan kematian. Bahkan asap dari pembakaran kayunya dapat menyebabkan keracunan. Orang-orang zaman dahulu menggunakan senyawa ini

sebagai racun untuk berburu. Biji bintaro yang masak dan segar mengandung *cerberine* 0,6-1% dan zat pahit *odolline* yang tak berbentuk beracun.

Pohon bintaro agak bengkok, pada lazimnya tidak lebih tinggi dari pada 15 meter, terdapat cukup banyak terutama di sepanjang tepi sungai, seringkali sedemikian jauh menghulu sehingga kepayauan air tidak lagi dapat dirasakan. Bintaro merupakan suatu pohon yang nilai ekonominya kecil. Akarnya digunakan sebagai obat pencahar. Kayunya yang putih dan rapuh menghasilkan arang yang ringan, sangat halus dan berguna untuk pembuatan mesiu. Daun mudanya oleh beberapa orang di daerah Ambon dimasak sebagai sayur dan mempunyai khasiat sebagai pencahar yang lunak.

2.2. Minyak Bintaro

Biji bintaro mengandung minyak yang cukup banyak (54,33%) dan berpotensi digunakan sebagai bahan baku biodiesel (Gaillard *et al*, 2004).

Tabel 2.1. Komposisi asam lemak penyusun trigliserida minyak biji bintaro

Komposisi	Hasil Analisis (%)
Asam lemak Jenuh	
1. Miristat	-
2. Palmitat	19,68
3. Stearat	5,33
Asam lemak tidak jenuh	
1. Oleat	38,13
2. Linoleat	14,19
3. Linolenat	0,19

Sumber : Sudrajat *et al* (2012)

Beberapa keunggulan bintaro ditinjau dari prospek pengembangan dan pemanfaatannya, antara lain (Balai Konservasi Sumber Daya Alam, 2015) :

1. Tanaman bintaro tumbuh dan tersebar merata secara alami di Indonesia.
2. Regenerasi mudah dan berbuah sepanjang tahun, menunjukkan bahwa daya survival yang tinggi terhadap lingkungan.
3. Tanaman relatif mudah dibudidayakan baik tanaman sejenis (*monoculture*) atau hutan campuran (*mixed-forestii*).

4. Tanaman bintaro termasuk tanaman penyerap karbon tertinggi dibandingkan tanaman tembesi sehingga sangat cocok dimanfaatkan sebagai tanaman penghijauan untuk konservasi lingkungan.
5. Pemanfaatan biofuel bintaro dapat menekan laju penebangan pohon hutan sebagai kayu bakar.
6. Hampir seluruh bagian tanaman bintaro berdayaguna dan menghasilkan bermacam produk yang memiliki nilai ekonomi.
7. Dalam pemanfaatannya tidak berkompetisi dengan kepentingan pangan.

2.3. Ekstraksi

Ekstraksi adalah suatu cara untuk mendapatkan minyak atau lemak dari bahan yang diduga mengandung minyak atau lemak. Adapun cara ekstraksi ini bermacam-macam, yaitu *rendering (dry rendering dan wet rendering)*, *mechanical expression*, dan *solvent extraction*.

2.3.1. Rendering

Rendering merupakan suatu cara ekstraksi minyak atau lemak dari bahan yang diduga mengandung minyak atau lemak dengan kadar air yang tinggi. Pada semua cara rendering, penggunaan panas adalah suatu hal yang spesifik, yang bertujuan untuk mengumpulkan protein pada dinding sel bahan dan untuk memecahkan dinding sel tersebut sehingga mudah ditembus oleh minyak atau lemak yang terkandung di dalamnya.

1. Wet rendering

Wet rendering adalah proses rendering dengan penambahan sejumlah air selama berlangsungnya proses tersebut. Cara ini dikerjakan pada ketel yang terbuka atau tertutup dengan menggunakan temperatur yang tinggi serta tekanan 40 sampai 60 pound tekanan uap (40-60 psi). Peralatan yang digunakan adalah *autoclave* atau *digester*. Penggunaan temperatur rendah dalam proses *wet rendering* dilakukan jika diinginkan flavor netral dari minyak atau lemak. Bahan yang akan diekstraksi ditempatkan pada ketel yang dilengkapi dengan alat pengaduk, kemudian air ditambahkan dan campuran tersebut dipanaskan perlahan-lahan sampai suhu 50°C sambil diaduk. Minyak yang terekstraksi akan naik ke atas dan kemudian dipisahkan. Proses *wet*

rendering dengan menggunakan temperatur rendah kurang begitu populer, sedangkan *wet rendering* dengan menggunakan temperatur suhu yang tinggi disertai tekanan uap air, dipergunakan untuk menghasilkan minyak atau lemak dalam jumlah yang besar.

2. *Dry rendering*

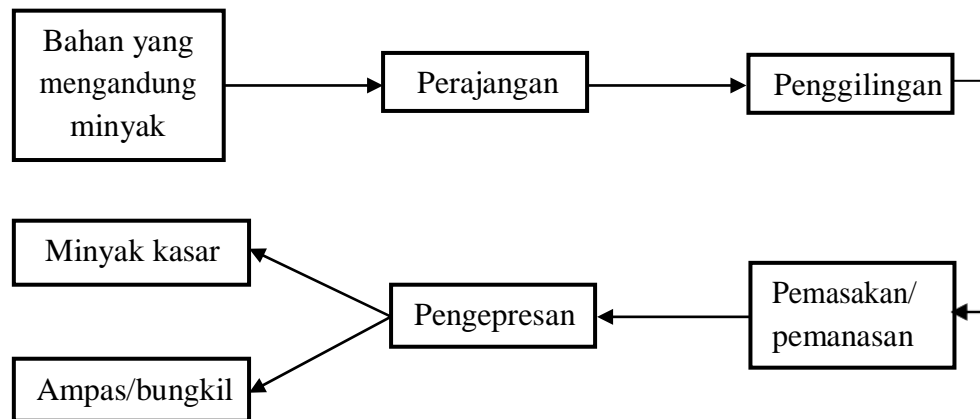
Dry rendering merupakan cara *rendering* tanpa penambahan air selama proses berlangsung. *Dry rendering* dilakukan dalam ketel yang terbuka dan dilengkapi dengan steam jacket serta alat pengaduk (*agitator*). Bahan yang diperkirakan mengandung minyak atau lemak dimasukkan ke dalam ketel tanpa menambah air. Bahan tadi dipanaskan sambil diaduk. Pemanasan dilakukan pada suhu 220°F sampai 230°F (105°C-110°C). Ampas bahan yang telah diambil minyaknya akan diendapkan pada dasar ketel. Minyak atau lemak yang dihasilkan dipisahkan dari ampas yang telah mengendap dan pengambilan minyak dilakukan dari bagian atas ketel.

2.3.2. *Mechanical Expression (Pengepresan Mekanis)*

Pengepresan mekanis merupakan suatu cara ekstraksi minyak atau lemak, terutama untuk bahan yang berasal dari biji-bijian. Cara ini dilakukan untuk memisahkan minyak dari bahan yang berkadar minyak tinggi (30-70%). Pada pengepresan mekanis ini diperlukan perlakuan pendahuluan sebelum minyak atau lemak dipisahkan dari bijinya. Perlakuan pendahuluan tersebut mencakup pembuatan serpih, perajangan dan penggilingan serta *tempering* atau pemasakan.

1. Pengepresan hidraulik (*Hydraulic Pressing*)

Pada cara *hydraulic pressing*, bahan dipres dengan tekanan sekitar 2000 pound/inch². Banyaknya minyak atau lemak yang dapat diekstraksi tergantung dari lamanya pengepresan, tekanan yang dipergunakan, serta kandungan minyak dalam bahan asal, sedangkan banyaknya minyak yang tersisa pada bungkil bervariasi sekitar 4-6%, tergantung dari lamanya bungkil ditekan di bawah tekanan hidraulik.



Gambar 2.3. Skema cara memperoleh minyak dengan pengepresan

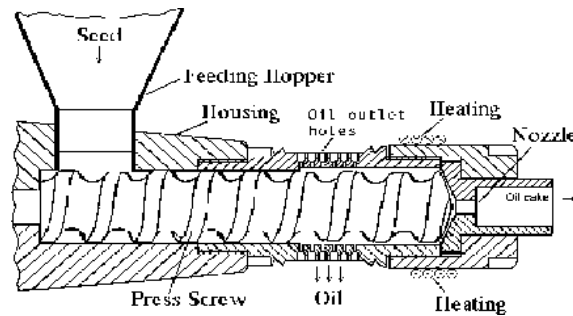
2. Pengepresan berulir (*Screw Pressing*)

Metode pengepresan berulir (*Screw Press*) merupakan metode ekstraksi yang lebih maju dan telah diterapkan di industri pengolahan minyak. Cara ekstraksi ini paling sesuai untuk memisahkan minyak dari bahan yang kadar minyaknya di atas 10%. Tipe alat pengepres berulir yang digunakan dapat berupa pengepres berulir tunggal (*Single Screw Press*) atau pengepres berulir ganda (*Twin Screw Press*). Pada pengepresan jarak pagar, dengan teknik pengepres berulir tunggal (*Single Screw Press*) dihasilkan rendemen sekitar 28-34%, sedangkan dengan teknik pengepres berulir ganda (*Twin Screw Press*) dihasilkan rendemen minyak sekitar 40-45%. Keuntungan-keuntungan yang diperoleh dari pengepresan berulir antara lain :

- a. Bekerja secara kontinyu
- b. Kapasitas olahannya tinggi
- c. Efisiensi pengepresan lebih tinggi (kehilangan minyak kecil)

Menurut Heruhadi (2008) dalam AA Lima (2015), cara kerja alat ekstraksi biji jarak tipe berulir (*screw*) ini adalah dengan menerapkan prinsip ulir dimana bahan yang akan dipress ditekan dengan menggunakan daya dorong dari ulir yang berputar. Bahan yang masuk ke dalam alat akan terdorong dengan sendirinya ke arah depan, kemudian bahan akan mendapatkan tekanan setelah berada di ujung alat. Semakin bahan menuju ke bagian ujung alat, tekanan yang dialami bahan akan menjadi semakin lebih besar. Tekanan ini yang akan menyebabkan kandungan minyak yang terdapat

dalam bahan keluar. Minyak kasar yang keluar dari mesin press dialirkan dan ditampung ke dalam tangki penampung selama beberapa waktu agar kotoran-kotoran yang terikut di dalamnya mengendap.



Gambar 2.4. Alat Pengepress Ulir

Klasifikasi *Screw Press*

Screw press dapat diklasifikasikan menjadi beberapa kategori diantaranya sebagai berikut :

1. *Expellers*

Tipe *expellers* ini adalah *screw press* yang paling sering ditemui di industri. Mereka terdiri dari *screw* yang berputar dalam tong/barel berlubang. Lubang dalam barel dibentuk dengan jarak yang teratur (jarak ini dapat bervariasi 0,5-0,1 mm), sehingga minyak dapat mengalir keluar di sepanjang tong. *Screw press* ini dapat dilengkapi dengan sistem pemanas.

2. *Expanders*

Ekspander merupakan *extruder* tertutup, di mana biji hancur tetapi tanpa ekstraksi minyak. *Screw* terkunci dalam sistem tertutup di mana nozel secara teratur akan mengalirkan air atau uap. Proses menghancurkan biji ini dapat dianggap sebagai preparasi biji sebelum tahap yang kedua yaitu tahap ekstraksi dengan pelarut. Pada akhir *screw*, ada plate berlubang sebagai tempat untuk keluar bahan yang sudah diekstrusi. Metode ini banyak digunakan untuk biji dengan kadar minyak rendah (kedelai atau kapas).

3. *Twin screw*

Screw jenis ini merupakan pengembangan dari jenis *expeller* dan *expander*. Jenis ini memiliki dua *screw* dalam satu barel namun lubang

pengeluaran untuk minyak hanya terdapat di akhir *screw*, tidak disepanjang barel.

2.3.3. Solvent Extraction

Prinsip dari proses ini adalah ekstraksi dengan melarutkan minyak dalam pelarut minyak ataupun lemak. Pada cara ini dihasilkan bungkil dengan kadar minyak yang rendah yaitu sekitar 1 persen atau lebih rendah, dan mutu minyak yang dihasilkan cenderung menyerupai hasil dengan cara *expeller pressing*, karena sebagian fraksi bukan minyak akan ikut terekstraksi. Pelarut minyak atau lemak yang biasa dipergunakan dalam proses ekstraksi dengan pelarut menguap adalah petroleum eter, gasoline karbon disulfida, karbon tetraklorida, benzene dan n-heksan. Jumlah pelarut menguap atau yang hilang tidak boleh lebih dari 5%.

2.4. Pengaruh Temperatur Pemanasan

Menurut Hamitton (2000), pemanasan dalam pengolahan minyak perlu dilakukan karena proses pemanasan akan sangat menentukan kualitas dan kuantitas minyak yang akan diperoleh. Semakin tinggi temperatur pemanasan maka semakin banyak minyak yang akan diperoleh. Adapun tujuan dari pemanasan itu sendiri adalah sebagai berikut :

1. Memudahkan minyak keluar dari sel yang ada didalam biji
2. Mematikan aktifitas enzim-enzim dan mikroorganisme tertentu
3. Menaikkan nilai keenceran minyak
4. Salah satu cara sterilisasi pendahuluan

2.5. Proses Pemurnian Minyak

2.5.1. Tujuan Pemurnian

Proses pemurnian minyak bertujuan menghilangkan rasa serta bau yang tidak enak, warna yang tidak menarik, dan memperpanjang masa simpan minyak sebelum dikonsumsi atau digunakan sebagai bahan mentah dalam industri. Menurut Djatmiko dan Ketaren (1985), kotoran yang terdapat dalam minyak terdiri dari tiga golongan, yaitu :

1. Komponen yang tidak larut dalam minyak atau lemak (*fat insoluble* dan terdispersi dalam minyak). Kotoran ini terdiri atas jaringan – jaringan, serat,

abu, mineral seperti Fe, Mg, Cu, dan Ca, getah, lendir, dan air. Kotoran ini dapat dipisahkan dengan cara mekanis seperti penyaringan, pengendapan, dan sentrifusi.

2. Komponen-komponen yang berbentuk suspensi koloid dalam minyak. Kotoran ini terdiri atas fosfolipid, karbohidrat, senyawa yang mengandung nitrogen dan senyawa kompleks lainnya. Kotoran ini dapat dihilangkan dengan menggunakan uap panas, elektrolisa disusul dengan proses mekanik seperti pengendapan, sentrifusi, atau penyaringan dengan menggunakan adsorben.
3. Komponen-komponen yang terlarut dalam minyak (*fat soluble compound*). Kotoran yang termasuk golongan ini terdiri atas asam lemak bebas, sterol, hidrokarbon, turunan dari mono dan digliserida yang dihasilkan dari hidrolisa trigliserida, zat warna yang terdiri dari karotenoid, klorofil, dan zat warna lainnya yang dihasilkan dari proses dekomposisi minyak yang terdiri atas keton, aldehida dan resin serta zat lain yang belum dapat diidentifikasi.

2.5.2. Tahapan-tahapan pemurnian

2.5.2.1. Degumming

Degumming merupakan *pre-treatment* yang bertujuan untuk memisahkan gum (getah atau lendir) berupa fosfolipid, protein, karbohidrat, dan resin (polimer). Selain itu, *degumming* ini juga bertujuan untuk mengurangi ion logam (Fe^{3+} , Cu^{2+}), memudahkan proses pemurnian selanjutnya, dan memperkecil terjadinya *loss* pada minyak (Ketaren, 1986).

Menurut Sahirman (2009), *degumming* merupakan *treatment* antara minyak mentah dengan air, asam encer (asam fosfat atau asam sitrat) dan terkadang *dilute caustic soda*. Proses ini dilakukan untuk menghilangkan *phosphatides* dan *mucilaginous material* (getah-getah) dari *crude oil*. *Phosphatide* merupakan emulsifier yang sangat baik dan dapat menyebabkan *refining losses* dimana *phosphatide* berhubungan dengan logam-logam khususnya besi sehingga dapat menurunkan *oxidative stability* serta *phosphatide* juga dapat menyebabkan *inverse* terhadap warna dan fiksasi pada *deodorize oil*. Selain itu, *phosphatide* membuat minyak menjadi keruh selama penyimpanan, menstimulasi akumulasi

air pada ester atau biodiesel, dan menyebabkan penggunaan katalis alkali pada proses transesterifikasi lebih banyak.

Proses *degumming* ini dapat dilakukan dengan berbagai cara seperti pemanasan, penambahan asam fosfat, penambahan natrium hidroksida, hidrasi, dan penggunaan pereaksi khusus seperti asam format, natrium klorida, dan natrium fosfat. Secara garis besar, terdapat dua jenis proses *degumming*, yaitu: *water degumming* yang dilakukan dengan penambahan air pada suhu minyak 60-90°C yang diikuti proses pemisahan dengan gaya sentrifugal dan *acid degumming* yang dilakukan untuk pospatida yang tidak dapat dihilangkan melalui pemanasan, terdapat penambahan larutan asam (asam sitrat atau asam fosfat) dan sejumlah metanol. Proses *degumming* dengan menambahkan asam fosfat adalah proses yang paling banyak dilakukan dalam industri.

Asam fosfat dan sitrat biasa digunakan pada proses *degumming* karena dapat mengikat logam berat. Asam fosfat sebagai *degumming agent* sangat baik digunakan dalam proses pemurnian minyak kelapa. Jika dosis asam fosfat yang digunakan terlalu tinggi, kandungan senyawa fosfat dalam minyak juga tinggi sehingga tidak bisa dihilangkan pada proses bleaching. Konsentrasi asam fosfat yang digunakan adalah 85%. Tujuan penambahan asam fosfat adalah untuk mengendapkan *phosphatide* yang bersifat *nonhydratable* menjadi *hydratable* sehingga dapat dipisahkan dari minyak melalui proses pencucian. Menurut Hendrix (1990) sebelum proses netralisasi, minyak diberi perlakuan dengan penambahan 0.02 – 0.5% asam fosfat pada suhu 60-90°C selama 15-30 menit, agar *phosphatide* yang larut dalam minyak menjadi mudah dihilangkan. Sedangkan asam sitrat ditambahkan sebagai *degumming agent* berfungsi sebagai pengurai fosfatida yang tidak terhidratasi. Selain itu asam sitrat juga berfungsi sebagai penstabil dan pengawet minyak dengan cara mengkelat logam-logam yang dapat menurunkan kualitas minyak. Kandungan logam – logam tersebut dapat bertindak sebagai katalis dalam oksidasi minyak.

Proses pemisahan gum (*degumming*) perlu dilakukan sebelum proses netralisasi dengan alasan sabun yang terbentuk dari hasil reaksi antara asam lemak bebas dengan kalium hidroksida pada proses netralisasi akan menyerap gum (getah dan lendir) sehingga menghambat proses pemisahan sabun (*soap stock*) dari

minyak. Selain itu, netralisasi minyak yang masih mengandung gum akan menambah partikel emulsi dalam minyak, sehingga mengurangi rendemen trigliserida (Djarmoko dan Ketaren, 1985).

2.5.2.2. Netralisasi

Netralisasi merupakan suatu proses untuk memisahkan asam lemak bebas dari minyak atau lemak, dengan cara mereaksikan asam lemak bebas dengan basa atau pereaksi lainnya sehingga membentuk sabun (*soap stock*). Pemisahan asam lemak bebas dapat juga dilakukan dengan cara penyulingan (de-asidifikasi). Pada minyak terdapat tiga ikatan antara asam lemak dengan gliserol. Adanya reaksi hidrolisis dan oksidasi bisa menyebabkan ikatan antara asam lemak dan gliserol terurai sehingga terbentuk asam lemak bebas. Tujuan proses netralisasi adalah untuk menghilangkan asam lemak bebas (FFA) yang terdapat pada minyak yang dapat menyebabkan bau tengik. Netralisasi dapat dilakukan dalam beberapa cara, yaitu : netralisasi dengan kaustik soda (NaOH), netralisasi dengan potash kaustik (KOH), netralisasi minyak dalam bentuk “miscella”, pemisahan asam (*de-acidification*) dengan cara penyulingan serta pemisahan asam dengan menggunakan pelarut organik (Ketaren, 1986).

Netralisasi menggunakan *Potassium Hydroxide* (KOH) banyak digunakan dalam industri karena lebih efisien dan lebih murah dibandingkan dengan cara netralisasi lainnya. Selain itu, penggunaan KOH membantu dalam mengurangi zat warna dan kotoran yang berupa getah dan lendir dalam minyak. Dengan cara hidrasi dan dibantu dengan proses pemisahan sabun secara mekanis, netralisasi dengan menggunakan kaustik soda dapat menghilangkan fosfatida, protein, resin, dan suspensi dalam minyak yang tidak dapat dihilangkan dengan proses pemisahan gum. Komponen minor dalam minyak yang berupa sterol, klorofil, vitamin E dan karotenoid hanya sebagian kecil dapat dikurangi dengan proses netralisasi ini. Menurut Herlina (2002) KOH lebih banyak digunakan pada proses netralisasi karena memiliki reaktifitas yang lebih baik. Selain itu, secara ekonomis harganya lebih murah dan mudah didapat di Indonesia (Priatna, 1982).

Beberapa hal yang perlu dipertimbangkan dalam memilih konsentrasi larutan alkali yang digunakan dalam netralisasi adalah keasaman dari minyak kasar, jumlah minyak netral (trigliserida) yang tersabunkan diusahakan serendah

mungkin, jumlah minyak netral yang terdapat dalam *soap stock*, suhu netralisasi dan warna minyak netral. Konsentrasi dari alkali yang digunakan tergantung dari jumlah asam lemak bebas atau derajat keasaman minyak. Makin besar jumlah asam lemak bebas, makin besar pula konsentrasi alkali yang digunakan. Suhu netralisasi dipilih sedemikian rupa sehingga sabun (*soap stock*) yang terbentuk dalam minyak mengendap dengan kompak dan cepat. Pengendapan yang lambat akan memperbesar kehilangan minyak karena sebagian minyak akan diserap oleh sabun. Makin encer larutan alkali yang digunakan, makin besar jumlah larutan yang dibutuhkan untuk netralisasi dan minyak netral yang dihasilkan berwarna lebih pucat.

2.6. Biodiesel

Biodiesel / *fatty acid methyl ester* (FAME) merupakan bioenergi atau bahan bakar alternatif pengganti minyak diesel (minyak fosil) yang dibuat dari minyak nabati maupun hewani. Minyak nabati sebagai sumber utama biodiesel dapat dipenuhi oleh berbagai macam jenis tumbuhan tergantung pada sumber daya utama yang banyak terdapat di suatu tempat atau negara. Menurut Soerawidjaja (2005) menyebutkan ada 50 spesies tanaman di Indonesia yang bisa menghasilkan biodiesel, contoh yang populer adalah sawit, kelapa, jarak pagar, kapuk atau randu.

Minyak mentah atau *refined fatty oil* yang diperoleh dari bahan nabati didominasi oleh trigliserida sehingga memiliki viskositas dinamik yang sangat tinggi dibandingkan dengan solar (bisa mencapai 100 kali lipat, misalkan pada castor oil (Conceicao *et al*, 2005). Oleh karena itu, penggunaan minyak ini secara langsung di dalam mesin diesel umumnya memerlukan modifikasi atau tambahan peralatan khusus pada mesin, misalnya penambahan pemanas bahan bakar sebelum sistem pompa dan injektor bahan bakar untuk menurunkan nilai viskositas.

Minyak nabati bersifat lebih kental dan bilangan setananya lebih rendah dari minyak solar (syarat bilangan setana SNI 04-7182-2006 adalah minimal 51) sehingga lebih sulit untuk diaplikasikan langsung ke dalam mesin diesel. Oleh karena itu, minyak nabati memerlukan proses yang dapat mengubah minyak kasar

menjadi minyak biodiesel. Proses yang saat ini dikembangkan adalah metode estrans. Proses estrans terdiri atas 2 (dua) tahap, yaitu reaksi esterifikasi dengan katalis asam dan transesterifikasi dengan katalis basa. Konsentrasi asam/basa tergantung dari kandungan asam lemak bebas yang berada dalam minyak nabati tersebut. Metode baru dalam proses pembuatan biodiesel telah dikembangkan. Metode tersebut di antaranya dengan proses nonkatalitik (menggunakan metanol super kritik), proses *in-situ*, serta menggunakan proses biologis/enzimatis (Joelianingsih *et al.* 2006).

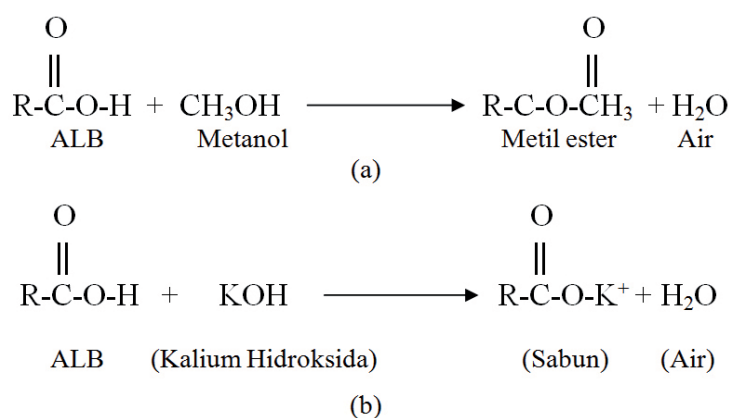
Menurut Kinast (2003), berdasarkan kandungan asam lemak bebasnya (ALB), minyak nabati dapat dibagi menjadi 3, yaitu:

1. *Refined oils*, yaitu minyak nabati yang telah dimurnikan sehingga kandungan ALB-nya turun mencapai kurang dari 1,5 %.
2. Minyak nabati yang kandungan ALB-nya kurang dari 4 %.
3. Minyak nabati dengan kandungan ALB lebih tinggi dari 20 %.

Minyak nabati memiliki kandungan ALB sangat rendah (kurang dari 5%), dapat diolah dengan menggunakan 1 tahap reaksi transesterifikasi dengan menggunakan katalis alkohol basa. Jika ALB minyak lebih besar dari 5%, reaksi menggunakan katalis alkohol basa tidak dapat dilakukan. Hal ini disebabkan ALB akan bereaksi dengan katalis alkohol basa. Oleh karena itu, perlu dilakukan penurunan ALB dengan menggunakan katalis alkohol asam atau bisa disebut reaksi esterifikasi (Gerpen & Knothe 2005).

Metode esterifikasi menggunakan katalis alkohol asam yang bertujuan mengonversi ALB dari minyak nabati menjadi ester. Selanjutnya reaksi konversi trigliserida (reaksi lambat) menjadi metil ester. Hal ini disebabkan ALB bereaksi dengan katalis alkohol asam sehingga membentuk metil ester dan air. Reaksi esterifikasi merupakan reaksi substitusi nukleofilik dan bukan reaksi asam basa. Gugus OH dari asam karboksilat disubstitusi oleh gugus OR dari alkohol. Menurut Canacki & Gerpen (1999) reaksi esterifikasi termasuk reaksi dapat balik karena gugus OH sebagai gugus pergi juga merupakan suatu nukleofil. Reaksi ini dipengaruhi beberapa faktor diantaranya adalah jumlah pereaksi alkohol dan ALB, waktu reaksi, suhu, konsentrasi katalis dan kandungan air dalam minyak.

Jika metode esterifikasi tidak dilakukan, melainkan dengan melangsungkan metode transesterifikasi dengan katalis alkohol basa, ALB yang ada akan bereaksi dengan katalis alkohol basa sehingga akan menurunkan aktifitas katalitik. Selain itu, reaksi antara ALB dengan katalis alkohol basa akan membentuk emulsi sabun, bahkan pada konsentrasi ALB >5% akan terjadi pembentukan gel (Canacki & Gerpen 1999). Emulsi sabun tersebut akan menyulitkan dalam proses pemisahan metil ester dengan gliserol sehingga akan mengurangi rendemen (*yield*) biodiesel yang dihasilkan. Selain itu, jika ALB masih terdapat dalam biodiesel, akan meningkatkan nilai bilangan asam di atas standar sehingga dapat mengakibatkan korosi pada mesin diesel. Adapun reaksi konversi asam lemak menjadi alkil ester tersaji pada Gambar 2.5.a dan reaksi penyabunan tersaji pada Gambar 2.5.b



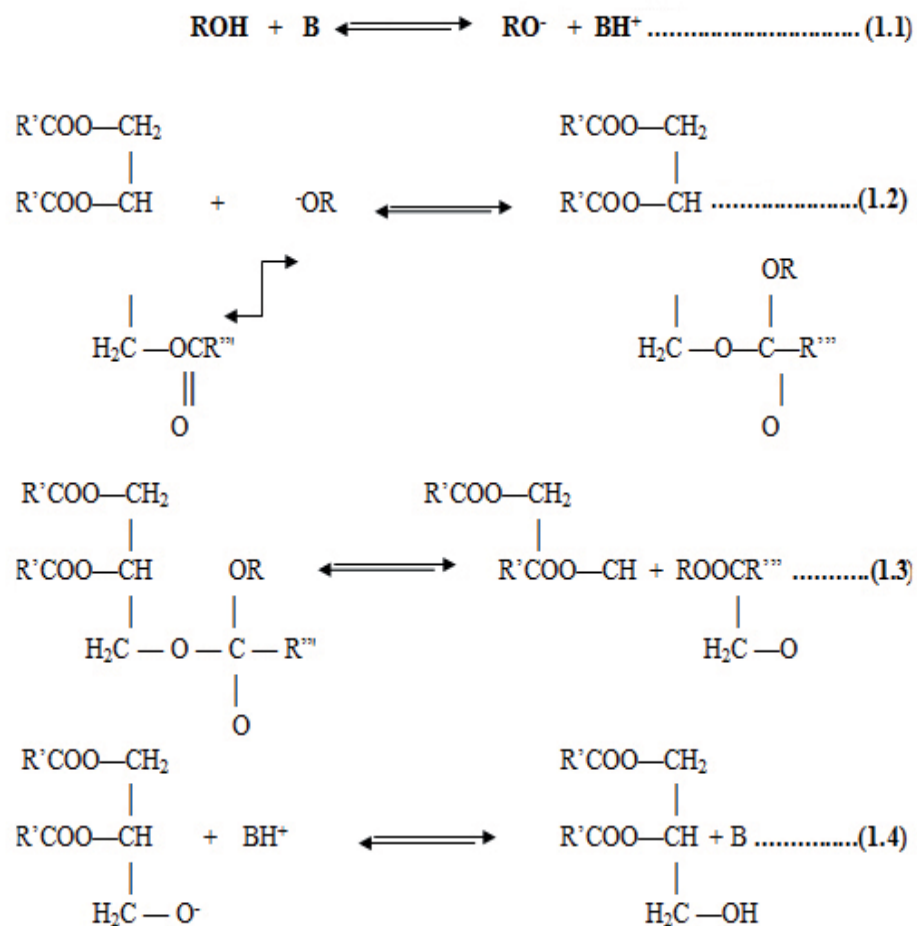
Gambar 2.5. Reaksi Konversi Asam Lemak Bebas Menjadi Metil Ester (a); Reaksi penyabunan (b)

Katalis yang digunakan pada metode esterifikasi adalah katalis asam kuat, misalnya H_2SO_4 atau HCl (Gerpen & Knothe 2005; Hambali *et al.* 2007a). Katalis asam tersebut selain mengesterifikasi ALB juga mengonversi trigliserida menjadi metil ester tetapi dengan kecepatan yang lebih rendah jika dibandingkan dengan transesterifikasi menggunakan katalis basa (Freedman *et al.* 1984).

Menurut Rachmaniah (2004), penggunaan katalis asam klorida pro-analis (Pa) 5% (b/b) pada reaksi esterifikasi minyak dedak padi (yang tinggi kandungan asam oleat dan asam linoleat) dengan ALB tinggi (15%, 60%, dan 70%) akan membantu dalam mempercepat reaksi esterifikasi asam lemak menjadi metil ester.

Di sisi lain, konversi trigliserida menjadi metal ester pada minyak tersebut menjadi lebih lambat. Keseluruhan waktu yang dibutuhkan untuk melakukan esterifikasi terhadap minyak dedak padi menggunakan katalis asam klorida hanya 60 menit. Jumlah konversi ALB menjadi metil ester mencapai 98% dengan semakin tingginya jumlah ALB di dalam minyak (ALB mencapai 70%).

Metode transesterifikasi bertujuan mengonversi trigliserida menjadi alkil ester, reaksi ini berlangsung lambat tanpa bantuan katalis. Hal ini disebabkan sifat metanol dan minyak yang tidak dapat bercampur (*immiscible*). Oleh karena itu, dibutuhkan katalis yang bertindak dalam menyediakan ion untuk pertukaran ion antara kedua fase metanol dan minyak serta menurunkan energi aktivasi sehingga reaksi berlangsung lebih cepat (Altic 2010). Katalis basa yang umum digunakan dalam transesterifikasi adalah NaOH dan KOH. Secara skematis reaksi transesterifikasi dapat dilihat pada Gambar 2.6.



Gambar 2.6. Reaksi trans-esterifikasi dengan bantuan katalis basa (Singh 2008)

Selain katalis homogen yang sudah dijelaskan di atas, terdapat juga jenis katalis heterogen yang sifatnya berbeda fase dengan reaktan maupun produk, serta dapat digunakan berulang kali. Katalis heterogen tersebut umumnya berasal dari senyawa kimia golongan IIA pada unsure periodik kimia seperti Mg, Ca, Sr, dan Ba. Kekuatan ion yang disumbangkan oleh senyawa oksidanya berturut-turut dapat meningkat mulai dari yang paling lemah adalah oksida $Mg < Ca < Sr < Ba$. Penggunaan katalis heterogen memungkinkan *output* dari proses produksi biodiesel lebih ramah lingkungan, tidak membutuhkan banyak air pencuci, dan menghasilkan gliserol yang lebih bersih (D'Cruz *et al.* 2007).

Alkohol digunakan sebagai pereaksi untuk membentuk alkil ester. Alkil ester yang terbentuk dapat berupa metil ester, etil ester, dan sebagainya bergantung pada jenis alkohol yang digunakan. Jika alkohol yang digunakan adalah metanol, maka biodiesel/alkil ester yang terbentuk berupa metil ester. Kelarutan minyak di dalam alkohol meningkat dengan semakin panjangnya jumlah atom karbon alkohol. Jenis alkohol yang digunakan dalam produksi biodiesel umumnya jenis alkohol rantai pendek, yaitu etanol dan metanol. Kedua jenis alkohol tersebut memiliki kelemahan dan kelebihan masing-masing. Penggunaan metanol mampu menghasilkan biodiesel dengan rendemen dan kemurnian yang paling tinggi karena reaktivitasnya yang tinggi (disebabkan rantainya paling pendek jika dibandingkan dengan jenis alkohol yang lain), lebih cepat bereaksi dibandingkan etanol, harganya murah dan dengan mudah dapat dipisahkan dari gliserol (Sivakrasam & Saravanan 2007; Ozgul-Yücel & Turkey 2003; Joshi *et al.* 2010). Selain itu, metanol memiliki afinitas yang rendah terhadap penyerapan uap air udara, serta kadar airnya mudah dipisahkan melalui destilasi sederhana sehingga dapat diperoleh dalam bentuk anhidrat. Namun, metanol bersifat lebih beracun dibandingkan dengan etanol, serta kurang ramah lingkungan dibandingkan dengan etanol (Singh 2008).

Etanol sebagai reaktan dalam pembentukan biodiesel memiliki kelebihan dibandingkan dengan metanol, yaitu adanya kadar karbon tambahan menyebabkan biodiesel yang dihasilkan memiliki bilangan asam yang lebih tinggi. Adapun kekurangan dari penggunaan etanol adalah menyebabkan pemisahan fase gliserol

dari fase etil ester, lebih sensitif dalam menyerap uap air, serta tingkat konversi yang lebih rendah dibandingkan dengan metanol (Singh 2008).

Seperti yang sudah dijelaskan sebelumnya, biodiesel dapat diolah dari beragam jenis minyak nabati. Menurut Mitellbach (1996), jenis minyak yang digunakan akan mempengaruhi beberapa parameter biodiesel, seperti densitas, bilangan setana, dan kandungan sulfur. Oleh karena itu, untuk menjamin keseragaman kualitas biodiesel yang dihasilkan dan agar tidak mengganggu kinerja mesin diesel, pemerintah dari beberapa negara telah menerbitkan standar biodiesel (Tabel 2.2).

Standar yang mengatur parameter mutu biodiesel, di Indonesia dijelaskan dalam SNI biodiesel (SNI-04-7182-2015). Standar tersebut mengacu pada biodiesel internasional, yaitu ASTM D6751 dan EN 14214.

Tabel 2.2. Parameter umum kualitas biodiesel yang diatur oleh standar beberapa negara

No	Parameter	Austria	Republik Czeh (CSN)	Prancis	Y7Jerman (awqDIN)	Italias (UNI)	Amerika Serikat (ASTM)
1	Densitas (15°C, g/cm ³)	0,85-0,89	0,87-0,89	0,87-0,89	0,875-0,89	0,86-0,90	-
2	Viskositas (40°C, mm ² /s)	3,5-5,0	3,5-5,0	3,5-5,0	3,5-5,0	3,5-5,0	1,9-6,0
3	Titik nyala (°C)	100	110	100	110	100	130
4	CFPP (°C)	0/-5	-5	-	0-10/-20	-	-
5	Titik tuang	-	-	-10	-	0/-5	-
6	Bilangan setana	49	48	49	49	-	47
7	Bilangan asam (mgKOH/g)	0,89	0,5	0,5	0,5	0,5	0,8
8	Residu Carbon (CCR %)	0,05	0,05	-	0,05	0,05	0,05

Sumber : Meher et al. 2006

Tabel 2.3. Standar biodiesel menurut SNI 7182:2015

No	Parameter	Satuan	Metode	Syarat
1	Massa jenias pada 40°C	kg/m ³	ASTM D 1298	850-890
2	Viskositas kinematik pada 40°C	mm ² /s (cSt)	ASTM D445	2,3-6,0
3	Bilangan setana	-	ASTM D 613	min 51
4	Titik nyala (mangkuk tertutup)	°C	ASTM D 93	min 100

No	Parameter	Satuan	Metode	Syarat
5	Titik kabut	°C	ASTM D 2500	maks 18
6	Korosi kepingan tembaga (3 jam pada 50°C)	-	ASTM D 130	maks no. 3
7	Residu karbon (mikro) - Dalam contoh asli - Dalam 10% ampas dist.	% - massa	ASTM D 4530	- maks 0,05 - maks 0,30
8	Air dan sedimen	% - vol	ASTM D 2709 atau ASTM 1796	maks 0,05*
9	Suhu distilasi 90%	°C	ASTM D 1160	maks 360
10	Abu tersulfatkan	% - massa	ASTM D 874	maks 0,02
11	Belerang	ppm atau (mg/kg)	ASTM D 5453 atau ASTM D-1296	maks 50
12	Fosfor	ppm atau (mg/kg)	AOCS Ca 12-55	maks 4
13	Bilangan asam	mg-KOH/g	AOCS CD 3d-63 atau ASTM D 664	maks 0,5
14	Gliserol bebas	% - massa	AOCS Ca 14-56 atau ASTM D 6584	maks 0,02
15	Gliserol total	% - massa	AOCS Ca 14-56 atau ASTM D 6584	maks 0,24
16	Angka Iodium	% - massa	AOCS Cd 1-25	Maks 115
17	Kadar metil ester	% - massa	-	Min 96,5

Sumber : SNI -04-7182-2015

2.6.1. Kelebihan dan Kekurangan Biodiesel

Biodiesel mempunyai potensi sangat besar untuk dikembangkan sebagai bahan bakar karena mempunyai banyak keuntungan dari segi lingkungan. Keuntungan penggunaan biodiesel di antaranya adalah dapat diperbaharui, penggunaan energi lebih efisien, dapat menggantikan penggunaan bahan bakar untuk mesin diesel dengan tidak perlu modifikasi, dapat mengurangi emisi/CO₂ yang menyebabkan pemanasan global, mengurangi emisi gas beracun dari knalpot, bersifat “*biodegradable*” dan mudah digunakan (Tyson, K.S & McCormick 2006).

Biodiesel dapat digunakan sebagai bahan bakar alternatif pengganti BBM untuk mesin diesel dalam bentuk 100% (B-100) atau campuran dengan minyak solar pada tingkat konsentrasi tertentu (BXX). Penggunaan di Indonesia dibatasi pada 10% biodiesel dicampur dengan 90% minyak solar yang dikenal dengan

nama B10, sedangkan di Amerika membatasi penggunaan biodiesel sebagai campuran minyak solar maksimum 20% (B-20). Meskipun di Indonesia masih di bawah B-20, hasil uji jalan dengan pemanfaatan B20 pada kendaraan sudah dilakukan oleh Kementerian ESDM pada tahun 2014 yang didukung oleh Gaikindo, Pertamina, BPPT dan Aprobi sebagai stakeholder biodiesel. Hasil kajian dan uji jalan membuktikan bahwa pemanfaatan biodiesel dapat dilakukan pada kendaraan atau mesin diesel sampai dengan 20 persen (B20) tanpa ditemukan masalah atau modifikasi mesin (ESDM 2015). Dalam perkembangannya *blending mandatory* biodiesel pada tahun 2016 sudah menacapai B-19,7, atau mendekati target mandatori yang ditetapkan yaitu B-20 (GAPKIb 2017).

Meskipun banyak kelebihan, biodiesel juga mempunyai kekurangan, dari sisi keekonomian di mana biaya produksinya masih lebih tinggi dibandingkan harga solar di pasaran sehingga peran pemerintah sangatlah penting dalam hal pemberian insentif produksi biodiesel. Viskositas (kekentalan) minyak biodiesel lebih tinggi dibandingkan minyak solar yang akan menyulitkan pompa bahan bakar untuk mengalirkan minyak biodiesel ke ruang bakar. Akibat dari aliran bahan bakar yang rendah akan menyulitkan terjadinya atomisasi bahan bakar yang baik. Buruknya atomisasi berkorelasi langsung dengan kualitas pembakaran, daya mesin dan emisi gas buang. Untuk menurunkan nilai viskositas biodiesel dan meningkatkan atomisasinya biodiesel dapat dicampur dengan minyak solar dengan berbagai komposisi (Nasikin 2004).

2.6.2. Tahapan Proses Pembuatan Biodiesel

1. Pengupasan dan pengeringan

Biji (kernel) yang digunakan untuk bahan pembuatan minyak lemak nabati harus dalam keadaan baik (tidak dimakan ulat), tua, masih ada tempurungnya. Biji dikupas terlebih dahulu untuk menghasilkan biji (kernel) yang baik. Biji dikupas dengan cara melepaskan tempurung atau kulitnya, kemudian biji (kernel) tanpa tempurung dikeringkan di bawah sinar matahari sampai mencapai kadar air 12%. Pengeringan biji tanpa tempurung bisa juga dilakukan dengan cara digoreng tanpa minyak (sangrai)

atau dengan mesin pengering biji. Pengeringan dilakukan sampai biji berwarna cokelat kemerahan. Khusus untuk bahan baku yang diperkirakan banyak getahnya (*gum*) seperti pada biji nyamplung dan malapari, perlu dikukus terlebih dahulu, kemudian dicuci dan dikeringkan. Tahapan pengeringan ini sangat penting dilakukan karena pengeringan menentukan rendemen dari minyak kasar yang dihasilkan.

2. Penggepresan/ekstraksi biji

Pembuatan minyak kasar (*crude oil*) dari biji yang telah melalui proses pengupasan, pengukusan, dan pengeringan (kadar air <12%), selanjutnya diekstrak dengan menggunakan alat pengepres. Secara umum ada 2 tipe mesin press yang digunakan untuk memisahkan minyak kasar, yaitu sebagai berikut :

- a. Mesin pres hidrolik manual
- b. Mesin pres ekstruder atau sistem ulir.

Tipe mesin pres hidrolik manual biasa digunakan untuk proses skala rumah tangga atau yang bisa dilakukan oleh masyarakat pedesaan dengan kapasitas 8–10 kg per satu kali pres, sedangkan untuk tipe mesin press ekstruder digunakan untuk skala menengah ke atas dengan kapasitas 25–50 kg/jam. Hasil utama dari proses pengepresan adalah minyak kasar sedangkan limbah bungkil yang terdiri dari daging biji dan sisa minyaknya dapat digunakan sebagai bahan baku pada pengolahan briket/pelet bungkil, biometanol dan arang aktif.

3. Pemisahan kotoran/getah (*degumming*)

Minyak yang keluar dari mesin ekstraksi umumnya berwarna gelap karena banyak mengandung kotoran yang berasal dari senyawa kimia seperti alkaloid, fosfatida, karo-tenoid, khlorofil dan lain-lain sehingga menimbulkan warna gelap. Oleh karena itu, diperlukan proses pemisahan getah dengan minyak. Proses pemisahan tersebut dikenal dengan *degumming*. *Degumming* adalah proses pemisahan kotoran dari minyak, yaitu dengan melakukan pemanasan pada suhu 50–60°C selama 30 menit. Jika minyak kasar mempunyai bilangan asam tinggi (> 40 g basa/g) dapat

dilakukan dengan pemanasan pada suhu 125°C, kemudian ditahan 120 menit pada suhu konstan. Setelah itu suhu diturunkan sampai 60 °C. Proses *degumming* dilakukan dengan menambahkan asam fosfat atau asam sitrat pada suhu 60°C sambil diaduk dengan kecepatan 400 rpm selama 30 menit. Proses ini menyebabkan senyawa fosfatida yang terbentuk mudah terpisah dari minyak. Senyawa fosfatida dipisahkan dengan cara pengendapan atau sentrifugasi. Pengendapan atau sentrifugasi akan menghasilkan dua lapisan, yaitu senyawa fosfatida di bagian bawah dan minyak bersih (*refined oil*) di bagian atas. Kedua lapisan ini dengan mudah dapat dipisahkan.

4. Esterifikasi

Proses esterifikasi dilakukan dengan cara menambahkan metanol teknis dan katalis HCl/H₂SO₄ ke dalam minyak. Esterifikasi diawali dengan memanaskan pada suhu 65°C selama 1 jam disertai pengadukan dengan kecepatan tinggi (400 rpm). Reaksi dilakukan menggunakan labu leher tiga yang dilengkapi dengan kondensor untuk mengkondensasi uap methanol agar masuk kembali ke dalam labu, sehingga minyak dengan katalis methanol asam akan bereaksi dengan sempurna. Selanjutnya transesterifikasi dilakukan terhadap *refined oil*. Proses ini digunakan apabila kadar ALB dari *refined oil* cukup tinggi. Apabila langsung dilakukan transesterifikasi, maka asam lemak bebas akan menjadi emulsi sabun. Prinsipnya, proses esterifikasi dilakukan sebelum proses transesterifikasi.

5. Transesterifikasi

Dalam proses trans-esterifikasi *refined oil* direaksikan dengan methanol teknis dan katalis NaOH/KOH. Reaksi trans-esterifikasi diawali dengan memanaskan minyak pada suhu 65°C selama 1 jam dan disertai pengadukan. Reaksi dilakukan menggunakan labu leher tiga yang dilengkapi dengan kondensor untuk mengkondensasi uap methanol agar masuk kembali ke dalam labu, sehingga minyak dengan katalis methanol asam akan bereaksi dengan sempurna. Biodiesel yang dihasilkan didiamkan/diendapkan selama 4-5 jam untuk memisahkan gliserol yang terbentuk dalam proses pembuatan biodiesel tersebut.

6. Pencucian dan pemurnian

Biodiesel hasil proses transesterifikasi dilakukan pencucian dengan menggunakan air hangat sampai air cucian netral ($\text{pH}=7$). Selanjutnya, dilakukan pemurnian dengan cara dipanaskan pada suhu 80°C . Pemurnian biodiesel bertujuan untuk menghilangkan sisa air dalam minyak biodiesel.

7. Filterisasi (penyaringan)

Penyaringan dilakukan terhadap minyak hasil pencucian, apabila biodiesel yang dihasilkan masih mengandung kotoran-kotoran yang tidak dikehendaki dan dapat menurunkan kualitas minyak itu sendiri.

8. Pengemasan

Biodiesel hasil pemurnian dikemas menggunakan kemasan dari bahan plastik dan ditutup rapat (agar tidak terjadi reaksi oksidasi). Untuk menghindarkan terjadinya oksidasi, dapat pula diberikan bahan antioksidan sebanyak 0,3% (b/v), berupa BHT, BHA, TBHQ, dan NDGA.

2.6.3. Faktor Yang Mempengaruhi Pembuatan Biodiesel

Reaksi transesterifikasi dipengaruhi oleh faktor internal dan eksternal. Faktor Internal merupakan kondisi yang berasal dari minyak, seperti kandungan air dan asam lemak bebas. Sedangkan faktor eksternal merupakan kondisi yang tidak berasal dari minyak, meliputi kecepatan pengadukan, suhu reaksi, rasio metanol dan jenis katalis. Menurut Hikmah dkk. (2010), faktor - faktor yang yang mempengaruhi hasil perolehan biodiesel dari proses transesterifikasi yaitu :

1. Pengaruh Air Dan Asam Lemak Bebas

Minyak nabati yang akan ditransesterifikasi harus memiliki angka asam yang lebih kecil dari Banyak peneliti yang menyarankan agar kandungan asam lemak bebas lebih kecil dari 0.5% ($<0.5\%$). Apabila bahan baku memiliki kandungan asam lemak bebas tinggi ($> 1\%$) harus dilakukan perlakuan awal terlebih dahulu. Hal ini dikarenakan katalis basa akan bereaksi dengan asam lemak bebas membentuk sabun dan air (Joelianingsih, Tambunan, H.A., *et al*). Selain itu, semua bahan yang

akan digunakan harus bebas dari air, karena katalis basa bersifat higroskopis atau mudah menyerap air. Jika penyerapan air terlalu banyak mengakibatkan katalis tidak bekerja optimal.

2. Pengaruh Perbandingan Molar Alkohol dengan Bahan Mentah

Secara stoikiometri, jumlah alkohol yang dibutuhkan untuk reaksi, adalah 3 mol untuk setiap 1 mol trigliserida, untuk memperoleh 3 mol alkil ester dan 1 mol gliserol.

Secara umum ditunjukkan bahwa semakin banyak jumlah alkohol yang digunakan, maka konversi yang diperoleh juga akan semakin bertambah. Pada rasio molar 6 : 1, setelah 1 jam konversi yang dihasilkan adalah 98-99%, sedangkan pada 3 : 1 adalah 74-89%.

3. Pengaruh Jenis Alkohol

Pada rasio 6 : 1, metanol akan memberikan perolehan ester yang tertinggi dibandingkan dengan menggunakan etanol atau butanol.

4. Pengaruh Jenis Katalis

Katalis adalah bahan yang ditambahkan ke dalam reaksi dengan tujuan mempercepat jalannya reaksi. Katalis dapat digolongkan menjadi katalis asam, katalis basa dan, katalis enzim.

a. Katalis asam

Beberapa contoh katalis asam adalah asam klorida (HCl) , asam sulfat (H_2SO_4) dan asam fosfat (H_3PO_4). Katalis asam memberikan waktu reaksi yang lebih lama dan kebutuhan metanol yang lebih banyak (20 : 1). Katalis asam biasanya digunakan dalam proses esterifikasi dan digunakan dalam perlakuan awal untuk bahan baku dengan asam lemak bebas (FFA) tinggi.

b. Katalis basa

Jenis-jenis katalis basa yang dapat digunakan antara lain Natrium Hidroksida (NaOH), Kalium Hidroksida (KOH). Reaksi transesterifikasi akan menghasilkan konversi yang maksimum dengan jumlah katalis 0,5-1,5%(w/w) minyak nabati.

5. Pengaruh Kecepatan Pengaduk

Kecepatan pengadukan pada proses reaksi berkaitan dengan kehomogenan campuran reaksi agar reaksi berlangsung sempurna. Semakin tinggi kecepatan pengadukan maka semakin cepat terjadinya reaksi. Kecepatan pengadukan optimum untuk proses transesterifikasi CPO adalah 150 rpm (Choo 2004), berbeda dengan Sahirman (2009) menyatakan bahwa kecepatan pengadukan optimum dari proses transesterifikasi adalah 300 rpm.

Pada proses konvensional kecepatan pengadukan di atas 400 rpm tidak memberikan pengaruh yang signifikan terhadap hasil transesterifikasi. Berdasarkan hasil penelitian Nouredini dan Zhu (1997) menunjukkan bahwa terdapat perbedaan yang signifikan terhadap *yield* yang dihasilkan pada kecepatan pengadukan 150-300 rpm akan tetapi antara 300 dan 600 rpm perbedaannya hanya sedikit. Hal ini menunjukkan bahwa kecepatan pengadukan akan berpengaruh pada hasil proses transesterifikasi, akan tetapi setelah terjadi kesetimbangan tidak akan berpengaruh nyata.

6. Pengaruh Temperatur

Suhu reaksi berkaitan dengan panas yang dibutuhkan untuk mencapai energi aktivasi. Semakin tinggi suhu, maka semakin banyak energi yang digunakan reaktan untuk saling bertumbukan dalam mencapai energi aktivasi. Reaksi transesterifikasi dapat dilakukan pada suhu 35-65°C (titik didih metanol sekitar 65°C).

Semakin tinggi suhu, konversi yang diperoleh akan semakin tinggi untuk waktu yang lebih singkat. Banyak peneliti merekomendasikan suhu optimum untuk reaksi transesterifikasi adalah 60°C (Sahirman 2009). Reaksi transesterifikasi dapat dilakukan pada suhu 30-65°C (titik didih metanol sekitar 65°C).

7. Pengaruh Kondisi Minyak (Kasar dan Murni)

Perolehan metil ester akan lebih tinggi jika menggunakan minyak nabati *refined*. Namun apabila produk metil ester akan digunakan sebagai

bahan bakar mesin diesel, cukup digunakan bahan baku berupa minyak yang telah dihilangkan getahnya (*degumming*) dan disaring.

2.6.4. Analisis Produk

1. Rendemen

Rendemen adalah perbandingan jumlah (kuantitas) minyak yang dihasilkan dari ekstraksi tanaman. Rendemen menggunakan satuan persen (%). Semakin tinggi nilai rendemen yang dihasilkan menandakan nilai minyak nabati yang dihasilkan semakin banyak. (Fahmi, 2016) Jumlah rendemen yang didapat dapat dihitung dengan rumus berikut :

$$\% \text{ rendemen} = \frac{\text{Jumlah minyak yang dihasilkan (gr)}}{\text{jumlah bahan sebelum diolah (gr)}} \times 100$$

2. Densitas

Massa jenis adalah pengukuran massa setiap satuan volume benda. Semakin tinggi massa jenis suatu benda, maka semakin besar pula massa setiap volumenya. Massa jenis rata-rata setiap benda merupakan total massa dibagi dengan total volumenya. Sebuah benda yang memiliki massa jenis lebih tinggi (misalnya besi) akan memiliki volume yang lebih rendah daripada benda bermassa sama yang memiliki massa jenis lebih rendah (misalnya air).

Satuan SI massa jenis adalah kilogram per meter kubik ($\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$) Massa jenis berfungsi untuk menentukan zat. Setiap zat memiliki massa jenis yang berbeda. Dan satu zat berapapun massanya berapapun volumenya akan memiliki massa jenis yang sama.

Massa jenis menunjukkan perbandingan massa persatuan volume, karakteristik ini berkaitan dengan nilai kalor dan daya yang dihasilkan oleh mesin diesel persatuan volume bahan bakar.

3. Angka asam

Bilangan asam dinyatakan sebagai jumlah mg KOH/NaOH yang dibutuhkan untuk menetralkan asam lemak bebas yang terdapat dalam 1 gram minyak/lemak. Bilangan asam ini menunjukkan jumlah asam lemak

bebas yang terkandung dalam minyak/lemak, biasanya dihubungkan dengan proses hidrolisis minyak/lemak yang berkaitan dengan mutu minyak/lemak tersebut. Bilangan asam ditentukan dengan cara titrasi alkalimetri, yaitu teknik titrasi dengan pereaksi suatu alkali (KOH).

Angka asam adalah jumlah milligram KOH yang diperlukan untuk menetralkan asam lemak bebas yang terdapat dalam satu gram minyak atau lemak. Angka asam dari biodiesel yang dihasilkan sebesar 0,12489 mg-KOH (max 0,8 mg-KOH/g). Rendahnya asam lemak yang dihasilkan menandakan bahwa kandungan asam lemak bebas pada bahan baku minyak jelantah telah menurun.

4. Viskositas

Viskositas (kekentalan) merupakan sifat intrinsik fluida yang menunjukkan resistensi fluida terhadap alirannya, karena gesekan di dalam bagian cairan yang berpindah dari suatu tempat ke tempat yang lain mempengaruhi pengatoman bahan bakar dengan injeksi kepada ruang pembakaran, akibatnya terbentuk pengendapan pada mesin.

Konsep dasar viskositas kinematik adalah perkembangan dari penggunaan cairan untuk menghasilkan aliran melalui suatu tabung kapiler. Koefisien viskositas absolut, apabila dibagi oleh kerapatan fluidanya disebut viskositas kinematik. Dalam sistem metrik satuan viskositas disebut Stoke dan mempunyai satuan centimeter kuadrat per detik. Biasanya didapatkan satuan pembanding yang lebih kecil yaitu centistoke dan besarnya sama dengan seperseratus stoke.

5. Nilai kalor

Nilai kalor bahan bakar menentukan jumlah konsumsi bahan bakar tiap satuan waktu. Semakin tinggi nilai kalor bahan bakar menunjukkan bahwa bahan bakar tersebut semakin sedikit pemakaiannya. Tidak ada standar khusus yang menentukan nilai kalor minimal yang harus dimiliki bahan bakar diesel.

6. Kadar Air

Kadar air biodiesel mempengaruhi penyimpanan biodiesel dan juga proses pencampuran dengan solar karena sifatnya yang higroskopis. Kadar air biodiesel yang tinggi dapat menyebabkan mikroba mudah tumbuh, sehingga mengotori biodiesel, korosi pada mesin, dan pada suhu rendah menyebabkan pemisahan biodiesel murni maupun *blending*. Selain itu adanya air dalam biodiesel dalam jangka waktu yang lama akan meningkatkan kadar FFA (bilangan asam).

7. Titik nyala

Titik nyala adalah suhu terendah dimana bahan bakar dalam campurannya dengan udara akan menyala. Bila nyala tersebut terjadi terus menerus, maka suhu tersebut dinamakan titik bakar (*fire point*). Titik nyala yang tinggi akan menyebabkan keterlambatan penyalaan, sementara titik nyala terlalu rendah akan menyebabkan timbulnya detonasi yaitu ledakan- ledakan kecil yang terjadi sebelum bahan bakar masuk ruang bakar.

8. Warna

Warna bahan bakar secara tidak langsung akan berpengaruh terhadap kinerja mesin diesel. Warna yang terlalu terang dapat dikoreksi dengan penambahan zat warna tertentu sehingga masuk dalam standar warna bahan mesin diesel.