

2. STUDI LITERATUR

2.1. Bahan Bakar Biodiesel

Salah satu bahan bakar alternatif yang dinilai layak sebagai pengganti minyak bumi yaitu bahan bakar yang berasal dari minyak nabati atau lemak hewani yang dikenal dengan *Biodiesel* (Hambali *et al.* 2008). Pengembangan Biodiesel atau bahan bakar nabati sebagai sumber energi alternatif sangat strategis untuk mengatasi permasalahan tersebut, karena Biodiesel bersifat ramah lingkungan, lebih mudah terurai, tidak beracun, bebas kandungan belerang (sulfur) (Paendong dan Tangkuman 2010).

Pembuatan Biodiesel melalui transesterification dari minyak sayur telah dilakukan sejak awal tahun 1853 oleh E. Duffy dan J. Patrick, beberapa tahun sebelum mesin diesel pertama berfungsi. Sampai kira-kira 40 tahun kemudian, yaitu 10 Agustus 1893, Rudolf Diesel meluncurkan model mesin pertamanya di Augsburg, Jerman, sehingga pada 10 Agustus tersebut dideklarasikan sebagai Hari Bio-diesel Internasional. Diesel kemudian mendemonstrasikan mesinnya pada World Fair di Paris, Perancis 1898. Mesin tersebut sendiri adalah sebagai contoh visi Diesel, karena digerakan dengan bahan bakar minyak kacang atau biofuel, jadi tidak bisa dikatakan sebagai Biodiesel, karena tidak melalui proses *transesterification* (Suarna 2006).

Keuntungan pemakaian biodiesel dibandingkan dengan *petrodiesel* (BBM) diantaranya adalah bahan baku dapat diperbaharui (*renewable*), penggunaan energi lebih efisien, dapat menggantikan bahan bakar diesel, dapat digunakan kebanyakan peralatan diesel dengan tidak ada modifikasi atau hanya modifikasi kecil, dapat mengurangi emisi/ pancaran gas yang menyebabkan pemanasan global, dapat mengurangi emisi udara beracun, bersifat *biodegradable*, cocok untuk lingkungan sensitif dan mudah digunakan (Tyson 2004).

Berdasarkan penelitian yang dilakukan, para ahli telah menyimpulkan bahwa bahan bakar biodiesel memiliki sifat fisika dan kimia yang hampir sama dengan bahan bakar diesel konvensional dan juga memiliki nilai energi yang hampir setara tanpa melakukan modifikasi pada mesin diesel. Penggunaan biodiesel di Eropa

dilakukan dengan mencampur bahan bakar biodiesel dengan diesel konvensional dengan perbandingan tertentu yang lebih dikarenakan menjaga faktor teknis pada mesin terhadap produk baru serta menjaga kualitas bilangan setana biodiesel yang harus sama atau lebih besar 40.

Keunggulan lain dari bahan bakar ini adalah dalam melakukan kendali kontrol polusi, dimana biodiesel lebih mudah dari pada bahan bakar diesel fossil karena tidak mengandung sulfur bebas dan memiliki gas buangan dengan kadar pengotor yang rendah dan dapat didegradasi. Di sisi lain, secara ekonomi menguntungkan bagi negara barat dan Eropa karena sumbernya tidak perlu di impor seperti bahan bakar konvensional. Sumber minyak nabati lainnya yang diolah menjadi biodiesel yaitu dari rapeseed (canola), bunga matahari dan safflower (Haryanto 2012). Penggunaan 100% biodiesel sebagai bahan bakar sebaiknya dihindari karena dapat merusak komponen-komponen pada sistem diesel.

Kandungan utama biodiesel adalah alkil ester asam lemak yang dihasilkan dari trigliserida dalam minyak nabati atau lemak hewani melalui reaksi transesterifikasi dengan alkohol, biasanya digunakan metanol. Hasilnya adalah suatu bahan bakar yang tidak berbeda karakteristiknya dengan bahan bakar diesel konvensional. Biodiesel dapat digunakan langsung dalam mesin diesel, yang lebih dikenal dengan B100 atau dipakai untuk campuran bahan bakar diesel misalnya B20 (campuran 20% biodiesel, 80% diesel konvensional). Dengan adanya biodiesel maka akan lebih membantu untuk menghemat minyak bumi yang persediannya menurun.

2.2. Karakteristik Biodiesel

Biodiesel merupakan pilihan yang tepat untuk menggantikan bahan bakar diesel konvensional, karena karakter pada biodiesel mirip dengan karakter bahan bakar diesel konvensional. Biodiesel adalah bahan bakar yang tidak beracun, dapat diperbaharui (*renewable*), dan lebih ramah lingkungan. Sifat viskositas dari biodiesel dan bahan bakar diesel konvensional hampir sama. Perbandingan dari sifat fisik dan kimia biodiesel dan solar dapat dilihat pada gambar 2.1.

Sifat fisik / kimia	Biodiesel	Solar
Komposisi	Ester alkil	Hidrokarbon
Densitas, g/ml	0,8624	0,8750
Viskositas, cSt	5,55	4,6
Titik kilat, °C	172	98
Angka setana	62,4	53
Energi yang dihasilkan	40,1 MJ/kg	45,3 MJ/kg

(Sumber : *Internasional Biodiesel, 2001*)

Gambar 2.1. Sifat fisik/ kimia antara biodiesel dan solar

Sumber: dokumen.tips/documents/tugas-2-pengaruh-perubahan-properti-bahan bakar-terhadap-kinerja-mesin.

Pada biodiesel juga memiliki beberapa keunggulan sebagai bahan bakar alternatif. Pertama, angka cetane tinggi (> 50); makin tinggi bilangan cetane, makin cepat pembakaran dan makin baik efisiensi termodinamisnya. Kedua, titik kilat tinggi, yakni suhu terendah yang dapat menyebabkan uap biodiesel menyala, sehingga 48 Jurnal Litbang Pertanian, 28(2), 2009 biodiesel lebih aman dari bahaya kebakaran pada saat disimpan maupun didistribusikan daripada solar. Ketiga, tidak mengandung sulfur dan benzena yang mempunyai sifat karsinogen, serta dapat diuraikan secara alami. Keempat, menambah pelumasan mesin yang lebih baik daripada solar sehingga memperpanjang umur pemakaian mesin. Kelima, mudah dicampur dengan solar biasa dalam berbagai komposisi dan tidak memerlukan modifikasi mesin apapun. Keenam, mengurangi secara signifikan asap hitam dari gas buang mesin diesel, walaupun penambahan biodiesel ke dalam solar hanya 5–10%. Selain keunggulan, biodiesel memiliki kelemahan. Minyak nabati mempunyai viskositas (kekentalan) 20 kali lebih tinggi daripada bahan bakar diesel fosil sehingga mempengaruhi atomisasi bahan bakar dalam ruang bakar motor diesel. Atomisasi yang kurang baik akan menurunkan daya (tenaga) mesin dan pembakaran menjadi tidak sempurna. Karena itu, viskositas minyak nabati perlu diturunkan melalui proses transesterifikasi metil ester nabati atau FAME (Bustaman 2009).

Biodiesel yang diperoleh dari hasil transesterifikasi dapat digunakan dalam keadaan murni atau campuran dengan solar. Biodiesel murni dikenal dengan B100, tetapi harus diperhatikan bahwa biodiesel adalah ester yang dapat melunakkan polimer karet, sehingga bahan tersebut harus diganti dengan jenis bahan yang tahan dengan ester. Karakteristik biodiesel dekat dengan spesifikasi bahan bakar diesel (solar), maka biodiesel juga memiliki karakteristik seperti angka setana, titik nyala, titik tuang, viskositas kinematik, dll. Dibandingkan dengan bahan bakar solar, biodiesel lebih memiliki angka setana yang lebih tinggi.

Kadar kemurnian dari biodiesel memiliki pengaruh yang kuat pada karakter bahan bakarnya, terutama jumlah monogliserida, digliserida, dan trigliserida dapat memberikan masalah serius pada penggunaan biodiesel. Selain itu pada proses produksi biodiesel harus diperhatikan bahwa biodiesel harus sebisa mungkin bebas dari alkohol, air, gliserol, dan katalisnya. Oleh sebab itu, maka pada tahap pemurnian dari hasil transesterifikasi merupakan hal yang tidak dapat diabaikan.

2.3. Bahan Bakar Solar

Bahan bakar solar adalah bahan bakar jenis distilat yang digunakan untuk mesin '*compression ignition*'. Solar memiliki sifat utama yaitu warnanya kuning coklat yang jernih dan juga berbau. Penggunaan solar pada umumnya adalah untuk bahan bakar pada semua jenis mesin diesel di putaran tinggi (diatas 1000 rpm), minyak solar juga dapat digunakan sebagai bahan bakar pada pembakaran langsung dalam dapur kapasitas kecil dengan pembakaran yang bersih. Minyak solar memiliki nama lain yang disebut *Diesel Oil*, *High Speed Diesel* atau *Gas Oil* (Suarna 2006).

Bahan bakar mesin diesel sebagian besar terdiri dari senyawa hidrokarbon dan senyawa nonhidrokarbon. Senyawa hidrokarbon yang dapat ditemukan dalam bahan bakar diesel antara lain *parafinik*, *naftenik*, *olefin* dan *aromatik*. Untuk senyawa nonhidrokarbon terdiri dari senyawa yang mengandung unsur non logam, yaitu S, N, O dan unsur loga m seperti vanadium, nikel dan besi (Suhartanta dan Zainal Arifin, 2008).

Penggolongan bahan bakar mesin diesel dibagi menjadi dua golongan yaitu:

1. *Automotive Diesel Oil (ADO)*

Penggunaan bahan bakar ini pada umumnya digunakan untuk semua jenis mesin diesel dengan putaran tinggi (diatas 1000 RPM). Bahan bakar ini biasanya digunakan untuk kendaraan bermotor.

NOMOR : 28.K/10/DJM.T/2016
TANGGAL : 24 Februari 2016

STANDAR DAN MUTU (SPESIFIKASI) BAHAN BAKAR MINYAK JENIS SOLAR 48

No.	Karakteristik	Satuan	Batasan SNI Minyak Solar 48		Metode Uji	
			Min.	Maks.	ASTM	Lain-Lain
1.	Bilangan Setana Angka Setana atau Indeks Setana		48		D613	
			45		D4737	
2.	Berat Jenis (pada Suhu 15°C)	Kg/m ³	815	870	D4052 / D1298	
3.	Viskositas (pada suhu 40°C)	mm ² /s	2,0	4,5	D445	
4.	Kandungan Sulfur	% m/m	-	0,35 ^{b)} 0,30 ^{a)} 0,25 ^{a)} 0,05 ^{a)} 0,005 ^{a)}	D4294/ D5453	
5.	Distilasi : 90% vol. Penguapan	°C	-	370	D86	
6.	Titik Nyala	°C	52	-	D93	
7.	Titik Kobut	°C	-	18	D2500	
atau						
8.	Titik Tuang	°C		18	D97	
9.	Residu Karbon	% m/m	-	0,1 ^{d)}	D189	
10.	Kandungan Air	mm/kg	-	500	D6304	
11.	Kandungan FAME	% v/v	-	20 ^{e)}	D7806/ D7371	
12.	Korosi Bilah Tembaga		-	Kelas 1	D130	
13.	Kandungan Abu	% m/m	-	0,01	D482	
14.	Kandungan Sedimen	% m/m	-	0,01	D473	
15.	Bilangan Asam Kuat	mg KOH/g	-	0	D664	
16.	Bilangan Asam Total	mg KOH/g	-	0,6	D664	
17.	Penampilan Visual		Jernih dan Terang	-	-	
18.	Warna	No. ASTM	-	3,0	D1500	
19.	Lubricity (HFRR wear scar dia. @60°C)	micron	-	460 ^{g)}	D6079	
20.	Kestabilan Oksidasi Metode Rancimat	Jam	35			EN15751

Gambar 2.2 Spesifikasi minyak solar

Sumber: Direktorat Jenderal Minyak Dan Gas Bumi. Keputusan Direktur Jenderal Minyak Dan Gas Bumi. Nomor 28.K/10/DJM.T/2016.

2. Industrial Diesel Oil

Penggunaan minyak *diesel* ini pada umumnya digunakan untuk bahan bakar mesin *diesel* putaran sedang atau lambat (300 – 1000 RPM) atau dapat juga digunakan sebagai bahan bakar untuk pembakaran langsung dalam industri. Bahan bakar ini juga disebut sebagai minyak diesel atau *Marine Diesel Fuel* (MDF).

LAMPIRAN : Keputusan Direktur Jenderal Minyak dan Gas Bumi
 Nomor : 14499K/14/DJM/2008
 Tanggal : 21 Agustus 2008

STANDAR DAN MUTU (SPESIFIKASI) BAHAN BAKAR MINYAK JENIS MINYAK DIESEL YANG DIPASARKAN DI DALAM NEGERI

No.	Karakteristik	Satuan	Batasan				Metode Uji
			Diesel 1		Diesel 2		
			Min.	Maks.	Min.	Maks.	ASTM
1	Densitas pada 15 °C	kg/m ³	-	900	-	920	D 1298 / 4052
2	Viskositas kinematik pada 40 °C	mm ² /dt	2.5	11.0	-	24.0	D 445
3	Titik Nyala PMcc	°C	60	-	60	-	D 93
4	Titik tuang	°C	-	18	-	21	D 97
5	Micro Carbon Residue	% m/m	-	0.50	-	3.0	D 4530
6	Kandungan abu	% m/m	-	0.02	-	0.05	D 482
7	Sedimen dengan ekstraksi	% m/m	-	0.02	-	-	D 473
8	Kandungan air	% v/v	-	0.25	-	0.3	D 95
9	Angka setana	-	35	-	-	-	D 613
10	Kandungan sulfur	% m/m	-	1.5	-	2.0	D 1552 / 2622
11	Vanadium	mg/kg	-	100	-	100	AAS
12	Aluminium + silikon	mg/kg	-	25	-	25	D 5184/AAS
13	Warna	Class	6	-	6	-	D 1500

Gambar 2.3. Spesifikasi minyak diesel

Sumber: Direktorat Jenderal Minyak Dan Gas Bumi. Keputusan Direktur Jenderal Minyak Dan Gas Bumi. Nomor 14499. K/14/DJM/2008.

2.4. Parameter Karakteristik bahan bakar solar

Bahan bakar solar secara fisik memiliki beberapa parameter khusus yang harus dipenuhi untuk dapat digolongkan dalam jenis dan penggunaannya.

Parameter tersebut yaitu :

- *Specific Gravity* dan *Density*.

Specific gravity merupakan perbandingan densitas suatu fluida terhadap fluida standar. Fluida standar untuk zat cair adalah air yang memiliki densitas 1000 kg/m³. Sedangkan densitas merupakan ukuran kerapatan suatu zat yang dinyatakan banyaknya zat (massa) per satuan volume.

- Viskositas.

Viskositas kinematik merupakan suatu properti yang menyatakan besarnya hambatan dari suatu bahan bakar cair untuk mengalir atau ukuran besarnya tahanan geser dari suatu bahan bakar cair. Makin tinggi viskositasnya, maka fluida akan semakin kental dan sulit untuk mengalir. Sedangkan jika viskositas terlalu rendah maka fluida mudah mengalir dan kurang memberikan efek pelumasan.

- Kandungan sulfur

Bahan bakar solar memiliki kandungan sulfur atau disebut juga belerang. Sulfur menjadi musuh utama dari mesin diesel karena semakin tinggi kandungan sulfur dalam bahan bakar diesel dapat mengakibatkan kerusakan pada komponen mesin, mulai dari kerak hingga saluran bahan bakar. Dengan banyaknya kandungan sulfur juga dapat mengakibatkan polusi udara.

- Kandungan air

Kandungan air merupakan salah satu parameter dalam menentukan kualitas dari suatu bahan bakar minyak terutama bahan bakar solar. Hal ini dikarenakan parameter ini menunjukkan besarnya kandungan air dalam bahan bakar solar yang dapat menyebabkan turunya temperatur panas pembakaran, mengakibatkan berbusa dan bersifat korosif (jika bereaksi dengan sulfur yang akan membentuk asam).

- *Pour Point* (titik tuang)

Pour point merupakan suatu angka yang menyatakan suhu terendah dari suatu bahan bakar minyak, sehingga minyak tersebut masih dapat mengalir karena

gaya gravitasi. Titik tuang ini diperlukan sehubungan dengan adanya persyaratan praktis dari penimbunan atau penyimpanan (*storage*) dan pemakaian dari bahan bakar minyak. Hal ini dikarenakan bahan bakar minyak seringkali sulit untuk dipompa apabila suhunya telah dibawah titik tuangnya.

- *Flash point* (titik nyala)

Suhu flash point adalah satu ukuran kecenderungan bahan bakar minyak untuk menyala dalam campuran dengan udara pada kondisi laboratorium. Flash point ini hanya salah satu sifat dari sejumlah sifat yang lain untuk mengetahui bahaya sifat kemudahan dapat menyala (*flammability*) dari bahan bakar.

- Angka setana (*cetane number*).

Angka setana merupakan sebuah ukuran unjuk kerja penyalaan bahan bakar minyak diesel. Makin tinggi nilai angka setana, menunjukkan bahwa bahan bakar mutunya makin tinggi, sebab semakin pendek kelambatan pembakaran. Ini berarti jumlah bahan bakar yang digunakan semakin sedikit sehingga mesin mempunyai efisiensi tinggi. Karena itu angka setana yang tinggi memberikan kenaikan tekanan yang cepat dan tekanan maksimum yang rendah, sehingga mengurangi suara pembakaran.

- *Cumulative cetane index* (CCI).

CCI merupakan salah satu pedoman mutu dari bahan bakar *diesel* yang diperoleh dari pengujian sifat – sifat fisik bahan bakar. Karena menggunakan sifat – sifat fisik, maka CCI tidak dapat disebut sebagai gambaran angka setana sebenarnya. CCI hanya merupakan alat pelengkap untuk memprediksi angka setana. Sifat – sifat fisik yang mempengaruhi nilai CCI menurut ASTM D-976 adalah density dan temperatur perolehan destilat 50% volume.

- *API Gravity*.

API Gravity merupakan fungsi khusus dari relative density (*Specific Gravity*) 60/60 °F, dinyatakan dengan rumus sebagai berikut :

$$^{\circ}\text{API} = 141,5 / (\text{SG } 60/60 \text{ }^{\circ}\text{F}) - 131,5$$

- Distilasi

Sifat distilasi hidrokarbon mempunyai pengaruh yang penting untuk keselamatan dan unjuk kerja, khususnya untuk bahan bakar distilat dan solvent. Kisaran titik didih memberikan informasi terhadap komposisi, sifat - sifat dan

perilaku bahan bakar minyak selama penyimpanan dan penggunaan. Volatilitas (kemudahan menguap) adalah faktor pokok yang menentukan kecenderungan campuran hidrokarbon untuk menghasilkan uap yang mudah meledak.

- **Warna**

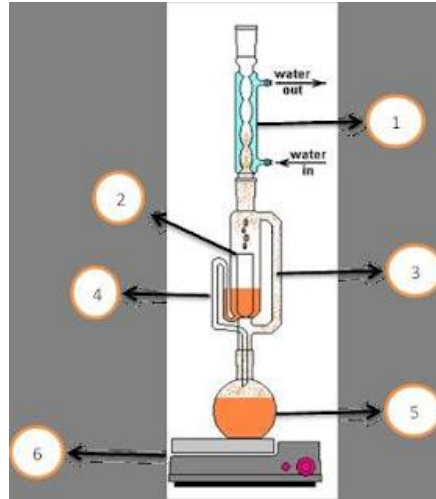
Penentuan warna produk minyak bumi digunakan terutama untuk keperluan kontrol pabrik atau suatu ciri mutu yang penting karena warna paling mudah teramati oleh pengguna produk. Dalam beberapa kasus warna bertindak sebagai indikasi dari tingkat kemurnian bahan. Bila kisaran warna produk diketahui, variasi diluar kisaran yang ditentukan dapat menunjukkan indikasi adanya kontaminasi dengan produk lain. Tetapi, warna tidak selalu menunjukkan mutu produk dan jarang diperlakukan istimewa dalam spesifikasi produk.

2.5. Soxhlet

Sebuah ekstraktor *soxhlet* adalah bagian dari peralatan laboratorium. Ditemukan pada tahun 1879 oleh Franz von soxhlet. Ini awalnya dirancang untuk ekstraksi lemak dari bahan padat. Soxhlet merupakan suatu peralatan yang digunakan untuk mengekstrak suatu bahan dengan pelarutan yang berulang-ulang dengan pelarut yang sesuai. Jika suatu senyawa mempunyai kelarutan yang tinggi dalam suatu pelarut tertentu, maka biasanya metode filtrasi (penyaringan/pemisahan) biasa dapat digunakan untuk memisahkan senyawa tersebut dari suatu sampel. Adapun demikian, prinsip kerja dari ekstraktor *soxhlet* adalah salah satu model ekstraksi (pemisahan/ pengambilan) yang menggunakan pelarut selalu baru dalam mengekstraknya sehingga terjadi ekstraksi yang kontinyu dengan adanya jumlah pelarut konstan yang juga dibantu dengan pendingin balik (kondensor).

2.5.1. Bagian-bagian Soxhlet

Soxhlet memiliki tiga komponen yang terpisah dan dapat digabungkan menjadi satu, yaitu :



Gambar 2.4. Soxhlet
Sumber: www.atlm.web.id

- Kondensor

Kondensor ditunjukkan pada nomor 1, kondensor berfungsi sebagai pendingin dan juga untuk mempercepat proses pengembunan.

- Ekstraktor

Ekstraktor ditunjukkan pada nomor 2 yang terdapat dibagian tengah antara kondensor dan labu. Ekstraktor berfungsi sebagai wadah untuk meletakkan sampel yang akan diekstrak.

- Pipa F

Pipa F terdapat pada nomor 3, pipa F tersebut terletak menjadi satu didalam ekstraktor. Pipa F tersebut memiliki fungsi sebagai jalannya uap dari proses penguapan.

- Sifon

Sifon terdapat pada nomor 4, sifon ini juga menjadi satu bagian dengan ekstraktor. Sifon memiliki fungsi sebagai perhitungan siklus, bila larutan pada sifon telah penuh dan kemudian jatuh ke labu maka hal tersebut menunjukkan telah terjadinya 1 siklus.

- Gelas Labu

Gelas labu ditunjukkan pada nomor 5 yang terletak dibagian bawah ekstraktor, labu tersebut berfungsi sebagai wadah bagi sampel yang dihasilkan selama proses ekstraksi dan pelarutnya.

- **Kompur Listrik**

Kompur listrik ditunjukkan pada nomor 6, berfungsi sebagai pemanas larutan agar siklus pada ekstraktor berjalan dengan baik.

2.5.2. Prinsip Kerja Soxhlet

Pada prinsip kerja *soxhlet*, air sangat dibutuhkan untuk proses pendinginan pada kondensor. Air dimasukkan melalui selang lewat bagian bawah kondensor menggunakan pompa air kecil dan air tersebut bersirkulasi didalam kondensor dan keluar melalui selang yang berada pada bagian atas kondensor. Pelarut yang terdapat pada labu (nomor 5) dipanaskan menggunakan kompor listrik, sehingga pelarut menguap keatas melewati pipa F (nomor 3) yang terdapat pada ekstraktor dan uap tersebut akan menabrak dinding-dinding kondensor hingga akan terjadi proses kondensasi (pengembunan). Kemudian pelarut tersebut turun kembali dan bercampur pada sampel yang terdapat pada ekstraktor (nomor 2). Setelah itu pelarut akan memenuhi sifon (nomor 4) dan ketika sifon itu telah penuh, pelarut dan hasil ekstraksi akan turun menuju labu. Proses ini dinamakan 1 siklus dan proses ini akan terjadi berulang-ulang kali selama pengekstrakan.

2.6. Sirsak

Sirsak memiliki nama ilmiah yaitu *Annona Muricata*. Sirsak berbentuk perdu atau pohon kecil, tingginya 3-10 m. Di Indonesia sirsak dapat tumbuh dengan baik pada ketinggian 1000 m dari permukaan laut. Buah sirsak bukan buah sejati, yang ukurannya cukup besar hingga 20-30cm dengan berat mencapai 2,5 kg. Yang dinamakan "buah" sebenarnya adalah kumpulan buah-buah (buah agregat) dengan biji tunggal yang saling berhimpitan dan kehilangan batas antar buah. Daging buah sirsak berwarna putih dan memiliki biji berwarna hitam. Buah ini sering digunakan untuk bahan baku jus minuman serta es krim. Buah sirsak mengandung banyak karbohidrat, terutama fruktosa. Kandungan gizi lainnya adalah vitamin C, vitamin B1 dan vitamin B2 yang cukup banyak.

Buah sirsak memang menawarkan berbagai kandungan positif bagi kesehatan manusia, mulai dari buahnya, daunnya, bahkan pohonnya. Telah banyak

diketahui bahwa buah sirsak banyak mengandung vitamin C, kandungan serat dan nutrisi penting lainnya banyak terkandung dalam buah yang banyak ditemui di negara Tropis ini. Indonesia merupakan salah satu negara yang mempunyai pohon sirsak yang banyak. Buahnya yang matang, yang merupakan buah semu. Bentuk dari buah sirsak berbentuk seperti bulat telur melebar, berukuran (10-20) cm x (15-35) cm, berwarna hijau tua dan tertutup oleh duri-duri lunak yang panjangnya sampai 6 mm, daging buahnya yang berwarna putih itu berdaging dan penuh dengan sari buah. Bijinya banyak, berbentuk bulat telur yang memiliki ukuran 2 cm x 1 cm, berwarna coklat kehitaman dan berkilap.

Buah sirsak dapat dipanen setelah berumur lebih dari tiga tahun. Musim berbunga pohon sirsak paling banyak terjadi selama bulan Oktober sampai November dan musim buahnya jatuh pada bulan Januari serta Februari. Dari satu pohon sirsak dapat diperoleh sekitar 2-30 buah sirsak dengan bobot kira-kira 200-1200 gram. Namun produksi sirsak akan mengalami penurunan setelah usia pohon mencapai 8-10 tahun sehingga dibutuhkan peremajaan.



Gambar 2.5 Pohon Sirsak

Sumber : www.ruangtani.com/10-panduan-lengkap-teknik-dan-cara-budidaya-sirsak-tanaman-berkhasiat/

Klasifikasi tanaman sirsak:

- Kingdom : Plantae
- Subkingdom : Tracheobionta

- Superdivisi : Spermatophyta
- Divisi : Magnoliophyta
- Kelas : Magnoliopsida
- Ordo : Magnoliales
- Family : Annonaceae
- Genus : Annona
- Spesies : *Annona muricata*

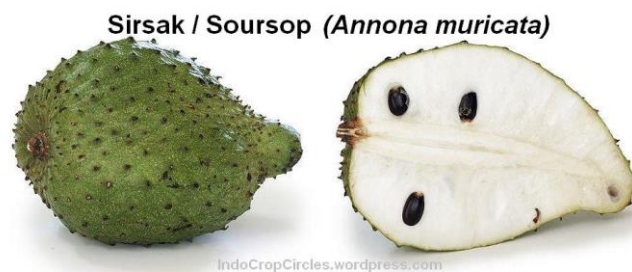
Bagian-bagian dari sirsak juga dapat berguna menjadi obat. Contohnya sebagai berikut:

- a. Daun sirsak : mencegah dan mengobati kanker
- b. Buah sirsak : untuk mengobati sembelit, ambien, penyakit liver
- c. Biji sirsak : untuk insektisida alami



(a)

Sumber : manfaatsehat.id/manfaat-daun-sirsak/



(b)

Sumber : indocropcircles.wordpress.com/2014/05/21/sirsak-pembunuh-kanker/



(c)

Gambar 2.6. (a) Daun sirsak, (b) buah sirsak, (c) biji sirsak

2.7. Proses Transesterifikasi

Transesterifikasi adalah reaksi suatu proses transformasi kimia molekul trigliserida yang besar, bercabang dari minyak nabati dan lemak menjadi molekul yang lebih kecil, molekul rantai lurus, dan hampir sama dengan molekul dalam bahan bakar diesel. Minyak nabati atau lemak hewani bereaksi dengan alkohol (biasanya metanol) dengan bantuan katalis (biasanya basa) yang menghasilkan alkil ester (atau untuk metanol, metil ester) (Knothe dan Razon 2017).

Asam lemak metil ester dapat di proses dengan pengadukan (pencampuran) antara minyak dengan alkohol menggunakan katalis. Kondisi reaksi yang sesuai dengan waktu 35-180 menit dan temperatur pada suhu $60-70^{\circ}\text{C}$ untuk menghasilkan produk dengan kadar ester 98-99,5%. Kemudian gliserol dipisahkan dari metil ester dengan suatu pemisahan, misalnya melalui sentrifugasi, dan kemudian dilakukan pemurnian untuk memperoleh produk akhir. Gliserol diproses dengan tujuan untuk memperoleh kembali metanol setelah direcycle, dan kemudian akan diperoleh produk gliserol murni untuk keperluan lainnya.

Transesterifikasi minyak nabati menjadi metil ester dilakukan dengan satu atau dua tahap proses, tergantung pada mutu awal minyak nabati. Proses transesterifikasi memerlukan katalis untuk mempercepat laju pembentukan ester. Biasanya katalis yang digunakan berupa asam (HCl , H_2SO_4) atau katalis basa/ alkali (NaOCH_3 , KOH dan NaOH).

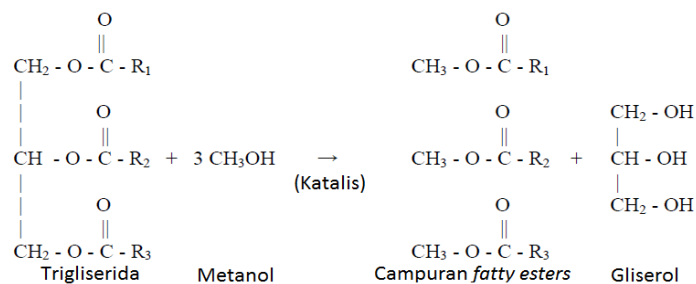
a. Transesterifikasi - Katalis Asam

Berdasarkan mekanisme tersebut, asam karboksilat dapat terbentuk oleh reaksi karbokasi tahap II dengan adanya air dalam campuran reaksi. Hal ini menjadi alasan mengapa transesterifikasi-katalis asam harus berlangsung tanpa adanya air, disamping untuk menghindari penurunan *yield* alkil ester. Penggunaan katalis ini memberikan konversi atau *yield* yang tinggi, tetapi reaksi berlangsung lambat, menggunakan temperatur diatas 100⁰ C dan waktu lebih dari 3 jam untuk mencapai reaksi yang sempurna (Fredman, *et al*, 1984).

b. Transesterifikasi – Katalis Basa

Proses dengan menggunakan katalis basa seperti sodium hidroksida umumnya berlangsung lebih cepat dibandingkan dengan katalis asam dikarenakan reaksi berlangsung searah. Namun pemakaian katalis basa hanya berlangsung sempurna bila minyak atau lemak dalam kondisi netral dan tanpa air (Freedman, *et al.*, 1984).

Keberhasilan dari proses transesterifikasi dapat ditentukan secara visual. Secara visual hasil reaksi transesterifikasi yang berhasil akan menghasilkan dua atau tiga lapisan. Lapisan yang paling atas adalah lapisan metil ester yang berwarna kuning jernih dan akan digunakan sebagai biodiesel. Lapisan tengah adalah lapisan emulsi yang berwarna seperti susu. Lapisan tengah ini akan timbul bila penggunaan katalis terlalu banyak. Lapisan terbawah yang dihasilkan dari proses transesterifikasi adalah campuran berwarna gelap yang tersusun dari gliserin, katalis, dan alkohol.



Gambar 2.7. Reaksi transesterifikasi
 Sumber : www.agrikultural.com/2012/08/biodiesel.html

2.7.1. Gliserol

Gliserol adalah hasil sampingan dari proses pembuatan biodiesel. Gliserol memiliki ciri-ciri berwarna jernih, kental, tidak berbau, dan menyerap air. Pada pembuatan biodiesel, gliserol yang dihasilkan dapat diolah lebih lanjut menjadi sabun. Gliserol hasil transesterifikasi tersebut tidak beracun, mudah terurai, dan tidak berbahaya bagi makhluk hidup sehingga dapat langsung dibuang di lingkungan sekitar.

2.7.2. Katalis

Untuk dapat memisahkan minyak nabati dari gliserin dalam proses transesterifikasi perlu ditambahkan katalis. Katalis merupakan zat yang akan mempercepat reaksi antara zat-zat lain. Katalis yang sering dipakai adalah *Sodium Hydroxide* (NaOH) dan *Potassium Hydroxide* (KOH). Kedua bahan tersebut dijual bebas di pasaran dalam bentuk butiran. NaOH dan KOH bersifat berbahaya karena kedua bahan tersebut adalah alkali kuat yang bersifat korosif. Selain itu, katalis sebaiknya tidak diletakkan dalam keadaan terbuka karena akan menyebabkan katalis bereaksi dengan uap air di udara.

Bila katalis sudah bereaksi dengan air atau uap air maka katalis sudah tidak bisa lagi digunakan dalam proses transesterifikasi. Dalam proses transesterifikasi, katalis akan memecahkan rantai kimia minyak nabati sehingga rantai ester minyak nabati terlepas. Setelah ester terlepas, alkohol akan segera bereaksi dengan ester dan membentuk biodiesel yang pemisahan telah selesai. Penggunaan katalis yang terlalu banyak akan mengakibatkan reaksi transesterifikasi menghasilkan emulsi, tetapi sebaliknya apabila terlalu sedikit pemisahan yang terjadi tidak dapat berlangsung dengan sempurna.

2.7.3. Alkohol

Alkohol yang digunakan untuk pembuatan biodiesel adalah etanol atau metanol. Etanol atau metanol yang digunakan untuk pengolahan biodiesel merupakan alkohol dengan tingkat kemurnian 99%. Methanol lebih banyak digunakan karena harganya yang lebih murah dibandingkan etanol.

Dalam proses transesterifikasi, pemisahan gliserol lebih sulit dikontrol karena penggunaan etanol dapat menimbulkan emulsi. Metanol hanya memiliki satu ikatan karbon sehingga memiliki kelebihan lebih mudah bereaksi, sehingga menimbulkan efek mempercepat pemisahan gliserin dari proses transesterifikasi. Sifat fisik metanol yang banyak diketahui adalah sifat racunnya, mudah bercampur dengan air, dan mudah terbakar.

2.8. Motor Diesel

Motor diesel pertama kali dikembangkan oleh Dr. Rudolf Diesel pada tahun 1895 dengan tujuan untuk bisa dijalankan dalam berbagai macam bahan bakar salah satunya termasuk minyak nabati. Mesin pertama ciptaan Dr. Rudolf pada tahun 1900 menggunakan bahan bakar minyak kacang.

Dalam perkembangannya, mesin diesel akhirnya dimodifikasi untuk bekerja dengan bahan bakar minyak solar yang banyak tersedia dan dalam beberapa dekade terakhir harganya sangat terjangkau. Akibat dari adanya modifikasi tersebut, kebanyakan motor diesel akhirnya didesain untuk bekerja dengan bahan bakar yang jauh lebih encer dibandingkan minyak nabati, yaitu bahan bakar pertama yang digunakan oleh Dr. Rudolf dalam menciptakan motor diesel.

Mesin diesel sebagai motor pembakaran dalam (*internal combustion engines*) yang disebut juga dengan *Compression Ignition Engines* mengalami proses penyalaan bahan bakar bukan melalui loncatan bunga api listrik dari busi sebagaimana pada motor bensin, melainkan akibat adanya suhu dan tekanan tekanan yang tinggi di ruang bakar pada saat berlangsungnya langkah kompresi. Motor diesel memiliki urutan siklus sebagai berikut:

1. Langkah pemasukan/hisap

Langkah hisap (intake stroke), dimana torak bergerak dari TMA ke TMB. Pada saat ini katup masuk terbuka sedangkan katup buang tertutup, sehingga terjadi pemasukan udara segar dari atmosfer.

2. Langkah kompresi

Langkah kompresi (compression stroke). Pada langkah ini torak bergerak dari TMB ke TMA sementara kedua katup dalam kondisi tertutup, sehingga udara

dalam silinder dikompresisampai suhu dan tekanannya naik cukup tinggi. Menjelang proses kompresi berakhir, bahan bakar disemprotkan ke dalam silinder melalui injektor. Karena suhu udara di dalam silinder melampaui titik nyala bahan bakar, maka bahan bakar akan segera terbakar.

3. Langkah kerja/ekspansi

Langkah ekspansi/tenaga (power stroke). Pada langkah ini torak bergerak dari TMA ke TMB, sementara kedua katup masih dalam kondisi tertutup. Pada awal langkah ini sebagai akibat dari tekanan dalam silinder yang cukup tinggi, maka akan mendorong torak bergerak ke TMB. terjadilah proses tenaga, yaitu perubahan energi termal menjadi energi mekanis.

4. Langkah pembuangan

Langkah buang (exhaust stroke). Torak bergerak dari TMB ke TMA, dimana pada saat ini katup masuk dalam kondisi tertutup sedangkan katup buang terbuka, sehingga gas buang yang tidak termanfaatkan akan terdorong keluar melalui katup buang. Pada saat torak mencapai TMA, katup buang tertutup dan katup masuk mulai terbuka. Selanjutnya proses kembali terulang.

2.9. Performansi Motor

Beberapa parameter yang diperoleh dari hasil uji performansi motor diesel, diantaranya adalah :

- Daya
- Torsi
- Tekanan efektif pengereman rata-rata (*brake mean effective pressure*)
- Konsumsi bahan bakar spesifik (*specific fuel consumption*)
- Efisiensi termis

Untuk mengukur uji performansi dari motor digunakan perangkat yang disebut dengan dinamometer. Dalam percobaan ini digunakan salah satu jenis *dynamometer*, yaitu *dynamometer rem air (water brake dynamometer)*.



Gambar 2.8. *Water brake dynamometer*

2.9.1. Daya Motor

Merupakan daya (kerja per satuan waktu) yang diberikan ke poros penggerak oleh motor yang dikenal dengan daya kuda pengereman (*brake horse power, BHp*), dan biasanya dinyatakan dalam satuan Watt atau daya kuda (*horse power, HP*). Besar daya motor dinyatakan melalui persamaan:

$$N = BHp = \frac{2 \pi n R P}{60} \text{ Watt}$$

dengan :

$$N = BHp = \text{daya (Watt, Hp)}$$

$$P = \text{Gaya aksi dynamometer (Newton)}$$

$$R = \text{panjang lengan teoritis dynamometer} = 0.9549 \text{ m}$$

$$n = \text{putaran motor, (Hertz, rpm)}$$

Persamaan dapat juga dinyatakan melalui kalibrasi dynamometer (*Zollner Water Brake Dynamometer*) dengan :

$$N = BHp = \frac{P \cdot n}{10000} \text{ Kwatt}$$

Karena 1 HP = 746 Watt, maka persamaan menjadi :

$$N = Bhp = \frac{p \times n}{7460} \text{ Hp} \tag{2.1}$$

2.9.2. Torsi

Torsi merupakan ukuran kemampuan mesin untuk menghasilkan kerja. Torsi adalah hasil perkalian gaya tangensial dengan lengannya sehingga memiliki satuan Nm (SI) atau *ft.lb* (British). Momen torsi dihitung dengan persamaan seperti berikut:

$$T = P.R (Nm) \quad (2.2)$$

atau

$$T = \frac{N}{2 \pi n} (Nm) \quad (2.3)$$

Dari persamaan tersebut, torsi sebanding dengan daya yang diberikan dan berbanding terbalik dengan putaran mesin. Semakin besar daya yang diberikan mesin, maka torsi yang dihasilkan akan mempunyai kecenderungan untuk semakin besar. Semakin besar putaran mesin, maka torsi yang dihasilkan akan semakin kecil.

2.9.3. Tekanan Efektif Rata-rata Pengereman (*Brake Mean Effective Pressure*)

Proses pembakaran campuran udara-bahan bakar menghasilkan tekanan yang bekerja pada torak, sehingga menghasilkan langkah kerja. Besar tekanan tersebut berubah-ubah sepanjang langkah torak tersebut. Jika diambil suatu tekanan yang bernilai konstan yang bekerja pada torak dan menghasilkan kerja yang sama, maka tekanan ini disebut dengan tekanan efektif rata – rata pengereman yang didefinisikan sebagai kerja per siklus per volume langkah torak. Tekanan efektif rata – rata pengereman (*Brake Mean Effective Pressure* - BMEP) dinyatakan dengan persamaan:

$$BMEP = \frac{75 N}{A L \left(\frac{n}{60 Z} \right) i} kg / m^2 \quad (2.4)$$

atau :

$$BMEP = \frac{0.45 N Z}{A L i n} kg / cm^2 \quad (2.5)$$

dengan :

$$BMEP = \text{tekanan efektif rata – rata pengereman (kg / m}^2 \text{)}$$

$N = BHp = \text{daya poros (Watt atau Hp)}$

$A = \text{luas penampang torak (m}^2 \text{)}$

$L = \text{panjang langkah torak (m)}$

$i = \text{jumlah silinder}$

$n = \text{putaran motor (rpm)}$

$Z = \text{jumlah putaran poros engkol untuk menyelesaikan satu siklus kerja}$

(= 1 untuk motor 2 langkah, = 2 untuk motor empat langkah)

2.9.4. Konsumsi Bahan Bakar Spesifik (*Specific Fuel Consumption*)

Menyatakan ukuran pemakaian bahan bakar oleh suatu motor, pada umumnya dinyatakan dalam *satuan massa bahan bakar per satuan keluaran daya*, atau dapat juga didefinisikan dengan jumlah bahan bakar yang dikonsumsi oleh motor untuk menghasilkan daya 1 Hp selama 1 jam.

Nilai konsumsi bahan bakar spesifik dapat ditentukan berdasarkan persamaan :

$$sfc = \frac{3600 m}{N t} \cdot \frac{\text{kg bahan-bakar}}{\text{Hp jam}} \quad (2.6)$$

dengan :

$sfc = \text{Specific Fuel Consumption}$

$m = \text{massa bahan bakar yang dikonsumsi (kg)}$

= $\rho \cdot v$ ($\rho = \text{rapat massa bahan bakar, } v = \text{volume bahan bakar yang dikonsumsi}$)

$N = \text{daya yang dihasilkan motor (Hp)}$

$t = \text{waktu yang dibutuhkan untuk mengkonsumsi bahan bakar sebanyak m kg (detik)}$

2.9.5. Efisiensi Termal

Efisiensi termal adalah ukuran besarnya pemanfaatan energi panas yang tersimpan dalam bahan bakar untuk diubah menjadi daya efektif oleh mesin pembakaran dalam. Secara teoritis dituliskan dalam persamaan :

$$\mu_{th} = \frac{\text{Tenaga yang dihasilkan}}{\text{Panas yang diberikan}} \times 100\%$$

Jika 1 kalor = 4.186 joule, maka

$$\begin{aligned}
1\text{HP} &= 746 \text{ Watt} = 746 \frac{\text{joule}}{\text{detik}} \\
&= 746 \times \frac{1}{4.186} \times 3600 \times \frac{1}{1000} \frac{\text{kkal}}{\text{jam}} \\
&= 641.567 \frac{\text{kkal}}{\text{jam}}
\end{aligned}$$

Jika untuk menghasilkan daya sebesar N (HP) jumlah bahan bakar yang dikonsumsi G_{bb} (kg / jam) dan nilai pembakaran bawah (low heating value LHV) bahan bakar adalah H_b (kkal / kg), maka efisiensi termis motor tersebut:

$$\mu_{th} = \frac{N \times 641.567}{G_{bb} \times H_b} \quad (2.7)$$

atau

$$\mu_{th} = \frac{641.567}{sfc \times LHV} \times 100\% \quad (2.8)$$

dengan :

$$\mu_{th} = \text{efisiensi termis (\%)}$$

LHV = kalor pembakaran bawah (kkal / kg)

$$LHV = 16610 + 40 \text{ }^\circ\text{API (Btu / lb)} \quad (2.9)$$

Karena 1 Btu = 1054 joule; 1 kalori = 4.184 joule dan 1 lb = 0,4536 kg, maka:

$$1 \frac{\text{Btu}}{\text{lb}} \times \frac{1054 \text{ J}}{1 \text{ Btu}} \times \frac{1 \text{ kal}}{4,186 \text{ J}} \times \frac{1 \text{ lb}}{0,4536 \text{ kg}} = 555,362 \text{ kkal /kg}$$

Persamaan (2.9) menjadi :

$$LHV = (16610 + 40 \times \text{ }^\circ\text{API}) \times 555,362 \text{ kkal / kg} \quad (2.10)$$

dengan :

$$\text{ }^\circ\text{API} = \frac{141,5}{SG (60^\circ\text{F})} - 131,5 \quad (2.11)$$

$SG = \text{specific gravity}$

2.9.6. HHV (*Higher Heating Value*)

Nilai kalor bahan bakar adalah jumlah panas yang dihasilkan atau ditimbulkan oleh suatu gram bahan bakar tersebut dengan meningkatkan temperatur 1 gram air 3,5-4,5° C dengan satuan kalori. *Higher heating value* atau nilai kalor tinggi adalah banyaknya kalor yang dihasilkan pada proses pembakaran 1 kg bahan bakar, tanpa adanya kandungan air pada bahan bakar. Untuk mendapatkan nilai kalor tinggi menggunakan alat bom kalorimeter dan menggunakan rumus sebagai berikut :

$$HHV = \frac{W(T_1 - T_0) - (2,3.L)}{m} \quad (2.12)$$

W = *Energy equivalent* dari hasil kalibrasi (Cal/° C)

T_0 = Suhu awal air sebelum pembakaran (° C)

T_1 = suhu akhir air setelah pembakaran (° C)

m = massa bahan bakar (gram)

L = Panjang kawat (cm)