

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **I.1. Latar Belakang**

Saat ini sumber energi yang paling banyak digunakan di dunia adalah energi fosil yang berupa bahan bakar minyak. Indonesia sendiri saat ini masih sangat tergantung pada energi fosil. Hampir 95% dari kebutuhan energi Indonesia masih disuplai oleh energi fosil. Sekitar 50% dari energi fosil tersebut adalah minyak bumi dan sisanya adalah gas dan batubara.

Energi fosil adalah energi yang tak terbarukan dan akan habis pada beberapa tahun yang akan datang. Diprediksi tidak lebih dari 50 tahun lagi energi fosil di dunia akan habis. Selain karena akan habis, energi fosil juga berdampak negatif terhadap lingkungan. Emisi gas rumah kaca dari pembakaran energi fosil berdampak pada pemanasan global yang menyebabkan perubahan iklim. Karena itulah energi pengganti fosil sangat diperlukan untuk kebutuhan energi di masa yang akan datang.(Anashir, 2013)

Saat ini jumlah cadangan minyak bumi Indonesia sebesar 3,6 miliar barel hanya 0,2% dari total cadangan minyak di dunia, sementara cadangan gas Indonesia sebesar 104,25 triliun kaki kubik hanya sekitar 1,7% dari total cadangan gas dunia. Untuk dapat menambah jumlah cadangan minyak dan gas di Indonesia dibutuhkan eksplorasi dan untuk eksplorasi dibutuhkan investasi dalam jumlah besar.(skkmigas, 2012)

Cadangan minyak bumi dunia diperkirakan sebanyak 2.000 miliar barel. Konsumsi global per hari adalah sekitar 71,7 juta barel. Diperkirakan sekitar 1000 milyar barel telah digunakan dan hanya tersisa 1000 milyar barel cadangan minyak bumi di seluruh dunia (Asifa and T, 2007). Harga bensin dan bahan bakar yang lain akan meningkat seiring dengan efek ekonomi yang buruk sehingga manusia akan beralih ke alternatif lain selain bahan bakar fosil seperti biodiesel. Energi alternatif pengganti bahan bakar fosil ini memiliki kriteria: dapat diperbaharui, tidak membutuhkan waktu yang lama untuk dihasilkan dan juga ramah lingkungan. Biodiesel adalah salah satu bahan bakar yang berasal dari biomassa. Biomassa adalah

suatu bahan yang diperoleh dari makhluk hidup baik masih hidup atau baru mati yang dapat dimanfaatkan sebagai energi dalam jumlah yang besar. Biomassa merupakan sumber energi dengan jumlah CO<sub>2</sub> nol sehingga tidak menyebabkan emisi gas rumah kaca.(Anashir, 2013) Peningkatan penggunaan biomassa akan memperpanjang umur pasokan minyak mentah yang semakin berkurang.(Carpentieri, A dkk, 2005)

Biodiesel merupakan bahan bakar dengan pembakaran yang bersih, dapat diurai secara biologis, tidak beracun dan memiliki emisi rendah. Kondisi seperti ini memberikan keuntungan terhadap lingkungan; penggunaan biodiesel memiliki potensi mengurangi tingkat polusi dan kemungkinan karsinogen. (Demirbas, 2002; Zhang, Dubé dkk, 2003; Cvangros and Cvangrosova., 2004; Ramadhas, C Mulareedharan dkk, 2005; D Bajpay and VK Tyagi, 2006; Vasudevan and Briggs, 2008)

Pada umumnya biodiesel berasal dari tanaman jarak, kelapa sawit, dan kedelai namun juga terdapat biodiesel dari mikroalga. (Anashir, 2013)

Tabel I. 1 Perbandingan berbagai macam sumber biodiesel(Chisti, 2007)

Crop	Oil yield (L/ha)	Land area needed (M ha) <sup>a</sup>	Percent of existing US cropping area <sup>a</sup>
Corn	172	1540	846
Soybean	446	594	326
Canola	1190	223	122
Jatropha	1892	140	77
Coconut	2689	99	54
Oil palm	5950	45	24
Microalgae <sup>b</sup>	136,900	2	1.1
Microalgae <sup>c</sup>	58,700	4.5	2.5

<sup>a</sup> For meeting 50% of all transport fuel needs of the United States.

<sup>b</sup> 70% oil (by wt) in biomass.

<sup>c</sup> 30% oil (by wt) in biomass.

Berdasarkan Tabel I. 1, mikroalga merupakan salah satu sumber biodiesel yang paling baik. Berdasarkan perhitungan, pengolahan mikroalga pada lahan seluas 10 juta acre (1 acre = 0,4646 hektar) mampu menghasilkan biodiesel yang akan dapat mengganti seluruh kebutuhan solar di Amerika Serikat. Luas lahan ini hanya 1% dari total lahan yang sekarang digunakan untuk lahan pertanian dan padang rumput (sekitar 1 miliar *acre*) (Thomas, 2008).

Untuk luas tempat penumbuhan yang sama, mikroalga dapat menghasilkan minyak (yang kemudian dapat diolah menjadi biodiesel) 250 kali lebih banyak daripada minyak yang dihasilkan oleh tanaman hasil pertanian. Ekstraksi minyak dari mikroalga juga sangat sederhana.

Mikroalga merupakan organisme yang memiliki ukuran diameter 2  $\mu\text{m}$  dan mampu melakukan fotosintesis. Mikroalga mengandung minyak yang jauh lebih banyak daripada makroalga. Selain itu mikroalga juga lebih mudah dan lebih cepat tumbuh daripada makroalga (Shay, 1993).

Mikro alga memiliki kemampuan beradaptasi dengan baik. Kemampuan adaptasi dari mikro alga ini mempengaruhi kandungan minyak dari mikro alga. Pada lingkungan yang tidak sesuai dengan habitat alaminya, kandungan minyak dari mikro alga dapat berubah akibat dari metabolisme mikro alga yang melakukan adaptasi. Pada kondisi lingkungan yang normal kandungan minyak pada mikro alga yaitu sekitar 20-50% berat sel keringnya. Pada kondisi lingkungan yang tidak sesuai dengan kondisi normalnya kandungan minyak pada mikro alga hanya mencapai 5-20% dari berat sel keringnya (Hu, Sommerfeld dkk, 2008).

Minyak dari mikro alga ini mempunyai potensi besar untuk digunakan sebagai bahan baku pembuatan biodiesel.(Yeshitila, Huynh dkk, 2012) Di Indonesia sendiri belum ada pabrik pembuatan biodiesel yang menggunakan minyak dari mikro alga sebagai bahan baku. Newzeland, Norwegia, dan Italia merupakan sebagian negara yang telah mengembangkan mikro alga untuk biodiesel dalam skala demo kecil. Mikroalga mampu menyerap  $\text{CO}_2$  sebanyak 2,88 metrik ton per 1 metrik ton alga (Thomas, 2008), sehingga dapat mengurangi efek pemanasan global. Berdasarkan pertimbangan di atas, maka perlu didirikan pabrik biodiesel dari mikroalga, selain karena kandungan minyak yang cukup tinggi, pemanfaatan mikroalga sebagai biodiesel memberikan peluang yang besar untuk dapat menggantikan kebutuhan solar tanpa mengganggu rantai suplai makanan, mengingat sumber energi ini menggunakan bahan baku non pangan. Mikroalga yang digunakan pada pabrik biodiesel ini adalah *Chlorella vulgaris*. *Chlorella vulgaris* memiliki fase pertumbuhan yang cepat dibandingkan mikroalga jenis lain, kultivasinya juga mudah.

Proses yang biasa dipakai dalam produksi biodiesel adalah reaksi

esterifikasi dan reaksi transesterifikasi. Dalam reaksi tersebut dibutuhkan katalis berupa asam maupun basa kuat untuk mempercepat reaksi pembentukan biodiesel. (Anonim) Namun jika katalis basa terlalu banyak ditambahkan maka akan terbentuk sabun yang malah akan menghambat proses pembentukan biodiesel. Selain itu limbah hasil reaksi yang masih mengandung katalis akan berdampak buruk bagi lingkungan. Oleh karena itu dapat dikembangkan teknologi pembuatan biodiesel dengan kondisi subkritis yang ramah lingkungan. Teknologi subkritis merupakan teknologi hijau karena tidak menggunakan katalis yang berupa asam atau basa kuat sehingga tidak mencemari lingkungan. (Yeshitila, Huynh dkk, 2012)

## **I.2. Sifat-sifat bahan baku dan produk**

### **I.2.1. Bahan Baku**

#### **I.2.1.1. *Chlorella vulgaris***

*Chlorella* termasuk mikro alga karena ukuran tubuhnya sangat renik dari 0,2  $\mu\text{m}$  hingga 0,02 cm ( $10^{-6}$  -  $10^{-4}$  m). Untuk melihat wujudnya dengan jelas kita memerlukan mikroskop. Tidak semua jenis mikro alga hidup sebagai fitoplankton, tetapi semua jenis fitoplankton bisa digolongkan ke dalam mikro alga. Tumbuhan mikroskopis bersel tunggal dan berkoloni itu terdiri atas 30.000 spesies. Habitatnya di atas permukaan air, di kolom perairan, atau menempel di dasar dan permuklain dalam perairan. (Faizatul, 2008) Komposisi kimia dari *Chlorella vulgaris* disajikan pada Tabel I. 2.

Tabel I. 2 Komposisi Kimia *Chlorella vulgaris* Ditunjukkan dalam Zat Kering (%) (Thomas, 2008)

<b>Komposisi</b>	<b>Kadar (%)</b>
Protein	51-58
Karbohidrat	12-17
Lemak	14-24
Asam Nukleat	4-5

**I.2.1.2. Metanol (CH<sub>3</sub>OH) (Perry and D, 1997)**

1. Berat molekul : 32,04 gr/mol
2. Densitas : 0,7918 gr/cm<sup>3</sup>
3. Titik lebur : -97°C
4. Titik didih : 64,7°C
5. Titik nyala : 11°C
6. Keasaman (pKa) : 15,5
7. Viskositas pada 25°C : 0,59 mPa.s
8. Bentuk molekul : tetrahedral
9. Momen dipol (gas) : 1,69 D

**I.2.1.3. Air (H<sub>2</sub>O)(Perry and D, 1997)**

1. Berat molekul : 18 gr/mol
2. Titik beku : 0°C
3. Titik didih : 100°C
4. Densitas pada 25°C : 0,99707 gr/cm<sup>3</sup>
5. Viskositas pada 20°C : 0,01002 cP
6. Viskositas pada 25°C : 0,8937 cP
7. Indeks bias : 1,33
8. Tekanan uap pada 100°C : 760 mmHg
9. Tidak berbau dan tidak berasa
10. Pelarut yang baik untuk senyawa organik
11. Larut dalam alkohol
12. Konstanta ionisasinya kecil

**I.2.2. Produk**

**I.2.2.1. Produk Biodiesel (Metil Ester)(fapertaur, 2011)**

1. Densitas (15°C) : 0,8793 gr/cm<sup>3</sup>
2. Viskositas (40°C) : 4,865 mm<sup>2</sup>/s
3. Angka asam : 0,33 mg KOH/g
4. Titik nyala : 181°C
5. Residu karbon : 0,07 %b/b
6. Kadar abu : 0,07 %b/b

7. Kadar air : 0,03 %b/b
8. Kadar ester : 99,48 %b/b
9. Temperatur destilasi 95% : 335°C
10. Trigliserida : 0
11. Digliserida : 0,058 %b/b
12. Monogliserida : 0,462 %b/b

Menurut SNI 04-7182-2006, biodiesel yang dihasilkan harus memenuhi standar yang telah di tentukan pemerintah berdasarkan pada Tabel I.3 berikut: (fapertaur, 2011)

Tabel I. 3 Syarat Mutu Biodiesel Indonesia (SNI 04-7182-2006)

No	Parameter	Satuan	Nilai
1	Massa jenis pada 40°C	Kg/m <sup>3</sup>	850-890
2	Viskositas kinematik pada 40°C	mm <sup>2</sup> /s (cSt)	2,3-6,0
3	Angka setana		Min 51
4	Titik nyala (mangkok tertutup)	°C	Min 100
5	Titik kabut	°C	Maks 18
6	Korosi lempeng tembaga (3 jam pada 50°C)		Maks no 3
7	Residu karbon Dalam contoh asli, atau dalam 10% ampas distilasi	% massa	Maks 0,05 atau maks 0,3
8	Air dan sedimen	% vol	Maks 0,05
9	Temperatur distilasi 90%	°C	Maks 360
10	Abu tersulfatkan	% massa	Maks 0,02
11	Belerang	ppm-m (mg/kg)	Maks 100
12	Fosfor	ppm-m (mg/kg)	Maks 10
13	Angka asam	mg KOH/ g	Maks 0,8
14	Gliserol bebas	% massa	Maks 0,02
15	Gliserol total	% massa	Maks 0,24
16	Kadar ester alkil	% massa	Min 96,5
17	Angka iodium	% massa (g I <sub>2</sub> / 100 g)	Maks 115
18	Uji Halphen		Negatif

Catatan dapat diuji terpisah dengan ketentuan sedimen maksimum 0,01 % vol

Dengan terpenuhinya persyaratan SNI-04-7182-2006 maka menunjukkan bahwa biodiesel tersebut telah dibuat dari bahan mentah dan telah melalui

pemrosesan serta pengolahan yang baik sehingga memenuhi standar kualitas bahan bakar.

#### **I.2.2.2. Gliserol (Chem-is-try, 2008)**

1. Berat molekul : 92,09 gr/mol
2. Densitas : 1,261 gr/cm<sup>3</sup>
3. Viskositas : 1,5 Pa.s
4. Titik lebur : 18°C
5. Titik didih : 290°C
6. Larut dalam air
7. Tidak berwarna
8. Bersifat higroskopis

#### **I.2.2.3. Angka Cetane**

Angka cetane menunjukkan seberapa cepat bahan bakar mesin diesel yang diinjeksikan ke ruang bakar bisa terbakar secara spontan (setelah bercampur dengan udara). Angka cetane pada bahan bakar mesin diesel memiliki pengertian yang berkebalikan dengan angka oktan pada bahan bakar mesin bensin, karena angka oktan menunjukkan kemampuan campuran bensin-udara menunggu rambatan api dari busi (*spark ignition*).

Semakin cepat suatu bahan bakar mesin diesel terbakar setelah diinjeksikan ke dalam ruang bakar, semakin baik (tinggi) angka cetane bahan bakar tersebut. Cara pengukuran angka cetane yang umum digunakan, seperti standard dari ASTM D613 atau ISO 5165, adalah menggunakan hexadecane (C<sub>16</sub>H<sub>34</sub>, yang memiliki nama lain cetane) sebagai patokan tertinggi (angka cetane, CN=100), dan 2,2,4,4,6,8,8 heptamethylnonane (HMN yang juga memiliki komposisi C<sub>16</sub>H<sub>34</sub>) sebagai patokan terendah (CN=15)(Knothe, 2005). Dari standard tersebut bisa dilihat bahwa hidrokarbon dengan rantai lurus (*straight chain*) lebih mudah terbakar dibandingkan dengan hidrokarbon yang memiliki banyak cabang (*branch*). Angka cetane berkorelasi dengan tingkat kemudahan penyalaan pada temperatur rendah (*cold start*) dan rendahnya kebisingan pada kondisi *idle*.(Canada, 2006) Angka cetane yang tinggi juga diketahui berhubungan dengan rendahnya polutan NO<sub>x</sub>.(Knothe, 2005)

Secara umum, biodiesel memiliki angka cetane yang lebih tinggi dibandingkan dengan solar. Biodiesel pada umumnya memiliki rentang angka cetane dari 46 – 70, sedangkan (bahan bakar) Diesel No. 2 memiliki angka cetane 47 – 55.(Bozbas, 2005) Panjangnya rantai hidrokarbon yang terdapat pada ester (*fatty acid alkyl ester*, misalnya) menyebabkan tingginya angka cetane biodiesel dibandingkan dengan solar.(Knothe, 2005)

#### **I.2.2.4. Viskositas**

Viskositas merupakan sifat intrinsik fluida yang menunjukkan resistensi fluida terhadap aliran. Fluida dengan viskositas tinggi lebih sulit untuk dialirkan dibandingkan dengan fluida dengan viskositas rendah. Bila energi pengaliran yang tersedia tetap, maka fluida dengan viskositas tinggi akan mengalir dengan kecepatan lebih rendah. Tingginya harga viskositas SVO (*straight vegetable oil*) atau *refined fatty oil* mendasari perlu dilakukannya proses kimia, transesterifikasi, untuk menurunkan harga viskositas minyak tumbuhan sehingga mendekati viskositas solar. Perbedaan viskositas antara minyak mentah/*refined fatty oil* dengan biodiesel juga bisa digunakan sebagai salah satu indikator dalam proses produksi biodiesel.(Knothe, 2005)

Kecepatan alir bahan bakar melalui injektor akan mempengaruhi derajat atomisasi bahan bakar di dalam ruang bakar. Selain itu, viskositas bahan bakar juga berpengaruh secara langsung terhadap kemampuan bahan bakar tersebut bercampur dengan udara. Dengan demikian, viskositas bahan bakar yang tinggi, seperti yang terdapat pada SVO, tidak diharapkan pada bahan bakar mesin diesel. Oleh karena itulah penggunaan SVO secara langsung pada mesin diesel menuntut digunakannya mekanisme pemanas bahan bakar sebelum memasuki sistem pompa dan injeksi bahan bakar.(Bernardo, R dkk, 2003)

#### **I.2.2.5. Cloud point dan Pour point**

*Cloud point* adalah temperatur pada saat bahan bakar mulai tampak “berawan” (*cloudy*). Hal ini timbul karena munculnya kristal-kristal (padatan) di dalam bahan bakar. Meski bahan bakar masih bisa mengalir pada titik ini, keberadaan kristal di dalam bahan bakar bisa mempengaruhi kelancaran aliran bahan

bakar di dalam filter, pompa, dan injektor. Sedangkan *pour point* adalah temperatur terendah yang masih memungkinkan terjadinya aliran bahan bakar; di bawah *pour point* bahan bakar tidak lagi bisa mengalir karena terbentuknya kristal/gel yang menyumbat aliran bahan bakar. Dilihat dari definisinya, *cloud point* terjadi pada temperatur yang lebih tinggi dibandingkan dengan *pour point*.

Pada umumnya permasalahan pada aliran bahan bakar terjadi pada temperatur diantara *cloud* dan *pour point*; pada saat keberadaan kristal mulai mengganggu proses filtrasi bahan bakar. Oleh karena itu, digunakan metode pengukuran yang lain untuk mengukur performansi bahan bakar pada temperatur rendah, yakni *Cold Filter Plugging Point* (CFPP) di negara-negara Eropa (standard EN 116) dan *Low-Temperature Flow Test* (LTFT) di Amerika Utara (standard ASTM D4539). (Knothe, 2005)

Pada umumnya, *cloud* dan *pour point* biodiesel lebih tinggi dibandingkan dengan solar. Hal ini bisa menimbulkan masalah pada penggunaan biodiesel, terutama, di negara-negara yang mengalami musim dingin. Untuk mengatasi hal ini, biasanya ditambahkan aditif tertentu pada biodiesel untuk mencegah aglomerasi kristal-kristal yang terbentuk dalam biodiesel pada temperatur rendah. Selain menggunakan aditif, bisa juga dilakukan pencampuran antara biodiesel dan solar. Pencampuran (*blending*) antara biodiesel dan solar terbukti dapat menurunkan *cloud* dan *pour point* bahan bakar. (Canada, 2006)

Teknik lain yang bisa digunakan untuk menurunkan *cloud* dan *pour point* bahan bakar adalah dengan melakukan "*winterization*". (Knothe, 2005) Pada metode ini, dilakukan pendinginan pada bahan bakar hingga terbentuk kristal-kristal yang selanjutnya disaring dan dipisahkan dari bahan bakar. Proses kristalisasi parsial ini terjadi karena asam lemak tak jenuh memiliki titik beku yang lebih rendah dibandingkan dengan asam lemak jenuh. Maka proses *winterization* sejatinya merupakan proses pengurangan asam lemak jenuh pada biodiesel. Di sisi lain, asam lemak jenuh berkaitan dengan angka cetane. Maka proses *winterization* bisa menurunkan angka cetane bahan bakar.

Namun demikian, karakteristik biodiesel pada temperatur rendah ini tidak terlalu menjadi masalah untuk negara dengan temperatur tinggi sepanjang tahun, seperti India. (Azam, A dkk, 2005)

### I.2.2.6. Penyimpanan dan Stabilitas

Biodiesel bisa mengalami degradasi bila disimpan dalam waktu yang lama disertai dengan kondisi tertentu. Degradasi biodiesel pada umumnya disebabkan oleh proses oksidasi. Beberapa faktor yang mempengaruhi degradasi biodiesel antara lain keberadaan asam lemak tak jenuh, kondisi penyimpanan (tertutup/terbuka, temperatur, dsb.), unsur logam, dan peroksida. Leung dkk. (2006)(Leung, BCP dkk, 2006) menemukan bahwa temperatur tinggi (40°C) yang disertai dengan keberadaan udara terbuka menyebabkan degradasi yang sangat signifikan pada penyimpanan biodiesel hingga 50 minggu. Konsentrasi asam meningkat pada biodiesel yang telah terdegradasi; hal ini disebabkan oleh putusnya rantai asam lemak metil ester menjadi asam-asam lemak. Mereka menemukan bahwa faktor keberadaan air tidak terlalu signifikan mempengaruhi proses degradasi. Namun demikian, keberadaan air (yang terpisah dari biodiesel) bisa membantu pertumbuhan mikroorganisme.(Canada, 2006) Temperatur tinggi (40°C) yang tidak disertai dengan keberadaan udara terbuka; dan sebaliknya udara terbuka tanpa keberadaan temperatur tinggi, tidak menyebabkan degradasi yang signifikan pada biodiesel yang disimpan dalam waktu lama (hingga 50 minggu). Dalam penelitiannya, Leung dkk. (2006)(Leung, BCP dkk, 2006) menggunakan *rapeseed oil* sebagai bahan baku biodiesel.

Kontak antara biodiesel dengan logam dan elastomer selama proses penyimpanan juga bisa mempengaruhi stabilitas biodiesel.(Canada, 2006) Ditemukan bahwa logam tembaga (*copper*) memiliki efek katalis oksidasi yang paling kuat untuk biodiesel.(Knothe, 2005) Oksidasi pada biodiesel bisa menyebabkan terbentuknya hidroperoksida yang selanjutnya terpolimerisasi dan membentuk gum; hal ini bisa menyebabkan penyumbatan pada filter atau saluran bahan bakar mesin diesel.(Canada, 2006) Standard Eropa, EN 14214, mengatur uji stabilitas biodiesel terhadap oksidasi, yakni dengan cara memanaskan biodiesel pada 110°C selama tak kurang dari 6 jam (menggunakan metode Rancimat).(Knothe, 2005)

Harga viskositas biodiesel juga bisa dijadikan sebagai ukuran terjadi-tidaknya proses degradasi pada biodiesel. Conceicao (2005)(Conceicao, A dkk, 2005) menemukan bahwa biodiesel minyak Castor yang digunakannya bisa mengalami degradasi, dicirikan dengan kenaikan viskositas yang sangat tinggi, bila dikenai temperatur yang sangat tinggi (210°C) dalam jangka waktu lebih dari 10 jam.

Degradasi ini terjadi diduga karena terjadinya proses oksidasi dan polimerisasi pada biodiesel.

#### **I.2.2.7. Angka Iodine**

Angka iodine pada biodiesel menunjukkan tingkat ketidakjenuhan senyawa penyusun biodiesel. Di satu sisi, keberadaan senyawa lemak tak jenuh meningkatkan performansi biodiesel pada temperatur rendah, karena senyawa ini memiliki titik leleh (*melting point*) yang lebih rendah (Knothe, 2005) sehingga berkorelasi pada *cloud* dan *pour point* yang juga rendah. Namun di sisi lain, banyaknya senyawa lemak tak jenuh di dalam biodiesel memudahkan senyawa tersebut bereaksi dengan oksigen di atmosfer dan bisa terpolimerisasi membentuk material serupa plastik. (Azam, A dkk, 2005) Oleh karena itu, terdapat batasan maksimal harga angka iodine yang diperbolehkan untuk biodiesel, yakni 115 berdasar standard Eropa (EN 14214). Di samping itu, konsentrasi asam linolenic dan asam yang memiliki 4 ikatan ganda masing-masing tidak boleh melebihi 12 dan 1%. (Azam, A dkk, 2005) Sebuah penelitian yang dilakukan di Mercedes-Benz (Canada, 2006) menunjukkan bahwa biodiesel dengan angka iodine lebih dari 115 tidak bisa digunakan pada kendaraan diesel karena menyebabkan deposit karbon yang berlebihan. Meski demikian, terdapat studi lain yang menghasilkan kesimpulan bahwa angka iodine tidak berkorelasi secara signifikan terhadap kebersihan dan pembentukan deposit di dalam ruang bakar. (Canada, 2006)

#### **I.2.2.8. Efek Pelumasan Mesin**

Sifat pelumasan yang inheren pada solar menjadi berkurang manakala dilakukan desulfurisasi (pengurangan kandungan solar) akibat tuntutan standard solar di berbagai negara. Berkurangnya sifat pelumasan bahan bakar bisa menimbulkan permasalahan pada sistem penyaluran bahan bakar, seperti pompa bahan bakar dan injector. (Knothe, 2005) Meski berkurangnya sifat pelumasan tersebut muncul akibat proses desulfurisasi, terdapat hasil penelitian yang menunjukkan bahwa berkurangnya sifat pelumasan tersebut bukan akibat berkurangnya konsentrasi sulfur itu sendiri, namun karena berkurangnya komponen-komponen non-polar yang terikut dalam proses desulfurisasi. (Knothe, 2005)

Hu dkk. (2005)(Hu, Z dkk, 2005) meneliti sifat pelumasan biodiesel menggunakan beberapa macam bahan baku minyak tumbuhan, yakni minyak bunga matahari (*sun flower*), minyak jagung, minyak kedelai, dan minyak canola. Mereka melakukan pengukuran ketahanan aus (*wear performance*) menggunakan metode HFRR (*High Frequency Reciprocating Rig*) pada solar yang dicampurkan dengan beberapa jenis biodiesel, baik *unrefined* biodiesel ataupun *refined* biodiesel (FAME murni). Hu dkk. (2005)(Hu, Z dkk, 2005) menemukan bahwa *unrefined* biodiesel memiliki sifat pelumasan yang lebih baik dibandingkan dengan *refined* biodiesel. Dari analisis efek senyawa penyusun biodiesel terhadap sifat pelumasan bahan bakar, Hu dkk. (2005)(Hu, Z dkk, 2005) menyimpulkan bahwa ester metil dan monodigliserida adalah dua komponen yang paling berpengaruh terhadap sifat pelumasan biodiesel secara signifikan.

Karena memiliki sifat pelumasan yang baik, biodiesel dapat digunakan sebagai aditif untuk meningkatkan sifat pelumasan solar berkadar sulfur rendah (*low-sulfur petrodiesel fuel*). Penambahan 1 – 2% biodiesel bisa mengembalikan sifat pelumasan solar berkadar sulfur rendah ke tingkat semula (yakni setara dengan solar berkadar sulfur normal).(Knothe, 2005) Penggunaan biodiesel sebagai aditif pelumasan pada solar berkadar sulfur rendah memiliki keuntungan dibandingkan dengan aditif lain, karena biodiesel sekaligus merupakan bahan bakar mesin diesel.

### **I.3. Kegunaan Produk dan Keunggulan Proses dan Bahan Baku**

#### **I.3.1. Kegunaan**

Bahan bakar nabati (BBN) – bioethanol dan biodiesel – merupakan dua kandidat kuat pengganti bensin dan solar yang selama ini digunakan sebagai bahan bakar mesin Otto dan Diesel. Pemerintah Indonesia telah mencanangkan pengembangan dan implementasi dua macam bahan bakar tersebut, bukan hanya untuk menanggulangi krisis energi yang mendera bangsa namun juga sebagai salah satu solusi kebangkitan ekonomi masyarakat. Pesan ini jelas tertuang dalam pernyataan resmi Presiden Susilo Bambang Yudhoyono se usai melakukan rapat kerja Sabtu-Ahad (1 – 2 Juli 2006) yang digelar di Losari, Magelang.(Nusrat, 2006) BBN memenuhi dua syarat utama sebagai sumber energi baru: (1) Tidak menciptakan ketergantungan; karena bahan baku BBN dapat dibudidayakan di bumi Indonesia,

dan (2) Ramah lingkungan. Emisi pembakaran BBN yang juga merupakan gas rumah kaca, yakni CO<sub>2</sub>, pada prinsipnya akan diserap kembali oleh tanaman sumber BBN. Terbukti telah terjadi penurunan emisi CO<sub>2</sub> sebesar 12% di Brazil setelah negara ini menggunakan bioethanol dalam skala besar.(Bozbas, 2005) Kontinuitas penggunaan BBN memerlukan kontinuitas suplai bahan baku dalam jumlah besar, hal ini memerlukan keterlibatan masyarakat yang sekaligus berpotensi meningkatkan taraf hidup mereka.

### **I.3.2. Keunggulan Proses dan Bahan Baku**

Merujuk pada komposisi kimia *Chlorella vulgaris* dimana komposisi protein sebanyak 51 – 58 %, karbohidrat sebanyak 12 – 17 %, lemak sebanyak 14 – 24 %, dan asam nukleat 4 – 5 %, maka dapat dikatakan mikroalga *Chlorella vulgaris* sangat berpotensi untuk menjadi bahan bakar diesel yang terbaru atau biodiesel. Jika dilihat dari kandungan lemak pada *Chlorella vulgaris*, kandungan lemaknya cukup melimpah dimana jika lemak dikonversi menjadi biodiesel, 1 kg *Chlorella vulgaris* kering dapat menghasilkan 140 – 220 gram biodiesel atau setara dengan 206,8 ml biodiesel (densitas biodiesel 0,94 gram/ ml). Artinya, untuk menghasilkan 1 liter biodiesel diperlukan 4,84 kg *Chlorella vulgaris*. Angka konversi tersebut cukup besar sehingga dapat dikatakan *Chlorella vulgaris* sangat berpotensi sebagai bahan baku biodiesel.(Ainiatur, R dkk, 2011)

Mikroalga sebagai biodiesel lebih kompetitif dibandingkan dengan komoditas lain. Sebagai perbandingan, mikroalga (dengan kandungan 22% minyak) seluas 1 hektar dapat menghasilkan biodiesel 58.700 liter per tahun, sedangkan jagung menghasilkan 172 liter per tahun dan kelapa sawit menghasilkan 5.900 liter biodiesel per tahun.(Ainiatur, R dkk, 2011)

Secara teoritis, produksi biodiesel dari mikroalga dapat menjadi solusi yang realistis untuk mengganti solar. Hal ini karena tidak ada *feedstock* lain yang cukup banyak mengandung minyak sehingga mampu digunakan untuk memproduksi minyak dalam volume yang besar. Tumbuhan seperti kelapa sawit dan kacang-kacangan membutuhkan lahan yang sangat luas untuk dapat menghasilkan minyak supaya dapat mengganti kebutuhan solar dalam suatu negara. Hal ini tidak realistis

dan akan mengalami kendala apabila diimplementasikan pada negara dengan luas wilayah yang kecil.

#### **I.4. Ketersediaan Bahan Baku dan Analisa Pasar**

##### **I.4.1. Ketersediaan Bahan baku**

Hingga saat ini mikroalga masih belum digunakan sebagai bahan baku untuk pembuatan biodiesel dalam skala pabrik. Oleh karena itu, kapasitas produksi pabrik biodiesel dari slurry mikro alga ini didasarkan pada jumlah mikro alga yang dapat dipenuhi oleh pabrik sendiri. Dalam penyediaan bahan baku, mikroalga akan dikembangkan dalam fotobioreaktor.

##### **I.4.2. Analisa Pasar**

Biodiesel yang dihasilkan dari prarencana pabrik ini akan digunakan sebagai bahan bakar alternatif pengganti solar. Konsumsi solar diprediksi akan semakin meningkat dari tahun ke tahunnya. Hal ini disebabkan semakin meningkatnya pengguna kendaraan berbahan bakar solar di Indonesia. Oleh karena itu, pabrik biodiesel dari mikroalga ini difokuskan untuk memenuhi kebutuhan bahan bakar pengganti solar untuk alat transportasi di Indonesia dan direncanakan akan mulai beroperasi secara semi kontinyu pada tahun 2016.

Berikut ini merupakan data konsumsi solar skala nasional yang diperoleh dari Dirjen Migas Republik Indonesia untuk tahun 2006-2010 (Tabel I. 4).

**Tabel I. 4 Konsumsi Solar, 2006-2010**

Tahun	Solar, kilo Liter (Anonim <sup>d</sup> , 2011)	Peningkatan Konsumsi Solar Tiap Tahun (kilo Liter)
2005	27.905.133	
2006	26.178.213	-1.726.920
2007	26.463.118	284.905,2
2008	27.846.308	1.383.190
2009	27.526.107	-320.200
2010	27.770.153	244.045,5

Dari Tabel I. 4, dapat dihitung rata-rata peningkatan konsumsi solar nasional tiap tahun, dengan rumus:

$$\begin{aligned} \text{Rata-rata peningkatan konsumsi tiap tahun} &= \\ &= \frac{-1.726.920+284.905,2+1.383.190-320.200+244.045,5 \text{ kL}}{5} \\ &= -26.996 \text{ kilo Liter} \end{aligned}$$

Sehingga diperoleh konsumsi solar nasional pada tahun 2016 adalah sebesar:  
Konsumsi solar nasional tahun 2016 = (6×(-26.996 kilo Liter)) + konsumsi solar nasional pada tahun 2010  
= 27.608.176 kilo Liter/tahun.

Produksi solar untuk tahun 2004-2011 dapat dilihat pada Tabel I. 5.

**Tabel I. 5 Produksi Solar Nasional tahun 2004-2011**

Tahun	ADO (Automotive Diesel Oil), kilo Liter (Anonim <sup>e</sup> , 2011)	Peningkatan Produksi Diesel oil (ADO) tiap Tahun (kilo Liter)
2004	15.683.302	
2005	15.045.445	-637.857
2006	14.438.114	-607.331
2007	13.058.899	-1.379.215
2008	14.756.088	1.697.189
2009	16.173.460	1.417.372
2010	17.726.925	1.553.465
2011	17.940.604	213.678,9

Dari Tabel I. 5, dapat dihitung rata-rata peningkatan produksi solar tiap tahun, dengan rumus:

$$\text{Rata-rata peningkatan produksi solar tiap tahun} =$$

$$= \frac{1}{7} (- 637.857 - 607.331 - 1.379.215 + 1.697.189 + 1.417.372 + 1.553.465 + 213.678,9)$$
$$= 322.471,7 \text{ kilo Liter}$$

Sehingga diperoleh produksi solar nasional pada tahun 2016 adalah sebesar:

$$\text{Produksi solar pada tahun 2016} = (6 \times 322.471,7 \text{ kilo Liter}) + \text{produksi solar nasional pada tahun 2011}$$
$$= 19.875.434 \text{ kiloliter/tahun.}$$

Berdasarkan pertimbangan di atas, maka kebutuhan solar di Indonesia dapat ditentukan sebagai berikut.

$$\begin{aligned} &\text{Produksi solar yang dibutuhkan} \\ &= \text{Konsumsi} - \text{Produksi} \\ &= 27.608.176 - 19.875.434 \text{ kilo liter/tahun} \\ &= 7.732.742,5 \text{ kiloliter/tahun} \end{aligned}$$

Kebutuhan solar nasional sebesar 7.732.742,5 kiloliter/tahun masih belum terpenuhi sehingga pabrik biodiesel ini akan memproduksi 0,3% dari kebutuhan nasional.

Biodiesel yang diproduksi rencananya akan dijual ke PT. Pertamina dan PT. Shell Indonesia sebagai pengganti solar. Biosolar yang digunakan di Indonesia merupakan jenis biosolar B7,5 yang memiliki komposisi 7,5% biodiesel dan sisanya solar (Migas, 2012). Maka, kebutuhan biodiesel yang harus dipenuhi sebagai kapasitas produksi pabrik ini yaitu sebesar  $0,3\% \times 7,5\% \times 7.732.742,5$  kiloliter/tahun = 1.944,46 kiloliter biodiesel/tahun.

Berdasarkan perhitungan neraca massa pada Lampiran A, 1 kg trigliserida menghasilkan 0,993 kg biodiesel. Maka, kebutuhan mikroalga pabrik biodiesel ini pada tahun 2016 dapat ditentukan sebagai berikut:

$$\text{massa metil ester} = 1.944,46 \frac{\text{kL}}{\text{tahun}} \times 880 \frac{\text{kg}}{\text{kL}} = 1.711.124 \text{ kg/tahun}$$

$$\text{kebutuhan trigliserida mikroalga} = \frac{1.711.124 \text{ kg/tahun}}{0,993} = 1.723.186 \text{ kg/tahun}$$

diketahui komposisi mikroalga *Chlorella vulgaris*

Trigliserida = 24% berat

$$\begin{aligned} \text{Kebutuhan dryalga} &= 1.723.186 \frac{\text{kg}}{\text{tahun}} \cdot \frac{100\%}{24\%} = 7.179.943 \frac{\text{kg}}{\text{tahun}} \\ &= 7.179.943 \frac{\text{kg}}{\text{tahun}} \cdot \frac{1 \text{ tahun}}{330 \text{ hari}} \\ &= 1.739.562 \frac{\text{kg}}{\text{hari}} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Kebutuhan slurry mikroalga} &= 1.739.562 \frac{\text{kg}}{\text{hari}} \cdot \frac{100\%}{0,766\%} \\ &= 2.270.968,5683 \frac{\text{kg}}{\text{hari}} \end{aligned}$$