BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Krisis Energi

Indonesia dikenal dunia memiliki Sumber Daya Alam (SDA) yang melimpah terutama minyak bumi dan gas alam. Hal ini menjadikan Indonesia memanfaatkan sumber daya alam tersebut dalam jumlah yang besar untuk kesejahteraan masyarakatnya. Indonesia merupakan salah satu negara penyumbang minyak terbesar di dunia. Oleh karena itu, hal ini dikhawatirkan berdampak kepada SDA tersebut karena minyak bumi dan gas alam merupakan SDA yang tidak dapat diperbaharui dan cadangannya akan habis apabila digali secara terus-menerus. Hal ini dapat menyebabkan kelangkaan bahan bakar yang sekarang ini sudah terasa dampaknya dengan kelangkaan minyak tanah.

Konsumsi minyak solar di Indonesia terus meningkat dengan kenaikan rata-rata 7% per tahun. Konsumsi minyak solar pada tahun 2020 diperkirakan akan mencapai 34 juta kilo liter. Dari konsumsi tersebut, sekitar 40% adalah solar yang diimpor dari negara lain. Sejak tahun 2004, Indonesia telah menjadi *net-importer* minyak. Hal ini disebabkan oleh pertumbuhan penduduk dan perkembangan ekonomi yang pesat. Djamaludin (2011) menyebutkan bahwa cadangan minyak bumi Indonesia hanya cukup untuk 23 tahun ke depan, sementara cadangan gas bumi masih mencukupi untuk 62 tahun ke depan, sedangkan cadangan batubara habis dalam jangka waktu 146 tahun lagi sehingga dapat diketahui bahwa cadangan energi pada tahun 2013 yaitu 21 tahun lagi untuk minyak bumi, 60 tahun lagi untuk gas alam, dan 144 tahun lagi untuk batubara. Hal ini dapat dipastikan bahwa

Indonesia akan mengalami krisis energi apabila tidak ditemukan sumber energi alternatif karena kebutuhan BBM dari tahun ke tahun semakin meningkat, sementara cadangan minyak semakin menipis.

Dalam menanggapi krisis energi dan kontroversi yang tak henti-hentinya atas kebijakan kenaikan harga Bahan Bakar Minyak (BBM), pemerintah Indonesia berkomitmen pada pengembangan energi terbarukan. Kelangkaan bahan bakar fosil menyebabkan kebutuhan bahan bakar alternatif meningkat, sehingga dengan menurunnya cadangan minyak bumi dan diversifikasi energi maka dibutuhkan bahan bakar alternatif yang dapat diperbaharui dengan waktu yang singkat. Biodiesel merupakan bahan bakar alternatif yang dapat diperbaharui serta ramah lingkungan. Biodiesel juga berpotensi sebagai substitusi dan/atau pencampur minyak solar yang karakteristiknya hampir sama dengan solar yang sudah terbukti berdasarkan penelitian dan penggunaan di berbagai negara. Di sisi lain biodiesel tidak dapat digunakan pada mesin secara langsung, sehingga perlu dilakukan pencampuran antara biodiesel dan solar dengan penambahan zat aditif agar campuran biodiesel dan solar homogen serta tidak membentuk gel dan polimer. Sehingga diharapkan solusi tersebut dapat memberikan keuntungan yang lebih dan dapat mengatasi krisis energi yang sekarang hanya mengandalkan bahan bakar dari fosil.

2.2 Biodiesel

Biodiesel didefinisikan sebagai alkil ester dari asam lemak yang diolah dari sumber trigliserida alami terbarukan melalui proses esterifikasi transesterifikasi dan digunakan sebagai bahan bakar mesin diesel. Secara kimiawi biodiesel merupakan

turunan lipid dari golongan monoalkil ester dengan panjang rantai karbon 12-20 (Darnoko, 2001). Biodiesel dapat berupa minyak kasar atau monoalkil ester asam lemaknya, umumnya merupakan metil ester. Metil ester atau etil ester adalah senyawa yang relatif stabil, cair pada suhu ruang (titik leleh antara 4-18°C), nonkorosif, dan titik didihnya rendah.

Biodiesel merupakan salah satu bahan bakar alternatif yang ramah lingkungan, tidak mempunyai efek terhadap kesehatan yang dapat dipakai sebagai bahan bakar kendaraan bermotor, serta dapat menurunkan emisi bila dibandingkan dengan minyak diesel (bahan bakar fosil). Biodiesel merupakan bahan bakar yang berwarna kekuningan yang viskositasnya tidak jauh berbeda dengan minyak solar.Biodiesel memiliki kelebihan bila dibandingkan dengan bahan bakar minyak diesel (solar) yang diperoleh dari minyak bumi (Hanif, 2009). Biodiesel juga dapat ditulis dengan B100, yang menunjukkan bahwa biodiesel tersebut murni 100% monoalkil ester. Biodiesel campuran ditandai dengan ”BXX”, yang mana ”XX” menyatakan persentase komposisi biodiesel yang terdapat dalam campuran. B20 berarti terdapat biodiesel 20% dan minyak solar 80% (Dyah, 2011).

Karena bahan bakunya berasal dari minyak tumbuhan atau lemak hewan, biodiesel digolongkan sebagai bahan bakar yang dapat diperbarui. Pada dasarnya semua minyak nabati atau lemak hewan dapat digunakan sebagai bahan baku pembuatan biodiesel. Banyak penelitian yang telah dilakukan untuk mendapatkan bahan baku alternatif yang dapat dikembangkan secara luas sebagai bahan baku pembuatan biodiesel. Biodiesel berasal minyak sawit, minyak jelantah, minyak jarak, dan minyak kedelai. Namun terjadi perdebatan karena bahan bakar ini

terutama minyak kedelai termasuk dalam pangan sehingga hal ini tidak wajar mengingat semakin meningkatnya populasi manusia (Dyah, 2011).

Biodiesel menjadi penting di Indonesia karena sejak tahun 2005 Indonesia telah berubah statusnya dari eksportir menjadi non-importir BBM yang pada tahun 2005 defisit sekitar 100 juta perliter. Ditambah lagi krisis minyak dunia yang menjadikan harga minyak dunia meningkat dari sebelumnya US$ 22/barel menjadi US$ 72/barel. Dampaknya, biodiesel yang semula sulit bersaing dengan BBM dari segi harga, kini bisa dimunculkan di pasar sebagai bahan bakar alternatif pengganti BBM.

Beberapa alasan Indonesia sudah harus mulai mengembangkan biodiesel dari nabati diantaranya:

1. Harga BBM terus meningkat dan persediaannya di dalam negeri semakin menurun. Sementara konsumsi setiap tahun terus meningkat sehingga dampak negatifnya terasa di berbagai bidang kehidupan.
2. Indonesia memiliki potensi lahan yang sangat luas berupa lahan kritis, lahan marginal, lahan tidur, dan lahan milik yang belum dimanfaatkan.

2.2.1 Syarat Mutu Biodiesel

Syarat mutu biodesel menurut standar SNI 04-7182-2006 dapat dilihat pada Tabel 2.1.

Tabel 2.1 Syarat Mutu Biodiesel Ester Alkil

No	Parameter	Satuan	Nilai
1	Massa jenis pada 40^{o}C	kg/m^{3}	850 – 890
2	Viskositas kinematik pada 40^{o}C	mm^{2}/s (cSt)	2,3 – 6,0
3	Angka setana		min. 51
4	Titik nyala (mangkok tertutup)	^{o}C	min. 100
5	Titik kabut	^{o}C	maks.18
6	Korosi lempeng tembaga (3 jam pada 50^{o}C)		maks. no 3
7	Residu karbon	%-massa	
	- dalam contoh asli, atau		maks. 0,05
	- dalam 10% ampas distilasi		maks. 0,30
8	Air dan sedimen	%-vol	maks.0,05*
9	Temperatur distilasi 90%	^{o}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_2/100 g)	maks. 115
18	Uji Halphen		Negatif

Sumber : Spesifikasi Biodiesel dari Dirjen Migas, 2006

Karakteristik biodiesel yang digunakan pada pencampuran biosolar (B30) dalam penelitan dapat dilihat pada Tabel 2.2

Tabel 2.2 Karakteristik Biodiesel yang Digunakan

Parameter	Unit	Result	Specification	Test Method
Massa jenis pada 40 ^oC	kg/m^3	857	850 - 890	ASTM D1298
Massa jenis pada 15 ^oC	kg/m^3	874	-	ASTM D1298
Viskositas kinematik pada 40 ^oC	mm^2/s (cst)	4,5	2,3 - 6,0	ASTM D445
Angka setana	Min	57	51,0	ASTM D613
Titik nyala (mangkok tertutup)	^oC, Min	150	100	ASTM D93
Titik kabut	^oC, Min	15	18	ASTM D2500
Residu karbon				
100% sampel	% massa, Max	0,008	0,05	ASTM D4530
10% ampas distilasi		0,05	0,3	
Air dan sedimen	% volume, Max	<0,05	0,05	ASTM D2709
Temperatur distilasi 90%	^oC, Max	349	360	ASTM D1160
Belerang	mg/kg, Max	3,9	50	ASTM D5453
Fosfor	mg/kg, Max	0,1	4	AOCS Ca 12-55
Angka asam	mg-KOH/g, Max	0,34	0,5	ASTM D664
Gliserol bebas	% massa, Max	0,008	0,02	AOCS Ca 14-56
Gliserol total	% massa, Max	0,19	0,24	AOCS Ca 14-56
Kadar ester metil	% massa, Min	99,4	96,5	Calculated
Angka iodium	g-I2/100 g, Max	45,5	115	AOCS Cd 1-25
Kestabilan osidasi :				
Periode induksi metode rancimat	menit, Min	760	480	EN 15751
Warna ASTM	Max	1,1	2,0	ASTM D1500
Monogliserida	% massa, Max	0,6	0,8	AOCS Cd 11-57

Sumber: PT. WILMAR NABATI INDONESIA, 2016

2.3 Solar

Solar adalah suatu produk destilasi minyak bumi yang khusus digunakan untuk bahan bakar mesin *Compretion Ignation* (udara yang dikompresi menimbulkan tekanan dan panas yang tinggi sehingga membakar solar yang disemprotkan *injector*) dan di Indonesia minyak solar ditetapkan dalam peraturan Dirjend Migas No. 002/P/DM/MIGAS/2007.

Solar berasal dari *Gas Oil,* yang merupakan fraksi minyak bumi dengan kisaran titik didih antara 250^{o}C sampai 350^{o}C yang disebut juga *midle destilat*. Komposisinya terdiri dari senyawa hidrokarbon dan non-hidrokarbon. Senyawa hidrokarbon yang ditemukan dalam solar seperti parafinik, naftenik, olepin, dan aromatik. Sedangkan untuk senyawa non-hidrokarbon terdiri dari senyawa yang mengandung unsur-unsur non-logam, yaitu sulfur, nitrogen, dan oksigen serta unsur logam seperti vanadium, nikel, dan besi. Kualitas minyak solar dipengaruhi oleh berbagai parameter dan dapat dilihat pada Tabel 2.3.

Tabel 2.3 Kualitas Minyak Solar

Parameter	Spesifikasi	Metode Uji
Densitas pada suhu	815-870	ASTM D 1298
Angka setana	Min 48	ASTM D 631
Viskositas Kin 40^{o}C	1,6-5,8	ASTM D 445
Titik nyala (*Flash point*) ^{o}C	Maks 150	ASTM D 130
Korosi bilah tembaga	Maks No 1	ASTM130
Temperatur Distilasi	Maks 370	ASTM D 86
Warna	Maks 3,0	ASTD 6045

Sumber: Spesifikasi Solar dari Dirjen Migas, 2007

Karakteristik solar yang digunakan pada pencampuran biosolar (B30) dalam penelitian dapat dilihat pada Tabel 2.4.

Tabel 2.4 Karakteristik Solar yang Digunakan

No.	Parameter	Satuan	Metode	Spesifikasi	Hasil
1	Density at 15 ^oC	Kg/m^3	ASTM D 1298-99	815-860	853,5
2	Distillation : - 90 % vol. evap.	^oC	ASTM D 86-11a	Max. 370	369,9
3	Calculated Cetane Index	-	ASTM D 976-11	Min. 45	51,9
4	Flash Point PMcc	^oC	ASTM D 93-11	Min. 52	68,5
5	Water Content	Ppm	ASTM D 6304-07	Max. 500	110,9
6	Sulphur Content ***)	% wt	ASTM D 4294-10	Max. 0,35	0,162
7	Visc. Kin at 40 ^oC	CSt	ASTM D 445-11a	2,0 - 4,5	4,257
8	Cu. Strip Corrosion, 3hrs at 100 ^oC	Merit	ASTM D 130-10	Max. Class 1	Class 1A
9	Color ASTM	Unit	ASTM D 1500-07	Max. 3,0	L1,5 (1,4)
10	Appearance	-	TKI MU C-011/F14433/2013-SO	Bright & Clear	Bright & Clear

Sumber: PT. PERTAMINA (PERSERO), 2016

2.4 N-Butanol

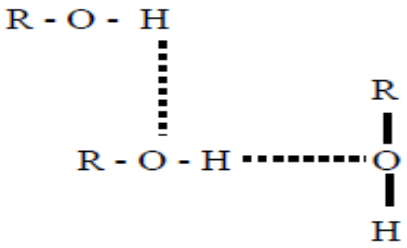
N-butanol atau n-butil alkohol atau normal butanol adalah alkohol primer dengan struktur 4-karbon, dan memiliki rumus kimia C_4H_9OH. Isomernya antara lain isobutanol, 2-butanol, dan tert-butanol. Butanol adalah salah satu dari kelompok "*alcohol fuel*", yang memiliki lebih dari dua atom karbon dan mudah larut dalam air. N-butanol secara natural berada sebagai produk minor fermentasi gula dan karbohidrat lainnya.

Butanol mempunyai panas laten penguapan yang sangat rendah sehingga dapat menurunkan *ignition delay* dari *compressin diesel machine* dibandingkan *ethanol* dan *methanol* (Yilmaz, et al, 2014). Telah diteliti bahwa 20% isobutanol dapat dicampurkan dengan solar walaupun persentase optimum dalam *blend ratio*

adalah 10% isobutanol (Karabektas et al, 2009). Didalam penelitian lainnya menunjukkan bahwa emisi gas HC naik akan tetapi $NO_{x,}$ CO dan asap dari buangan kendaraan diesel menurun ketika digunakan campuran antara isobutanol-diesel dibandingkan dengan diesel fuel (Karabektas, 2009 dan Dogan, 2011).

2.4.1 Sifat Kimia N-Butanol

N-butanol merupakan senyawa organik yang memiliki ikatan hidrogen, sehingga senyawa ini mempunyai titik didih yang tinggi.



Gambar 2.1 Ikatan Hidrogen N-Butanol

N-Butanol mempunyai nama lain yaitu, n-butil alkohol, 1-butanol, butil alkohol, butyric alkohol, 1-hidroksi butana, hidroksi butana, metilpropana, NBA, BA, butil alkohol primer normal, propilkarbinol, dan propil metanol.

2.4.2 Sifat Fisika N-Butanol

Sifat-sifat fisika n-butanol meliputi titik didih, titik beku, *spesific gravity*, viskositas, kalor jenis, panas penguapan, panas pembakaran, temperatur kritis, tekanan kritis, dan lain-lain dapat dilihat pada Tabel 2.5.

Tabel 2.5 Sifat Fisika N-Butanol

No	Parameter Sifat Fisika	Nilai
1	Berat molekul (gr/mol)	74,12
2	Titik didih pada 1 atm (^oC)	117,73
3	Titik beku (^oC)	-89,3
4	*Spesificgravity* pada 20^oC	0,8098
5	Indeks bias	1,3993
6	Viskositas pada 20^oC, Cp	2,95
7	Kalor jenis pada 20^oC, kal/g	0,559
8	Panas penguapan, kal/g	141,3
9	Panas pembakaran, kkal/g	8,62
10	Temperatur kritis, ^oC	287
11	Tekanan kritis, atm	48,4
12	Titik nyala, ^oC	32
13	Tegangan permukaan pada 20^oC, dyne/cm	24,6
14	Kelarutan dalam air pada 30^oC, % berat	7,1
15	Kelarutan air pada n-Butanol pada 30^oC, % berat	20,6
16	Titik didih, ^oC	92,7

Sumber: Halimatuddahliana, 2004

2.5 Biosolar

Pada umumnya biodiesel tidak bisa digunakan secara langsung sebagai bahan bakar pada sarana transportasi, atau bisa digunakan langsung tetapi perlu dilakukan modifikasi mesin. Penggunaan biodiesel murni (B100) berdampak negatif pada beberapa hal, seperti: korosi pada injektor dan tangki bahan bakar, pelunakan karet-karet seal, penigkatan kebutuhan daya pemompaan, penyumbatan injektor bahan bakar, dan penyumbatan pipa/filter bahan bakar akibat pertumbuhan bakteri (Sidjabat dkk., 2009). Salah satu cara untuk mengatasi permasalahan tersebut adalah melakukan pencampuranantara biodiesel dengan minyak solar. Pencampuran biodiesel dengan minyak solar biasanya diberikan sistem penamaan tersendiri seperti B2, B3 atau B5 yang berarti campuran biodiesel dan minyak solar yang masing-masing mengandung 2%, 3%, dan 5% biodiesel. Sedangkan B20 atau

B100 merupakan campuran biodiesel dan minyak solar yang masing-masing mengandung 20% dan 100% biodiesel.

Pada umumnya konsentrasi tertinggi yang sudah dioperasikan secara komersial adalah B15, walaupun biodiesel dapat dicampur dengan minyak solar pada berbagai konsentrasi tanpa merusak atau memodifikasi mesin, tetapi memerlukan penggantian paking karet pada beberapa peralatan karena spesifikasinya disesuaikan untuk bahan bakar minyak.Pada kenyataannya pencampuran minyak solar dengan biodiesel tidaklah semudah yang diperkirakan orang. Walaupun hanya mengatur konsentrasi saja, tetapi dalam jumlah yang besar akan terjadi masalah bila konsentrasi biodiesel tidak sesuai dengan yang seharusnya. Di Indonesia, perkembangan penggunaan biosolar diawali dengan peluncuran biosolar nilai 5% biodiesel atau B5. Pencampuran biodiesel ke dalam solar merupakan salah satu opsi pemerintah dalam menangani gejolak ekonomi makro. Dengan strategi ini, pemerintah memproyeksikan impor solar turun 100 ribu barel atau 15.800 kiloliter per hari (Kementerian Perindustrian RI, 2016).

Tidak seperti solar murni, biosolar menghasilkan tenaga yang lebih rendah, maka bagi kendaraan alat angkut beban bertonase besar Biosolar ini justru menjadi kontra produktif, sebab mesin menjadi berkurang tenaganya bila dibanding saat memakai solar. Tetapi disisi lain, dengan kandungan minyak nabati yang ada pada biosolar, BBM menjadi lebih ramah lingkungan. Kepala Divisi BBM Pertamina, Djaelani Sutomo mengatakan Biosolar memiliki angka cetane 51 hingga 55 atau lebih tinggi daripada solar standar yang sekitar 48. Semakin tinggi angka cetane, makin sempurna pula pembakaran sehingga polusi dapat ditekan. Kerapatan energi

pervolume yang diperoleh juga makin besar, Selain itu campuran FAME menurunkan sulfur. Biodiesel atau Biosolar ini memiliki keunggulan komparatif dibandingkan dengan bentuk energi lain, memiliki kerapatan energi per volume yang lebih tinggi, memiliki karakter pembakaran yang relatif bersih dan ramah lingkungan.

Bahan bakar biosolar dapat digunakan sebagai bahan bakar mesin diesel jika memenuhi standar yang telah ditetapkan. Standar dari spesifikasi biosolar dapat dilihat pada Tabel 2.6

Tabel 2.6 Spesifikasi Biosolar dari Dirjen Migas

No.	Karakteristik	Satuan	Batasan		Metode Uji
			Min.	Maks.	
1	Bilangan Cetana				
	- Angka Cetana	-	51	-	D 613-95
	- Indeks Cetana	-	48	-	D4737-96a
2	Berat Jenis (Pada suhu 15 ^oC)	kg/m^3	820	860	D 4052 – 96
3	Viskositas (Pada suhu 40 ^oC)	mm^2/s	2.0	4.5	D 445-97
4	Kandungan Sulfur	% m/m	-	0.05	D2622 -96
5	Distilasi				D 85 – 99a
	- T90	^oC	-	340	
	- T95	^oC	-	360	
	- Titik Didih Akhir	^oC	-	370	
6	Titik Nyala	^oC	55	-	D 93 -99c
7	Titik Tuang	^oC	-	18	D 97
8	Residu Karbon	% m/m	-	0.30	D 4530 -93
9	Kandungan Air	mg/kg	-	500	D 1744-92
10	Stabilitas Oksidasi	g/m^2	-	25	D 2274-94
11	Kandungan FAME	% v/v	-	10	
12	Kandungan Methanol dan Ethanol	% v/v	Tak terdeteksi		D 4815
13	Bilangan Asam Kuat	mg KOH/g	-	0	D 664
14	Bilangan Asam Total	mg KOH/g	-	0.3	D 664
15	Lubrisitas (HFRR Wear scar dia @60 ^oC)	Micron	-	460	D 6079-99
16	Penampilan Visual	-	Jernih dan terang		
		No. ASTM		1.0	D 1500

Sumber: Spesifikasi Biosolar dari Dirjen Migas, 2006

2.6 Pencampuran Biosolar (B30)

2.6.1 Pencampuran Biosolar di Indonesia

Teknologi pencampur biosolar yang digunakan di Indonesia saat ini adalah Metode *In-Line* Pencampuran dan Metode *In-Tank* Pencampuran/*Splash* Pencampuran. Keduanya memiliki karakteristik yang berbeda. Metode *In-Line* Pencampuran hanya bisa diimplementasikan pada terminal pengisian bahan bakar besar atau pada lokasi industri. Sementara, Metode *In-Tank* Pencampuran/*Splash* Pencampuran dapat diterapkan di SPBU. Metode *In-Line* Pencampuran cara kerjanya lebih rumit, dua tangki diisi dengan solar murni (B0) dan biodiesel murni (B100), kemudian kedua tangki tersebut dialiri ke dalam satu tangki. Dalam proses pencampuran memanfaatkan *pump propeller* dan turbulensi fluida di dalam pipa.

Sedangkan, Metode *Splash* Pencampuran lebih mudah dan efisien sebab mencampurkan biodiesel dan solar langsung pada tangki. Pencampuran sekuensial pada *loading arm* pengisian ini mempunyai keuntungan yaitu tidak terlalu banyak merubah sistem pengisian di terminal seperti depo. Namun, B20 juga memiliki kelemahan. Misalnya, untuk kendaraan keluaran lama, saat menggunakan B20 dalam tempo lama akan terjadi penggumpalan di filternya. Maka dari itu, dibutuhkan aditif untuk menghindari penggumpalan pada filter. Hal yang penting dari tangki pengaduk dalam penggunaannya antara lain:

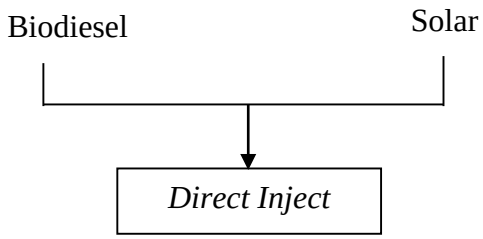
1. Bentuk: pada umumnya digunakan bentuk silindris dan bagian bawahnya cekung
2. Ukuran: yaitu diameter dan tinggi tangki

3. Kelengkapannya:
    a. Ada tidaknya *baffle*, yang berpengaruh pada pola aliran di dalam tangki
    b. *Jacket* atau *coil* pendingin/pemanas yang berfungsi sebagai pengendali suhu
    c. Letak lubang pemasukan dan pengeluaran untuk proses kontinu
    d. Kelengkapan lainnya seperti tutup tangki, dan sebagainya.

Menurut bentuknya, pengaduk jenis *propeller* biasa digunakan untuk kecepatan pengadukan tinggi dengan arah aliran aksial. Pengaduk ini dapat digunakan untuk cairan yang memiliki viskositas rendah dan tidak bergantung pada ukuran serta bentuk tangki. Kapasitas sirkulasi yang dihasilkan besar dan sensitif terhadap beban *head*.

2.6.2 Desain *Mixing Tank*

Pada awalnya teknik pencampuran biosolar adalah dengan memasukkan bahan bakar solar dan biodiesel secara langsung dalam mesin *(direct inject)*. Berikut diagram alir pencampuran biosolar dan n-butanol.

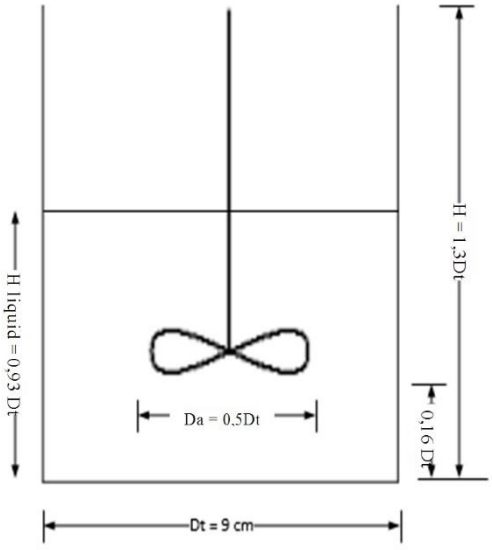


Gambar 2.2 Diagram Alir Pencampuran Biosolar dengan *Direct Inject*

Penerapan *direct inject* pada kendaraan bermotor memiliki kelemahan dan belum memungkinkan dilakukan karena cara tersebut hanya dapat dilakukan dengan waktu yang singkat, sehingga tidak efisien dan tidak memungkinkan untuk

dilakukan penyimpanan. Maka diperlukan alternatif lain untuk memperpanjang *lifetime* biosolar adalah pencampuran dengan *mixing batch system* yang ditambahkan dengan aditif n-butanol untuk memperbaiki sifat fisika dan kimia agar dapat disimpan dengan waktu yang lebih lama daripada *direct inject*.

Desain *mixing tank* ini menggunakan gelas beaker 500 mL dengan menggunakan *impeller* jenis *propeller* berdiameter 5 cm. Pemanasan akan dilakukan dengan menggunakan *hot plate* yang diletakkan dibawah gelas beaker dan dilengkapi dengan sensor suhu untuk menjaga suhu agar tetap konstan. Berikut merupakan gambar alat *mixing* yang digunakan:



Gambar 2.3 Desain *Mixing Tank*

Dasar dari desain *mixing tank* adalah dengan memperhatikan jenis fluida dan sifat fisik dari fluida tersebut. Dari Gambar 2.3 menunjukkan bahwa ***H*** = Tinggi dari cairan dalam bejana, ***D*** = diameter bejana, ***d*** = diameter impeler. Untuk impeller radial mempunyai standar yakni **0.3** ≤ ***d/D,*** ≤ ***0.6*** (Walas,1990).

Berdasarkan data dari ukuran gelas beaker 500 mL yang memilki diameter dalam 8,9 cm, maka diameter *impeller* yang digunakan harus memenuhi ≤0,6. Berdasarkan perhitungan maka d/D (5/8,9) adalah 0,56 jadi memenuhi ≤0.6 (Walas,1990). Pemilihan *impeller* jenis *propeller* yang memiliki aliran radial dilakukan berdasarkan karakteristik dari viskositas bahan yang digunakan yaitu memiliki viskositas yang kurang dari 4000 cp dengan kecepatan putaran 1800 rpm (Walas, 1990).

Posisi *impeller* dalam fluida yang menggunakan jenis *three-bladed propeller* adalah h/3 dari jumlah ketinggian fluida dalam wadah (Walas,1990). Data viskositas bahan baku biosolar (B30) dapat dilihat pada Tabel 2.7.

Tabel 2.7 Data Viskositas Bahan Baku Biosolar (B30) Dengan Aditif N-Butanol

No	Bahan	Viskositas kinematik (mm^2/s)/s	Densitas (kg/m^3)	Viskositas Dinamik (cP)
1.	Minyak Solar	4,257	853,5	363,3
2.	Biodiesel	4,5	874	393,3
3.	N-butanol	2,63	811	213,293

2.7 Analisa Karakterisasi Biosolar

2.7.1 Viskositas

Viskositas merupakan sifat intristik fluida yang menunjukkan resistensi fluida terhadap aliran fluida dengan viskositas tinggi lebih sedikit sulit dialirkan dibandingkan fluida dengan viskositas yang rendah. Tingginya harga viskositas SVO (*Straight Veretable Oil*) mendasari perlunya dilakukan transesterifikasi untuk menurunkan harga viskositas minyak nabati sehingga mendekati viskositas minyak solar. Pada umumnya viskositas minyak nabati jauh lebih tinggi dibandingkan solar sehingga biodiesel turunan minyak nabati masih mempunyai

hambatan untuk dijadikan sebagai bahan bakar pengganti solar. Viskositas suatu fluida (cairan) dapat diukur dengan *Viscometer Ostwald* dan pengukuran ini merupakan viskositas kinematik (Khasanah dkk, 2009). Persamaan untuk menentukan viskositas kinematik :

$$\mu = C \times t$$

keterangan: μ = Viskositas kinematik (centi stokes atau cSt atau mm^2/s)

C = Konstanta viskometer ($(mm^2/s)s$)

t = Waktu mengalir fluida didalam pipa viskometer (detik)

Viskositas Kinematik ASTM D 445 merupakan pengujian untuk produk minyak seperti solar dan pelumas diperlukan suatu Viskometer Tube yang digunakan untuk mengetahui viskositas dari cairan dengan metode gravitasi (stoke). Penelitian menggunakan alat uji viskositas kinematik KV-6 STANHOPE SETA yang sebelumnya dilakukan kalibrasi untuk mengetahui apakah alat dapat digunakan atau tidak dan menentukan konstanta viskometer (C). Kalibrasi dilakukan pada suhu 40^oC menggunakan fluida air menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$C_2 = \left(\frac{g_2}{g_1}\right) \times C_1$$

Dimana g_1 adalah gravitasi (m^2/s), C adalah kontanta viskositas kinematik (mm^2/s^2), subskrip 1 berdasarkan laboratorium standardisasi, dan subskrip 2 berdasarkan laboratorium penguji (fluida air). Diperoleh konstanta ring atas dan bawah masing-masing sebesar 0,02834 dan 0,03995 mm^2/s. Konstanta tersebut nantinya akan digunakan untuk menghitung viskositas kinemaik biosolar (B30). Alat uji viskositas kinematik KV-6 STANHOPE SETA dalam penelitian memenuhi

ASTM D 445 sehingga dapat digunakan untuk mengukur viskositas kinematik biosolar.

2.7.2 Densitas

Densitas atau berat jenis fluida adalah suatu perbandingan antara massa suatu zat dengan volumenya. Densitas adalah salah satu variabel untuk menentukan kerapatan suatu fluida (ρ), dapat didefinisikan sebagai massa per satuan volume (Agus, 2005). Densitas menunjukkan perbandingan massa persatuan volume. Karakteristik ini berkaitan dengan nilai kalor dan daya yang dihasilkan oleh masin diesel persatuan volume bahan bakar. Massa jenis bahan bakar diesel diukur dengan menggunakan metode ASTM D 1298 dengan satuan kilogram/meterkubik (kg/m^3) pada suhu 15^oC. Densitas dihitung dengan rumus:

$$\rho = (m/Vt) + 0{,}0012$$

Keterangan: m = massa (gram)

V_t = volume sampel pada 40^oC

2.7.3 Angka Setana

Bilangan setana merupakan bilangan yang menunjukkan pada kualitas dan cepat atau lambatnya suatu bakar untuk menyala. Ini berarti bahan bakar tersebut akan menyala ketika diinjeksikan kedalam silinder mesin diesel dengan waktu penundaan penyalaan yang lebih singkat, demikian sebaliknya.

Secara umum bahwa solar adalah bahan bakar yang digunakan untuk mesin diesel. Kualitas pembakaran yang terjadi di dalam ruang bakar mesin diesel dipengaruhi oleh beberapa faktor diantaranya adalah kondisi operasi mesin diesel dan properties dari bahan solar itu sendiri. Salah satu properties bahan bakar solar

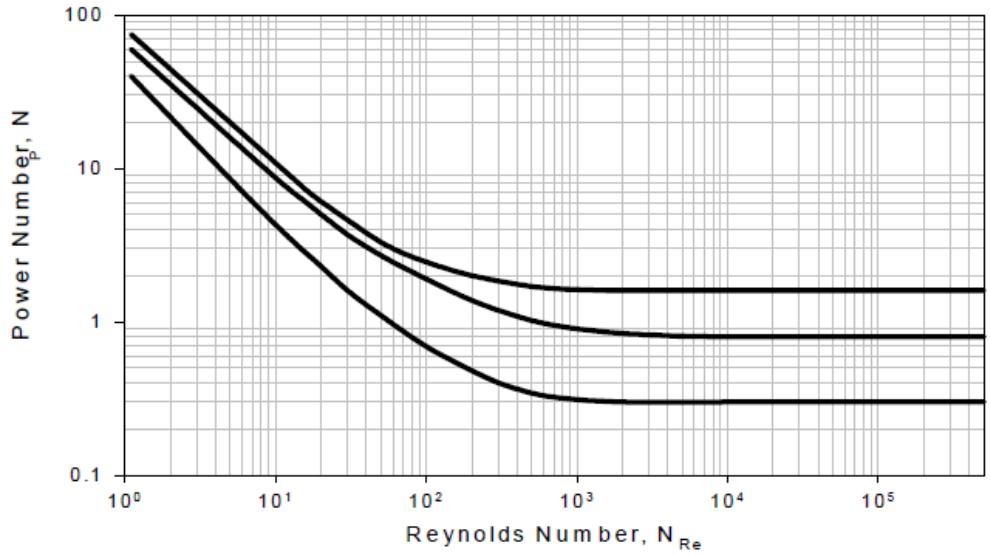
yang berpengaruh langsung terhadap kualitas pembakaran adalah angka setana yang merupakan indikasi kesiapan suatu bahan bakar solar untuk terbakar dengan sendirinya (*autoignition*) pada tekanan dan temperatur yang tinggi di dalam ruang bakar motor diesel.

Biosolar dengan viskositas terendah nantinya akan diuji angka setana menggunakan ASTM D 613. Metode ini meliputi penentuan angka setana dari bahan bakar diesel menggunakan mesin diesel standar satu silinder, 4 langkah, injeksi tidak langsung, dan rasio kompresi yang bervariasi. Standar biosolar berdasarkan ASTM D 613 minimal 51.

2.8 Parameter *Scale-Up Mixing System*

2.8.1 Viskositas

Faktor yang paling mempengaruhi *scale-up* adalah viskositas. Viskositas fluida memiliki dampak yang signifikan pada ukuran tangki pencampuran. Hal ini dapat dijelaskan jika semakin rendah viskositas maka Bilangan Reynolds semakin besar. Selain itu, Bilangan Reynolds mempengaruhi Bilangan Daya. Jika semakin besar Bilangan Reynolds maka Bilangan Daya semakin kecil. Gambar 2.4 menunjukkan hubungan antara Bilangan Reyolds dan Bilangan Daya.



Gambar 2.4 Hubungan Bilangan Reynolds terhadap Bilangan Daya

(Geankoplis, 1993)

2.9 Prosedur *Scale-Up*

Dilakukan *scale-up* volume cairan yaitu 400, 600, 1000, dan 1600 ft^3. Langkah-langkah dalam melakukan *scale-up* adalah menghitung faktor *scale-up* (R) menggunakan rumus $R = \left(\frac{V_2}{V_1}\right)^{\frac{1}{3}}$, dimana V_1 adalah volume tangki kecil (ft^3) dan V_1 adalah volume tangki besar (ft^3) (Geankoplis, 1993). Faktor *scale-up* digunakan menghitung ukuran geometri tangki besar dengan cara mengalikan *faktor scale-up* dengan ukuran geometri awal. Kemudian menghitung diameter impeller tangki besar (Da_2) menggunakan rumus $Da_2 = RDa_1$, dimana R adalah faktor *scale-up* dan Da_1 adalah diameter impeller tangki kecil (mm) (Geankoplis, 1993). Selanjutnya menghitung kecepatan putaran tangki besar (N_2) menggunakan rumus $N_2 = N_1 \left(\frac{1}{R}\right)^n$, dimana N_1 adalah kecepatan putaran tangki kecil (rps) dan n adalah eksponen peningkatan kecepatan sebesar n=1 untuk pergerakan cairan

konstan (Geankoplis, 1993). Nilai Da dan N digunakan untuk menghitung Bilangan Reynolds (N_{Re}) menggunakan rumus $N_{Re} = \frac{Da^2N}{v}$, dimana v adalah viskositas kinematik (mm^2/s) (Geankoplis, 1993) serta hasil perhitungan dapat dilihat pada Tabel 6. Bilangan Reynolds digunakan untuk menghitung Bilangan Daya (Np) dengan cara melihat grafik hubungan N_{Re} vs Np diperoleh $N_{Re} > 10^4$ dan Np sebesar 0,9 (Geankoplis, 1993). Langkah berikutnya menghitung daya menggunakan rumus $P = N_p \rho N^3 Da^5$, dimana P adalah daya (J/s), ρ adalah densitas sebesar 843,3 kg/m^3 dan Da adalah diameter impeller dalam satuan meter (Geankoplis, 1993) setelah itu dihasilkan perhitungan *scale-up*.