

# TEKNOLOGI PROSES PENCAMPURAN BIO-DIESEL DAN MINYAK SOLAR DI INDONESIA

M. Sidik Boedoyo

## ABSTRACT

*In the frame of bio-diesel is commercialization for industry and transportation, quality of biodiesel is standardized . One important criterion for for the Bio-diesel quality is a good mixing between bio-diesel and diesel oil. Due to different location of several biodiesel plants, biodiesel consumers and bio-diesel filling stations, bio-diesel – diesel oil mixing technologies should be selected to ensure optimal bio-diesel blend can be achieved economically and technically. The selected blending technologies should be fitted for application in diesel oil distribution depo, diesel oil filling station storage tank, and also in the diesel oil filling equipment. This section will illustrate several technologies for Bio-diesel and Diesel oil blending in particular locations.*

## 1. PENDAHULUAN

Bio-Diesel merupakan bahan bakar alternatif untuk kendaraan bermotor yang berbahan bakar minyak solar. Bio-Diesel dapat diproduksi dari kelapa sawit, kedelai, dan jarak pagar. Mengingat kelapa sawit, kedelai, dan jarak pagar merupakan tanaman yang biasa ditanam dan cukup berpotensi untuk dikembangkan di Indonesia, sehingga dengan adanya peningkatan kebutuhan minyak solar di sektor transportasi mengakibatkan alternatif pencampuran bahan bakar biodiesel dan minyak solar di Indonesia dapat diupayakan.

Pencampuran bio-diesel dengan minyak solar biasanya diberikan sistem penamaan tersendiri, seperti B2, B3 atau B5 yang berarti campuran bio-diesel dan minyak solar yang masing-masing mengandung 2%, 3%, dan 5% bio-diesel. Sedangkan B20 atau B100 merupakan campuran bio-diesel dan minyak solar yang masing-masing mengandung 20% dan 100% bio-diesel. Pada umumnya konsentrasi tertinggi yang sudah dioperasikan secara komersial adalah B20. walaupun bio-diesel 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 BBM.

Pada kenyataannya pencampuran minyak solar dengan bio-diesel 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. Teknologi pencampur bio-diesel dengan minyak solar ternyata ada enam jenis teknologi yang dapat diterapkan di Indonesia. Dari enam teknologi tersebut, empat diantaranya diimplementasikan pada terminal pengisian bahan bakar besar atau kecil dan sisanya satu diterapkan pada lokasi industri dan satunya lagi diterapkan di Stasiun Pengisian Bahan Bakar Umum (SPBU).

Mengingat lokasi biodiesel plant pada umumnya berada didekat perkebunan kelapa sawit, sehingga dibutuhkan adanya sistem penyimpanan dengan tanki penyimpan biodiesel di wilayah terminal pengisian minyak solar (depo), dan di wilayah SPBU yang dilengkapi dengan sistem injeksi yang sesuai dengan teknologi pencampuran bio-diesel dan minyak solar pada lokasi yang telah ditentukan.

Untuk memberi informasi yang lebih jelas tentang cara melaksanakan pencampuran biodiesel dengan minyak solar, pada makalah ini dibahas mengenai "Teknologi Proses Pencampuran Bio-diesel dan Minyak Solar di Indonesia.

## 2 BIO-DIESEL SEBAGAI BAHAN BAKAR KENDARAAN BERBAHAN BAKAR MIINYAK SOLAR

Biodiesel merupakan bahan bakar yang berwarna kekuningan yang viskositasnya tidak jauh berbeda dengan minyak solar, oleh karena itu campuran bio-diesel dengan minyak solar dapat dimanfaatkan sebagai bahan bakar kendaraan berbahan bakar minyak solar tanpa merusak atau memodifikasi mesin. Selain itu tenaga dan unjuk kerja mesin diesel dengan bahan bakar minyak solar juga tidak berubah. Meskipun demikian spesifikasi bio-diesel yang akan dicampur atau dimanfaatkan harus sesuai dengan standar yang telah ditetapkan, karena standar tersebut dapat memastikan bahwa bio-diesel yang dihasilkan dari reaksi pemrosesan bahan baku minyak nabati sempurna, artinya bebas gliserol, katalis, alkohol dan asam lemak bebas. Standar internasional untuk bio-diesel adalah ISO 14214, ASTM D 6751, dan DIN (standar biodiesel yang digunakan di Jerman), dan saat ini di Indonesia telah disusun standar bio-diesel Spesifikasi Bio-diesel sesuai standar RSNI EB 020551 ditunjukkan pada Tabel 1 yang sedikit berbeda dengan standar Biodiesel ASTM D 6751 yang ditunjukkan pada Tabel 2.

Tabel 1 Spesifikasi Bio-diesel Sesuai Standar Indonesia RSNI EB 020551

Parameter Kualitas dan units	Batas	Test method	Altern. Method
Density at 40 oC, kg/m <sup>3</sup>	850 – 890	ASTM D 1298	ISO 3675
Kinem. Visc. at 40 oC, mm <sup>2</sup> /s (cSt)	2,3 – 6,0	ASTM D 445	ISO 3104
Cetane number	min. 51	ASTM D 613	ISO 5165
Flash point (closed cup), oC	min. 100	ASTM D 93	ISO 2710
Cloud point, oC	max. 18	ASTM D 2500	-
Cu strip corrosion (3 hr, 50 oC)	max. no. 3	ASTM D 130	ISO 2160
Carbon residue (%-b), - in original sample - in 10 % distillation residue	max. 0,05 (max. 0,3)	ASTM D 4530	ISO 10370
Water and sediment, %-vol.	max. 0,05	ASTM D 2709	-
90 % distillation temperature, oC	max. 360	ASTM D 1160	-
Sulfated ash, %-w	max. 0,02	ASTM D 874	ISO 3987
Sulfur, ppm-w (mg/kg)	max. 100	ASTM D 5453	prEN ISO 20884
Phosphorous, ppm-w (mg/kg)	max. 10	AOCS Ca 12-55	FBI-A05-03
Acid value, mg-KOH/g	max. 0,8	AOCS Cd 3-63	FBI-A01-03
Free glycerol, %-w	max. 0,02	AOCS Ca 14-56	FBI-A02-03
Total glycerol, %-w	max. 0,24	AOCS Ca 14-56	FBI-A02-03

Tabel 1. Lanjutan

Parameter Kualitas dan units	Batas	Test method	Altern. Method
Alkyl ester content, %-w	min. 96,5	calculated	FBI-A03-03
Iodine value, %-b (g-I <sub>2</sub> /100 g)	max. 115	AOCS Cd 1-25	FBI-A04-03
Halphen test	negative	AOCS Cb 1-25	FBI-A06-03

Sumber: T.H. Soerawidjaja, Raw Material Aspects of Biodiesel Production in Indonesia, 8 Maret 2006, BPPT

Tabel 2. Spesifikasi Bio-diesel Sesuai Standar ASTM D 6751

Jenis Tes	Metode Tes	Limit	Satuan
• Flash Point	ASTM D 93	130 min.	°C
• Air & Sedimen	ASTM D 2709	0.05 maks.	% volume
• Residu karbon (100% sampel)	ASTM D 4530	0.05 maks.	% berat
• Abu sulfat	ASTM D 874	0.02 maks.	% berat
• Viskositas, 40°C	ASTM D 445	1.9 - 6.0	mm_/sec.
• Sulfur	ASTM D 5453	0.05 maks.	% berat
• Cetane	ASTM D 613	47 min.	
• Cloud Point	ASTM D 2500	Menurut pelanggan	°C
• Korosi Tembaga	ASTM D 130	No. 3 maks.	
• Derajat Keasaman	ASTM D 664	0.80 maks.	mg KOH/g
• Gliserin Bebas	ASTM D 6854	0.020	% berat
• Gliserin Total	ASTM D 6854	0.240	% berat
• Phosphor	ASTM D 4951	10 maks.	ppm
• Distilasi, T90 AET	ASTM D 1160	360 maks.	°C

Sumber : BPPT

Perbedaan standar ini disebabkan adanya perbedaan kondisi antara Indonesia dengan Amerika Serikat, Jerman maupun negara lainnya.

Seperti yang telah dijelaskan pada bab pendahuluan konsentrasi tertinggi pencampuran bio-diesel dengan minyak solar yang sering diterapkan tanpa perubahan atau memodifikasi mesin adalah B20, sedangkan konsentrasi B100 walaupun juga dapat diterapkan namun secara ekonomi masih mahal dan masih terjadi beberapa kendala. Beberapa karakteristik dari bio-diesel (B100) adalah sebagai berikut.

- Kandungan sulfur kurang dari 15 ppm
- Bebas aromatik
- Angka cetane yang tinggi (lebih dari 50)
- Lubrikasi yang tinggi (lebih dari 6000 gram BOCLE)
- Bisa terdegradasi secara alami
- Tidak bersifat karsinogen
- Flash point yang tinggi (lebih dari 127 °C)
- Nilai kalor 8% lebih rendah dari solar.
- Pelarut yang baik (melarutkan sedimen)
- Berpengaruh pada selang dan gasket karet mobil yang dibuat sebelum tahun 1993.
- Diperlukan pemanasan pada tangki penyimpanan bio-diesel pada musim dingin.

Biodiesel yang memenuhi standar akan bersifat sangat tidak beracun dengan tingkat toksisitas (LD50) lebih kecil dari 50 ml/kg. Jika diartikan secara lebih sederhana, biodiesel sepuluh kali lebih tidak berbahaya dibanding dengan garam meja.

Dari segi lingkungan pemakaian biodiesel mempunyai beberapa kelebihan dibandingkan pemakaian minyak solar, yaitu:

- Pengurangan emisi CO sebesar 50%, emisi CO<sub>2</sub> sebesar 78,45%;
- Biodiesel mengandung lebih sedikit hidrokarbon aromatik: pengurangan benzofluoranthene 56%, benzopyrenes 71%;
- Tidak menghasilkan emisi sulfur (SO<sub>2</sub>);
- Pengurangan emisi partikulat sebesar 65%;
- Pengapian yang lebih sempurna karena angka cetane yang tinggi.
- Menghasilkan emisi NO<sub>x</sub> lebih kecil dibanding dengan penggunaan minyak diesel biasa disebabkan angka cetane yang tinggi.

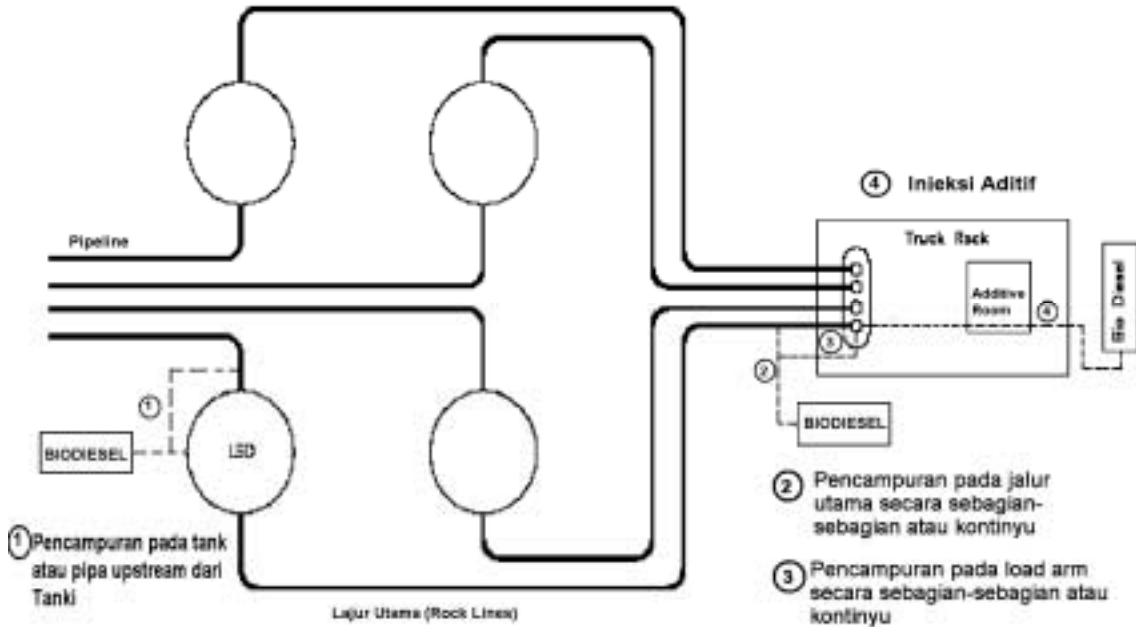
### **3. JENIS TEKNOLOGI PENCAMPURAN BIODIESEL DAN MINYAK SOLAR**

Seperti yang telah dijelaskan sebelumnya ada enam jenis teknologi pencampuran yang secara tekno-ekonomi bisa diterapkan, yaitu Pencampuran *Splash* Pada Tanki Terminal, Pencampuran Sekuensial Pada Rak Pipa Pengisian, Pencampuran Sekuensial Pada Loading Arm Pengisian, Pencampuran Injeksi Pada Rak Pipa, Pencampuran Pada Lokasi Industri, dan Pencampuran di Stasiun Pengisian bahan Bakar Umum (SPBU). Empat dari ke-enam jenis teknologi tersebut, diimplementasikan pada terminal pengisian bahan bakar besar atau kecil, sedangkan yang dua, dapat diterapkan pada lokasi industri dan di Stasiun Pengisian Bahan Bakar Umum (SPBU).

Hal yang perlu dipertimbangkan sebelum melakukan pencampuran bio-diesel dengan minyak solar adalah:

- menentukan sistem penyimpanan dan sistem injeksi yang disesuaikan dengan kondisi lokasi pencampuran seperti terminal besar, terminal yang lebih kecil, industri serta stasiun pengisian bahan bakar umum (SPBU);
- mengevaluasi sistem penanganan pencampuran untuk menjamin kelancaran operasi;
- menentukan konsentrasi pencampuran B10, B20 atau lainnya, dan
- koordinasi dengan pemasok biodiesel mengenai cara, jumlah dan jadwal pengiriman.

Gambar 1 menunjukkan sistem pencampuran bio-diesel dan minyak solar pada terminal bahan bakar. Sistem pencampuran bio-diesel dan minyak solar pada terminal bahan bakar tersebut, sudah mencakup pencampuran pada tanki terminal bisa *sekuensial* atau *splash batch*, pencampuran sekuensial pada rak pipa pengisian, pencampuran sekuensial pada loading arm pengisian, dan pencampuran injeksi pada rak pipa.



Gambar 1 Sistem Pencampuran Biodiesel Pada Terminal Bahan Bakar

### 3.1 Pencampuran *Splash* Pada Tanki Terminal

Teknologi Pencampuran *Splash* pada Tanki Terminal ini tidak begitu rumit yaitu hanya mencampur bio-diesel dengan minyak solar di dalam tanki. Pencampuran pada tanki terminal bisa sekuensial atau *splash batch*. Berat jenis (*specific gravity*) bio-diesel lebih berat daripada minyak solar, yaitu nilainya 0,88 untuk bio-diesel dan 0,85 untuk minyak solar. Oleh sebab itu untuk *splash batch*, diusahakan biodiesel di campur di atas minyak solar dan penggunaan teknologi ini mempunyai keuntungan dan kerugian. Keuntungan dari penggunaan teknologi ini antara lain:

- Pengoperasiannya mudah dan biayanya tidak mahal;
- Biodiesel bisa dicampur sebelum, pada saat atau setelah bahan bakar dikirim;
- Untuk pencampuran yang optimal, biodiesel dapat diinjeksikan secara proporsional pada pipa sebelum masuk tangki penyimpanan;
- Dengan biaya investasi yang minimal diperoleh hasil yang mempunyai akuntabilitas akurat.

Sedangkan kerugian dari penggunaan teknologi ini adalah:

- Semua minyak solar di dalam tangki penyimpanan yang sudah dicampur dengan biodiesel tidak lagi bisa diekspor sebagai minyak solar
- Campuran bio-diesel dan solar dalam tangki harus disirkulasi atau diaduk untuk mempertahankan suspensi dan homogenitas bio-diesel.

Biaya investasi dari sistem pencampuran *splash batch* dengan kapasitas 1,5 juta gallon per bulan ditunjukkan pada Tabel 3 .

Tabel 3 Biaya Investasi Sistem Pencampuran Splash

Jumlah (Unit)	Jenis Alat	Biaya (US\$)
1	Tangki Penyimpanan kapasitas 30.000 galon	40.000
1	Heated dan Insulated	20.000
1	Fondasi	15.000
1	Mixer	7.500
1	Pemanas	7.500
1	Pompa Umpan Biodiesel (20 GPM P/D)	20.000
1	Flow meter (20 GPM) 4-20 mA Biodiesel	3.000
1	Flow meter Saluran Utama	5.000
1	Valve, Check valve	2.500
1	Konstruksi sipil, mekanis dan elektrik	45.000
	Total Biaya Investasi	165.500

Sumber: Iowa

### 3.2 Pencampuran Sekuensial (sebagian-sebagian) Pada Rak Pipa Pengisian

Sistem Pencampuran Sekuensial pada Rak Pipa Pengisian ini beroperasi dengan mencampur bio-diesel pada jalur pengisian bahan bakar ke sistem transportasi bahan bakar seperti truk. Debit dikendalikan dengan katup yang dikendalikan motor serta meter indikator. Pada peralatan untuk negara 4 musim dilengkapi dengan pemanas, dan pipa panas yang diisolasi yang memakan biaya yang cukup besar baik untuk investasi maupun operasi, tetapi di Indonesia sebagai negara tropis tidak diperlukan. Investasi alat set pemanas ini mencapai 15 % dari total nilai alat pencampur, sedangkan dalam biaya operasi akan memerlukan penyediaan listrik yang memakan biaya operasi cukup besar dalam biaya pencampuran.

Alat pencampur sekuensial pada rak pipa pengisian ini, ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2 Alat Pencampur Sekuensial

Tabel 3 Biaya Investasi Sistem Pencampuran Sekuensial Rak Pipa Pengisian

Jumlah (Unit)	Jenis Alat	Biaya (US\$)
1	Tangki Penyimpanan kapasitas 30.000	40.000
1	galon	20.000
1	Heated dan Insulated	15.000
1	Fondasi	7.500
1	Mixer	7.500
1	Pemanas	20.000
1	Pompa Umpan Biodiesel (20 GPM P/D)	3.000
1	Flow meter (20 GPM) 4-20 mA Biodiesel	5.000
1	Control valve	2.500
1	Valve, Check valve	45.000
1	Konstruksi sipil, mekanis dan listrik Sistem Otomasi	10.000
	Total Biaya Investasi	175.500

Sumber: Iowa

### 3.2 Pencampuran Sekuensial Pada Loading Arm Pengisian

Pencampuran sekuensial pada loading arm pengisian ini mempunyai keuntungan yaitu tidak terlalu banyak merubah sistem pengisian di terminal seperti depo. Bahan bakar minyak solar dicampur dengan bio-diesel tepat pada saat mau dimasukkan kedalam sistem transportasi bahan bakar seperti truk. Kerugian dari sistem ini adalah biaya operasi dan perawatan serta instalasi meningkat.

Biaya investasi sistem pencampuran sekuensial pada rak jalur pipa pengisian dengan kapasitas 1,5 juta galon per bulan ditunjukkan pada *Tabel 4*.

Tabel 4 Biaya Investasi Sistem Pencampuran Sekuensial Pada Loading Arm

Jumlah (Unit)	Jenis Alat	Biaya (US\$)
1	Tangki Penyimpanan kapasitas 30.000	40.000
1	galon	20.000
1	Heated dan Insulated	15.000
1	Fondasi	7.500
1	Mixer	7.500
1	Pemanas	10.000
1	Heated dan Insulated Pipa Rak 2"	9.000
1	Pompa Umpan Biodiesel (20 GPM P/D)	3.000
1	Flow meter (20 GPM) 4-20 mA Biodiesel	4.500
1	Control valve 4"	2.500
1	Valve, Check valve	55.000
1	Konstruksi sipil, mekanis dan listrik Sistem Otomasi	10.000
	Total Biaya Investasi	184.000

Sumber: Iowa

### 3.3 Pencampuran Injeksi Pada Rak Pipa

Bio-diesel dicampur sebagai bahan bakar aditif secara proporsional dengan bahan bakar minyak solar solar yang akan diisikan ke sistem transportasi dengan pencampuran injeksi pada rak pipa. Sebagian besar operator terminal pengisian mengenal dengan baik sistem aditif ini, sedangkan cara operasionilnyapun sangat sederhana.

Yang perlu diatur ialah distandarkan adalah alat yang secara otomatis mengatur harga dari campuran bio-diesel sesuai dengan konsentrasi campuran bio-diesel tersebut.

Biaya investasi pada kapasitas 1,5 juta galon per bulan bisa dilihat pada Tabel I 5.

Tabel 5 *Biaya Investasi Sistem Pencampuran Injeksi Aditif Pada Rak Pipa*

Jumlah (Unit)	Jenis Alat	Biaya (US\$)
1	Tangki Penyimpanan kapasitas 50.000	50.000
1	galon	12.000
1	Dual Pump/Motor skid w/ 8-10 GPM	15.000
1	Pumps	7.500
1	Fondasi dan Kontainer beton	7.500
1	Mixer	30.000
1	Pemanas	25.000
1	Instalasi Peralatan Tangki	8.000
1	Insulate	4.500
1	Injector, tubing, valves	10.000
	Instalasi peralatan injector termasuk listrik	
	Sistem Otomasi	
	Total Biaya Investasi	169.500

Sumber: Iowa

### 3.4 Pencampuran Pada Lokasi Industri

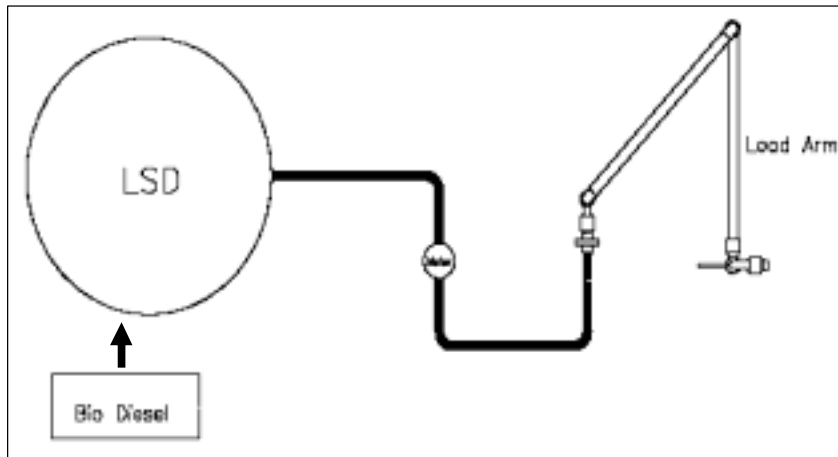
Sistem pencampuran pada Lokasi Industri ini mencampur biodiesel dengan minyak solar tanpa sistem otomasi dan pembatasan lainnya karena sifatnya yang mengarah ke pemakaian sendiri. Di lokasi industri pada umumnya biodiesel dicampur secara langsung, pada saat pengisian tangki solar. Misalnya bila ditetapkan menggunakan B20, maka dipindahkan 1600 liter Bio-diesel setelah atau sebelum tangki penyimpanan diisi oleh 1 truk tangki (8 KL). Investasi instalasi pencampuran bio-diesel di lokasi industri meliputi pekerjaan sipil, tangki penyimpanan, meter pengisian, pemanas dan pengaduk. Untuk Indonesia serta negara-negara tropis dimana temperatur udara luar sekitar berkisar antara 25° C sampai 34° C, dan jauh diatas pour point atau titik beku dari bio-diesel sehingga tidak diperlukan pemanas. Pemanas mungkin diperlukan untuk wilayah dengan temperatur udara dibawah 15° C. Biaya investasi sistem ini pada kapasitas 0,5 juta galon per bulan ditunjukkan pada Tabel 6, sedangkan konfigurasi sistem tersebut ditunjukkan pada Gambar 3. Konfigurasi sistem tersebut menunjukkan kesederhanaan sistem bila pencampuran dilaksanakan di lokasi industri.

Tabel 6 Biaya Investasi Sistem Pencampuran di Lokasi Industri (Jobber)

Jumlah (Unit)	Jenis Alat	Biaya (US\$)
1	Tangki Penyimpanan 10.000 galon dinding ganda	30.000
1	Meter Pengisian Biodiesel	25.000
1	Insulasi	10.000
1	Pemanas	7.500
1	Mixer	7.500
1	Penyangga beton Tangki	8.000
1	Peralatan dan Instalasi Tangki	20.000
	Total	108.000

Sumber: Iowa

Untuk wilayah di Indonesia pada umumnya tidak diperlukan pemanas karena temperatur udara yang cukup tinggi, mencapai diatas titik beku bio-diesel.



Gambar 3 Sistem Pencampuran Pada Lokasi Industri (Jobber)

### 3.5 Pencampuran di Stasiun Pengisian bahan Bakar Umum (SPBU)

Teknologi pencampuran yang terakhir adalah pencampuran bio-diesel secara langsung di SPBU. Sistem ini menambah bio-diesel secara otomatis dan proporsional ketika bahan bakar solar dimasukkan ke tangki penyimpanan yang ada di SPBU, pada saat yang sama juga menghitung biaya per liter yang harus dibayar konsumen sesuai dengan derajat pencampuran bio-diesel.

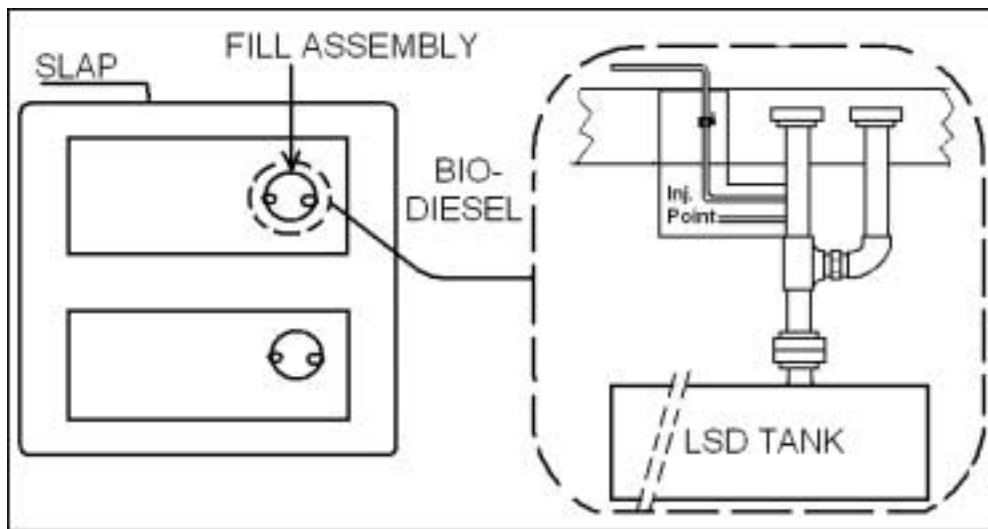
Di negara maju dimana konsumen dapat memilih konsentrasi campuran B1 – B20 maka diperlukan peralatan otomatis yang terintegrasi antara volume bio-diesel yang diinjeksikan dengan harga bahan bakar.

Sedangkan untuk komposisi Bio-diesel yang tetap bio-diesel diinjeksikan ke bahan bakar solar tanpa peralatan dengan sistem otomasi. Sudah banyak lokasi ritel (SPBU) yang menerapkan teknologi ini.. Biaya investasi pada kapasitas 0,5 juta galon per bulan dan konfigurasinya ditunjukkan pada Tabel 7 dan Gambar 4.

Tabel 1 Biaya Investasi Sistem Pencampuran di SPBU

Jumlah (Unit)	Jenis Alat	Biaya (US\$)
1	Tangki Penyimpanan 10.000 galon dinding ganda	30.000
1	Dual pump/motor skid	12.000
1	Injektor tiap tangki penyimpanan	5.000
1	Adapter, meter, valves tangki	4.500
1	Insulasi	4.000
1	Pemanas	7.500
1	Instalasi sistem keseluruhan	10.000
	Total	73.000

Sumber: Iowa



Gambar 4 Sistem pencampuran Biodiesel di SPBU (Lokasi Ritel)

#### 4. KESIMPULAN

1. Mengingat viskositas dan karakteristik bio-diesel tidak jauh berbeda dengan minyak solar, maka campuran bio-diesel dengan minyak solar dalam konsentrasi tertentu dapat dimanfaatkan sebagai bahan bakar kendaraan berbahan bakar minyak solar tanpa merusak atau memodifikasi mesin, dan dalam pengujian tenaga dan unjuk kerja mesin berbahan bakar minyak solar juga tidak berubah. Meskipun demikian agar konsumen memperoleh pasokan bahan bakar sesuai kualitas, spesifikasi bio-diesel yang akan dicampur atau dimanfaatkan harus disesuaikan dengan standar yang telah ditetapkan. Standar internasional untuk bio-diesel adalah ISO 14214, ASTM D 6751, DIN standar biodiesel yang digunakan di Jerman, dan RSNI 020557 untuk Indonesia .
2. Enam jenis teknologi pencampuran yang secara tekno-ekonomi layak untuk diterapkan dimana, empat dari ke-enam jenis teknologi tersebut, bisa diimplementasikan pada terminal pengisian bahan bakar besar atau kecil

yaitu Pencampuran *Splash* Pada Tanki Terminal, Pencampuran Sekuensial Pada Rak Pipa Pengisian, Pencampuran Sekuensial Pada Loading Arm Pengisian, dan Pencampuran Injeksi Pada Rak Pipa, kemudian 2 teknologi pencampur lainnya ialah, Pencampuran langsung pada Lokasi Industri, serta Pencampuran dengan injeksi di Stasiun Pengisian bahan Bakar Umum (SPBU).

3. Hal yang perlu diperhitungkan ialah pencampuran biodiesel dengan minyak solar juga memerlukan biaya yang cukup tinggi, terutama bila bio-diesel dicampur di terminal pengisian karena memerlukan ketelitian dan kontinuitas yang tinggi agar konsentrasi dan kualitas campuran tepat dengan yang diharapkan. Demikian juga untuk pencampuran di SPBU memerlukan sistem injeksi yang kontinyu dengan volume pencampuran yang tepat.

### DAFTAR PUSTAKA

1. BPPT. Kajian Lengkap Prospek Pemanfaatan Biodiesel Dan Bioethanol Pada Sektor Transportasi Di Indonesia. 2005.
2. Advanced Fuel Solutions, Inc., "Iowa Workshop: Expect More From Your Fuel", Iowa Soybean Association, <http://www.iasoybeans.com/checkoff/soy biodiesel.html>.
3. Wikipedia, "Biodiesel", <http://en.wikipedia.org/wiki/Biodiesel>.
4. T.H. Soerawidjaja, "Raw Material Aspects of Biodiesel Production in Indonesia", 8 Maret 2006, BPPT

