

PENGUNAAN BIODIESEL SEBAGAI BAHAN BAKAR ALTERNATIF

Oleh :

Ir. Bambang Tri Budiman^{*)}

ABSTRAK

Biodiesel adalah bahan bakar alternatif yang diformulasikan khusus untuk mesin diesel, yang terbuat dari minyak nabati (*bio-oil*). Proses pembuatan Biodiesel adalah proses transesterifikasi antara minyak nabati dengan metanol dan katalis pada suhu 70° C. Biodiesel memiliki kelebihan antara lain tidak diperlukan modifikasi mesin, memiliki *cetane number* tinggi, ramah lingkungan, memiliki daya pelumas yang tinggi, aman dan tidak beracun.

Pada perkembangan aplikasi pemakaian Biodiesel telah dilakukan oleh sebuah perusahaan swasta konsorsium Jepang yang telah memiliki ISO 14000. Biodiesel digunakan lebih dari 1 tahun yang *diblending* langsung pada kebutuhan bahan bakar solarnya per bulan dengan perbandingan B10% : 90% Solar. Selain memberi keuntungan pada emisi rendah sesuai dengan baku mutu di Jakarta, Biodiesel memberi keuntungan pada *maintenance* terhadap mesin kendaraan penunjang produksi selama 6 bulan antara lain adalah penggantian oli mesin biasanya 39 kali menjadi 33 kali, penggantian *filter oil* sebelumnya 34 kali menjadi 24 kali, *filter solar* sebelumnya 25 kali menjadi 18 kali, saringan udara sebelumnya 7 kali menjadi 3 kali dan selama menggunakan biodiesel *saving solar* 5,3%.

Pada tahun 2002 PT Energi Alternatif Indonesia sister company dengan PT SAWU Indonesia melakukan uji coba pemakaian Biodiesel pada 10 kendaraan umum (Kopaja/Metromini) di Jakarta. Ruang lingkup uji coba ini adalah pengukuran emisi sebelum dan selama menggunakan Biodiesel serta pengukuran kebisingan kendaraan sebelum dan sesudah menggunakan biodiesel.

^{*)} Direktur Utama PT SAWU Indonesia

PT SAWU Indonesia mendapat dukungan dari Start Up Capital Program Kementerian Riset dan Teknologi untuk pengembangan Biodiesel, yaitu pada proses pembuatan Biodiesel (Biodiesel Batch Mini Plant) dengan kapasitas 500 liter per hari. Pada proses pembuatan Biodiesel ini menggunakan bahan baku utama yaitu minyak sawit, namun tidak menutup bahan baku lainnya seperti minyak jarak dan sebagainya karena alat ini didesain dengan berbagai macam bahan baku. Lokasi pembangunan mini plant ini di Jakarta dengan luas lahan 1000 m². Sampai saat ini telah berjalan selama 3 bulan dan pembangunan telah mencapai 50%, diharapkan akhir tahun 2004 pembangunan telah selesai.

PENDAHULUAN

Berdasarkan data tahun 2001 tercatat kebutuhan/pemakaian minyak solar nasional sekitar 23 milyar liter. Sekitar 15,5 milyar liter dari kebutuhan tersebut dipenuhi oleh hasil kilang dalam negeri dan sisanya dipenuhi melalui impor. Walaupun produksi dari segi jumlah minyak mentah, Indonesia sanggup untuk memenuhi kebutuhan dalam negeri, impor minyak solar harus dilakukan karena kapasitas kilang minyak yang tersedia tidak mencukupi untuk memenuhi seluruh permintaan solar dalam negeri.

Di masa mendatang, kebutuhan akan minyak solar dipastikan terus meningkat seiring dengan pertumbuhan penduduk dan volume kegiatan ekonomi. Pada tahun 2006 kebutuhan minyak solar diperkirakan akan mencapai sekitar 30 milyar liter sehingga jika tidak ada peningkatan kapasitas kilang nasional maka impor minyak solar akan terus meningkat, yang notabene tentu saja tidak diinginkan. Upaya peningkatan kapasitas kilang bukanlah suatu hal yang gampang dilakukan dalam waktu yang relatif singkat karena kilang merupakan investasi yang bersifat *capital intensive* alias padat modal.

Di samping itu sebagaimana disampaikan dalam Kebijakan Umum Bidang Energi, pemenuhan kebutuhan energi dalam negeri perlu diarahkan sedemikian rupa menuju kepada diversifikasi sumber energi yaitu peningkatan *share* penggunaan energi non-minyak mengingat kenyataan bahwa ekspor minyak mentah masih merupakan salah satu andalan sumber pendapatan devisa negara.

Dengan latar belakang yang telah dikemukakan di atas dipandang perlu untuk segera mengupayakan pengembangan bahan bakar cair alternatif yang dapat berkontribusi pada pemenuhan akan kebutuhan minyak solar Indonesia. Salah satu jenis bahan bakar cair alternatif yang dipandang berpotensi besar untuk dikembangkan di Indonesia adalah biodiesel. Apabila upaya pemanfaatan dan pengembangan biodiesel tersebut dapat diwujudkan maka akan diperoleh sejumlah manfaat nasional di antaranya pengurangan beban impor minyak solar, jaminan ketersediaan bahan bakar, penyediaan lapangan kerja, dan berkontribusi pada perbaikan kualitas lingkungan karena biodiesel adalah sumber energi terbarukan dan beberapa emisinya dikenal lebih ramah lingkungan dibanding minyak solar.

Secara definisi biodiesel seperti yang banyak beredar di media, adalah bahan bakar cair yang diformulasikan untuk mesin diesel dan terbuat dari sumber daya hayati (*bio-oil*). Pada dasarnya biodiesel adalah senyawa ester metil/etil

dan asam-asam lemak yang dihasilkan dari reaksi antara minyak nabati dengan metanol/etanol. Minyak nabati sebagai sumber utama biodiesel dapat dipenuhi oleh berbagai macam jenis tumbuhan tergantung pada sumberdaya utama yang banyak terdapat di suatu tempat/negara. Sebagai contoh adalah minyak jagung, kanola, kelapa dan kelapa sawit yang kemudian menghasilkan produk dengan nama SME (*Soybean Methyl Ester*), RME (*Rapeseed Methyl Ester*), CME (*Coconut Methyl Ester*), dan POME (*Palm Oil Methyl Ester*).

Proses pembuatan Biodiesel adalah proses transesterifikasi antara minyak nabati dengan methanol dan katalis dengan suhu 70°C. Biodiesel memiliki kelebihan antara lain tidak diperlukan modifikasi mesin, memiliki *cetane number* tinggi, ramah lingkungan, memiliki daya pelumas yang tinggi, aman dan tidak beracun. Keunggulan dari biodiesel ini antara lain dapat melindungi mesin, meningkatkan efisiensi pembakaran, ramah lingkungan serta aman dan tidak beracun.

Mengingat tingkat urgensi dari pengembangan biodiesel yang dirasa telah mendesak dan tingkat kemampuan produksi minyak sawit nasional saat ini maupun masa mendatang yang cukup tinggi (sekitar 6,5 juta ton pada tahun 2000 meningkat menjadi 15 juta ton pada 2012) maka jenis biodiesel yang dipandang perlu untuk segera dikembangkan adalah biodiesel berbasis minyak sawit. Pilihan pada jenis biodiesel dari sawit ini selaras dengan upaya untuk meningkatkan nilai tambah produk hilir industri sawit dalam kaitannya denganantisipasi terhadap persaingan pasar sawit dunia yang diperkirakan akan makin ketat di masa mendatang.

TINJAUAN TEKNIS

1. Bahan Baku

Bahan bakar cair resmi (*approved*) yang diniagakan di Indonesia dewasa ini praktis hanya bahan bakar minyak (BBM) yang sesuai namanya, dibuat dari minyak bumi (*petroleum*); spiritus adalah kekecualiannya, tetapi ini pun sangat minimal. Adanya produksi dan peniagaan biodiesel di dalam negeri akan memperbesar basis (*pool*) penyediaan domestik bahan bakar cair, karena biodiesel tidak berasal dari minyak bumi, melainkan dari minyak-lemak nabati atau hewani. Perbesaran *pool* penyediaan ini akan bisa dibayangkan lebih tangguh lagi jika diingat bahwa negara kita sangat

kaya dengan potensi sumber nabati (tumbuhan) penghasil minyak-lemak, baik minyak lemak pangan (*edible fatty oil*) maupun non pangan (*non-edible fatty oil*), baik yang sudah dimanfaatkan secara komersial maupun belum:

- pangan: sawit, kelapa, kacang (*peanut*), kelor (*Moringa oleifera*), saga utan (*Adenantha pavonina*), kasumba/kembang pulu (*Carthamus tinctorius*), dll.
- non pangan: jarak pagar (*Jatropha curcas*), kapok, kemiri, nimba (*Azadirachta indica*), nyamplung (*Calophyllum inophyllum*), kesambi (*Schleichera oleosa*), randu alas (*Bombax malabaricum*), jarak gurita (*Jatropha multifida*), jarak landi (*Jatropha gossypifolia*), dan banyak lagi yang lain.

Sampai saat ini, berbagai negara sudah memproduksi dan menggunakan biodiesel secara komersial dengan memanfaatkan bahan mentah minyak nabati yang banyak tersedia di wilayahnya. Negara-negara seperti Jerman, Perancis dan Austria menggunakan biodiesel yang berbahan baku minyak-lemak dari tanaman kanola (*rapeseed*), yang tumbuh baik di daerah subtropis. Amerika Serikat (USA) bertumpu pada minyak kedelai (*soybean*), Spanyol pada minyak zaitun (*olive oil*), Italia pada minyak bunga matahari (*sunflower oil*), Mali dan Afrika Selatan pada minyak jarak pagar, Filipina pada minyak kelapa, Malaysia pada minyak sawit dan Indonesia menggunakan minyak jarak pagar; beberapa kota besar di negara maju juga memanfaatkan minyak jelantah (*used frying oil*).

Tabel 1. Tumbuhan Indonesia Penghasil Minyak – Lemak (Soerawidjaja, 2004)

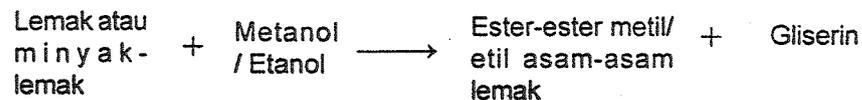
Nama	Nama Latin	Sumber	Kadar, %-b dry	P / NP
Jarak pagar	<i>Jatropha curcas</i>	Inti biji	40 – 60	NP
Sawit	<i>Elaeis guineensis</i>	Sabut + Dg buah	45-70 + 46-54	P
Kapok/randu	<i>Ceiba pentandra</i>	Biji	24 – 40	NP
Kelapa	<i>Cocos nucifera</i>	Daging buah	60 – 70	P
Kecipir	<i>Psophocarpus tetrag.</i>	Biji	15 – 20	P
Kelor	<i>Moringa oleifera</i>	Biji	30 – 49	P
Kusambi	<i>Sleichera trijuga</i>	Daging biji	55 – 70	NP
Nimba	<i>Azadirachta indica</i>	Daging biji	40 – 50	NP
Saga utan	<i>Adenantha pavonina</i>	Inti biji	14 – 28	P
Akar kepayang	<i>Hodgsonia macrocarpa</i>	Biji	≈ 65	P
Gatep pait	<i>Samadera indica</i>	Biji	≈ 35	NP
Kepoh	<i>Sterculia foetida</i>	Inti biji	45 – 55	NP
Ketiau	<i>Madhuca mottleyana</i>	Inti biji	50 – 57	P
Nyemplung	<i>Callophyllum inophyllum</i>	Inti biji	40 – 73	NP
Randu alas	<i>Bombax malabaricum</i>	Biji	18 – 26	NP
Seminai	<i>Madhuca utilis</i>	Inti biji	50 – 57	P
Siur (-siur)	<i>Xanthophyllum lanceatum</i>	Biji	35 – 40	P
Tengkawang tungkul	<i>Shorea stenoptera</i>	Inti biji	45 – 70	P
Tengk. terindak	<i>Isoptera borneensis</i>	Inti biji	45 – 70	P
Bidaro	<i>Ximenia americana</i>	Inti biji	49 – 61	NP
Bintaro	<i>Cerbera manghas/odollam</i>	Biji	43 – 64	NP
Bulangan	<i>Gmelina asiatica</i>	Biji	?	NP
Cerakin/Kroton	<i>Croton tiglium</i>	Inti biji	50 – 60	NP
Kampis	<i>Hemandia peltata</i>	Biji	?	NP
Kemiri cina	<i>Aleurites trisperma</i>	Inti biji	?	NP
Nagasari (gede)	<i>Mesua ferrea</i>	Biji	35 – 50	NP
Sirsak	<i>Annona muricata</i>	Inti biji	20 – 30	NP
Srikaya	<i>Annona squamosa</i>	Biji	15 – 20	NP

Keterangan :

P ≡ minyak/lemak Pangan (*edible fat/oil*)NP ≡ minyak/lemak Non-Pangan (*non edible fat/oil*).

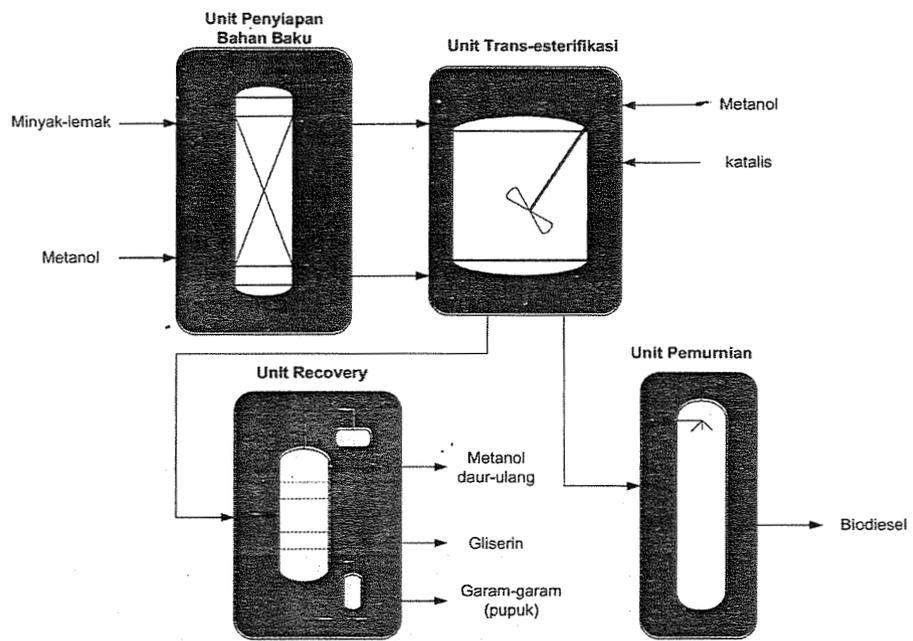
2. Proses Produksi

Sementara biodiesel dalam pengertian ilmiah yang setepat-tepatnya, berarti bahan bakar mesin diesel yang dibuat dari sembarang sumber daya hayati. Akan tetapi, dalam pengertian populer dewasa ini, yang dimaksud dengan biodiesel adalah bahan bakar mesin diesel yang terdiri dari ester-ester metil (atau etil) asam-asam lemak. Produk ini umumnya dibuat melalui reaksi metanolisis (atau etanolisis) minyak-lemak nabati atau hewani dengan alkohol (metanol atau etanol) ditambah katalis; produk samping reaksi ini adalah gliserin, suatu bahan kimia yang berpangsa-pasar besar.



Biodiesel dapat dimanfaatkan secara murni (*neaf*) ataupun dalam bentuk campuran (*blend*) dengan minyak solar, yang berasal dari minyak bumi, tanpa mengharuskan adanya modifikasi signifikan pada mesin kendaraan. Bentuknya yang cair dan kemampuan dicampurkan dengan solar pada segala perbandingan, merupakan salah satu keunggulan penting biodiesel: pemanfaatannya secara komersial tidak memerlukan infrastruktur penyediaan yang baru, karena dapat langsung menggunakan infrastruktur yang sudah ada untuk penyediaan minyak solar semacam stasiun pengisian, truk tangki, dispenser, dan lain-lain (Soerawidjaja & Tahar, 2003c).

Teknologi pembuatan biodiesel dari aneka minyak nabati praktis sama dan relatif sederhana, karena hanya melibatkan: (i) reaksi berbantuan katalis basa antara minyak nabati dengan alkohol berlebih; dan (ii) pemisahan produk samping gliserin serta sisa/kelebihan alkohol dari biodiesel produk. Tahap-tahap produksi ini tidak membutuhkan tingkat pengendalian operasi yang relatif ketat, sehingga cukup mudah dikembangkan serta dikuasai/diterapkan oleh tenaga-tenaga dalam negeri. Kondisi operasinya pun tak berat (temperatur <150°C, tekanan atmosferik, pH dan tingkat korosivitas bahan sangat moderat), sehingga barang-barang modal utama pabrik biodiesel akan dapat dibuat oleh bengkel-bengkel peralatan di dalam negeri. Operasi produksi juga bisa dilaksanakan secara partaian/*batch*; sampai kapasitas 10.000 m³/tahun, maupun sinambung/*continuous*; pada kapasitas produksi lebih besar (Soerawidjaja, 2003b). Gambar 1. memperlihatkan diagram blok pembuatan biodiesel.



Gambar 1. Diagram Blok Pembuatan Biodiesel

Tabel 2. menampilkan perbandingan karakteristik penting minyak nabati, biodiesel ester metil, dan solar sebagai bahan bakar. Data viskositas dan angka setana menunjukkan peran dan tujuan pengkonversian minyak-lemak ke ester metil (biodiesel): menaikkan angka setana dan menurunkan viskositas sehingga memenuhi persyaratan bahan bakar mesin diesel. Viskositas adalah faktor kelemahan pokok minyak nabati: nilainya yang jauh lebih besar dari viskositas solar menyulitkan pemompaan/pemasokan bahan bakar dari tangki ke ruang bakar mesin.

Titik tuang dan densitas (atau massa jenis) biodiesel umumnya praktis memenuhi persyaratan solar di Indonesia (yaitu yang disajikan dalam baris paling bawah dalam Tabel 3). Nilai kalor netto (LHV ° *Low Heating value*) biodiesel maupun minyak nabati memang lebih rendah dari solar (hanya 90%-nya), namun ini diimbangi dengan kemudahan keduanya untuk terbakar sempurna di dalam ruang bakar pada angka perbandingan udara: bahan bakar yang lebih rendah.

Tabel 2. Perbandingan sifat penting minyak nabati, biodiesel ester metil, dan solar sebagai bahan bakar

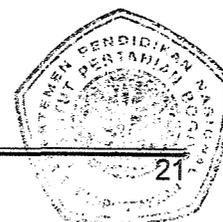
Minyak Nabati (MN)	Viskos (cSt)		Angka setana		Titik tuang (°C)		Dens (kg/l)		LHV (MJ/kg)	
	MN	Ester	MN	Ester	MN	Ester	MN	Ester	MN	Ester
Kanda	37,0	4,2	37,6	60	-31,7	<-20	0,911	0,882	39,7	37,2
Kedelai	32,6	4,5	37,9	45	-12,2	-7	0,914	0,885	39,5	37,1
Kelapa	-	2,7	-	63	≈25	-	0,930	0,872	37,3	35,3
Sawit	24,3	4,4	37	62	15	18	0,899	0,870	39,6	40,1
Jarak pagar	52	4,8	-	51	-	-	0,920	0,879	≈39,5	≈37
Solar (ADO)	1,6-5,8		≥45		≤18		0,82-0,87		45,3	

Proses perumusan standar biodiesel untuk Indonesia dilakukan dengan melakukan pekerjaan yang sesungguhnya saling terkait satu sama lain, yakni: (i) tinjauan (*review*) standar biodiesel yang telah dibangun di beberapa negara seperti: AS, Eropa, Jerman, Austria, Perancis, Italia, dan Swedia (Soerawidjaja, 2003); (ii) tinjauan (*review*) standar dan kecenderungan ke depan dari minyak solar, khususnya di Indonesia; (iii) tinjauan peta potensi tanaman lokal yang kemungkinan menjadi basis minyak nabati mentah (Soerawidjaja & Tahar, 2003); dan (iv) tinjauan dan evaluasi proses produksi biodiesel yang mengikutsertakan pertimbangan (*concern*) pada pengadaan barang modal lokal dan isu sustainability produksi;

Dalam sejarah perumusan standardisasi bahan bakar di Indonesia, metode uji yang diaplikasikan hampir seutuhnya mengacu pada hal-hal yang ditetapkan oleh institusi ASTM, sebuah institusi besar yang reputasinya sangat diakui di dunia. Namun, jika ditinjau lebih mendasar, tentu saja ada baiknya jika metode uji dan kebutuhan spesifikasi standar diurai satu-satu sehingga akan dihasilkan sebuah analisis yang argumentatif tentang kebutuhan akan metode uji, apakah harus menggunakan metode ASTM dengan konsekuensi peralatan yang canggih dan mahal atau mungkinkah cukup memanfaatkan metode yang sudah lazim dikenal dan nilai beli alat ujinya dapat dijangkau oleh finansial banyak laboratorium.

Tabel 3. Standar Tentatif Biodiesel Ester Metil Indonesia (FBI-S01-03)

Parameter dan satuannya	Batas nilai	Metode uji	Metode setara
Massa jenis pada 40 °C, mg/ml	0,850 – 0,890	ASTM D 1298	ISO 3675
Viskositas kinematik pd 40 °C, mm ² /s (cSt)	2,3 – 6,0	ASTM D 445	ISO 3104
Angka setana	min. 48	ASTM D 613	ISO 5165
Titik kilat (mangkok tertutup), °C	min. 100	ASTM D 93	ISO 2710
Titik awan/mendung, °C	maks. 18	ASTM D 2500	?
Korosi strip tembaga (3 jam pada 50 °C)	maks. no 3	ASTM D 130	?
Residu karbon (%-b)			
- dalam contoh asli	maks. 0,05	ASTM D 4530	ISO 10370
- dalam 10% ampas asli	(maks. 0,3)		
Air dan sedimen, %-vol	maks. 0,05	ASTM D2709	?
Temperatur distilasi 90%, °C	maks. 360	ASTM D1160	?
Abu tersulfatkan, %-b	maks. 0,02	ASTM D 974	ISO 3987
Belerang, ppm-b (mg/kg)	maks. 80	ASTM D 5453	?
Fosfor, ppm-b (mg/kg)	maks. 10	FBI-A05-03	AOCS Ca 12-55
Angka asam, mg-KOH/g	maks. 0,8	FBI-A01-03	ASTM D 974
Gliserol bebas, %-b	maks. 0,02	FBI-A02-03	AOCS Ca 14-56
Gliserol total, %-b	maks. 0,24	FBI-A02-03	AOCS Ca 14-56
Kadar ester alkil, %-b	min. 96,5	FBI-A03-03	-
Angka iodium, %-b (g- $\frac{1}{2}$ /100g)	maks. 115	FBI-A04-03	PrEN 14111
Uji Halphen	negatif	FBI-A06-03	AOCS Cb 1-25

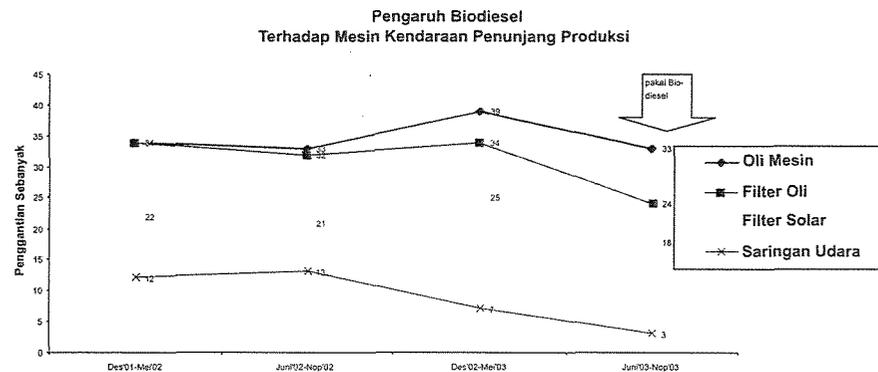


APLIKASI PEMAKAIAN BIODIESEL

1. Contoh Kasus pada Perusahaan Konsorsium Jepang

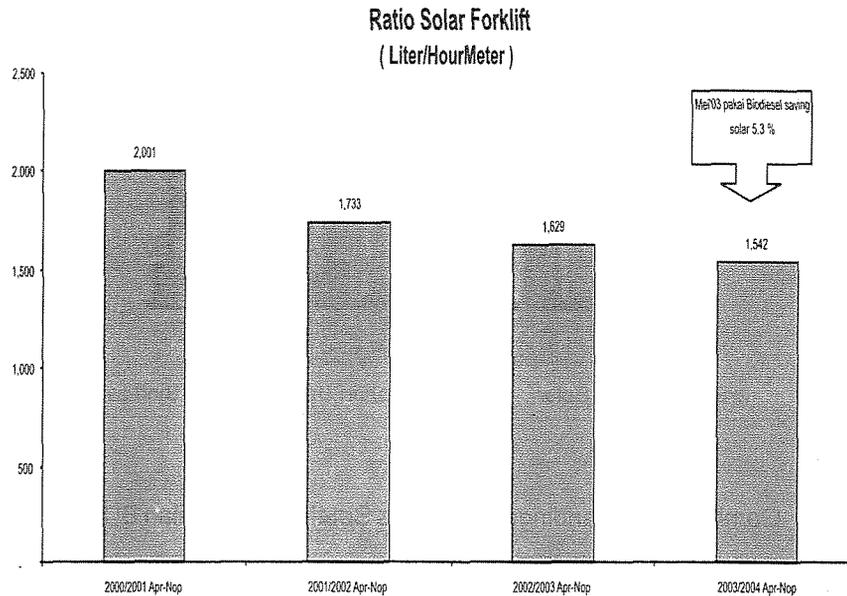
Pada perkembangan aplikasi pemakaian Biodiesel telah dilakukan oleh sebuah perusahaan swasta konsorsium Jepang yang telah memiliki ISO 14000. Biodiesel digunakan lebih dari 1 tahun yang *diblending* langsung pada kebutuhan bahan bakar solarnya per bulan dengan perbandingan B10% : 90% Solar. Selain memberi keuntungan pada emisi rendah sesuai dengan baku mutu di Jakarta, Biodiesel memberi keuntungan pada *maintenance* terhadap mesin kendaraan penunjang produksi selama 6 bulan antara lain adalah penggantian oli mesin biasanya 39 kali menjadi 33 kali, penggantian *filter oil* sebelumnya 34 kali menjadi 24 kali, *filter solar* sebelumnya 25 kali menjadi 18 kali, saringan udara sebelumnya 7 kali menjadi 3 kali dan selama menggunakan biodiesel *saving solar* 5,3%.

Pengaruh biodiesel terhadap mesin kendaraan penunjang produksi disajikan pada Gambar 2. sedangkan ratio solar forklift (liter/hour/meter) disajikan pada Gambar 3.



Gambar 2. Pengaruh Biodiesel Terhadap Mesin Kendaraan Penunjang Biodiesel

Sumber: Nabel, 2004

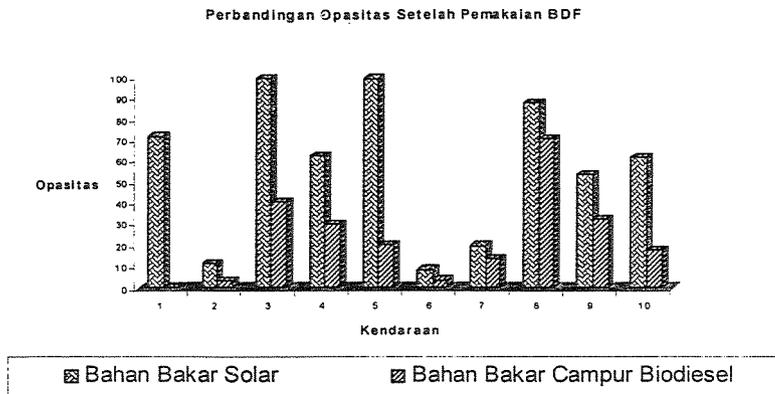


Gambar 3. Ratio Solar Forklift (liter/hour/meter)

Sumber : Nabel, 2004

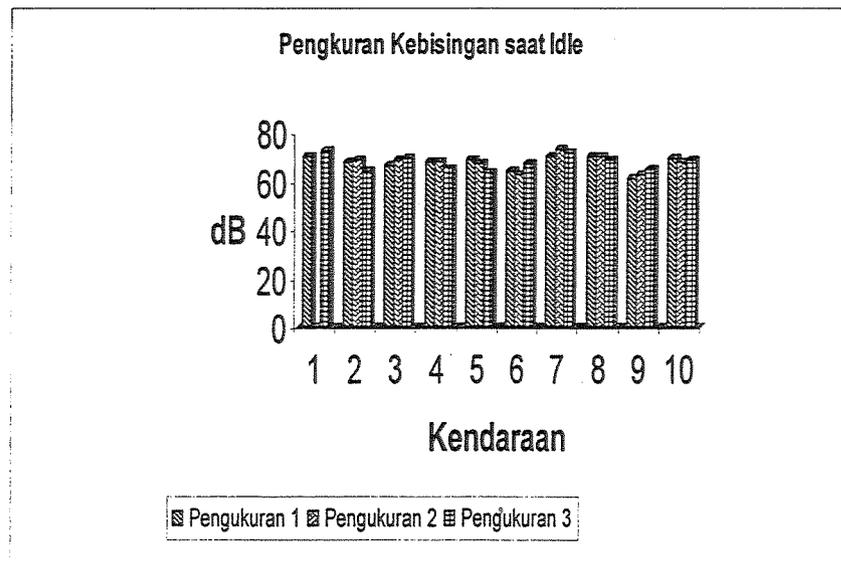
2. Uji Coba Pemakaian Biodiesel pada 10 Kendaraan Umum/ Bus di Jakarta

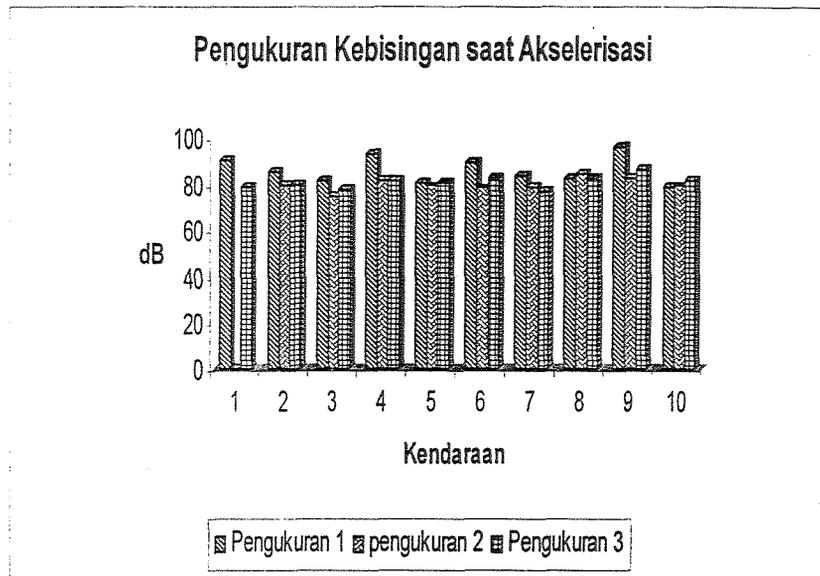
Pada tanggal 21-31 Agustus 2003 PT Energi Alternatif Indonesia sister company dengan PT SAWU Indonesia melakukan uji coba pemakaian Biodiesel pada 10 kendaraan umum (Kopaja/Metromini) di Jakarta. Ruang lingkup uji coba ini adalah test opasitas sebelum dan sesudah pemakaian Biodiesel serta pengukuran/test kebisingan kendaraan sebelum dan sesudah menggunakan biodiesel. Biodiesel yang diujicobakan merupakan campuran biodiesel tipe B10. Gambar 4. memperlihatkan perbandingan opasitas setelah pemakaian BDF sedangkan Gambar 5 memperlihatkan hasil pengukuran kebisingan.



Gambar 4. Perbandingan Opasitas Setelah Pemakaian BDF

HASIL PENGUKURAN KEBISINGAN



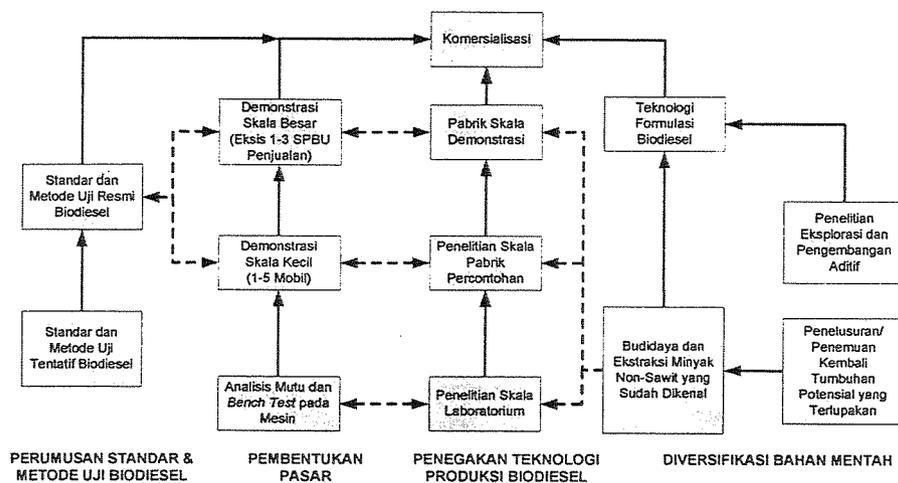


Gambar 5. Hasil Pengukuran Kebisingan

Gambar 4 menunjukkan bahwa pemakaian bahan bakar yang dicampur dengan biodiesel mempunyai nilai opasitas yang lebih rendah dibandingkan dengan bahan bakar solar. Hasil pengukuran kebisingan (Gambar 5.) terhadap 10 kendaraan di Jakarta pada saat idle mempunyai nilai rata-rata sekitar 70-75 dB, sedangkan hasil pengukuran saat akselerasi lebih tinggi dibandingkan saat idle yaitu rata-rata sekitar 78-95 dB.

PT SAWU Indonesia mendapat dukungan dari Start Up Capital Program Kementerian Riset dan Teknologi untuk pengembangan Biodiesel, yaitu pada proses pembuatan Biodiesel (Biodiesel Batch Mini Plant) dengan kapasitas 500 liter per hari. Pada proses pembuatan Biodiesel ini menggunakan bahan baku utama yaitu minyak sawit, namun tidak menutup bahan baku lainnya seperti minyak jarak dan sebagainya karena alat ini didesain dengan berbagai macam bahan baku. Lokasi pembangunan mini plant ini di Jakarta dengan luas lahan 1000 m². Sampai saat ini telah berjalan selama 3 bulan dan pembangunan telah mencapai 50%, diharapkan akhir tahun 2004 pembangunan telah selesai.

Dalam rangka komersialisasi produk biodiesel ini diperlukan suatu rujukan atau acuan. Acuan yang digunakan dapat berupa Roadmap komersialisasi biodiesel. Roadmap komersialisasi biodiesel di Indonesia disajikan pada Gambar 6 berikut.



Gambar 6. Roadmap Komersialisasi Biodiesel di Indonesia (Tatang . S. Ka FBI)

DAFTAR PUSTAKA

- Soerawidjaja, Tatang H., (2003a), Biodiesel: Mengapa Mesti Menjadi Bagian dari Liquid Fuel Mix Indonesia, *Materi Presentasi di Komisi VIII DPR RI*, Jakarta, 6 Februari 2003.
- Soerawidjaja, Tatang H., (2003b), Biodiesel dari Minyak-Lemak Nabati: Implikasi-Implikasi Lingkungan, Teknologi, dan Ekonomi, disampaikan pada *International Seminar on Appropriate Technology for Biomass Derived Fuel Production*, Yogyakarta, 1-3 Oktober 2003.
- Soerawidjaja, Tatang H., dan Adrisman Tahar, (2003a), Bagaimana Cara Menambal Kurangnya Solar, *Majalah Listrik-Energi*, Edisi Maret dan April, Tahun V.
- Soerawidjaja, Tatang H., dan Adrisman Tahar (2003b), Ulasan Pengembangan Biodiesel Sebagai Bahan Bakar Terbarukan Bebas Belerang Yang Berpotensi Menjadi Komponen *Blending* Pereduksi Emisi Minyak Solar, disampaikan pada *Lokakarya 'Penyempumaan PP No.41-44 Menyambut Era Globalisasi dan Perdagangan Bebas'*, Jakarta, 16 Juli 2003.
- Soerawidjaja, Tatang H., dan Adrisman Tahar, (2003c), Hubungan Antara Komposisi Minyak Nabati Bahan Mentah dengan Kualitas Bahan Bakar Biodiesel, *Prosiding Seminar Rekayasa dan Proses Kimia 2003*, UNDIP, Semarang, 23-24 Juli 2003.
- Soerawidjaja, Tatang H., dan Adrisman Tahar, (2003d), Pengembangan Industri Berbasis Sumberdaya Hayati di Indonesia: Kasus Biodiesel dan Bioetanol, disampaikan pada *Seminar Nasional Bidang Ilmu Hayati "Pengelolaan dan Pemanfaatan Keanekaragaman Hayati dalam Kerangka Pembangunan Berkelanjutan"*, IPB, Bogor, 4 September 2003.
- Soerawidjaja, Tatang H., Adrisman Tahar, Iman K. Reksowardojo, dan Tirta Prakoso, (2003), Tantangan-Tantangan terhadap Pengembangan Biodiesel di Indonesia dan Alur Tentatif Penyisihannya, disampaikan pada *Diskusi Terbatas 'Upaya Perumusan Kebijakan Nasional Pengembangan Biodiesel di Indonesia'*, Bandung, 15 Agustus 2003.