Energi Terbarukan

LAPORAN PENELITIAN UNGGULAN STRATEGIS NASIONAL

MILIK
PERPUSTAKAAN
UNIVERSITAS AIRLANGGA
SURABAYA

PENINGKATAN KADAR METIL ESTER ASAM LEMAK DALAM BIOSOLAR UNTUK MENGURANGI KETERGANTUNGAN PADA MINYAK BUMI

Oleh:
Faidur Rochman
H.J. Mukono
Philip Kristanto

UNIVERSITAS AIRLANGGA

Nopember

Tahun 2009

Energi Terbarukan

LAPORAN PENELITIAN UNGGULAN STRATEGIS NASIONAL

lcle
lcloC
LP. 46/10
ROC
P

MILIK
PERPUSTAKAAN
UNIVERSITAS AIRLANGGA
SURABAYA

PENINGKATAN KADAR METIL ESTER ASAM LEMAK DALAM BIOSOLAR UNTUK MENGURANGI KETERGANTUNGAN PADA MINYAK BUMI

Oleh:
Faidur Rochman
H.J. Mukono
Philip Kristanto

UNIVERSITAS AIRLANGGA

Nopember

Tahun 2009

Halaman Pengesahan

1. **Judul Penelitian: Peningkatan Kadar Metilester Minyak Nabati dalam BIOSOLAR Untuk Mengurangi Ketergantungan pada Minyak Bumi**

2. **Ketua Peneliti:**
   a. Nama Lengkap : Drs. Faidur Rochman, M.S.
   b. Jenis Kelamin : Laki-laki
   c. NIP : 131 406 061
   d. Jabatan Struktural : —
   e. Jabatan Fungsional : Lektor Kepala
   f. Bidang keahlian : Kimia Fisik/Kimia Permukaan
   g. Fakultas/Jurusan : Sains dan Teknologi/Kimia
   h. Perguruan Tinggi : Universitas Airlangga

   i. Tim Peneliti

No	Nama dan Gelar Akademik	Bidang Keahlian	Fakultas/Jurusan	Perguruan Tinggi
1	Drs. Faidur Rochman, MS.	Kimia Fisik/Kimia Permukaan	Fsains & Teknologi /Kimia	Unair
2	Prof. Dr. H.J. Mukono,M.PH	Keselamatan Kerja	FKM /Kesehatan Lingkungan	Unair
3	Ir. Philip Kristanto	Otomotif	FTI/Teknik Mesin	Unika Petra

3. Pendanaan dan jangka waktu penelitian
   a. Jangka waktu penelitian yang diusulkan: 1 (satu) tahun
   b. Biaya total yang diusulkan : Rp 82.500.000,-
   c. Biaya total yang disetujui : Rp 80.000.000,-

Surabaya, 20 Oktober 2009

Mengetahui:
Dekan Fakultas Saintek
Universitas Airlangga

Drs. Salamun, M.Kes
NIP. 131 696 506

Kepala Peneliti

Drs. Faidur Rochman, M.S
NIP. 131 406 061

Disetujui oleh :
Ketua Lembaga Penelitian dan Pengabdian Kepada Masyarakat
Universitas Airlangga,

Prof. Dr. Bambang Sektiari L., DEA.,drh.
NIP. 131 837 004

III. KONTRIBUSI TERHADAP PEMBANGUNAN

Kehadiran biosolar dengan kadar FAME yang tinggi dapat mengatasi krisis energi fosil yang tak terbarukan dengan mendiversifikasi menggunakan minyak nabati (terbarukan).

Penambahan kerosin ke dalam formulasi biosolar selain FAME, dapat mengatasi turunnya titik nyala dari biosolar tersebut. Di samping itu, kerosin yang telah ditarik dari pasaran oleh pemerintah, menyebabkan menumpuknya fraksi kerosin tersebut dari kilang minyak bumi. Dengan demikian penelitian ini dapat mensolusi dua hal yaitu:

1). Meningkatkan kadar FAME dalam Biosolar

2). Mensolusi pemasaran minyak tanah (kerosin) yang sudah ditarik dari pasaran oleh pemerintah

IV. MANFAAT BAGI INSTITUSI

Penelitian ini dapat meningkatkan aktivitas penelitian di perguruan tinggi, yang dapat melibatkan mahasiswa dalam menyelesaikan skripsinya maupun bagi Tridarma perguruan tinggi bagi staf pengajar. Juga adanya ***link-link*** riset dengan institusi lain di luar Unair.

V. PUBLIKASI ILMIAH

Hasil penelitian ini telah dipublikasih ke dalam Jurnal Kimia Lingkungan (ISSN: 1411-1543) seperti tertera pada daftar di bawah ini:

Faidur R., Mukono, H.J. dan Philip K., 2009. **EFEK *BLENDING* KEROSIN DAN METILESTER ASAM LEMAK PADA MINYAK SOLAR TERHADAP SIFAT-SIFAT BIOSOLAR, *J. Kimia Lingkungan*, Vol. 11, 51-61**

PENINGKATAN KADAR METILESTER MINYAK NABATI DALAM BIOSOLAR UNTUK MENGURANGI KETERGANTUNGAN PADA MINYAK BUMI#

Oleh:
Faidur Rochman[1], H.J. Mukono[2] dan Philip Kristanto[3]

1) Departemen Kimia Fak. Sains dan Teknologi Unair
2) Departemen Kesehatan Lingkungan, Fak. Kesehatan Masyarakat Unair
3) Jurusan Teknik Mesin FTI Unika Petra

I. PERMASALAHAN DAN TUJUAN PENELITIAN

Pertamina sebagai produsen tunggal biosolar di Indonesia, hanya mampu menghasilkan biosolar dengan kadar FAME (Fatty Acid Methyl Ester) 5%. Hal ini masih belum menyelesaikan masalah krisis energi secara signifikan. Upaya peningkatan komposisi BIOSOLAR yang dengan kadar metilester minyak nabati yang cukup besar (~ 50%), akan mengurangi ketergantungan minyak fosil yang tak terbarukan, dapat didiversifikasi dengan minyak nabati yang terbarukan secara lebih signifikan.

II. INOVASI IPTEK

Biofuel yang popular dengan nama Bahan Bakar Nabati (BBN) adalah bahan bakar berbasis tanaman yang tergolong dalam bahan bakar terbarukan serta ramah lingkungan. Minyak nabati, terkandung deret homolog asam lemak yang bervariasi. Panjang rantai hidrokarbon dalam asam lemak tersebut juga mempengaruhi titik nyala dari BBN. Makin panjang ranrai hidrokarbon, makin tinggi titik nyalanya. Dengan melakukan frkasinasi metilester asam lemak hasil transesterifikasi, dapat dipisahkan fraksi asam lemak rantai panjang dan rantai pendek. Pengunaan metilester minyak nabati dengan kandung asam lemak ranti pendek, akan menurunkan titik nyala dari BBN. Dengan demikian sangat dimungkinkan prosentase metilester dalam BBN dapat ditingkatkan lebih besar dari 5%.

Untuk mencapai maksud tersebut dibuat 4 (empat) buah formulasi biosolar, kemudian masing-masing formulasi diuji (1) bilangan setana, (2) titik nyala , (3) viskositas kinematik dan (4) masa jenis. Dari keempat formulasi dipilih komposisi FAME tertinggi tetapi masih masuk dalam spesifikasi biosolar standar menurut SNI 04-7182-2006.

#) Penelitian Ini dibiayai melalui Hibah Penelitian Unggulan Strategis Nasional tahun anggaran 2010

PRAKATA

Puji syukur kehadirat Allah SWT yang telah memberi kemampuan kepada hamba-Nya untuk dapat menyelesaikan peneltitian berjudul: **"Peningkatan kadar metal ester asam lemak dalam biosolar untuk mengurangi ketergantungan pada minyak bumi"**, secara tepat waktu dan biaya.

Disamping itu ucapan terima kasih juga kami sampaikan kepada:

1. Dirjen Dikti melalui program Riset Strategis Nasional tahun 2009 yang telah mempercayakan kami untuk menggunakan dana bagi peneltian tersebut,
2. Rektor Unair , yang telah disetujui sebagai salah satu peneliti untuk menerima dana bagi penelitian tersebut,
3. Ketua Lembaga Peneltian dan Pengabdian Kepada Masyarakat yang telah menunjuk kami dalam melaksanakan program Riset Stratiegis Nasional tahun anggaran 2009,
4. Teman-teman sejawat di departemen Kimia Fsaintek Unair, yang membantu secara langsung maupun tidak langsung dalam menyelesaikan penelitian ini

Semoga hasil peneltian ini dapat bermanfaat dalam dunia akademik maupun pengembangan riset biosolar di Indonesia.

Surabaya, 12 Nopember 2009

Peneliti,

(Faidur Rochman)

MILIK
PERPUSTAKAAN
UNIVERSITAS AIRLANGGA
SURABAYA

DAFTAR ISI

DAFTAR TABEL

DAFTAR GAMBAR

BLENDING EFFECT OF KEROSEN AND FATTY ACID METHYL ESTER WITH SOLAR-48 OIL ON BIOSOLAR PROPERTIES

Faidur Rochman[1] , H.J. Mukono[2] and Philip Kristanto[3]

1) Chemistry department of Sciences and Technology Faculty of Airlangga University

2) Environmental health department of Public Helath Faculty of Airlangga University

3) Engine Technology department of Industrial Technique Faculty of Petra University

ABSTARCT

In the biodiesel research investigation, Pertamina has been done with low FAME (Fatty Acid Methyl Ester), i.e. 5% (v/v). This value is too low for blending of fossil oil that diverting with nonfossil oil.

To increasing FAME concentration, it has been developed with two alternatives, (1) solar-48 oil modification. The modification was done by blending of solar-48 oil with kerosene oil. (2) FAME modification. This modification was done with fractional distillation of CPO transesterification product. FAME of lighter fraction used for blend with solar-48 oil or kerosene oil, so that founding biosolar with height FAME concentration.

There were four biosolar formulation: (1) Biosolar-I; solar-48 oil was blended with kerosene, (2) Biosolar-II; solar-48 oil + kerosene (1:1, v/v) was blended with FAME, (3) Biosolar-III; kerosene was blended with FAME, (4) Biosolar-IV; solar-48 oil + kerosene (1:1, v/v) was blended with light fraction of FAME.

To distinguish of the best formulation, sample was tested with (a) fire point (D 93), (b) Kinematic viscosity (D 445), (c) specific gravity (40^0C), and (d) Cetan Number (D 613). The formulation has been chosen, when biosolar with higher FAME concentration but having data as well as standard biosolar.

Keywords: biofuel, FAME , transesterification

BAB I
PENDAHULUAN

MILIK
PERPUSTAKAAN
UNIVERSITAS AIRLANGGA
SURABAYA

Dalam mengatasi krisis minyak bumi, pemenrintah telah membuat Kebijakan Energi Nasional 2003-2020 yaitu, rencana penggunaan energy baru dan terbarukan sebesar 5% dari total pemakaian energy. Biofuel sendiri mendapat porsi 2% (Raharja & Rika, 2005). Biofuel yang dikenal dengan nama BBN (Bahan Bakar Nabati), macamnya banyak. Diantaranya biodiesel (biosolar), bioetanol dan biobutanol.

Biosolar baru mulai digalakkan tahun 2005. Padahal Negara lain, seperti Amerika, biodiesel sudah digunakan sejak tahun 1998 (Schenpf, 2005). Biosolar B5 yang diproduksi Pertamina mengandung 5% metilester minyak nabati dengan 95% minyak solar. Produk ini pada tahun 2006 mulai dipasarkan di Jakarta dengan konsumsi 600 kiloliter per hari.(Kompas, 2006). Pemasaran biosolar di 441 SPBU di Jakarta, Bali dan Surabaya sampai tahun 2008 ini rata-rata mencapai 80.600 kiloliter per bulan (Tempo, 2008)

Jika kadar metilester dalam BIOSOLAR hanya 5%, maka tak akan memberi perubahan yang siknifikan bagi keberadaan BBM terbarukan. Ambil perbandingan dengan bioalkohol, yang mengandung etanol 80%, sedangkan bensin premiumnya hanya 20%. Persoalannya ialah, jika kadar metilester dalam BIOSOLAR lebih besar dari 5%, maka bahan tersebut tidak masuk spesifikasi BIOSOLAR yang ditetapkan pemerintah (tidak layak dikonsumsi sebagai bahan bakar penggnati minyak solar).

Upaya untuk itu harus mengubah bahan baku minyak nabati mapun diversifikasi minyak solarnya sendiri. Dengan demikian upaya untuk meningkatkan kadar metilester dari 5% menjadi BIOSOLAR dengan komposisi yang lebih tinggi, sangat mungkin untuk dicapai.

BAB II
STUDI PUSTAKA

2.1 *Biofuel*

Bahan bakar dari tanaman hijau dikenal dengan nama ***biofuel***. Bahan ini sebenarnya adalah energy kimia yang tersimpan pada tanaman dalam bentuk minyak, karbohidrat, selulose, protein dan sebagainya (Briggs, 2004). Energi kimia ini adalah hasil transformasi energy surya melalui proses fotosintesis. Energi kimia tersebut dapat dikonversikan kedalam energy siap pakai lewat mekanisme berbagai proses kimia dan biokimia tertentu. Proses tersebut diantaranya adalah ekstraksi minyak, transesterifikasi, hidrolisis secara enzimatis, fermentasi dan sebagainya.

Makin mudah proses transformasi energy, makin mudah pula energy kimia dikonversi menjadi energy siap pakai. Sebagai contoh yaitu algamikro (*microalgae*), sebagai tumbuhan lumut bersel satu, dapat mengkonversi energy surya jauh lebih efisien dibanding tanaman tingkat tinggi (*terrestrial*). Fenomena ini bisa terjadi karena struktur selularnya sangat sederhana. Selain itu selnya dapat tumbuh dalam suspensi air, sehingga mudah kontak dengan air, CO_2 dan nutrient lain. Oleh karena itu algamikro ini dapat menghasilkan minyak nabati 30 kali lebih banyak dibanding tanaman tinggi seperti jarak dan sawit (NN, 2004).

Biofuel ciar sebagai bahan bakar hujau sangat ini getol digalakkan pemerintah Indonesia sebagai bahan bakar untuk transportasi maupun mesin industry. Bahan tersebut utamanya adalah ester asam lemak untuk biodiesel (biosolar) dan bioetanol untuk biogasolin (biopremium). Keduanya tergolong bahan energy terbarukan serta ramah lingkungan.

Bahan baku untuk bioetanol adalah etanol hasil destruksi enzimatis dari tanaman. Dengan demikian, bioetanol tersebut menjadi sumber energy yang tak mudah habis, karena mudah dibudidaya secara horticultural. Kehadiran bahan bakar hijau tersebut mendukung program langit biru yang mampu mengurangi pemanasan global akibat efek rumah kaca (mengurangi emisi gas CO^2 di atmosfer).

2.2 Esterifikasi Minyak Nabati

BIOSOLAR dapat disintesis melalui proses transesterifikasi minyak nabati dengan alcohol (Kompas, 2006). Minyak nabati dapat dipergunakan dalam proses tersebut ada banyak. Diantaranya dari bunga matahari, kedelai, biji kapok, kanola, sawit, jarak, *rapseed*, dan

agarmakro. Bahan yang terakhir adalah tumbuhan bersel tunggal yang dapat menghasilkan minyak setiap hektarnya antara 40.000 hingga 120.000 liter per tahun (Rahardi, 2006).

Bahan alkohol yang dipergunakan untuk transesterifikasi adalah alkohol alifatis monhidrat baik alkohol primer maupun sekunder, dengan jumlah atom karbon 1 sd 8. Dari homolog alkohol tersebut, yang paling banyak dipakai adalah metanol dan etanol (Fangrui and Hanna, 1999). Metanol masih menjadi primadona, karena harganya relatif lebih murah dibanding etanol. Disamping itu, titik nyalanya lebih rendah dan lebih polar dibanding etanol. Metanol mudah melarutkan katalis NaOH dan reaksinya dengan trigliserida dari minyak nabati berlangsung lebih cepat dibanding etanol. Kelebihan lain dari metilester disbanding etilester minyak nabati adalah, metilester lebih sedikit menghasilkan jelaga pada system injektornya.

Dalam reaksi esterifikasi, dapat digunakan katalis basa dari NaOH maupun KOH. Reaksinya berjalan secara konsekutif (bertahap) dan berlangsung secara reversible (dapat balik). Tahapan reaksinya adalah trigliserida dikonversi secara bertahap menjadi digliserida, monogliserida dan terakhir menjadi gliserol, seperti reaksi berikut ini,

$$\text{Trigliserida} + CH_3OH \longleftrightarrow \text{Digliserida} + CH_3COOR_1$$
$$\text{Digliserida} + CH_3OH \longleftrightarrow \text{Monogliserida} + CH_3COOR_2$$
$$\text{Monogliserida} + CH_3OH \longleftrightarrow \text{Gliserol} + CH_3COOR_3$$

Agar reaksi berjalan ke kanan, maka penambahan alkohol harus berlebihan. Beberapa penelitian menyebutkan bahwa suhu tidak banyak mempengaruhi reaksi transesterifikasi , sehingga suhu kamar saja reaksi sudah berjalan cukup bagus(Korus et al., 1998). Penggunaan katalis NaOH lebih disukai dibanding KOH, karena gliserol yang dihasilkan lebih mudah untuk dipisahkan.

Kuantitas basa yang dipergunakan dalam reaksi transesterifikasi tergantung pada jenis trigliseridanya. Trigliserida yang dipakai harus memiliki bilangan asam (acid value) dibawah 1. Jika bilangan asam lebih dari 1, diperlukan basa yang lebih banyak untuk proses netralisasi asam lemak bebasnya. Namun, penggunaan katalis basa secara berlebihan harus dihindarkan agar tidak terbentuk sabun. Umumnya diperlukan kuantitias katalis basa sebesar 0,5% (w/w) (Suharno, 2006).

Reaksi transesterifikasi harus bebas air, karena akan memicu terbentuknya sabun. Kehadiran sabun menyebabkan hasil reaksi menjadi lebih kental karena terbentuk gel. Akibatnya gliserol menjadi sulit dipisahkan. Reaksi penyabunan tersebut, seperti tertera pada persamaan di bawah ini,

$$RCOOCH_3 + H_2O \longleftrightarrow RCOOH + CH_3OH$$

Ester asam lemak asam lemak

$$RCOOH + NaOH \rightarrow RCOONa + H_2O$$

Sabun

Minyak nabati yang dipergunakan sebagai bahan dasar transesterifikasi harus jernih dan bebas air. Dua hal tersebut dapat menurunkan randemen reaksi esterifikasi. Penghilang kekeruhan dapat dilakukan dengan penyaringan, sedangkan untuk menghilangkan kadar air ialah dengan melewatkannya kedalam kolom berisi zeolit atau kalsium oksida.

Proses pemisahan hasil reaksi dan pencucian ester asam lemak harus dilakukan dengan benar. Metilester asam lemak adalah fraksi ringan yang berada di atas gliserol. Kedua fraksi masih mengandung sisa methanol dan katalis basa. Setelah keduanya dipisahkan, maing-masing dicuci dengan air secara perlahan, agar tidak terbentuk emulsi yang dapat mengurangi randemen dari metilester. Oleh karena itu teknik pencucian dapat dilakukan sebagai berikut: agitasi, pengadukan atau aerasi, atau kombinasi pengadukan dn aerasi. Sisa methanol yang ada dapat dilakukan rekoveri lewat destilasi.

2.3 Spesifikasi BIOSOLAR

Setiap Negara umumnya telah memiliki spesifikasi standar untuk masing-masing bahan bakar, termasuk di dalamnya biodiesel (BIOSOLAR). Untuk jenis biodiesel, Amerika memiliki spesifikasi standar **ASTM D6751**, seperti terlihat pada **Tabel 1** (Canakoi and Ozezzen, 2005), sedangkan Uni Eropa dengan **EN 1421:2002(E)**. Adapun di Indonesia dengan **SNI 04-7182-2006 (Tabel 2)**. Spesifikasi standar untuk biodiesel dari Indonesia, hampir mirip dengan standar ASTM D6751.

Parameter utama spesifikasi standar untuk biodiesel adalah angka setana. Makin panjang rantai hidrokarbon yang membentuk metilester, makin tinggi angka setana-nya. Makin banyak jumlah ikatan tidak jenuh, makin turun bilangan setana-nya, tetapi makin tidak stabil. Ketidak stabilan dikarenakan terbentuk hiperoksida yang dapat memicu terbentuknya gum, sebagai hasil polimerisasi senyawa ester. Untuk mengatasinya, diberi antioksidan alami seperti *tocopherol*. (Suhardono, 2006).

Tabel 1. Standar untuk Biodisel menurut ASTM D6751

Parameter fisika-Kimia	Metode ASTM	Limit/Batas	Satuan
Titik Nyala	D 93	Min. 130.0	^{0}C
Air & Sedimen	D2709	Maks. 0,050	% volume
Viskositas Kinematik	D445	1,9 – 6,0	Mm^2/s
Abu Sulfat	D874	Maks. 0,020	% berat
Sulfur	D5453	Maks. 0.050	% berat
Korosi *copper strip*	D130	Maks. No. 3	-
Bilangan Setana	D613	Min. 47	-
Titik Keruh	D2500	Sesuai pelanggan	^{0}C
Residu Karbon	D4530	Maks. 0,050	% berat
Bilangan Asam	D664	Maks. 0,80	Mg KOH/g
Gliserin Bebas	D6584	Maks. 0,020	% berat
Total Gliserin	D6584	Maks. 0,240	% berat
Kandungan fosfor	D4951	Maks. 0,001	% berat
Suhu destilasi	D1160	Maks. 360	^{0}C

Tabel 2. Standar untuk Biodisel menurut SNI 04-7182-2006

Parameter fisika-Kimia	Metode ASTM	Limit/Batas	Satuan
Masa Jenis pada 40^{0}C		850 - 890	Kg/m^3
Titik Nyala (mangkok tertutup)	D 93	Min. 100.0	^{0}C
Titik Kabut		Maks. 18	^{0}C
Air & Sedimen	D2709	Maks. 0,050	% volume
Viskositas Kinematik	D445	1,9 – 6,0	Mm^2/s
Abu Sulfat	D874	Maks. 0,020	% berat
Sulfur	D5453	Maks. 100	ppm
Korosi lempeng tembaga	D130 (3 jam, t 50^{0}C)	Maks. No. 3	-
Bilangan Setana	D613	Min. 47	-
Titik Keruh	D2500	Sesuai pelanggan	^{0}C
Residu Karbon			
- Dalam contoh asli, atau	D4530	Maks. 0,050	% berat
- Dalam 10% ampas destilat		Maks. 0,030	% berat
Bilangan Asam	D664	Maks. 0,80	mg KOH/g
Gliserin Bebas	D6584	Maks. 0,020	% berat
Total Gliserin	D6584	Maks. 0,240	% berat
Kandungan fosfor	D4951	Maks. 10	ppm
Kadar ester alkali		Min. 96,5	% berat
Angka Iodium		Maks 115	g I_2/100 g
Suhu destilasi	D1160	Maks. 360	^{0}C
Uji Halphen		negatif	

Untuk mendapatkan bahan bakar disel yang memenuhi standar SNI 04-7182-2006, perlu dipilih minyak nabati dengan jumlah rantai hidrokarbon dan ikatan rangkap yang ideal. Jumlah

rantai hidrokarbon ideal adalah C16 – C18, sedangkan jumlah ikatan rangkap ideal adalah 2 - 3 buah. Pada **Tabel 3** tertera beberapa sumber minyak nabati beserta panjang rantai hidrokarbon dan jumlah ikatan rangkapnya.

Tabel 3. Komposisi asam lemak dalam beberapa minyak nabati

Minyak Nabati	Komposisi as. lemak (% berat) dengan jumlah HK & ik. rangkap						
	16:0	16:1	18:0	18:1	18:2	18:3	Yg lain
Kapok	28,7	0,0	0,9	13,0	57,4	0,0	0,0
Rapeseed	3,5	0,0	0,9	64,1	22,3	8,2	0,0
Bunga Matahari	6,4	0,1	2,9	17,7	72,9	0,0	0,0
Sawit	42,6	0,3	4,4	40,5	10,1	0,2	1,1
Jarak	1,1	0,0	1,3	3,1	4,7	0,3	89,5*)
Kedelai	13,9	0,3	2,1	23,2	56,2	4,3	0,0
Kelapa	9,7	0,1	3,0	6,9	2,2	0,0	65,7#)

Catatan:

(1) 16:1 artinya panjang ratai hidrokarbon 16 dengan satu ikatan rangkap
(2) Minyak jarak mengandung asam risinoleat sekitar 89,5%
(3) Minyak kelapa mengandung asam laurat sekitar 50% & palmitat sekitar 10,5%

Untuk produksi transesterifikasi minyak nabati, Amerika menggunakan minyak kedelai, Eropa memilih rapseed. Indonesia potensi terbesar adalah minyak sawit, karena produksinya melimpah. Meskipun demikian, pemerintah Indonesia sempat beberapa tahun terakhir gencar membudidayakan tanaman jarak. Oleh karena tanaman jarak merusak struktur tanah, maka proyek tersebut sekarang sudah ditinggalkan. Dengan minyak sawit dapat diambil frkasi ringan yaitu dengan rnatai hidrokarbon berjumlah 16 dengan komposisi sebesar 42,6 %.

2.4 Hasil Yang Sudah Dicapai

Telah dilakukan destilasi fraksional metilester minyak kelapa, hasilnya adalah (1) diperoleh fraksi-fraksi metilester asam lemak yang dapat terpisahkan dari 8 komponen menjadi 3 komponen per fraksi destilat, (2) pada suhu destilasi 275^{0}C, 61% volume metilester minyak kelapa terdestilir (Faidur, 2003). Disamping itu, serbuk batu bata dengan ukuran 20 -50 mesh, dapat dipakai sebagai pengisi kolom fraksinasi dengan nilai HETP yang cukup bagus (Faidur, 2003)

Untuk pencampuran bensin premium dengan kerosin, telah dilakukan penelitian sebagai berikut: (1) Efek kerosin dalam bensin premium terhadap emisi gas CO kendaraan bermotor, hasilnya adalah adanya peningkatan emisi gas CO (Faidur, 1997). (2) Survai kadar kerosin dalam bensin yang dijual di SPBU se Kodya Surabaya, menunjukkan bahwa 80% SPBU menjual bensin yang mengnadung kerosin rata-rata adalah 3% (Faidur, 1997), (3) Kadar kerosin dalam

bensin premium dapat dianalisis menggunakan kromatografi gas (Faidur, 1998) (4) Telah dikembangkan kit Uji Kemurnian Bensin untuk mengukur kadar kerosin dalam bensin, yang mampu mendeteksi kadar kerosin 0,2% (v/v) (Faidur, 2003).

Untuk pencampuran minyak solar dengan kerosin, telah dilakukan peneltian sebagai berikut: (1) Telah dilakukan survai pengoplosan kerosin ke dalam minyak solar yang dijual di SPBU se Kodya Surabaya. Hasilnya menunjukkan bahwa 86% SPBU menjual minyak solar dengan kadar kerosin rata-rata sebesar 6% (Faidur, 2005), (2) Telah dikembangkan kit Uji Kemurnian Minyak Solar untuk mengukur kadar kerosin dalam solar, yang mapu mendeteksi kadar kerosin 0,3% (Faidur, 2006).

Uji emisi gas buang kendaraan bermotor telah dilakukan dalam hubungannya dengan peranana zeolit sebagai *catalytic converter*, menunjukkan bahwa katalis zeolit yang dipasang di pangkal knalpot mampu mengurangi emisi gas CO sebesar 32% (Philip dan Wahyudi, 2008).

BAB III
TUJUAN DAN MANFAAT PENELITIAN

3.1 Tujuan Penelitian

Minyak bumi dalam bebera dasawarsa telah menjadi sumber energy utama di Indonesia. Namun konsumsi BBM yang meningkat terus sekitar 5-6% pertahun, tidak diimbangi dengan peningktan produksi BBM. Lebih dari itu, pada beberapa tahun terakhir ini, produksi Pertamina cenderung turun secara drastis (Kurtubi, 2005).

Pada tahun 2002 produksi minyak mentah maupun kondensat Indonesia masih sekitar 1,22 - 1,32 juta barel per hari. Pada tahun 2004 turun menjadi 1,13 juta barel per hari. Di bulan September 2005, produksi Indonesia tinggal 1,04 – 1,07 juta barel perhari. Hal ini disebabkan sumur-sumur minyak di Indonesia 85% sudah tergolong tua (Syarifuddin M., 2006). Data terakhir menunjukkan bahwa produksi migas Indonesia telah berada di bawah 1 juta barel per hari (DP, 2007)

Kondisi seperti ini akan menguras devisa Negara, karena harus diibangi dengan impot BBM dari Negara lain dalam jumlah yang tidak sedikit. Di sisi lain pasokan minyak CPO dalam negeri cukup berlebihan, sehingga alternatif penggunaan BBN dengan bahan dasar CPO adalah peluang yang cukup menjanjikan.

Biofuel yang popular dengan nama Bahan Bakar Nabati (BBN) adalah bahan bakar berbasis tanaman yang tergolong dalam bahan bakar terbarukan serta ramah lingkungan. Biofuel jenis bioetanol, biosolar dan biobutanol masuk dalam kelompok BBN generasi baru (http://www.dayligest.com). Jenis BBN ini memiliki titik nyala yang lebih rendah (tidak mudah menguap) dibanding minyak fosil, sehingga lebih aman untuk disimpan maupun dalam pengiriman (Saifudin & Chua, 2004). Disamping itu, biofuel umumnya tidak mengandung sulfur maupun PAH (polisiklik aromatic hidrokarbon). Kalaupun ada, kadarnya sangat rendah, sehingga aman bagi lingkungan. Kelebihan BBN lainnya adalah, emisi gas CO dan partikel padat ke udara lebih sedikit jumlahnya dibanding minyak fosil (Suharno, 2006).

Minyak nabati, terkandung deret homolog asam lemak yang bervariasi. Panjang rantai hidrokarbon dalam asam lemak tersebut juga mempengaruhi titik nyala dari BBN. Makin panjang ranrai hidrokarbon, makin tinggi titik nyalanya. Dengan melakukan frkasinasi metilester asam lemak hasil transesterifikasi, dapat dipisahkan fraksi asam

lemak rantai panjang dan rantai pendek. Pengunaan metilester minyak nabati dengan kandung asam lemak ranti pendek, akan menurunkan titik nyala dari BBN. Dengan demikian sangat dimungkinkan prosentase metilester dalam BBN dapat ditingkatkan lebih besar dari 5%.

BBM jenis solar dan kerosin adalah fraksi minyak bumi yang sama-sama mengandung deret homolog hidrokarbon rantai panjang. Namun bedanya, pada solar rantai hidrokarbonnya lebih panjang dibanding pada kerosin. Dengan demikian, kerosin memiliki titik nyala lebih rendah dibanding solar. Menurut Subarjo (1986), kadar kerosin 16,7% dalam minyak solar masih aman untuk dipakai sebagai bahan bakar kendaraan bermotor. Disamping menurunkan titik nyala, pencampuran kerosin dalam solar, menyebabkan turunnya kandungan sulfur, viskositas dan kerapatan jenis (Jainudin S., 2007). Dengan mencampur kerosin ke dalam minyak solar dalam komposisi yang aman, maka dimungkinkan campuran tersebut mampu dijadikan bahan baku untuk membuat BBN dengan kadar metilester minyak nabati yang lebih tinggi.

3.2 Manfaat Penelitian

Jika riset ini berhasil mendapatkan komposisi BIOSOLAR yang dengan kadar metilester minyak nabati yang cukup besar (~ 50%), maka ketergantungan minyak fosil yang tak terbarukan, dapat didiversifikasi dengan minyak nabati yang terbarukan secara lebih signifikan.

BAB IV
METODE PENELITIAN

MILIK
PERPUSTAKAAN
UNIVERSITAS AIRLANGGA
SURABAYA

3.1. Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini direncanakan dapat diselesaikan dalam waktu 6 bulan, mulai bulan Maret 2009 sd. Nopember 2009. Seluruh rangkaian kegiatan penelitian diharapkan dapat dilakukan di (i) Laboratorium Kimia Fisik Departemen Kimia Fakultas Sains dan Teknologi Unair, (ii) Laboratoium Proses, Teknik Kimia FTI ITS, dan (iii) Laboratorium otomotif Teknik Mesin FTI Unika Petra Surabaya.

3.2 Rancangan Riset

Rancangan riset yang dilakukan termasuk **eksperimen murni.** Metode ini dipilih karena sintesis transesterifikasi minyak sawit (CPO) dan pemotongan rantai metilester asam lemak secara oksidatif, serta fraksinasi dengan destilasi fraksional dilakukandi laboratorium, serta analisis spesifikasi BIOSOLAR serta uji emisi gas buang juga dilakukan di laboratorium.

Rancangan riset dilakukan secara ***cross sectional***, hal ini dipilih dengan pengertian bahwa data yang diambil dari eksperimen langsung dapat menjawab permasalahan, serta data yang diperoleh akan dibutuhkan untuk menjawab rumusan permasalahan berikutnya.

3.3 Sampel dan Sampling

a. Bahan baku minyak sawit (CPO) disampling dari empat pasar yang mewakili pasar Kodya Surabaya yaitu Pasar Wonokromo, Pasar Pucang, Pasar Pabean dan Pasar Turi
b. Bahan baku untuk sampel minyak solar dan kerosin didapat dari Depo Pertamina Unit Pemasaran V, Jl. Perak Barat, Surabaya.
c. Sampel yang dianalisis adalah hasil pencampuran minyak solar dengan ester asam lemak metilester minyak sawit dengan perbandingan tertentu, serta pencampuran dengan kerosin dalam komposisi/kadar yang aman sebagi BIOSOLAR

3.4 Bahan dan Alat

a. Bahan

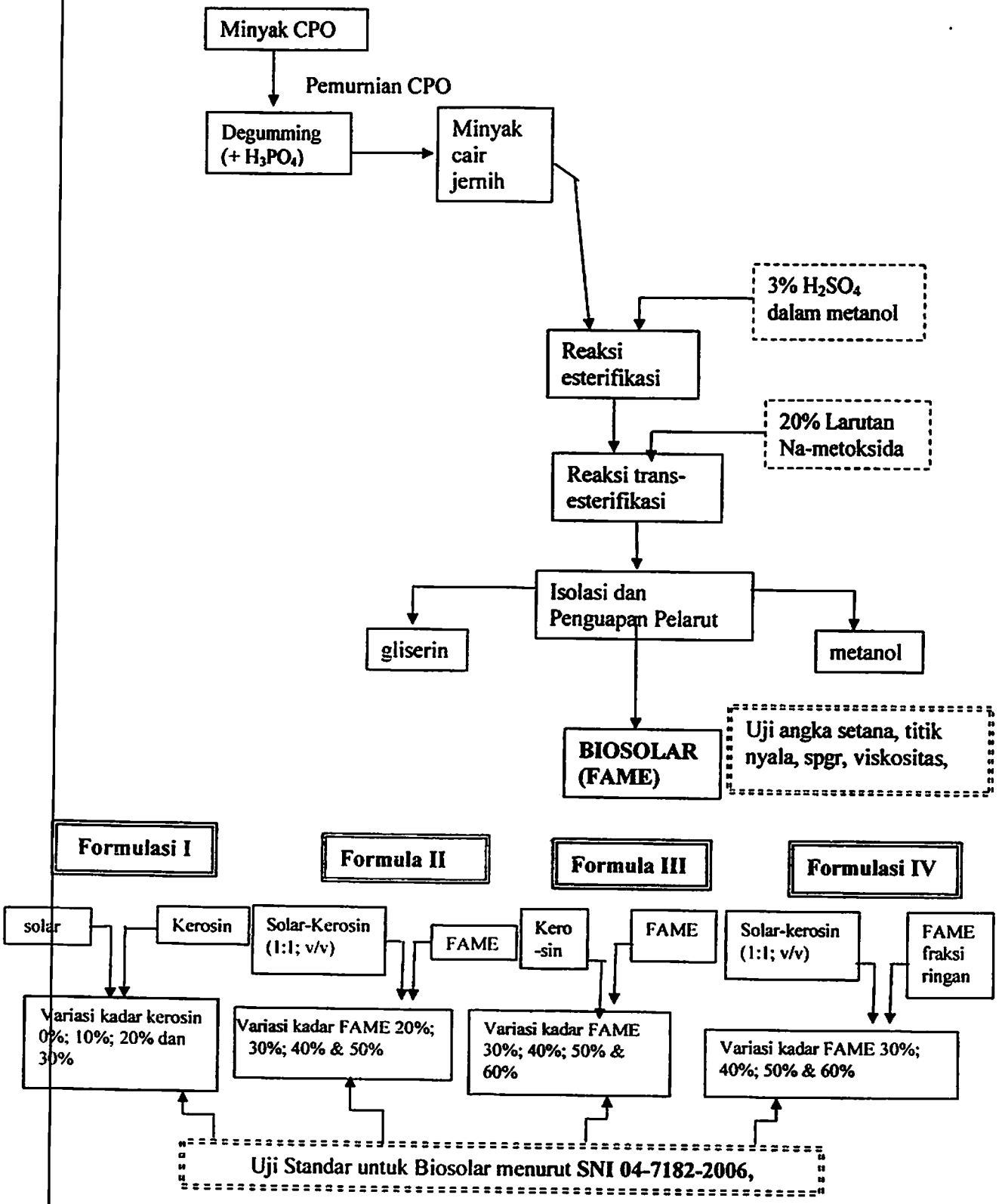
   Metanol pa., NaOH pa., asam laurat pa., asam palmitat pa., asam stearat pa., asam oleat pa., asam linoleat pa., asam linolenat pa., minyak CPO, minyak solar, kerosin

b. Alat

   Destilasi fraksional, destilasi biasa, penyaring fakum, neraca analitik, Saibolt viscosimeter, picnometer, areometer, pemanas listrik, turbidimeter, spektrofotometer, pHmeter, Tecnotest *exhaust gas analyzer*, *water brake dynamo-meter*

3.5 Prosedur Penelitian

a. Diagram Alir Penelitian



b. Tahapan Penelitian

1) Pemurnian CPO

Minyak CPO hasil sampling empat pasar di Kodya Surabaya, ditambah Na_2HPO_4, lalu diinapkan semalam dan didekanter CPO yang berada di atas (warna lebih bening dibandingi CPO kasar) . Filtrat hasil proses degumming dipakai untuk proses transesterifikasi

2) Pemurnian methanol teknis

Pemurnian metanol teknis dilakukan secara dehidrasi, yaitu methanol didestilasi dengan ditambah ke dalamnya padatan CaO 5% (b/v). Destilatnya berupa methanol dengan kadar ~ 99%.

3) Proses esterifikasi

Sebanyak 550 ml larutan methanol asam dicampurkan ke dalam minyak, lalu dilakukan refluks selama 1 jam. Hasil refluks dilanjutkan dengan proses transesterifikasi

4) Proses transesterifikasi

a. Dalam keadaan masih panas, sambil dilakukan pengadukan dengan pengaduk magnetic, larutan natrium metoksida dialirkan dari corong pisah secara bertetes-tetes.

b. Penambahan larutan metoksida dihentikan setelah 400 ml larutan tersebut habis diteteskan.

c. Proses refluks dihentikan setelah berlangsung 1 jam. Pekerjaan ini dilakukan sebanyak 10 kali untuk memenuhi volume yang dibutuhkan untuk uji hasil.

5) Pemisahan hasil transesterifikasi

Hasil reaksi transesterifikasi terbentuk 2 fasa, yaitu fasa metilester asam lemak yang berada di atas, dan fasa gliserol yang ada di bawah. Pemisahan dilakukan dengan corong pisah, dan fasa metilester dicuci dengan akuades untuk menghilangkan kelebihan metoksidanya.

6) Destilasi Fraksional hasil

Hasil transesterifikasi metilester asam lemak didestilasi faksional pada suhu 200^0C, destilatnya adalah metilester asam lemak fraksi ringan.

7) BIOSOLAR Formulasi I

Minyak solar dari Pertamina di-BLEND dengan kerosin dengan kadar kerosin 10%; 20%; dan 30% (v/v). Kemudian diuji: (a) angka setana, (b) rapat jenis (spgr), (c.) titik nyala, (d) viskositas kinematik (e) emisi gas buang (CO, HK dan NO_x).

Formulasi campuran minyak solar tipikal dengan kandungan kerosin tertinggi, namun masih memenuhi standar BIOSOLAR menurut **SNI 04-7182-2006**, adalah yang dipilih sebagai Minyak Solar Modifikasi, ditetapkan sebagai **BIOSOLAR FORMULASI I**

8) BIOSOLAR Formulasi II

Minyak solar dioplos (*blending*) dengan minyak tanah (kerosin) dengan perbandingan 1:1 (v/v). Hasil pengoplosan dicampur dengan metilester asam lemak dengan kadar metilester 30%; 40% dan 50% (v/v). Kemudian diuji: (a) angka setana, (b) rapat jenis (spgr), (c.) titik nyala, (d) viskositas kinematik (e) emisi gas buang (CO, HK dan NO_x). Formulasi campuran minyak solar-kerosin dan kadar metilester tertinggi, namun masih memenuhi standar BIOSOLAR menurut **SNI 04-7182-2006**, ditetapkan sebagai **BIOSOLAR FORMULASI II**

9) BIOSOLAR Formulasi III

Metilester asam lemak fraksi ringan di-BLEND ke dalam minyak tanah (kerosin) dengan kadar metilester 30%; 40%; 50% dan 60% (v/v). Campuran tersebut diuji beberapa parameter yaitu: (a) angka setana, (b) rapat jenis (spgr), (c.) titik nyala, (d) viskositas kinematik. Formulasi BIOSOLAR yang dipilih adalah campuran metilester asam lemak dengan minyak tanah dengan kandungan metilester tertinggi, namun masih memenuhi standar BIOSOLAR menurut **SNI 04-7182-2006**, ditetapkan sebagai **BIOSOLAR Formulasi III.**

10) BIOSOLAR Formulasi IV

Biosolar Formulasi IV adalah biosolar-II dimana metilester asam lemak yang ada diganti dengan metilester asam lemak fraksi ringan. Uji yang dilakukan sama dengan yang ada pada biosolar formulasi III, yaitu (1) titik nyala, (2) viskositas kinematik (3) bilangan setana dan (4) masa jenis 40^0C.

BAB V

HASIL DAN PEMBAHASAN

5.1 Pemurnian CPO

CPO hasil sampling warnanya kuning-kecoklatan, setelah dilakukan pemurnian dengan penambahan H_3PO_4 berubah menjadi kekuningan. Disamping itu terjadi penurunan viskositas kinematik minyak dari 29,4 cSt menjadi 18,7 cSt.

5.2 Pemurnian methanol teknis

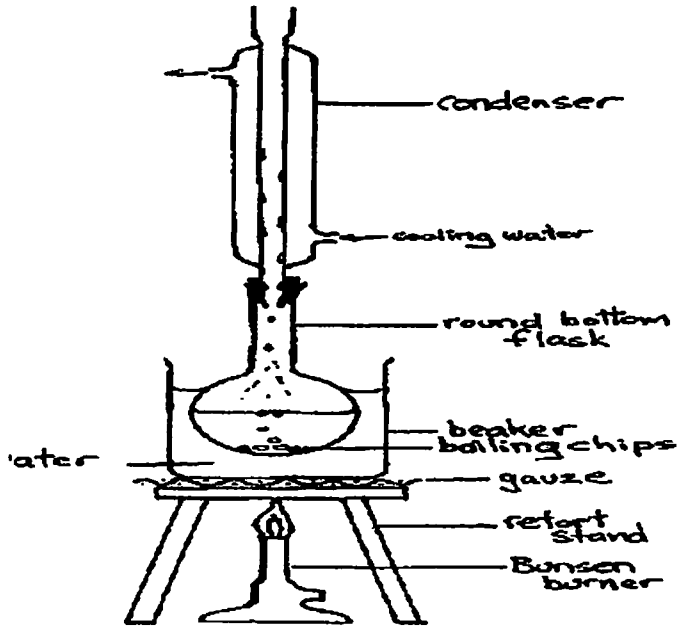
Metanol teknis didestilasi dalam labu godog 1000 ml yang berisi CaO padat 5% (b/v). CaO akan mengikat air menjadi $Ca(OH)_2$, seperti reaksi berikut

$$CaO + H_2O \rightarrow Ca(OH)_2$$

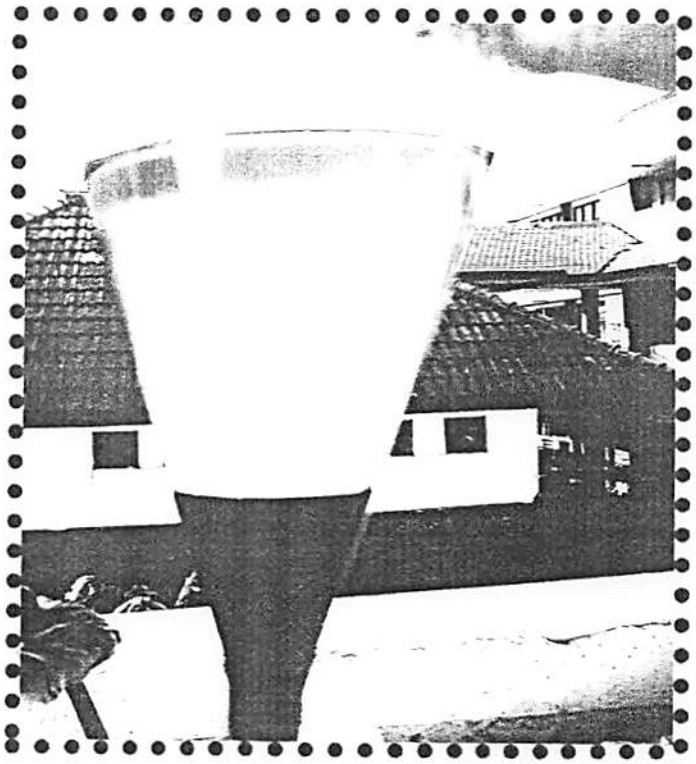
Destilat yang menetes adalah methanol pa (>99%).

5.3 Proses Esterifikasi

Setelah minyak nabati direaksikan dengan asam sulfat dalam methanol dan direfluks selama 1 jam (lihat **Gambar 1.**). Hasilnya adalah terbentuk dua lapisan, di mana lapisan atas adalah ester asam lemak dan lapisan bawah adalah gliserol yang mengandung kelebihan asam sulfat (**Gambar 2**).



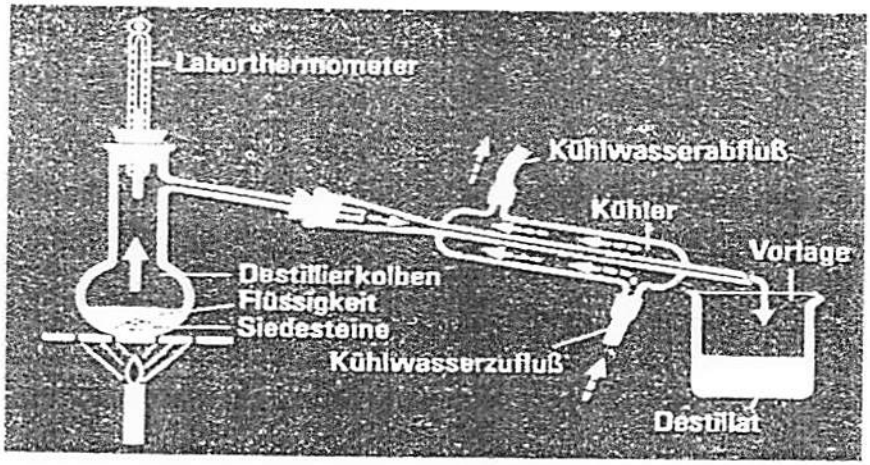
Gambar 1. Proses esterifikasi minyak CPO dengan asam sulfat dalam methanol



Gambar 2. Pemisahan metilester minyak nabati kasar dari gliserol.

5.4 Proses transesterifikasi

Setelah penambahan natrium metanolat pada campuran hasil esterifikasi dan dilanjutkan dengan refluks selama 1 jam, maka terbentuk metilester asam lemak yang berada di lapisan atas. Kedua lapisan dipisahkan dengan corong pisah, dimana lapisan bawah adalah gliserol dan lapisan atas adalah metilester asam lemak. Lapisan atas masih mengandung methanol, dan untuk memisahkannya dilakukan proses destilasi (Gambar 3).



Gambar 3. Destilasi metilester minyak nabati kasar untuk menghilangkan methanol

5.5 Uji BIOSOLAR Formulasi I

Pencampuran antara minyak solar dengan kerosin terjadi secara homogen, karena sama-sama bersifat sangat nonpolar. Hasil uji Biosolar formulasi I adalah sebagai berikut:

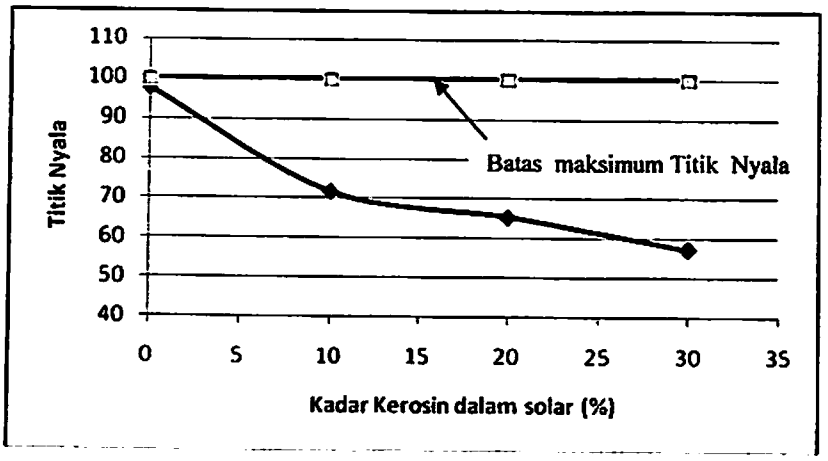
a. Uji Titik Nyala

Titik nyala biosolar minimal adalah 100^{0}C, sedangkan penambahan kerosin pada solar-48 dapat menurunkan titik nyala seperti ditunjukkan dalam **table 3.**

Tabel 4. Pengaruh kandungan kerosin dalam solar-48 terhadap titik nyala

Nomor sampel	Titik Nyala solar-48 yang mengandung kerosin (^{0}C)			
	0 %	10 %	20%	30%
X_1	96,0	72,0	65,0	58,0
X_2	98,0	71,0	64,0	57,0
X_3	98,0	72,0	67,0	57,0
<X>	97,7	71,7	65,3	57,3

Dari **Tabel 4**, jika dibuat grafik terlihat bahwa penambahan kerosin dapat menurunkan titik nyala. Makin rendah titik nyala, makin mudah dalam proses pembakarannya. Dengan demikian variasi kadar kerosin dalam solar memiliki titik nyala yangmemenuhi standar biodiesel. **(Gambar 4)**



Gambar 4. Garfik hubungan kadar kerosin dalam solar terhadap titik nyala

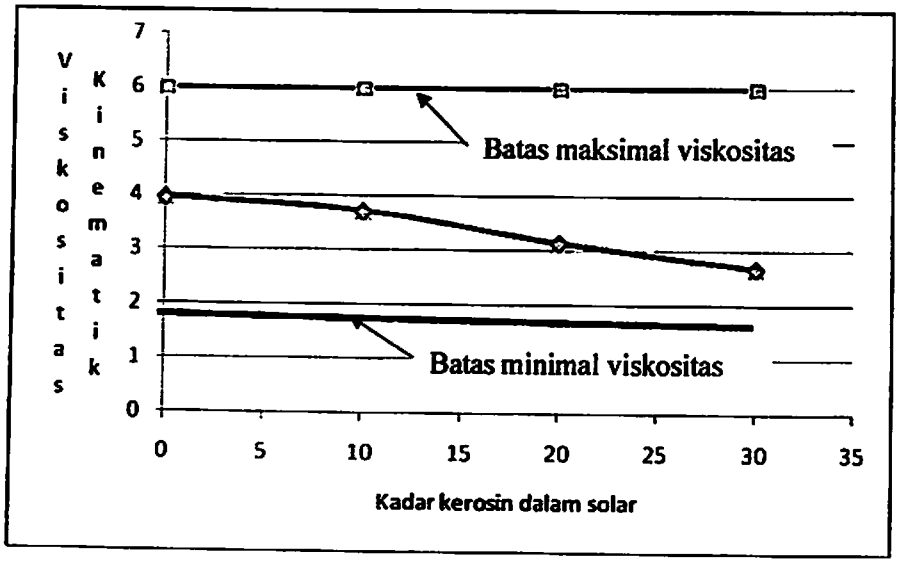
b. Uji Viskositas Kinematik

Viskositas kinematik biosolar adalah 1,9 mm^2/dt – 6,0 mm^2/dt. Penambahan kerosin dalam solar-48 menyebabkan turunnya viskositas, seperti terlihat pada **table 5** dan **gambar 5** di bawah ini,

Tabel 5. Pengaruh kadar kerosin dalam solar tehadap viskositas kinematik

Nomor sampel	Viskositas Kinematik solar-48 yang mengandung kerosin (^{0}C)			
	0 %	10 %	20%	30%
X_1	4,05	3,72	3,15	2,68
X_2	3,98	3,75	3,14	2,70
X_3	3,87	3,71	3,17	2,68
<X>	3,97	3,73	3,15	2,69

Jika data pada Tebel 5 dibuat grafik, hasilnya seperti tertera pada **gambar 5.**



Gambar 5. Pengaruh kadar kerosin dalam solar-48 terhadap viskositas

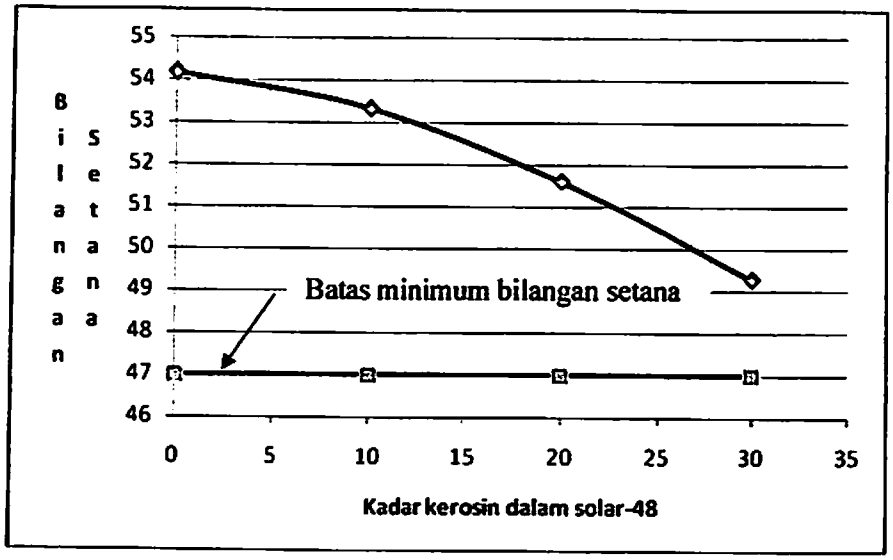
Dari **Gambar 5** nampak bahwa viskositas kinematik dari solar dengan kadar kerosin mencapai 30% masih masuk dalam wilayah viskositas yang diperbolehkan bagi biosolar.

c. Uji Bilangan Setana

Batas minimum bilangan setana untuk biosolar adalah 47. Uji Bilangan setana untuk solar-48 yang dicampur kerosin, dapat dilihat pada **table 6** dan **gambar 6,**

Tabel 6. Pengaruh kadar kerosin dalam solar tehadap angka setana

Nomor sampel	Angka Setana solar-48 yang mengandung kerosin (^{0}C)			
	0 %	10 %	20%	30%
X_1	54,20	53,70	51,50	49,2
X_2	54,10	53,60	51,60	49,3
X_3	54,20	53,60	51,70	49,3
<X>	54,17	53,33	51,60	49,27



Gambar 6. Pengaruh kadar kerosin dalam solar-48 tehadap bilangan setana.

Dari Gambar 6 nampak bahwa viskositas kinematik dari solar dengan kadar kerosin mencapai 30% masih masuk dalam wilayah bilangan setana yang diperbolehkan bagi biosolar.

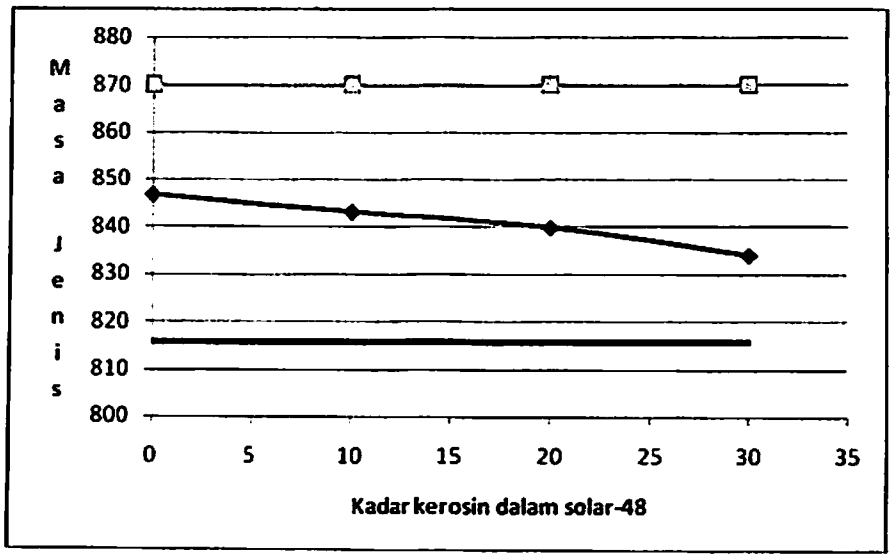
d. Uji Masa jenis

Masa jenis Biosolar yang dipersyaratkan pada suhu 40^{0}C adalah 810 – 870 Kg/m^3. Pengaruh kadar kerosin dalam solar-48 terhadap masa jenis dapat dilihat pada Tabel 7 dan Gambar 7.

Tabel 7. Pengaruh kadar kerosin dalam solar tehadap masa jenis

Nomor sampel	Masa Jenis solar-48 yang mengandung kerosin (kg/m^3)			
	0 %	10 %	20%	30%
X_1	846,2	843,1	839,7	834,2
X_2	846,5	842,9	840,1	833,9
X_3	847,6	843,4	839,8	834,1
<X>	846,7	843,1	839,9	834,0

Dari Tabel 7 nampak bahwa penambahan kerosin dalam solar menurunkan masa jenis. Masa jenis minyak solar memiliki keterkaitan dengan nilai kalor. Makin tinggi masa jenis, makin tinggi pula nilai kalornya. Disamping itu, juga menyebabkan daya mesin. Walaupun demikian, turunnya masa jenis dapat menurunkan kadar jelaga, terutama pada kondisi mesin dingin (*cold engine*).



Gambar 7. Pengaruh kerosin terhadap masa jenis solar-48

Dari **gambar 7** nampak bahwa masa jenis biosolar-I dengan kadar kerosin 30%, masih masuk dalam interval yang diperbolehkan

5.6 Uji BIOSOLAR Formulasi II

Biosolar Formulasi II adalah langkah memperbaiki Formulasi I, dimana kehadiran kerosin menyebabkan turunnya masa jenis. Penambahan metilester asam lemak, dapat menaikkan masa jenis dari biosolar. Uji yang dilakukan sama dengan yang ada pada biosolar formulasi I, yaitu (1) titik nyala, (2) viskositas kinematik (3) bilangan setana dan (4) masa jenis 40^{0}C

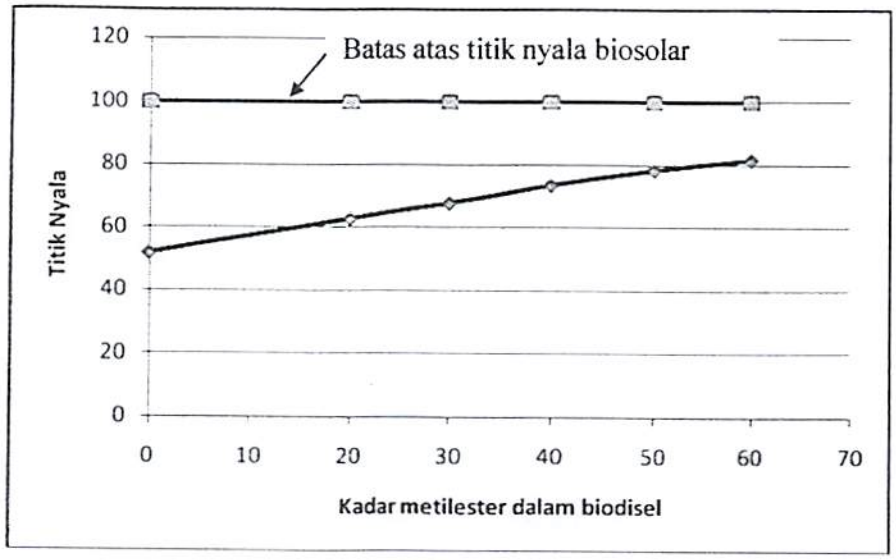
5.6.1 Titik Nyala

Titik nyala biosolar minimal adalah 100^{0}C, sedangkan penambahan kerosin pada solar-48 dapat menurunkan titik nyala. Akan tetapi, kehadiran metilester asam lemak dapat menaikkan titik nyala seperti ditunjukkan dalam **table 8.**

Tabel 8. Pengaruh kandungan kerosin dalam solar-48 terhadap titik nyala

Nomor sampel	Titik Nyala solar-48 + kerosin (1:1,v/v) yang mengandung metilester asam lemak (^{0}C)					
	0 %	20 %	30%	40%	50%	60%
X_1	51,2	62,2	67,9	72.4	78,2	81.5
X_2	52,2	63,0	67,7	72,7	78,5	81.7
X_3	51,7	62,6	67,6	72,5	78,3	81,6
<X>	51,7	62,7	67,7	72,5	78,3	81,6

Dari **Tabel 8,** jika dibuat grafik terlihat bahwa penambahan metilester asam lemak dapat menaikkan titik nyala. Namun demikian sampai kadar 60%, titik nyalanya masih di bawah 100^0C. Oleh karena itu maka variasi kadar metilester asam lemak dalam biosolar-II memiliki titik nyala yang memenuhi standar biodiesel. **(Gambar 8)**



Gambar 8. Pengaruh metilester asam lemak terhadap titik nyala biosolar-II

Dari **Gambar 8** nampak bahwa adanya metilester asam lemak menyebabkan naiknya titik nyala. Namun demikian, sampai kadar 60%, titik nyala biodiesel masih berada di bawah titik nyala maksimum biosolar standar.

e. Uji Viskositas Kinematik

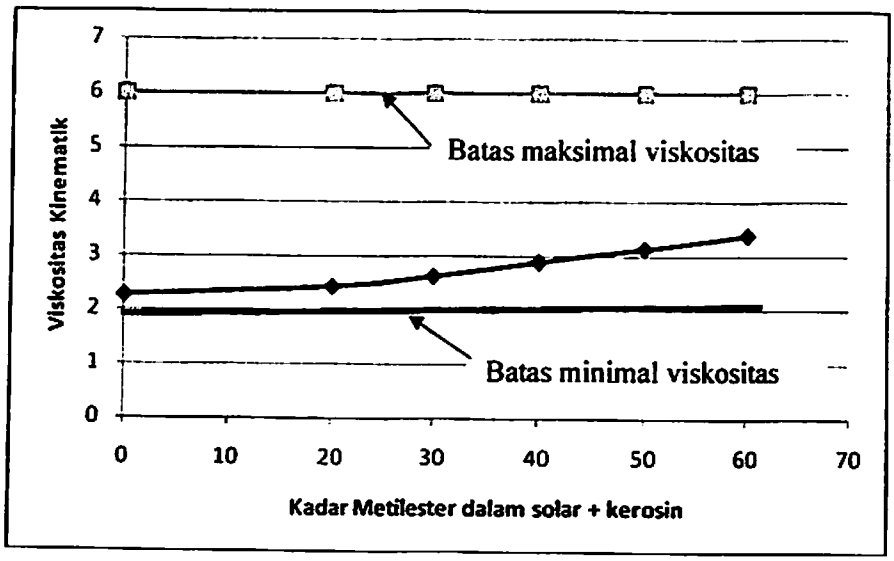
Viskositas kinematik biosolar adalah 1,9 mm^2/dt – 6,0 mm^2/dt. Penambahan kerosin dalam solar-48 menyebabkan turunnya viskositas, seperti terlihat pada **table 9** dan **gambar 9** di bawah ini,

Tabel 9. Pengaruh kadar kerosin dalam solar tehadap viskositas kinematik

Nomor sampel	Viskositas Kinematik solar-48 + kerosin (1:1, v/v) yang mengandung metilester asam lemak					
	0 %	20 %	30%	40%	50%	60%
X_1	2,28	2,43	2,63	2,89	3,14	3,39
X_2	2,26	2,44	2,61	2,90	3,13	3,38
X_3	2,27	2,43	2,62	2,88	3,13	3,38
<X>	2,27	2,43	2,62	2,89	3,13	3,38

Jika data pada **Tebel 9** dibuat grafik, hasilnya seperti tertera pada **gambar 9**.

MILIK
PERPUSTAKAAN
UNIVERSITAS AIRLANGGA
SURABAYA



Gambar 9. Pengaruh kadar metilester dalam biosolar-II terhadap viskositas

Dari **Gambar 9** nampak bahwa viskositas kinematik dari solar + kerosin dengan kadar metilester mencapai 60% masih masuk dalam wilayah viskositas yang diperbolehkan bagi biosolar standar.

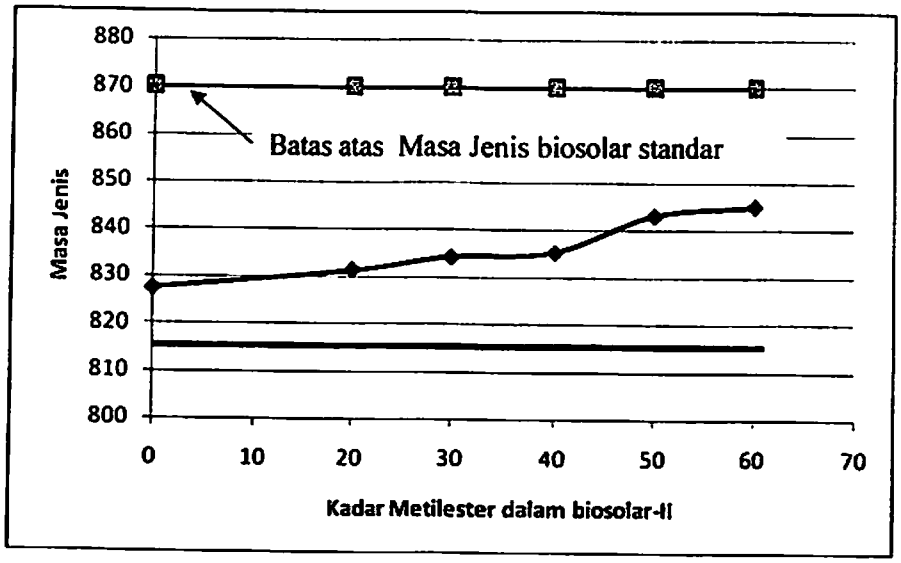
f. Uji Masa jenis

Masa jenis Biosolar yang dipersyaratkan pada suhu 40^0C adalah 815 – 870 Kg/m^3. Pengaruh kadar metilester dalam biosolar-II terhadap masa jenis dapat dilihat pada **Tabel 10** dan **Gambar 10**.

Tabel 10. Pengaruh kadar kerosin dalam solar tehadap masa jenis

Nomor sampel	Masa Jenis biosolar-II yang mengandung metilester asam lemak					
	0 %	20 %	30%	40%	50%	60%
X_1	828,2	831,3	834,4	838,3	843,2	845,1
X_2	826,5	831,5	834,2	838,2	843,3	845,2
X_3	827,6	831,4	834,3	838,4	843,3	845,1
<X>	827,4	831,4	834,3	838,3	843,2	845,1

Dari **Tabel 10** nampak bahwa penambahan kerosin dalam solar menurunkan masa jenis. Masa jenis minyak solar memiliki keterkaitan dengan nilai kalor. Makin tinggi masa jenis, makin tinggi pula nilai kalornya. Disamping itu, juga menyebabkan daya mesin. Walaupun demikian, turunnya masa jenis dapat menurunkan kadar jelaga, terutama pada kondisi mesin dingin (*cold engine*).



Gambar 10. Pengaruh kadar metilester dalam biosolar-II terhadap masa jenis

Dari **Gambar 10** nampak bahwa penambahan metilester dapat menaikkan masa jenis, namun nilainya masih masuk dalam interval masa jenis biosolar standar.

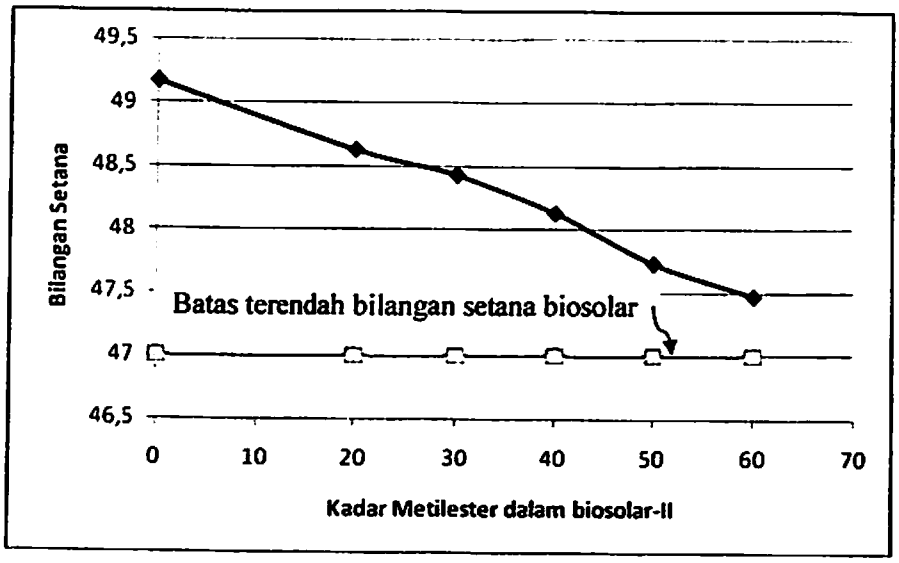
g. Uji Bilangan Setana

Batas minimum bilangan setana untuk biosolar adalah 47. Pengaruh kadar metilester asam lemak dalam biosolar-II terhadap bilangan setana, dapat dilihat pada **table 11** dan **gambar 11**,

Tabel 11. Pengaruh kadar metilester asam lemak dalam siobolar-II tehadap bilangan setana

Nomor sampel	Angka Setana biosolar-II yang mengandung metilester asam lemak					
	0 %	20 %	30%	40%	50%	60%
X_1	49,20	48,70	48,50	48,10	47,70	47,40
X_2	49,10	48,60	48,40	48,20	47,80	47,50
X_3	49,20	48,60	48,40	48,10	47,70	47,50
<X>	49,17	48,63	48,43	48,13	47,73	47,47

Dari **Tabel 11** nampak bahwa kadar metilester asam lemak dalam biosolar-II dapat menurunkan bilangan setana, meski penurunannya tidak terlalu besar. Hal ini dikarenakan bilangan setana metilester asam lemak adalah 46,8 , sedang kerosin adalah 46,5.



Gambar 11. Pengaruh kadar metilester asam lemak terhadap bilangan setana biosolar-II

Dari **Gambar 11** dapat diketahui bahwa biosolar-II dengan kandungan metilester sampai kadar 60%, bilangan setana masih masuk dalam nilai standar biosolar.

5.7 Uji Biosolar Formulasi III

Biosolar Formulasi III adalah mengganti minyak solar pada biosolar-II dengan kerosin. Penggantian ini diharapkan dapat menurunkan titik nyala biosolar sehingga akan lebih mudah terbakar di dalam mesin bakar. Uji yang dilakukan sama dengan yang ada pada biosolar formulasi I, yaitu (1) titik nyala, (2) viskositas kinematik (3) bilangan setana dan (4) masa jenis 40^{0}C

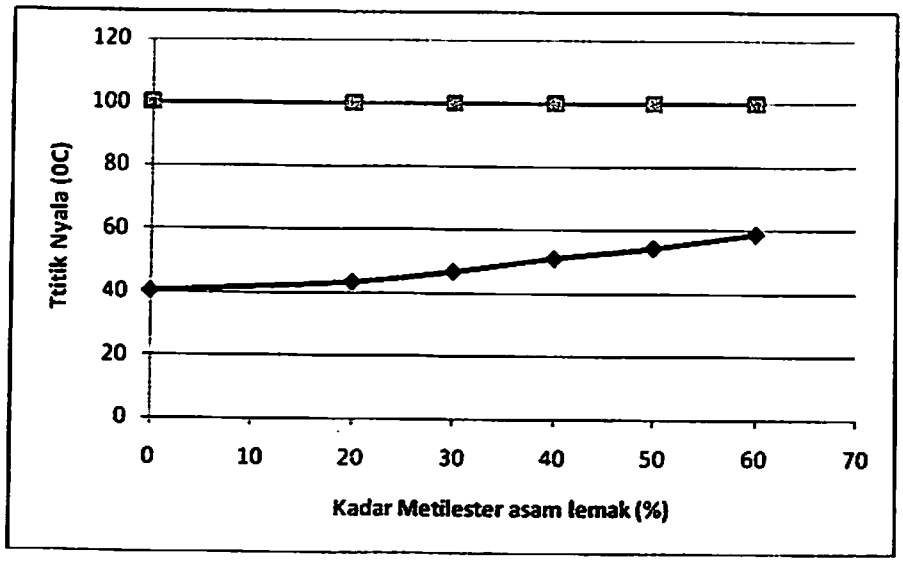
48.1 Uji titik nyala

Titik nyala biosolar maksimal adalah 100^{0}C, sedangkan penggantian solar-48 dengankerosin dapat menurunkan titik nyala. Akan tetapi, kehadiran metilester asam lemak dapat menaikkan titik nyala seperti ditunjukkan dalam **table 12.**

Tabel 12. Pengaruh kandungan kerosin dalam solar-48 terhadap titik nyala

Nomor sampel	Titik Nyala kerosin yang mengandung metilester asam lemak (^{0}C)					
	0 %	20 %	30%	40%	50%	60%
X_1	40,0	43,0	45,0	50.0	55,0	58.0
X_2	41,0	43,0	46,0	51,0	54,0	59.0
X_3	40,0	44,0	46,0	52,0	54,0	59,0
<X>	40,3	43,3	46,7	51,0	54,3	58,7

Dari **Tabel 12**, jika dibuat grafik terlihat bahwa penambahan kerosin dapat menurunkan titik nyala. Makin rendah titik nyala, makin mudah dalam proses pembakarannya. Dengan demikian variasi kadar kerosin dalam solar memiliki titik nyala yangmemenuhi standar biodiesel. **(Gambar 12)**



Gambar 12. Grafik hubungan kadar metilester asam lemak dengan titik nyala biosolar-III

Dari gambar 12 jelas bahwa kadar metilester sampai 60% masih memenuhi standar biosolar.

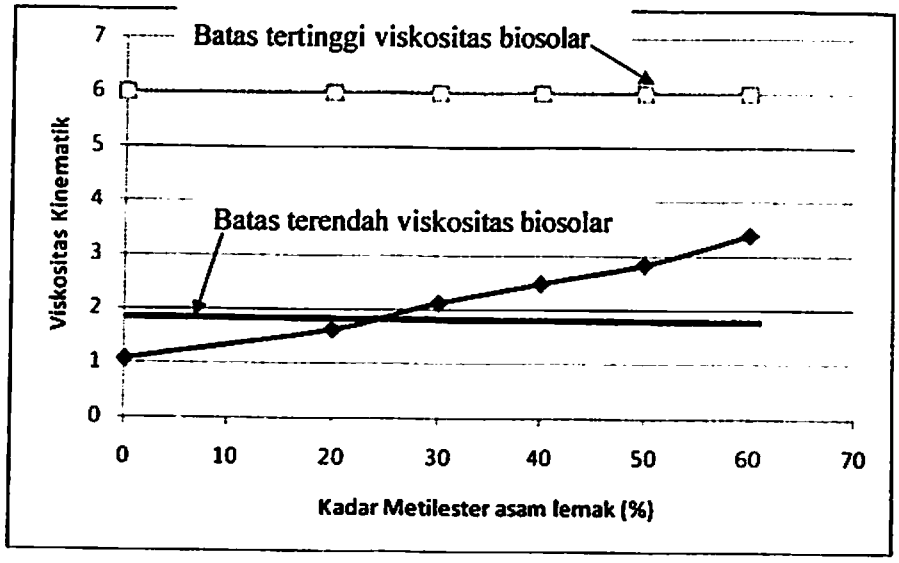
4.4.2 Uji Viskositas Kinematik

Viskositas kinematik biosolar adalah 1,9 mm^2/dt – 6,0 mm^2/dt. Penambahan kerosin dalam solar-48 menyebabkan turunnya viskositas, seperti terlihat pada **table 13** dan **gambar 13** di bawah ini,

Tabel 13. Pengaruh kadar kerosin dalam solar tehadap viskositas kinematik

Nomor sampel	**Viskositas Kinematik kerosin yang mengandung metilester asam lemak**					
	0 %	20 %	30%	40%	50%	60%
X_1	1,05	1,60	2,13	2,49	2,84	3,39
X_2	1,06	1,64	2,11	2,47	2,83	3,38
X_3	1,07	1,63	2,12	2,48	2,83	3,38
<X>	1,07	1,62	2,12	2,48	2,83	3,38

Jika data pada **Tebel 13** dibuat grafik, hasilnya seperti tertera pada **gambar 13.**



Gambar 13. Grafik hubungan antara kadar metilester asam lemak dalam kerosin terhadap viskositas kinematik 40^{0}C.

Dari **gambar 13** nampak bahwa viskositas kinematik biosolar-III dengan kadar metilester 20%, berada di bawah batas minimal viskositas biosolar standar. Sedangkan pada kadar di atas 20%, viskositasnya sudah masuk dalam daerah viskositas biosolar standar.

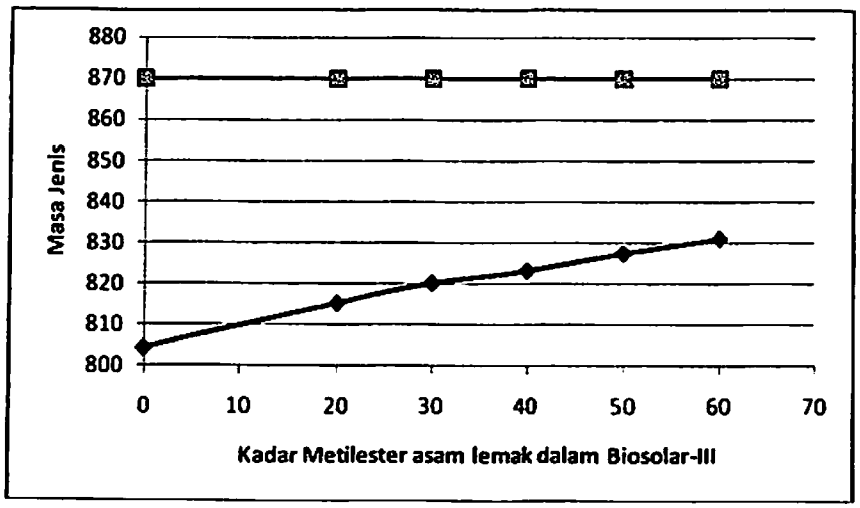
4.8.3 Uji Masa Jenis

Masa jenis Biosolar yang dipersyaratkan pada suhu 40^{0}C adalah 815 – 870 Kg/m^3. Pengaruh kadar metilester dalam biosolar-II terhadap masa jenis dapat dilihat pada **Tabel 14** dan **Gambar 14**.

Tabel 14. Pengaruh kadar kerosin dalam solar tehadap masa jenis

Nomor sampel	Masa Jenis biosolar-II yang mengandung metilester asam lemak					
	0 %	20 %	30%	40%	50%	60%
X_1	804,3	815,3	820,4	823,3	827,5	831,1
X_2	804,4	815,5	820,2	823,2	827,6	831,2
X_3	804,5	815,4	820,3	823,4	827,5	831,1
<X>	804,4	815,4	820,3	823,3	827,5	831,1

Dari **Tabel 14** nampak bahwa penambahan kerosin dalam solar menurunkan masa jenis. Masa jenis minyak solar memiliki keterkaitan dengan nilai kalor. Makin tinggi masa jenis, makin tinggi pula nilai kalornya. Disamping itu, juga menyebabkan daya mesin. Walaupun demikian, turunnya masa jenis dapat menurunkan kadar jelaga, terutama pada kondisi mesin dingin (*cold engine*).



Gambr 14. Grafik Hubungan Kadar Metilester asam lemak dalam biosolar-III terhadap masa jenis

Dari **Gambar 14** nampak bahwa kadar 20% metilester dalam biosolar-III memiliki masa jenis berada pada nilai terendah masa jenis biosolar standar.

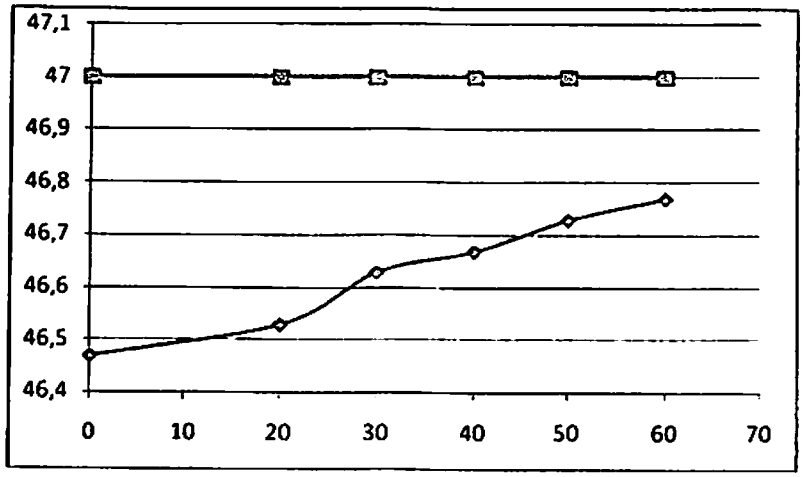
4.8.4 Uji Bilangan setana

Batas minimum bilangan setana untuk biosolar standar adalah 47. Pengaruh kerosin dan metilester asam lemak dalam biosolar-II terhadap bilangan setana, dapat dilihat pada **table 15** dan **gambar 15,**

Tabel 15. Pengaruh kadar metilester asam lemak dalam siobolar-II tehadap bilangan setana

Nomor sampel	Angka Setana biosolar-III yang mengandung metilester asam lemak					
	0 %	20 %	30%	40%	50%	60%
X_1	46,50	46,50	46,60	46,70	46,70	46,80
X_2	46,40	46,50	46,70	46,60	46,70	46,80
X_3	46,50	46,60	46,60	46,70	46,80	46,70
<X>	46,47	46,53	46,63	46,67	46,73	46,77

Dari **Tabel 15** nampak bahwa kadar metilester asam lemak dalam biosolar-II dapat menurunkan bilangan setana, meski penurunannya tidak terlalu besar. Hal ini dikarenakan bilangan setana metilester asam lemak adalah 46,8 , sedang kerosin adalah 46,5.



Gambar 15. Grafik hubungan antara kadar metilester asam lemak dalam biosolar-III terhadap bilangan setana

Dari **Gambar 15** nampak bahwa semua komposisi dari biosolar-III memiliki bilangan setana yang tidak memenuhi standar biosolar.

5.8 Uji Biosolar Formulasi IV

Biosolar Formulasi IV adalah biosolar-II dimana metilester asam lemak yang ada diganti dengan metilester asam lemak fraksi ringan. Penggantian ini diharapkan dapat menurunkan titik nyala biosolar sehingga akan lebih mudah terbakar di dalam mesin bakar. Uji yang dilakukan sama dengan yang ada pada biosolar formulasi I, yaitu (1) titik nyala, (2) viskositas kinematik (3) bilangan setana dan (4) masa jenis 40^{0}C

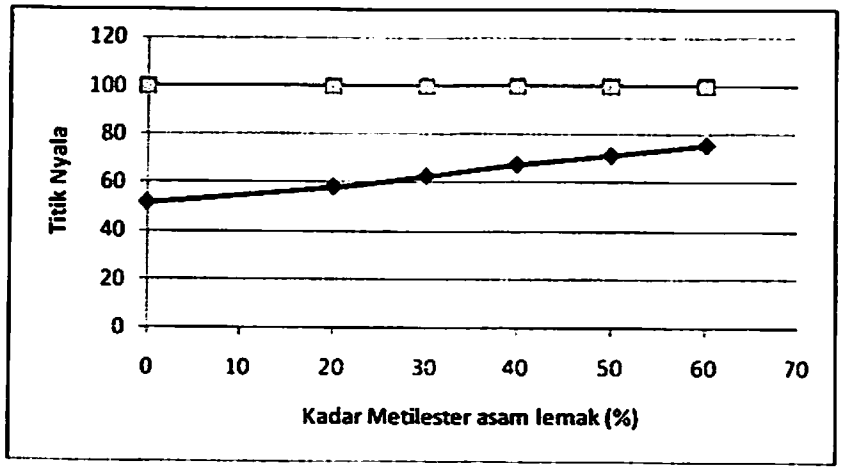
5.8.1 Uji Titik Nyala

Titik nyala biosolar minimal adalah 100^{0}C, sedangkan penambahan kerosin pada solar-48 dapat menurunkan titik nyala. Akan tetapi, kehadiran metilester asam lemak dapat menaikkan titik nyala seperti ditunjukkan dalam table 16.

Tabel 16. Pengaruh kandungan metilester asam lemak frkasi ringan dalam biosolar-IV terhadap titik nyala

Nomor sampel	Titik Nyala biosolar-IV yang mengandung metilester asam lemak fraksi ringan (^{0}C)					
	0 %	20 %	30%	40%	50%	60%
X_1	51,2	58,2	62,8	67.6	71,4	75,5
X_2	52,2	58,0	62,7	67,5	71,5	75,7
X_3	51,7	58,1	62,6	67,5	71,3	75,6
<X>	51,7	58,1	62,7	67,5	71,4	75,6

Dari **Tabel 16**, jika dibuat grafik terlihat bahwa penambahan kerosin dapat menurunkan titik nyala. Makin rendah titik nyala, makin mudah dalam proses pembakarannya. Dengan demikian variasi kadar kerosin dalam solar memiliki titik nyala yangmemenuhi standar biodiesel. **(Gambar 16)**



Gambar 16. Grafik hubungan antara kadar metilester asam lemak dalam biosolar-IV terhadap titik nyala

Dari **Gambar 16** nampak bahwa, sampai kadar 60% metilester dalam biosolar-IV, titik nyalanya masih berada di bawah titik nyala biosolar standar. Hanya saja kenaikan titik nyalanya tidak sekuat jika menggunakan metilester tanpa destilasi fraksional.

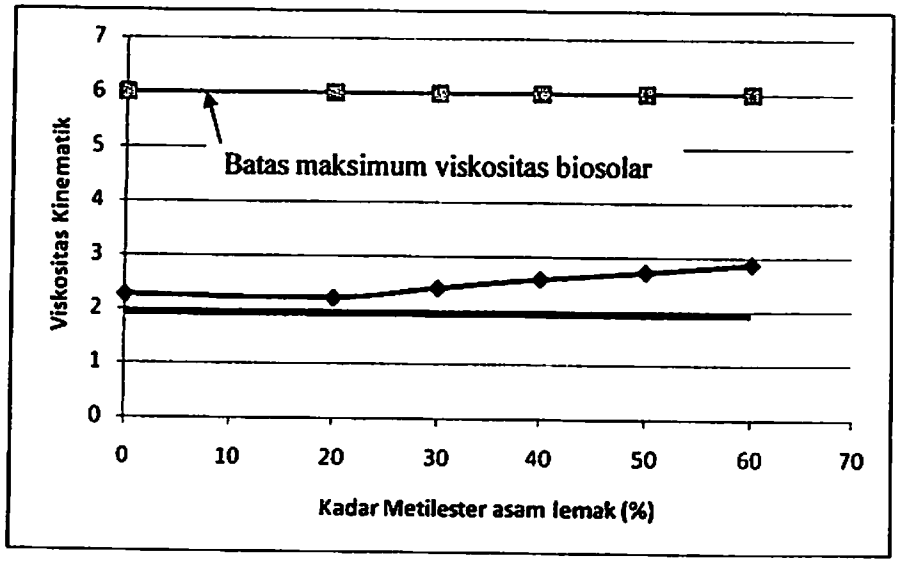
5.8.2 Uji Viskositas Kinematik

Viskositas kinematik biosolar adalah 1,9 mm^2/dt – 6,0 mm^2/dt. Peningkatan kadar metilester dalam biosolar-IV menyebabkan turunnya viskositas, seperti terlihat pada **table 17** dan **gambar 17** di bawah ini,

Tabel 17. Pengaruh kadar kerosin dalam solar tehadap viskositas kinematik

Nomor sampel	**Viskositas Kinematik biosolar-IV yang mengandung metilester asam lemak fraksi ringan**					
	0 %	20 %	30%	40%	50%	60%
X_1	2,28	2,37	2,43	2,59	2,74	2,89
X_2	2,26	2,35	2,41	2,60	2,73	2,88
X_3	2,27	2,36	2,42	2,58	2,73	2,88
<X>	2,27	2,36	2,42	2,59	2,73	2,88

Jika data pada **Tebel 9** dibuat grafik, hasilnya seperti tertera pada **gambar 17**.



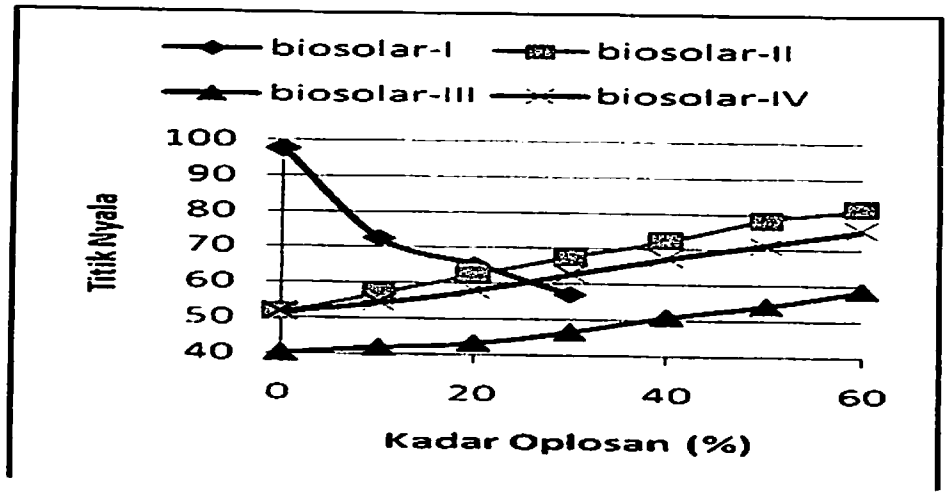
Gambar 17. Grafik hubungan kadar metilester asam lemak dalam biosolar-IV terhap viskositas kinematik.

Dari gambar 17 nampak bahwa viskositas kinemartik biosolar-IV, masuk masuk dalam interval viskositas biosolar standar.

Hasil uji biosolar dari keempat formulasi biosolar, dapat dirangkum sebagai berikut:

a. Uji Titik Nyala

Titik nyala biosolar minimal adalah 100^{0}C, sedangkan penambahan kerosin pada solar-48 dapat menurunkan titik nyala, sedangkan penambahan metilester asam lemak dapat menaikkan titik nyala seperti ditunjukkan oleh **Gambar 18**,

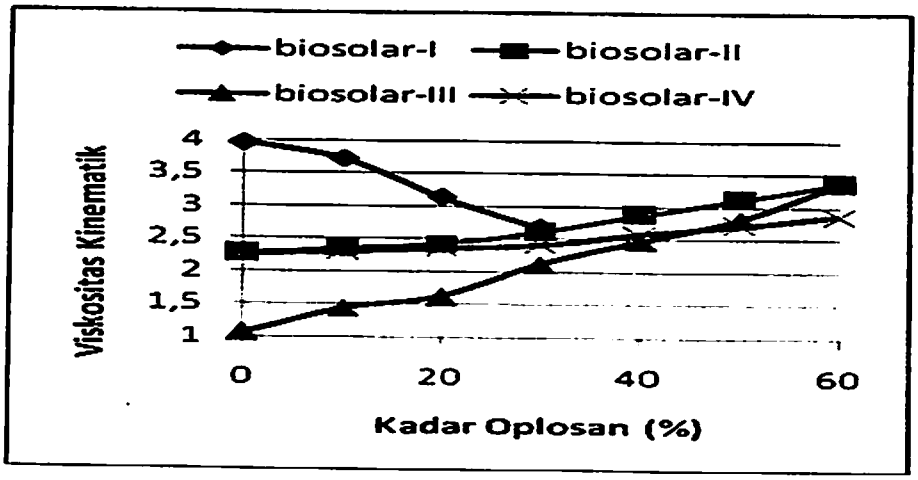


Gambar 18. Pengaruh kadar oplosan terhadap titik Nyala biosolar-I, II, III dan IV

Dari **Gambar 18** Nampak bahwa titik nyala keempat biosolar sampai dengan konsentrasi 60%, masih berada pada harga yang dijinkan untuk biosolar. Di mana titik nyala biosolar standar adalah di bawah 100^{0}C.

b. Uji Viskositas Kinematik

Peningkatan kadar kerosin menyebabkan viskositas biosolar turun, sedangkan peningkatan kadar metilester asam lemak menyebabkan viskositas biosolar naik. Pengaruh kadar oplosan dapat dilihat pada **Gambar 19,**



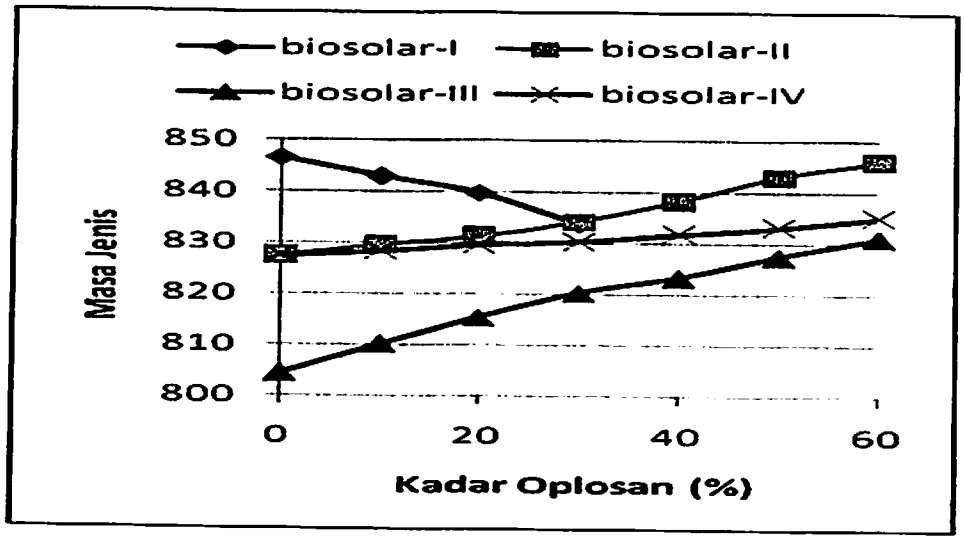
Gambar 19. Pengaruh kadar oplosan terhadap viskositas kinematik biosolar-I, II, III dan IV

Viskositas kinematik biosolar standar adalah 1,9 mm^2/dt – 6,0 mm^2/dt. Dengan demikian maka viskositas kinematik dari biosolar-III dengan kadar metilester asam lemak 20% ke bawah, tidak memenuhi standar biosolar.

c. Uji Masa Jenis

Masa jenis minyak solar memiliki keterkaitan dengan nilai kalor. Makin tinggi masa jenis, makin tinggi pula nilai kalornya. Disamping itu, juga menye-babkan meningktnya daya mesin. Walaupun demikian, turunnya masa jenis dapat menurunkan kadar jelaga, terutama pada kondisi mesin dingin (*cold engine*).

Pengaruh kadar kerosin dan kadar metilester asam lemak terhadap masa jenis biosolar dapat dilihat pada **Gambar 20** di bawah,

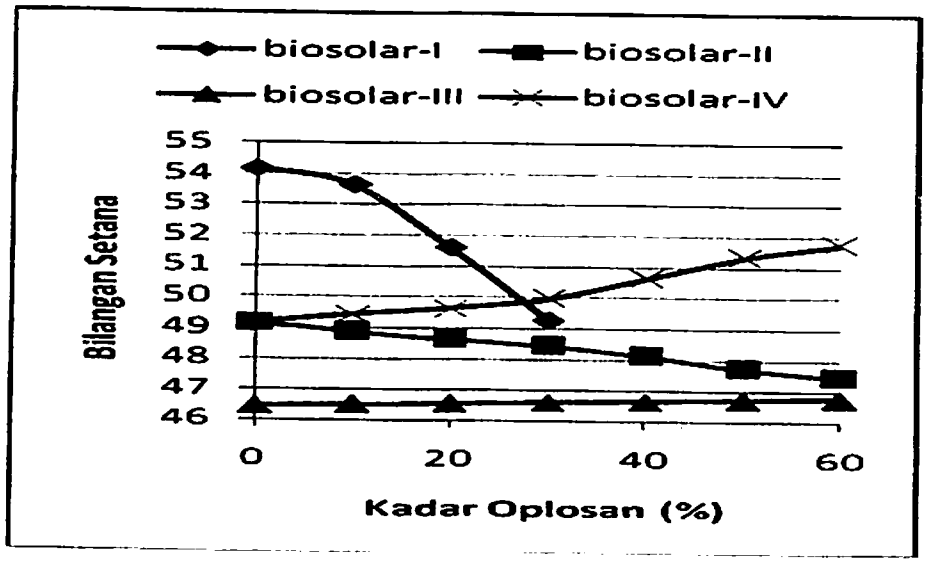


Gambar 20. Pengaruh kadar oplosan terhadap masa jenis biosolar

Masa jenis biosolar standar yang dipersyaratkan pada suhu 40^{0}C adalah 810 – 870 Kg/m^3. Dengan demikian dari keempat formulasi biosolar, maka hanya biosolar-III dengan kadar metilester asam lemak di bawah 10% yang tidak memenuhi standar masa jenis biosolar.

d. Uji Bilangan Setana

Kerosin dan metilester asam lemak dapat menurunkan bilangan setana bio-solar. Hubungan kadar oplosan terhadap bilangan setana biosolar dapat dilihat pada **Gambar 21** di bawah,



Gambar 21. Efek kadar oplosan terhadap bilangan setana biosolar

Kerosin menyebabkan penurunan bilangan setana cukup besar dibanding metilester asam lemak. Namun penggunaan metilestaer asam lemak fraksi ringan, dapat menaikkan bilangan setana biosolar. Biosolar standar memiliki bilangan setana minimal 46. Dengan demikian, biosolar-III tidak memenuhi criteria biosolar standar.

BAB VI
KESIMPULAN DAN SARAN

6.1. KESIMPULAN

Hasil penelitian telah diperoleh beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Uji Biosolar formulasi I, terdiri atas minyak solar-48 yang di-*BLEND* dengan kerosin, sampai dengan kadar 30%, menunjukkan bahwa angka setana, viskositas kinemetik, masa jenis dan titik nyala masuk masuk dalam spesifikasi Biosolar standar pemerintah,
2. Uji Biosolar formulas II, terdiri atas minyak solar-48 + kerosin (1:1, v/v) yang di-*BLEND* dengan metilester minyak nabati, sampai dengan kadar metilester minyak nabati 60%, menunjukkan bahwa angka setana, viskositas kinemetik, masa jenis dan titik nyala masuk masuk dalam spesifikasi biosolar standar pemerintah
3. Uji Biosolar formulas III, terdiri atas kerosin yang di-*BLEND* dengan metilester minyak nabati sampai dengan kadar metilester minyak nabati 60%, menun-jukkan bahwa viskositas kinemetik, masa jenis dan titik nyala masuk masuk dalam spesifikasi biosolar standar pemerintah, sedangkan angka setana belum memenuhi,
4. Uji Biosolar formulas IV, terdiri atas minyak solar-48 + kerosin (1:1, v/v) yang di-*BLEND* dengan metilester minyak nabati fraksi ringan, sampai dengan kadar metilester fraksi ringan 60%, menunjukkan bahwa angka setana, viskositas kinemetik, masa jenis dan titik nyala masuk masuk dalam spesifikasi biosolar standar pemerintah.
5. Berdasarkan hasil uji angka setana, viskositas kinematik , masa jenis dan titik nyala, maka BIOSOLAR Formulasi II, yang terdiri atas campuran solar-48 + kerosin + FAME dengan perbandingan 2:2:6 (v/v), adalah formulasi biosolar terbaik dengan kadar metal ester asam lemak mencapai 60%.

6.2.SARAN

Beberapa tindak lanjut penelitian ini yang perlu dilakukan adalah:

1. Hasil formulasi Biosolar terbaik yang telah didapatkan dalam penelitian ini, perlu diuji kinerja dan kompresi mesin, serta emisi gas buangnya. Dengan demikian akan dapat diketahui pengaruh langsung jika diterapkan pada kendaraan bermotor.
2. Hasil peneltian ini perlu disampaikan ke pemerintah untuk menjadi pertimbangan dalam pengembangan biosolar yang diproduksi Pertamina

6.3. Ucapan Terima Kasih

Penelitian ini terselenggara berkat bantuan dana dari proyek penelitian Riset Strategis Nasional tahun 2009. Untuk itu kami mengucapkan banyak terimakasih kepada pimpinan Unair, yaitu Rektor beserta jajarannya, serta terimakasih kepada Pimpinan LPPM. Atas bantuan dana tersebut, penelitian ini dapat terlaksana dengan baik.

DAFTAR PUSTAKA

Anonimus, 1998, Penjualan solar Tanjung Perak indikator pengoplosan solar dengan minyak tanah, Surabaya Post, 5 Juni 1998

Barton, A.F.M., 1983, *Handbook of solubility parameter and other cohesion parameters*, CRC Press, Florida

Briggs, M., 2004. Widescale biediesel production from algae, University of Hampshire, physics department

Canakoi, A. and Ozsezen A.N. G.U., 2005. Journal of Sci., 18(1), 81-89

Djainuddin, S., 2007. Pengaruh viskositas dan kandungan sulfur dalam minyak solar tehadap lubrisitas minyak solar Indonesia, *Lembaan Publikasi Lemigas*, 41,No.1, 20-28

Djainuddin, S., 2007. Efek minyak tanah dalam solar 48 terhadap sifat fisika/kimia dan kinerja mesin, *Lembaan Publikasi Lemigas*, 41, No.3, 31-42

Eccleston, G. M., 1992, *Emulsion* , In: **Encyclopedia of Pharmaceutical Technol.** Vol. 5 (J. Siwarbrick and J. Boylan eds.), Marcel Dekker Inc., New York, pp. 137-188

Faidur,R., Suyanto dan Siswanto, I.,1996, Efek kerosin dalam premium terhadap emisi gas CO kendaraan bermotor, Lemlit Unair, Surabaya

Faidur,R., 1996, Membedakan profil kromatogram antara bensin premium dengan kerosin menggunakan kromatografi gas, Lemlit Unair

Faidur ,R. ,1998, Survai kadar kerosin dalam premium yang dijual di SPBU se Kodya Surabaya, Jawa Pos ,Ed. 8 Januari 1998,

Faidur ,R., 1999, Pembuatan Kit Uji kemurnian bensin premium, Lemlit Unair, Surabaya,

Faidur R., 2001, Uji kestabilan larutan marker FR-01 dan pembuatan tabel koreksi suhu pengukuran kadar kerosin dalam bensin premium menggunakan **Kit Marker FR-01**, Prog. Percepatan Paten, Lemlit Unair

Faidur R., 2003.Destilasi fraksional metilester minyak kelapa, Lemlit Unair, Surabaya

Faidur, R. , 2005. Pembuatan kit Solar Oil untuk melacak pengoplosan minyak solar dengan kerosin, LPPM, Unair, Surabaya

Faidur, R., 2005. Survai kadar kerosin dalam solar yang dijual di SPBU se Kodya Surabaya, LPPM Unair, Surabaya

Gerpen J.V., 1998. Cetane number testing of biodiesel, http://www.google.co.id

Hamilton, Ch., 2004. Biofuels made easy, Presentation to Lurgi Pacific Pty Ltd., Melbourne Branch

Hirwan ,E., 1990, Konsumsi bahan bakar minyak sektor energi di Indonesia, **Lembaran publikasi Lemigas**, jakarta,

Jajfi, E., 1992, Perkembangan bahan bakar minyak dan upaya litbang di Indonesia dalam mengantisipasinya, **Lembaran publikasi Lemigas**, jakarta,

Korus R.A., Hoffman, D.S., Narendra Bam, Peterson C.L. and Drown D.C., 1998. Transesterification process to manufacture ethyl ester of rape oil, http://www.google.co.id/

Kurtubi, 2005. Migas dan kemelut ekonomi, *Kompas*, 1 September

Marga Raharja dan Tika Theo, 2005. Mengisi Tangki mobil dengan minyak tumbuhan, **Kontan**, No. 9, Tahun X, Desember

Machlan, 1998, Rumuah-rumah pengoplos BBM di Kodya Surabaya, komunkasi pribadi,

Mertani, B., 1987, Menyadap energi dari perut bumi, **Warta Caltex**, No. 12, Jakarta

Nurkamari, 1991, Pengujian derajat putih pada tapioka, Jawa Pos (22 Pebruari 1991) hal. 13,

N.N., SNI 04-7128-2006, Badan Standardisasi Nasional

N.N., 1994. Production and testing of ethyl and methyl ester, http://www.biodiesel.org

N.N., 2008. Biosolar, industry hemat solar 12 jt Kl, Kompas, 11 Nopember

Obert, E.F., *Internal combustion Engine* , 3rd Ed., International Textbook Co., Scranton, Pa., p. 140,

Parker, A.J. 1971, **Pure Appl. Chem., 25**, 345

Prouvost,L. and G.A. Pope, 1986, *Modelling of phase behaviour for microemulsions used for enhanced oil recovery*, In: **Surfactant in Solution**, vol. 6 (K.L. Mittal ed.) Plenum Press , New York, pp. 473-487,

Rechardt, C. and H.E. Gornet, 1983, **Liebigs Ann. Chem.**, 721,

Riddick, J. A., W.B. Binger and T.K. Sakano, 1986, *Organic Solvent, Physical properties and methods of purification*, 4th Ed., (A. Weissberg ed.), Wiley Sci., New York,

Philip Kristanto dan Johan Wahyudi, 2008. *Reduksi emisi gas buang CO dan hidrokarbon pada motor bensin dengan katalis zeolit*, **Jurnal Kimia Lingkungan**, 10(1), 67-74

Sagitani, H. and Friberg, S., 1980, **J. Dispers. Sci. Technol, 1**, 151-164

Salanger, J.L., 1988, *Encyclopedia of emulsion technology*, (Bicher ,P. ed.) Marcel Dekker, New York, vol 3, pp 79,

Schnepf, R., 2005. Agriculture based renewable energy production, CRS Report congress, januari

Schulman, J.H., W. Stoechenius and L.M. Prince, 1959, **J. Phys. Chem.**, 63,1677-1680

Shinoda, K. and T. kaneko, 1988, **J. Dispersion Sci. Technol.**, 9, 555,

Smith, E. F. and K. E. Paulsen, 1978, *Petroleum and ptrochemical analysis by Gas Chromatography*, In: **Encyclopedia of Chemical Technology** (Kirck and Othmer Eds.) Van Nostrand Inc., New York

Subarjo, P., 1986, Pengaruh pencampuran kerosin terhadap solar, **Lembaran Publikasi Lemigas**, Jakarta No. 2, hal. 25-31,

Subarjo, P. Desrina ,dan A. Yuflinawati, 1989, Melacak bahan bakar minyak palsu dengan sistem marker, **Lembaran Publikasi Lemigas**, Jakarta, , No. 1, hal . 38-46,

Suhardono, E., 2006. *Etilester sebagai biodiesel masa datang*, **Lembaran Publikasi Lemigas, 40**(3), 3-13

Tingey, J.M. , et al., 1991, **J. Phys. Chem., 95**, 1445-1448,

Wijoseno, K., 1987, Pengaruh kerosin dalam premium terhadap kompresi dan kerja mesin, **Warta Lemigas**, ed. Agustus 1987

Yuli Setiobudi, 1998, Terjadi pemutusan jalur pengiriman BBM dari Depot Pertamina menuju SPBU, **Jawa Pos**, 12 dan 12 Januari 1998

Lampiran I

DAFTAR PERALATAN YANG DIGUNAKAN DALAM PENELITIAN

1. ***Density Hydrometer*** **(ASTM D-1298),**
2. ***Viscosity Kinematic Bath*** **(ASTM D-445)**
3. ***Flash Point Pensky-Martens Closed Cup Tester*** **(ASTM D-93)**
4. **ASTM D-976 menggunakan *destilasi unit* (ASTM D-86)**
5. ***digital pH meter Metrohm 744 Ex,***

LAMPIRAN II

DAFTAR TENAGA PENELITI

No	Nama	Bidang Keahlian	Fakultas/Jurusan	Institusi
01	Drs. Faidur Rochman, MS.	Kimia Permukaan	Sains dan Teknologi/Kimia	Unair
02	Prof. Dr. H.J. Mukono, M.Ph, Ph.D.	Keselamatan kerja	Kesehatan Masyarakat/Kesehatan Lingkungan	Unair
03	Ir. Philip Kristianto	otomotif	FTI/Teknik Mesin	Unika Petra
04	Abdulloh, S.Si., M.Si.	Kinetika Kimia	Sains dan Teknologi /Kimia	Unair
05	Rizkiyyah Dewi	Analis Kimia	Sains dan Teknologi /Kimia	Unair
06	Sukamto	Laboran	Sains dan Teknologi /Kimia	Unair