

# Teknologi Produksi *Green Diesel* untuk Pembuatan Bahan Bakar Minyak Alternatif

Oleh : Yanni Kussuryani<sup>1)</sup>, dan Ali Rimbasia Siregar<sup>2)</sup>

Peneliti Muda<sup>1)</sup>, Pengkaji Teknologi<sup>2)</sup>, pada Pusat Penelitian dan Pengembangan Teknologi Minyak dan Gas Bumi “LEMIGAS”

Jl. Ciledug Raya Kav. 109, Cipulir, Kebayoran Lama, P.O. Box 1089/JKT, Jakarta Selatan 12230

Tromol Pos : 6022/KBYB-Jakarta 12120, Telepon : 62-21-7394422, Faksimile : 62-21-7246150

Teregistrasi I tanggal 17 Desember 2010; Diterima setelah perbaikan tanggal 14 Februari 2010

Disetujui terbit tanggal: 30 April 2010

## S A R I

Ancaman krisis bahan bakar minyak dan ketergantungan pada bahan bakar fosil masih cukup tinggi. Faktor utama penyebab kondisi tersebut adanya ketidakseimbangan antara pasokan dan kebutuhan. Beberapa pilihan yang dapat dilakukan antara lain dengan meningkatkan usaha-usaha eksplorasi cadangan baru, peningkatan perolehan minyak, penghematan penggunaan bahan bakar serta menyiapkan energi alternatif pengganti minyak bumi.

Pemerintah tengah mencanangkan program pengalihan energi dari energi berbasis bahan bakar fosil ke energi baru dan terbarukan *biofuel*, yang terdiri atas biodiesel, bietanol dan *biooil*. Metode yang saat ini lazim digunakan untuk memproduksi *biofuel* adalah teknologi generasi pertama berbasis minyak nabati. Untuk *biofuel* setara solar yakni biodiesel, diproduksi melalui reaksi transesterifikasi menggunakan bahan baku minyak nabati dan alkohol dengan bantuan katalis basa.

Teknologi produksi bahan bakar minyak alternatif untuk mensubstitusi minyak solar terus berkembang seiring dengan peningkatan kebutuhannya. Teknologi produk *green diesel* merupakan salah satu pilihan untuk memproduksi bahan bakar alternatif setingkat solar yang lebih berkualitas dan ramah lingkungan. Berbeda dengan teknologi produksi biodiesel yang dihasilkan melalui proses transesterifikasi, *green diesel* diperoleh dengan mengadopsi salah satu proses yang ada di kilang minyak bumi yakni *hydrotreating*. Dengan proses hidrogenasi menggunakan katalis *hydrotreating* mampu mengubah ikatan senyawa trigliserida dalam minyak nabati menjadi senyawa hidrokarbon rantai parafinik lurus yang menyerupai struktur senyawa hidrokarbon dalam minyak solar. Produk *green diesel* memiliki kualitas yang lebih baik dari segi angka setana (*cetane number*), kandungan sulfur serta densitas dari produk yang dihasilkan.

Pada penelitian ini diuji beberapa jenis katalis *hydrotreating* yang sesuai untuk produksi *green diesel*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa katalis NiMo-01 dapat menghasilkan produk *green diesel* dengan kualitas yang memenuhi syarat untuk dipakai sebagai pengganti minyak solar (*automotive diesel oil*).

**Kata kunci:** green diesel, hydrotreating, katalis, biofuel, biodiesel, bietanol, biooil.

## ABSTRACT

*Fuel resources crisis and dependence on fossil fuel are still high. The main factor of this situation is the unbalance of supplies and demands. There are some efforts to be conducted, such as increasing new reserve explorations, enhanced oil recovery, efficiency in fuel consumptions, and preparing alternative energies to substitute petroleum.*

*Indonesian government is launching the energy program on replacement of the fossil fuel with new energy and renewable energy of biofuels such as bio-diesel, bio-ethanol,*

and bio-oil. Currently, the common methodology to produce bio-fuel is the first generation technology. Transesterification reaction is a technology to produce bio-diesel from vegetable oil feedstock and alcohol by using a basic catalyst.

The technology of alternative fuel production to produce "Solar" (automotive diesel oil) is growing up. A green diesel technology is one option to produce alternative fuels that have its quality as good as Solar and it is also environmental friendly. The bio-diesel is produced by a transesterification reaction, meanwhile a green diesel is produced by a hydro-treating process. The hydrogenation process by using the hydrotreating catalyst is possible to change a triglyceride chain in vegetable oil to be a paraffin compound as well as a hydrocarbon structure in Solar. The quality of green diesel is better than the Solar in cetane number, sulfur content and density.

This research tested various hydrotreating catalysts to produce a green diesel. The result of this research shows that a NiMoO1 catalyst produced green diesel with its quality as good as Solar (automotive diesel oil).

**Key words:** green diesel, hydro-treating, catalyst, biofuels, bio-diesel, bio-ethanol, bio-oil

## I. PENDAHULUAN

### A. Latar Belakang

Meningkatnya kebutuhan Bahan Bakar Minyak (BBM) dan tingginya harga minyak, memaksa untuk berupaya semaksimal mungkin mencari solusi guna memenuhi kebutuhan BBM dalam negeri. Beberapa pilihan yang dapat dilakukan antara lain dengan meningkatkan usaha-usaha eksplorasi cadangan baru, meningkatkan perolehan minyak, melakukan penghematan penggunaan bahan bakar serta mencari sumber energi alternatif pengganti minyak bumi.

Pemerintah menyadari pentingnya melakukan usaha diversifikasi energi untuk mengatasi ketergantungan terhadap minyak bumi. Oleh karena itu dicanangkan program pengalihan energi dari energi berbasis bahan bakar fosil ke energi berbasis bahan bakar nabati atau *biofuel*.

Beberapa peraturan yang mendukung program ini antara lain Peraturan Presiden (Perpres) RI Nomor 5 Tahun 2006 tentang Kebijakan Energi Nasional yang menargetkan terwujudnya bauran energi (*energy mix*) yang optimal pada tahun 2025. Dalam bauran energi ini, peranan *biofuel* terhadap konsumsi energi nasional diharapkan lebih besar dari 5%. Perpres tersebut, kemudian diikuti dengan Instruksi Presiden RI Nomor 1 Tahun 2006 tentang Penyediaan dan Pemanfaatan Bahan Bakar Nabati (*Biofuel*) sebagai Bahan Bakar Lain dan beberapa kebijakan untuk percepatan pemanfaatan *biofuel*.

PPPTMGB "LEMIGAS" telah melakukan berbagai penelitian dan pengembangan tentang energi alternatif, dimulai dengan proses pembuatan ester sawit (biodiesel), dilanjutkan dengan uji sifat fisika/kimia dan uji kinerja terbatas penggunaan B 30 pada mesin diesel. Selanjutnya uji jalan (*road test*) penggunaan biodiesel dengan jarak tempuh sampai 20.000 km. Proses produksi biodiesel yang dilakukan oleh LEMIGAS selama ini adalah proses transesterifikasi minyak nabati dan alkohol dengan bantuan katalis basa. Pada saat ini, dikembangkan penggunaan teknologi baru yaitu produksi *green diesel*.

### B. Maksud dan Tujuan

Maksud dan tujuan penelitian ini adalah mengembangkan teknologi produksi *green diesel* (berbasis *hydrotreating*) pada skala laboratorium. Dalam hal ini melakukan hidrogenasi bahan baku campuran CPO dan solar (*automotive diesel oil*), serta menggunakan katalis yang divariasikan kandungan logam aktifnya untuk mendapatkan produk *green diesel* yang memenuhi syarat sebagai pengganti solar.

## II. LANDASAN TEORI

### A. Teknologi Produksi Green Diesel

Proses produksi *green diesel*, merupakan teknologi yang mengadopsi salah satu proses yang terdapat pada pengolahan minyak bumi yaitu

*hydrotreating*. Alur proses teknologi produksi *green diesel* dengan teknologi produksi biodiesel dapat dilihat pada Gambar 1.

*Green diesel* adalah fraksi hidrokarbon rantai lurus serupa solar yang dihasilkan dari reaksi hidrogenasi trigliserida dari minyak nabati. Injeksi hidrogen dengan bantuan katalis *bimetal* untuk reaksi *hydrotreating* pada senyawa trigliserida dapat memutuskan ikatan gugus ester atau karboksilat dari gugus gliserol. Kemudian diikuti pemecahan gugus karboksilat dari ikatan asam lemak yang ada sekaligus terjadi reaksi penjumlahan dari ikatan karbon rantai rangkap menjadi senyawa hidrokarbon rantai lurus. Berikut reaksi yang menghasilkan *green diesel* dari minyak nabati :



*Green diesel* merupakan bahan bakar yang ramah lingkungan. Kandungan sulfur dan aromatiknya yang lebih rendah dari pada bahan bakar solar. Hal ini membuat pemanfaatan *green diesel* menjadi lebih ramah lingkungan, terutama dari segi dampak polusi udara yang dihasilkan dari gas buang hasil pembakarannya.

Teknologi *green diesel* sepenuhnya mengadopsi teknologi *hydrotreating* yang merupakan unit pemurnian yang ada di kilang minyak bumi. Unit *hydrotreating* berfungsi untuk menghilangkan senyawa-senyawa sulfur, nitrogen dan logam. Umpam yang digunakan pada unit ini dapat berupa nafta hingga residu vakum. Kondisi proses *hydrotreating* pada umumnya adalah sebagai berikut :

Temperatur	270 – 340°C
Tekanan	400 - 600 psi
Hidrogen, ( basis Feed )	
Recycle	360 m <sup>3</sup> / m <sup>3</sup>
Consumption	36 - 142 m <sup>3</sup> / m <sup>3</sup>
Space Velocity ( LHSV )	1,5 - 8,0

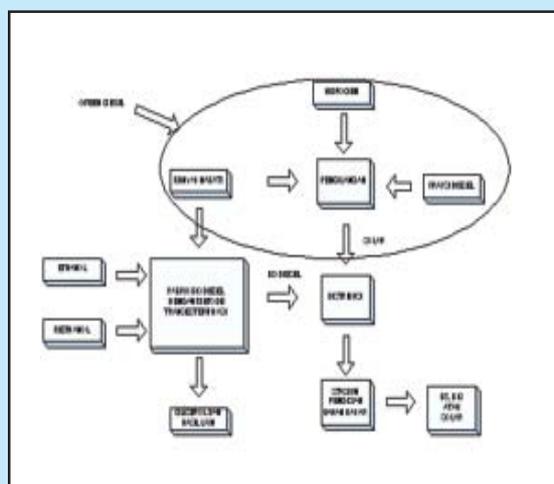
( Gary, 2001 )

Perkembangan teknologi terkini, menunjukkan adanya kemungkinan mensubstitusi sebagian umpam unit *hydrotreating* dengan minyak nabati. Besarnya campuran minyak nabati dalam umpam mencapai 5–10%, dan dicampurkan ke dalam fraksi diesel sebelum

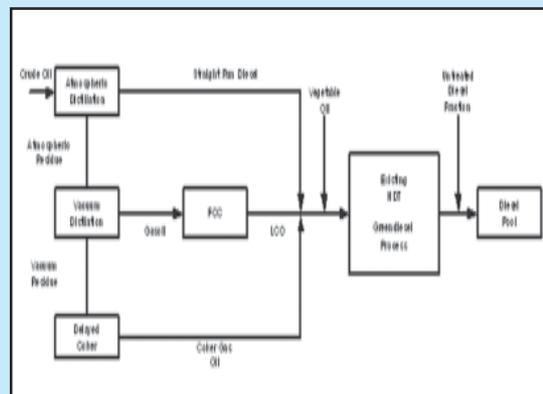
memasuki unit *hydrotreating*. Flow diagram proses *green diesel* di kilang minyak bumi dapat dilihat pada Gambar 2.

### B. Teknologi produksi Green Diesel di Indonesia

Sampai saat ini belum ada perusahaan yang mengaplikasikan teknologi produksi *green diesel* dalam skala besar secara kontinu. Namun demikian PERTAMINA telah melakukan uji coba di Kilang UP II Dumai. Uji coba dilaksanakan di unit *hydrotreating*



Gambar 1  
Alur proses teknologi produksi *green diesel* dengan teknologi produksi biodiesel



Gambar 2  
Flow diagram proses *green diesel* di kilang minyak bumi

(HDT) dengan umpan CPO dan fraksi diesel. Uji coba ini belum dilanjutkan karena adanya berbagai kendala teknis yang perlu dipelajari terlebih dahulu pada skala laboratorium. Saat ini LEMIGAS melakukan penelitian dalam skala laboratorium untuk mendapatkan kondisi optimum.

### III. TATA KERJA

Kegiatan penelitian teknologi produksi *green diesel* dilakukan dengan reaktor *autoclave* pada skala laboratorium. Pelaksanaan penelitian difokuskan untuk menguji coba *performance* (unjuk kerja) katalis yang telah dipreparasi dalam reaksi hidrogenasi campuran 10% CPO dalam minyak solar menjadi bahan bakar *green diesel* dengan menggunakan peralatan reaktor berkapasitas maksimum 1 liter/*batch*.

Katalis yang akan diuji dalam reaksi divariasikan komposisi kandungan logam aktifnya. Dari pengujian beberapa tipe komposisi katalis ini diharapkan diperoleh produk dengan karakteristik yang berbeda pula, sehingga dengan demikian dapat diketahui katalis mana yang dapat menghasilkan produk *green diesel* yang diharapkan. Tahapan pekerjaan dapat dibedakan atas 2 bagian yakni tahap preparasi atau pembuatan katalis serta tahap uji coba unjuk kerja katalis.

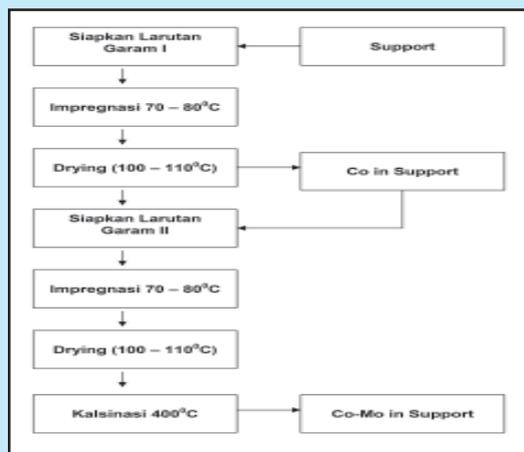
Bahan yang digunakan untuk membuat katalis meliputi support (penyangga)  $\gamma$ -Alumina; kobalt nitrat; nikel nitrat; ammonium heptamolibdat tetrahidrat; dan aquabides. Sedangkan bahan untuk pengujian unjuk kerja katalis meliputi *fresh catalyst* (katalis bentuk oksida hasil kalsinasi); CPO (*Crude Palm Oil*); minyak solar; DMDS (dimetil disulfida); Gas  $H_2$  (hidrogen); dan Gas  $N_2$  (nitrogen).

Preparasi katalis melalui impregnasi logam aktif ke dalam penyangga (*support*). Kemudian katalis disiapkan untuk uji unjuk kerja dalam reaksi *hydrotreating*, yaitu dengan cara mengaktifkannya menggunakan metode *presulfiding* untuk mengubah dari bentuk logam oksida menjadi bentuk logam sulfida. Katalis dalam bentuk sulfida siap dipakai untuk uji reaksi dalam reaktor *autoclave*. Reaksi dilaksanakan dengan menginjeksikan hidrogen pada GHSV sebesar  $3 \text{ min}^{-1}$  sebagai pemutus ikatan gugus karboksilat maupun rantai tak jenuh dari asam lemak pada trigliserida. Tekanan gas inisial hidrogen diberikan sebesar 27 bar, untuk selanjutnya ditingkatkan sampai tekanan operasi. Kegiatan dilakukan dengan cara menaikkan temperatur reaktor sampai dicapai kondisi operasi yang diinginkan yakni  $330^\circ\text{C}$  dan 42

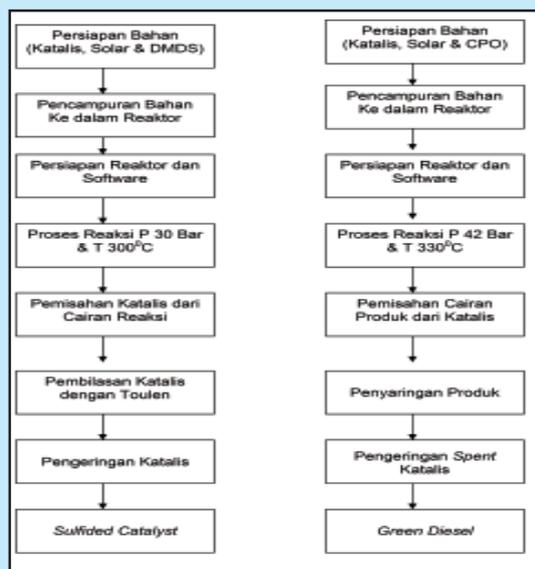
bar. Tahapan pembuatan katalis seperti terlihat pada Gambar 3. Sedangkan tahapan *presulfiding* dan prosedur uji reaksi seperti disajikan pada Gambar 4.

### IV. HASIL STUDI

Fokus utama dari penelitian ini adalah melakukan uji coba reaksi katalitik, yaitu reaksi hidrogenasi umpan campuran minyak nabati dengan minyak solar. Hal



Gambar 3  
Tahapan pembuatan katalis *hydrotreating*



Gambar 4  
Tahapan *presulfiding* dan skema prosedur uji reaksi

ini untuk mengetahui unjuk kerja katalis yang telah dipreparasi dan dimodifikasi kandungan logam aktifnya. Dari reaksi beberapa variasi katalis diperoleh produk *green diesel* yang mempunyai pendekatan dengan spesifikasi minyak solar.

Katalis bentuk padat yang diuji berjumlah 5 buah, terdiri atas 2 buah katalis berinti aktif logam Co-Mo, dan 2 buah katalis berinti aktif logam Ni-Mo yang masing-masing berbeda dari segi kandungan logam aktifnya. Sedangkan satu katalis lagi merupakan modifikasi dari kombinasi logam aktif Co-Ni-Mo dengan komposisi tertentu.

Dengan mengubah komposisi/jumlah kandungan logam aktif dalam katalis maka kualitas produk *green diesel* yang dihasilkan juga menjadi bervariasi. Dari beberapa hasil uji reaksi dengan variasi katalis tersebut, kemudian dilakukan analisis terhadap beberapa parameter umum yang menunjukkan sifat dan karakteristik produk *green diesel*. Pada Tabel 1 terlihat katalis Co-Mo 01 dan Ni-Mo 01, ditingkatkan jumlah kandungan tiap-tiap logam aktifnya sehingga total logam aktif dari kedua katalis tersebut bertambah mencapai sebesar 3%.

Selain itu, untuk mengetahui pengaruh komposisi logam aktif promoter terhadap kualitas produk, maka dilakukan modifikasi katalis berupa kombinasi dari dua promoter dalam satu katalis menjadi katalis Co-Ni-Mo.

Hasil analisis kualitas produk *green diesel* dengan menggunakan variasi jenis katalis disajikan pada Tabel 2 dan Tabel 3. Pada Tabel 2 katalis yang digunakan adalah Co-Mo 01 dan Ni-Mo 01. Sedangkan pada Tabel 3, katalis yang digunakan adalah Co-Mo 02 dan

Tabel 1  
Hasil analisis kandungan logam dalam katalis

No.	Jenis Katalis	% Berat Logam Aktif			
		Co	Ni	Mo	Total
1.	Co-Mo 01	1,56	--	8,44	10,00
2.	Ni-Mo 01	--	3,00	12,00	15,00
3.	Co-Mo 02	2,02	--	10,98	13,00
4.	Ni-Mo 02	--	4,00	14,00	18,00
5.	Co-Ni-Mo	3,00	2,00	16,00	21,00

Tabel 2  
Hasil analisis produk *Green Diesel* dengan katalis Co-Mo 01 dan Ni-Mo 01

No.	Parameter	Green Diesel		Spec. Solar 48	Unit
		Co-Mo	Ni-Mo		
1	Density	834.4	833.5	815 - 870	kg /m <sup>3</sup>
2	Calc. Cetane Index	63.2	61.1	> 45	
3	Kin. Viscosity	3.350	3.830	2.0 - 5.0	mm <sup>2</sup> /s
4	Pour Point	0.58	0.58	Max. 18	°C
5	Sulfur Content	0.0337	0.095	< 0.35	% wt
6	TAN	0.0424	0.0125	< 0.6	mg KOH/gr
7	Distilasi 90%	430	370	< 360	°C
8	Flash Point	68	102	> 60	°C

Tabel 3  
Hasil analisis produk *Green Diesel* dengan katalis Co-Mo 02 dan Ni-Mo 02 serta Co-Ni-Mo

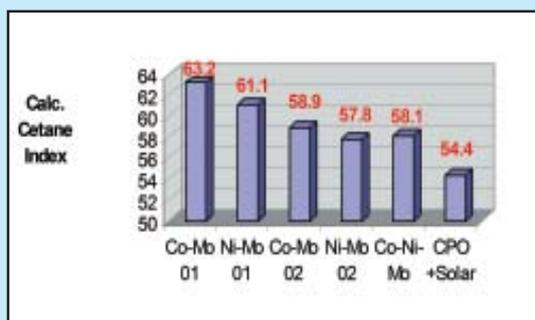
No.	Parameter	Green Diesel			CPO + Solar	Spec. Solar 48	Unit
		Co-Mo 02	Ni-Mo 02	Co-Ni-Mo			
1	Density	835.3	838.5	838.3	856.4	815 - 870	kg /m <sup>3</sup>
2	Calc. Cetane Index	58.9	57.8	58.1	54.4	> 45	
3	Kin. Viscosity	3.345	3.480	3.470	4.650	2.0 - 5.0	mm <sup>2</sup> /s
4	Pour Point	0	0	0	0	Max. 18	°C
5	Sulfur Content	0.0726	0.0490	0.0801	0.1655	< 0.35	%wt
6	TAN	0.0159	0.028	0.0614	18.114	< 0.6	mg KOH/gr
7	Distilasi 90%	408.6	413.5	408.9	581.0	< 360	°C
8	Flash Point	72.0	70.0	52.0	73.0	> 60	°C

Ni-Mo 02. Selain itu diuji juga dengan katalis Co-Ni-Mo.

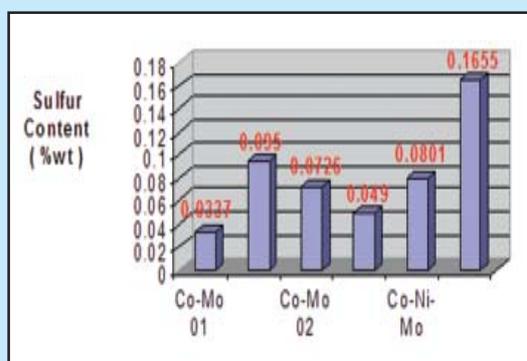
Hasil analisis menunjukkan bahwa *Density*, *Calculation Cetane Index*, *Kinematic Viscosity*, *Pour Point*, *Sulfur Content*, *Total Acid Number (TAN)* dan *Flash Point* dengan menggunakan katalis Co-

Mo 01 dan Ni-Mo 01; maupun Co-Mo 02 Ni-Mo 02 serta Co-Ni-Mo masih memenuhi spesifikasi Solar-48, hanya satu parameter yaitu Distilasi 90% yang lebih tinggi dari yang dipersyaratkan.

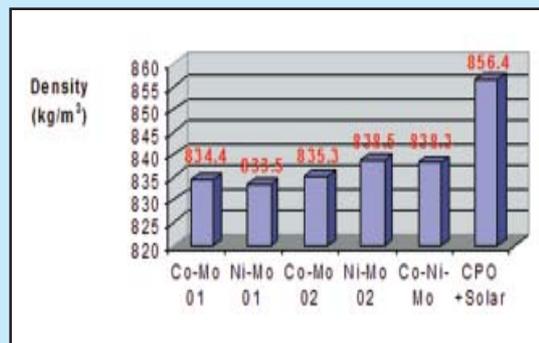
Gambar 5 menunjukkan nilai *Calculation Cetane Index* untuk umpan campuran CPO dan Solar sebesar 54,4. Penggunaan katalis Co-Mo-01 meningkatkan nilai *Calculation Cetane Index* paling tinggi menjadi sebesar 63,2. Begitu pula untuk *Sulfur Content* yang disajikan pada Gambar 6, menunjukkan penurunan yang paling baik dibandingkan dengan penggunaan katalis lainnya yaitu sampai dengan 0,0337 % wt. Sedangkan untuk Density penggunaan katalis Co-Mo-01; Ni-Mo-01 dan Co-Mo-02 memberikan penurunan yang relatif sama, dengan nilai Density berkisar antara 833,5 – 835,3 kg/m<sup>3</sup> (Gambar 7).



**Gambar 5**  
Perbandingan calculated cetane index produk green diesel terhadap umpan



**Gambar 6**  
Perbandingan kadar sulfur produk green diesel terhadap umpan



**Gambar 7**  
Perbandingan density produk green diesel terhadap umpan

## V. KESIMPULAN

Hasil penelitian dapat memberikan kesimpulan sebagai berikut:

1. Secara umum unjuk kerja katalis untuk produksi *green diesel* telah memberikan hasil yang memadai namun masih perlu dilakukan pengembangan terhadap komposisi atau struktur logam penyusun katalis agar dapat memperbaiki sifat titik akhir distilasi yang masih tinggi atau melebihi batas yang dipersyaratkan dalam bahan bakar mesin diesel.
2. Unjuk kerja katalis Co-Mo-01 meningkatkan nilai *Calculation Cetane Index* paling tinggi menjadi sebesar 63,2 dan memberikan penurunan *Sulfur Content* yang paling baik dibandingkan dengan penggunaan katalis lainnya yaitu sampai dengan 0,0337 % wt.
3. Penggunaan katalis Co-Mo-01; Ni-Mo-01 dan Co-Mo-02 memberikan penurunan *density* yang relatif sama, dengan nilai berkisar antara 833,5 – 835,3 kg/m<sup>3</sup>.
4. Kondisi pengujian dalam reaktor tipe *batch* (*autoclave*) telah cukup memadai untuk melakukan *screening* atau pemilihan katalis namun perlu dilakukan pula pengujian dalam reaktor tipe kontinu sebagai langkah *scale up* untuk mendekati kondisi aktual yang ada di industri.

## Ucapan Terima Kasih

Terima kasih kepada Saudari Dian Hestining Utami, ST., atas bantuan analisis percontohan, dan sumbang sarannya dalam penulisan makalah ini.

### KEPUSTAKAAN

1. Adam Karl Khan, 17 May 2002, Research into Biodiesel Kinetics & Catalyst Development.
2. Anderson, R.J, Bondart, M., 1983, "Science and Technology Catalyst", Vol 4 Berlin, Heidelberg, New York.
3. Dr. Ram Prasad, Petroleum Refining Technology; Khanna Publisher, 2-B, Nath Market, Nai Sarak, Delhi.
4. Fulton J.W, 1986, "Catalyst Engineering", Chemical Engineering February 17.
5. J.F. Le Page, 1987, Applied Heterogenous Catalyst, Design manufacture use of solid catalyst, Institute Francais du petrole.
6. J. Van Gerpen, B. Shanks, and R. pruszko, D. Clements, G. Knothe, 2004, Biodiesel Production Technology.
7. Kotera Y. et al., 1976 "The preparation of MoO<sub>3</sub>-CoO- Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> Catalyst and its characterization;
8. Linn R.A., 1963, "Hydrocarbon Process & Petroleum Refiner" 42 (9), September.
9. Nasution A.S 1980, "Hydrotreating", Lemigas , Jakarta. ✓