

Produksi Biodiesel Sistem Batch dan Uji Emisi pada Mesin Diesel

Suryanto^{1,a}

¹Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Ujung Pandang,

^aEmail: energypol@yahoo.co.uk

Abstract--The aim of this research is to get a model of bio-diesel making process which is suitable to support the local and national bio-diesel industries with a flexible and efficient design. Design engineering of the prototype bio-diesel reactor and its installation are based on transesterification method, batch system. Vegetable oil (palm oil) and methanol 99.8% were used as raw material while purified sodium hydroxide (NaOH) was used as the catalyst in the transesterification reaction. Nine samples have been tested on the pilot-plant. The best volume molar ratio between oil and alcohol which get the best quality of biodiesel product is about 10:1.5 until 10:2.0; with catalyst 0.6%. The biodiesel (product experiment) also has been tested particularly in the diesel single engine that was blended at 25% and 50% concentrations with petrodiesel. Starting and running engine was no problem and gas exhaust analysis also indicated good result. Gas CO and HC reduced significantly and this indicated that the use of bio-diesel may improve combustion process in diesel engine.

Keywords: Biodiesel, transesterification, batch process, gas exhaust.

Abstrak--Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mendapatkan model proses pembuatan bio-diesel yang cocok untuk mendukung industri bio-diesel lokal dan nasional dengan desain yang fleksibel dan efisien. Rekayasa desain prototipe reaktor bio-diesel dan pemasangannya didasarkan pada metode transesterifikasi, sistem batch. Minyak nabati (minyak sawit) dan metanol 99,8% digunakan sebagai bahan baku sementara natrium hidroksida (NaOH) yang dimurnikan digunakan sebagai katalis dalam reaksi transesterifikasi. Sembilan sampel telah diuji pada pilot-plant. Perbandingan molar volume terbaik antara minyak dan alkohol yang mendapatkan kualitas terbaik dari produk biodiesel adalah sekitar 10: 1,5 hingga 10: 2,0; dengan katalis 0,6%. Biodiesel (percobaan produk) juga telah diuji khususnya di mesin diesel tunggal yang dicampur pada konsentrasi 25% dan 50% dengan petrodiesel. Mulai dan menjalankan mesin tidak ada masalah dan analisis gas buang juga menunjukkan hasil yang baik. Gas CO dan HC berkurang secara signifikan dan ini menunjukkan bahwa penggunaan bio-diesel dapat meningkatkan proses pembakaran di mesin diesel.

Kata kunci: Biodiesel, transesterifikasi, proses batch, gas buang.

I. Pendahuluan

Indonesia yang dikategorikan sebagai Negara pengeksport minyak perlahan-lahan berubah posisinya menjadi pengimpor minyak dikarenakan volume produksi kita cenderung turun karena cadangan

semakin terbatas. Selama 2005, rata-rata volume produksi minyak turun sekitar 20% dibandingkan rata-rata tahun 2002, sementara volume pemakaian dalam negeri semakin meningkat.

Di Beijing China pada tanggal 16 November 2005, paska Catrina, diadakan konferensi energy terbarukan yang dihadiri oleh 78 negara, termasuk delegasi dari Indonesia. Hasil dari seminar Internasional tersebut adalah adanya kesepakatan untuk menaikkan skala pengembangan energy terbarukan dan penggunaannya, khususnya di Negara berkembang. Disetujui pula untuk melakukan tindakan nyata untuk meningkatkan investasi pada penelitian dan pengembangan (R&D) khususnya teknologi energy terbarukan [1].

Ada beberapa energi terbarukan yang potensial untuk dikembangkan penggunaannya. Salah satunya adalah bahan bakar biomassa khususnya biofuel. Biodiesel merupakan energy biomassa yang bahan bakunya (*Feedstock*) banyak terdapat di Indonesia seperti minyak kelapa, minyak sawit, minyak buah jarak dan minyak nabati lainnya. Pengembangan teknologi pengolahan biodiesel pada saat ini untuk menghasilkan produk yang berkualitas dan efisien terus dikembangkan. Demikian juga karakteristik dan efek penggunaan biodiesel terhadap performa dari berbagai mesin diesel (*compression ignition engine*) terus diteliti.

Uji laboratorium yang telah dilakukan sebelumnya diketahui bahwa untuk menghasilkan biodiesel dengan menggunakan metode transesterifikasi untuk batch proses terdapat beberapa factor yang menjadi parameter yang dapat mempengaruhi hasil kualitas biodiesel antara lain jenis *feedstock* yang digunakan, konsentrasi campuran bahan baku dengan campurannya, katalisator dan perlakuan panas. Dari uji laboratorium tersebut juga disimpulkan bahwa metode transesterifikasi cukup mudah dilakukan yang dituangkan kedalam diagram alir (*flowchart*) yang cukup sederhana sehingga dari kesimpulan awal tersebut telah dibuat draft desain

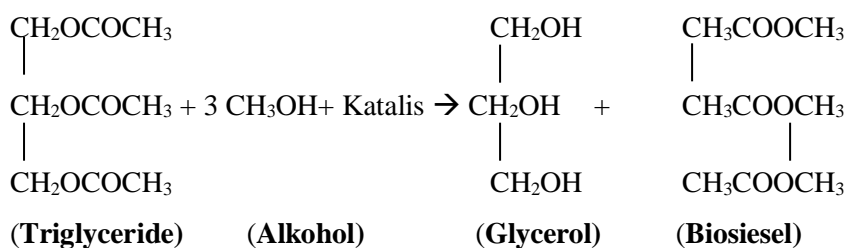
reaktor biodiesel dan instalasinya khusus yang dapat bekerja lebih efisien [2].

Tujuan penelitian ini adalah untuk merancang bangun (*design engineering*) prototype reaktor biodiesel beserta instalasinya bekerja lebih efisien dan fleksibel yang dapat digunakan sebagai media dalam pengujian dan pengembangan memproduksi biodiesel dari berbagai jenis minyak nabati yang potensial untuk dikembangkan di Indonesia. Diharapkan penyebaran teknologi ini pada berbagai daerah yang mempunyai jenis minyak nabati tertentu pada skala industri dengan mudah diaplikasikan.

Metode Transesterifikasi

Jenis proses untuk menghasilkan biodiesel standar yang banyak digunakan saat ini adalah metode transesterifikasi (*transesterification method*). Hal ini dikarenakan selain reaksi kimianya yang tidak

kompleks juga tidak membutuhkan banyak energy dalam operasionalnya. Metode transesterifikasi pada dasarnya adalah reaksi antara *triglyceride* dengan alcohol ditambah suatu kualitas. *Triglyceride* adalah merupakan formula yang umumnya terdapat pada minyak nabati, misalnya minyak goreng, minyak jarak, dan minyak nabati lainnya serta terdapat pada lemak hewani. Sementara jenis alcohol yang dapat digunakan antara lain methanol atau ethanol. Jenis katalis yang umum digunakan antara lain *Sodium Hidroksida (NaOH)* merefer kepeneliti sebelumnya [3, 4] dan *Potasium Hidroksida (KOH)*, merefer pada penelitian yang dilakukan oleh Kumartiwari et.al.2007 dan Rashid et.al, 2008 Adapun reaksi kimia metode transesterifikasi sebagai berikut [5];



Pada tahap terakhir dari reaksi terbentuk dua jenis produk yakni glycerin (*glycerol*) dan monoalkil-ester atau biasa dikenal sebagai biodiesel. Reaksi tersebut diatas dapat berlangsung pada kondisi sekitar temperature 65 derajat Celcius. Temperatur ini dipertahankan terus menerus pada range tersebut selama reaksi kimia itu berlangsung. Dari uji laboratorium yang sudah dilakukan, lamanya proses kimia itu berlangsung berkisar satu hingga dua jam untuk mencapai kondisi yang sempurna.

Pemisahan antara *glycerin/gliserol* dengan *monoalkil-ester* dilakukan dengan beberapa cara. Cara yang paling mudah adalah dengan membiarkan larutan tersebut pada selang waktu tertentu (2 sampai dengan 3 jam) untuk memisahkan dua jenis kelompok molekul secara alamiah karena adanya perbedaan density. Larutan *glycerol* akan menempati bagian bawah dari tangki pengendapan karena densitinya lebih besar sementara larutan biodiesel akan menempati lapisan bagian atas. Batas lapisan antara *glycerol* dan biodiesel akan nampak jelas karena *glycerol* berwarna coklat tua

dengan viskositas yang lebih tinggi sementara biodiesel warnanya lebih terang dengan viskositas yang lebih rendah. Pemisahan antara glycerol dengan biodiesel selanjutnya dapat dilakukan dengan menggunakan efek grafitasi dimana *glycerol* disalurkan kesuatu penampungan melalui suatu lubang pada sisi bagian bawah dari tangki pengendapan.

II. Metode Penelitian

Penelitian dilaksanakan di Politeknik Negeri Ujung Pandang, khususnya pada Bengkel produksi, Laboratorium Konversi Energi dan Laboratorium Teknik Kimia selama kurang lebih delapan bulan. Perancangan dan pembuatan didasarkan pada kapasitas produksi 25 liter metode transesterifikasi, system batch (batch process). Pada prinsipnya desain reaktor bacht terdiri dari suatu tangki yang dilengkapi suatu heater 500 Watt dan pompa pengaduk jenis sentrifugal. Reaktor juga dilengkapi dengan suatu termokopel sebagai sensor

kontrol temperature otomatis yang dihubungkan ke panel controller. Komponen pendukung lainnya terdiri dari tangki pengendapan, tangki pencampuran alkohol katalis dan tangki pencucian, pompa, instalasi pemipaan dan instalasi listrik. Pemanfaatan pompa sebagai mekanisme pengaduk sekaligus sebagai pendorong penyaluran material fluida pada tahapan proses pengendapan. Hal ini memungkinkan system dibuat lebih kompak dan lebih ekonomis ditinjau dari investasi awal.

A. Prosedur Pengoperasian

Bahan yang digunakan dalam pengujian awal ini adalah:

- Minyak kelapa sawit, dan minyak kelapa sebagai bahan baku utama.
- Methanol (CH₃OH), bahan campuran.
- Sodium hidroksida (NaOH) sebagai katalis.

Komposisi bahan baku dan bahan tambahan yang diuji seperti pada tabel 1a, tabel 1b dan tabel 1c. Produk yang dihasilkan dari beberapa komposisi kemudian diukur sifat-sifat fisiknya untuk melihat kualitas produk dengan mengambil setiap sampel. Parameter yang telah diuji laboratorium antara lain *density*, *flash point*, viskositas, dan kadar gliserol serta kadar air yang masih terkandung, seperti pada Tabel 2a, Tabel 2b, dan Tabel 2c, untuk melihat kualitas biodiesel yang dihasilkan.

Tabel 1a. Data Pengujian:

Kode Produk	Minyak Sawit (Liter)	Methanol (Liter)	Rasio Molar	Katalist (%) berat	Temp Rx(°C)	Waktu Rx(Jam)
A1	20	2	10:1,0	0,5	60-65	1,0
A2	20	3	10:1,5	0,5	60-65	1,0
A3	20	4	10:2,0	0,5	60-65	1,0

Tabel 1b. Data Pengujian:

Kode Produk	Minyak Sawit (Liter)	Methanol (Liter)	Rasio Molar	Katalist (%) berat	Temp Rx(°C)	Waktu Rx(Jam)
B1	20	2	10:1,0	0,6	60-65	1,0
B2	20	3	10:1,5	0,6	60-65	1,0
B3	20	4	10:2,0	0,6	60-65	1,0

Tabel 1c. Data Pengujian:

Kode Produk	Minyak Kelapa (Liter)	Methanol (Liter)	Rasio Molar	Katalist (%) berat	Temp Rx(°C)	Waktu Rx(Jam)
C1	20	3	10:1,5	0,5 %	60-65	1,0
C2	20	3,5	10:1,75	0,5 %	60-65	1,0
C3	20	4	10:2,0	0,5 %	60-65	1,0

III. Hasil dan Pembahasan

A. Hasil Pengujian Mutu Biodiesel

Unjuk kerja system dan evaluasi kualitas produk yang dihasilkan kemudian dianalisis untuk mengetahui sifat-sifat fisisnya di laboratorium.

Setelah melakukan pengujian laboratorium diperoleh hasil seperti pada Tabel 2a, Tabel 2b dan Tabel 2c, dibawah berikut ini;

Tabel 2a. Tabel hasil pengujian sifat fisis Biodiesel

Standar Spesifikasi (properties)	Kode Produk A1	Kode Produk A2	Kode Produk A3
Viskositas kinematik, mm/Sec, 40°C	22,214	5,475	4,442
Flash Point, °C	147	128	125
Density, kg/m ³ , 15°C	899	878	869
Water Content, mg/kg	1,16%	1,37 %	2,27
Glycerol Content, %/mass	0,94	0,47	1,38
% Produk biodiesel	85	89	88

Tabel 2b. Tabel hasil pengujian Sifat fisis Biodiesel

Standar Spesifikasi (properties)	Kode Produk B1	Kode Produk B2	Kode Produk B3
Viskositas kinematik, mm/Sec, 40°C	*)	4,734	4,117
Flash Point, °C		160	120
Density, kg/m ³ , 15°C		873	867
Water Content, mg/kg		3,39	1,21
Glycerol Content, %/mass		0,77	1,68
% Produk biodiesel		87,5	86

*) Terjadi kegagalan pada pengujian produk B1

Tabel 2c. Tabel hasil pengujian Sifat fisis Biodiesel

Standar Spesifikasi (properties)	Kode Produk C1	Kode Produk C2	Kode Produk C3
Viskositas kinematik, mm/Sec, 40°C	4,193	3,405	2,091
Flash Point, °C	122	130	122
Density, kg/m ³ , 15°C	883	876	872
Water Content, mg/kg	0,99	0,89	1,65
Glycerol Content, %/mass	2,94	1,42	3,36
% Produk biodiesel	83,5	85	84

Tabel 3. Standar Biodiesel, Indonesia (RSNI EB20551) dan Amerika (ASTM D6751) [6]

No	Standar spesifikasi properties	RSNI EB20551	ASTM D6751
1	Density (kg/m ³)	850 -890	860 – 900
2	Viscosity, 41 °C, (mm/sec)	2.3 – 6.0	1.9 – 6.0
3	Flash point, (°C)	Min 100	130
4	Glycerol content, (% mass)	< = 0.24	< = 0.24
5	Nilai Kalor (MJ/Kg)	N/A	N/A
7	Pour point, °C	18	0
8	Total Sulfur, %	< 0.01	< 0.05

B. Hasil Pengujian Produk Biodiesel pada Mesin Genset Diesel

Pengujian akhir dari riset ini adalah menguji produk biodiesel dari campuran berbagai kode produk yang dihasilkan (produk A2, A3, C1, C2 dan C3) pada mesin genset diesel satu silinder dengan mencampurkan bahan bakar minyak diesel fossil (petrodiesel) pada komposisi; campuran 25% dan campuran 50%. Campuran dengan konsentrasi 25%

biodiesel selanjutnya disebut B25 dan campuran 50% biodiesel disebut B50. Hasil yang diamati terbatas hanya pada kondisi gas buang dan kemampuan mesin untuk starting. Berikut data hasil pengujian gas buang dengan menggunakan campuran minyak biodiesel pada suatu mesin genset satu silinder.

Tabel 4. Kondisi Gas Buang: Campuran 25% Biodiesel (B25)

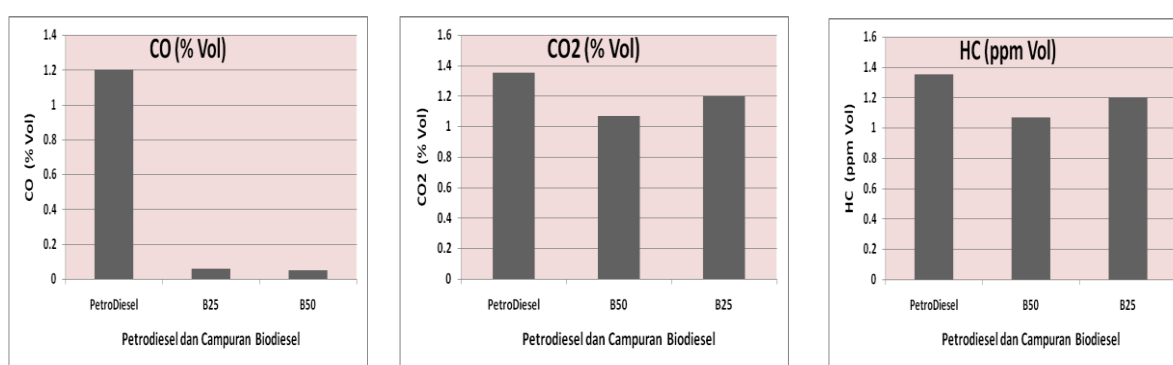
Putaran (rpm)	% Vol CO ₂	%Vol CO	Ppm in Vol HC	Starting & running engine
1000	1,1	0,06	718	Baik
1500	1,2	0,06	0	Baik
2500	1,3	0,06	324	Baik
Rata-rata	1,2	0,06	347.3	

Tabel 5. Kondisi Gas Buang : Campuran 50% Biodiesel (B50)

Putaran (rpm)	% Vol CO ₂	%Vol CO	ppm in Vol HC	Starting & running engine
1000	1,1	0,05	1229	Baik
1500	1,0	0,06	0	Baik
2500	1,1	0,05	737	Baik
Rata-rata	10,7	5.3	655.3	

Pada Gambar 1 memperlihatkan hasil komposisi gas buang yang dihasilkan pada pengujian bahan bakar petrodiesel, biodiesel B25 dan B50. Pengujian dilakukan pada mesin genset diesel satu

silinder. Kondisi gas buang diukur dengan menggunakan *exhaust analyzer Technotest type 488 Plus*.



Gambar 1. Perbandingan gas buang CO, HC, CO₂, menggunakan bahan bakar Petrodiesel dan Campuran Biodiesel B25 dan B50

C. Pembahasan Hasil produk biodiesel

Percobaan I:

Konsentrasi dengan rasio molaritas 10:1,0 (minyak nabati : alkohol) pada konsentrasi katalist 0,5% menghasilkan produk biodiesel yang kurang baik disbanding rasio molaritas 10:1,5 sampai dengan rasio molaritas 10:2,0. Kode produk A1, menunjukkan jenis sampel produk biodiesel yang didapatkan dari rasio molaritas 10:1,0 ; produk A2 dari rasio molaritas 10:1,5; produk A3 dari rasio molaritas 10:2,0. Dari ketiga produk biodiesel tersebut A1 adalah produk yang paling melenceng dari kualitas standar yang dipersyaratkan (standar Amerika dan standar Eropa untuk biodiesel, lihat Tabel 5). Nilai viskositas produk A1 seperti viskositas (22,214 mm/sec), flash point (147⁰C) dan densitinya (899 kg/m³) berada pada titik kondisi yang kurang dipersyaratkan jika dibandingkan dengan standar Amerika atau standar Indonesia untuk biodiesel. Dari segi visual, produk A1 terlihat kurang jernih (buram) jika dibanding produk A2 dan A3 yang warnanya kelihatan lebih jernih kuning kecoklatan.

Adapun produk A2 dan prouk A3, dari tinjauan beberapa parameter sifat-sifatnya menunjukkan bahwa mutunya cukup baik seperti viskositas kinematikanya, flash point, dan densitinya semuanya sudah masuk dalam standard. Walaupun tinjauan atas kandungan gliserol dan kadar air masih diluar standar namun hal in dapat diturunkan dengan melakukan proses pencucian kembali. Dari uji coba pertama ini dapat dikatakan bahwa konsentrasi yang direkomendasi untuk menghasilkan biodiesel yang standard mutunya baik secara umum berada pada rasio molaritas 10:1,5 sampai dengan 10:2,0 dengan konsentrasi katalist 0,5% berat.

Percobaan II:

Percobaan dilakukan kembali dengan menaikkan konsentrasi katalist menjadi 0,6% dengan rasio molaritas yang sama pada percobaan I. Dari Tabel 2b, menunjukkan bahwa produk B1 dianggap gagal karena produk yang terbentuk bagian terbesarnya terdiri dari gliserol (mendekati 90%), hal ini disebabkan oleh prosedur yang tidak sesuai,

sehingga mutunya tidak diukur. Produk B2, sifat viskositas kinematik, densitynya cukup bagus namun flash point terlalu tinggi. Adapun produk B3, sifat viskositas kinematik, flash point dan density serta warnanya yang jernih sangat baik karena semua sifat-sifatnya yang diukur sudah memenuhi standar, kecuali kadar gliserolnya yang masih tinggi namun hal tersebut perlu pencucian ulang untuk menurunkan kadar gliserol. Dari hasil pengujian mutu tersebut dapat dikatakan bahwa penambahan katalis menjadi 0,6% (sebelumnya pada percobaan I, 0,5%) untuk campuran minyak nabati (CPO) dengan alkohol pada molaritas tertentu cukup berpengaruh pada mutu biodiesel. Pada konsentrasi katalis 0,6% dengan rasio molaritas antara CPO alkohol 10:2, merupakan konsentrasi campuran yang baik untuk menghasilkan minyak biodiesel yang masuk standar atau bermutu baik.

Percobaan III:

Pada percobaan ketiga dengan bahan baku minyak kelapa diuji tiga sampel pada rasio molaritas seperti pada tabel 1c. dengan penggunaan katalis 0,5% dihasilkan produk biodiesel C1, C2 dan C3 seperti terlihat pada tabel 2c hasil pengujian. Dari ketiga sampel produk yang dihasilkan tersebut dapat dikatakan semuanya memenuhi syarat ditinjau pada hasil pengukuran sifat viskositas kinematik, flash point dan density. Dengan demikian dapat dikatakan penambahan komposisi alkohol diatas rasio molaritas 10:1,5 sampai dengan rasio molaritas 10:2,0 masih cukup baik walaupun tidak terlalu banyak berpengaruh terhadap sifat fisis biodiesel yang dikehendaki. Pada rasio 10:2,0 yang menghasilkan produk C3 viskositas kinematiknya sudah diluar dari yang dipersyaratkan, standar Indonesia minimum 2,3 dan standar Eropa 3,5 mm²/sec. Namun jika kita mengacu ke standar Amerika viskositas produk C3 masih dalam batas yang diperkenankan karena batas minimum yang diperbolehkan untuk standar Amerika adalah 1,9 mm²/sec.

Dari percobaan ke III ini, secara umum dapat dikatakan bahwa dengan konsentrasi 0,5% katalis ditambahkan campuran minyak kelapa dan alkohol pada rasio molaritas diatas 10:1,5 sampai dengan maksimum 10:2,0 menghasilkan biodiesel yang memenuhi standar.

D. Penggunaan produk Biodiesel pada Mesin Diesel

Pengujian produk biodiesel dilakukan untuk menjalankan mesin diesel satu silinder. Hasil pengujian menunjukkan secara nyata bahwa penggunaan campuran biodiesel pada mesin diesel sangat baik terutama sampai dengan konsentrasi campuran 50% (B50). Walaupun pengukuran belum dilakukan sampai dengan mengamati besarnya kinerja (performance) mesin, namun dengan melihat starting dan running engine serta pengukuran komposisi gas buang yang dipantau dengan menggunakan Gas Analyzer terlihat bahwa penggunaan minyak biodiesel menunjukkan bahwa:

Starting engine tidak ada masalah, demikian juga operasional (running) engine juga sangat baik. Pengujian dilakukan sampai sampai dengan dua jam untuk beberapa variasi putaran dan pemantauan atas bunyi dan kontinuitas runningnya berjalan normal sama dengan jika menggunakan minyak diesel konvensional (petrodiesel). Aroma gas buang yang tercium pada saat pengujian dengan menggunakan campuran minyak biodiesel menunjukkan bau yang khas. Hal ini terjadi pada pengujian komposisi biodiesel 25% (B25) dan 50% (B50).

Komposisi gas buang menunjukkan hal yang cukup positif. Tabel 4 dan Tabel 5, menunjukkan komposisi gas buang yang dapat dipantau pada putaran rendah 1000rpm, 1500rpm sampai dengan putaran tinggi 2500 rpm. Jika dibandingkan dengan komposisi gas buang dari minyak diesel konvensional terdapat penurunan rata-rata untuk molekul CO dari 1,2% menjadi 0,06% volume dan CO₂ dari 1,4% turun menjadi 1,2% volume, untuk molekul HC, turun dari nilai 1000 ppm menjadi 347 ppm volume, pada campuran 25% biodiesel. Demikian juga untuk campuran 50% biodiesel juga terjadi penurunan gas CO dari 1,2% menjadi 0,05% volume, CO₂ dari 1,4% menjadi 1,07% volume, dan HC dari 1000 turun ke 655 ppm volume. Perbandingan antara penggunaan minyak diesel konvensional dengan biodiesel terhadap komposisi gas buang secara rata-rata, jelasnya dapat dilihat pada Gambar 1.

IV. Kesimpulan

1. Hasil rancangan reaktor dan instalasinya cukup fleksibel sebagai media proses esterifikasi batch proses untuk menghasilkan minyak biodiesel yakni dengan menguji beberapa jenis bahan baku dari minyak nabati yang berbeda tanpa mengalami persoalan teknis.
2. Pompa yang difungsikan baik sebagai mekanisme pencampur pada reaktor maupun penyalur fluida dalam proses, memungkinkan sistem dapat bekerja efisien dan instalasinya lebih kompak.
3. Analisis gas buang dari pengujian produk biodiesel pada mesin diesel menunjukkan penurunan kadar CO dan HC yang cukup signifikan. Hal ini menunjukkan bahwa pencampuran biodiesel membantu pembakaran yang lebih baik pada mesin diesel dan mengindikasikan mutu biodiesel yang dihasilkan juga baik sesuai standard.

Daftar Pustaka

- [1] Refocus; Majalah ilmiah energi terbarukan, *Issue 172*
- [2] Suryanto, 2005, *How to Make Biodiesel*, Brief report, Overseas non degree training, Sustainable Energy Center, University of South Australia, Adelaide Australia
- [3] Meng X., Yang Y. Xu X. Zhang L., 2008, Biodiesel Production from Aleaginous Microorganisms, *Journal Rene. Energy* 04.014
- [4] Domingos A.K. Saad E.B., 2007, Optimization of ethanolysis of Ravanus Sativas Crude oil applying the response surface methodology, *Journal Biotech* 03.063
- [5] Schuchardt,U., Sercheli, R. & Vargas, R.M., 2006, *Transesterification of Vegetable Oils, Braazil Oils, Braazil*
- [6] US.Department of Agriculture and US. Department of Energy, 1998, *Life Cycle Inventory of Biodiesel and Petroleum Diesel for Use in an Urban Bus*, Final Report, USA.