

PRODUKSI BIODIESEL KAPUK RANDU DAN UJI UNJUK KERJA DI MESIN DIESEL

Production of Ceiba Petandra Biodiesel and Performance Testing in Diesel Engine

Seno Darmanto, Sri Utami Handayani, Margaretha Tuti Susanti, Windu Sediono
(Lemlit UNDIP Semarang)

ABSTRACT

This research is carried out to analyze the production of ceiba petandra biodiesel and performance examination in diesel engine. Production of ceiba petandra biodiesel is carried out with transesterification method and alkali catalyst. Transesterification reaction uses methanol and NaOH catalyst. The performance examination is carried out with engine test bed. Engine test bed consists of diesel engine, generator, load and instrumentation. Production of ceiba petandra biodiesel by transesterification method shows the conversion of ceiba petandra biodiesel reaches 90% in condition 50°C – 55°C and material composition consist of 80% of ceiba petandra oil, 20% of methanol and 2 gram NaOH per 100 ml methanol. The performance examination in engine test bed with biodiesel of ceiba petandra shows efficiency reach about 20% to mixture of biodiesel B5 and B10.

Keyword: *ceiba petandra, transesterification, biodiesel and efficiency.*

PENDAHULUAN

Pengalihan bahan bakar bersumber minyak bumi ke minyak biodiesel tidak dapat secara otomatis diaplikasikan pada mesin diesel. Perbedaan sifat (*properties*) kedua minyak bahan bakar tersebut mempengaruhi konstruksi sistem saluran bahan bakar dan pengaturan saat pembakaran (*injection timing*). Kekentalan minyak biodiesel lebih besar dari pada minyak diesel sehingga akan mempengaruhi laju aliran di sistem saluran bahan bakar dan formasi pengabutan bahan bakar oleh injektor. *Fash point* dan *pour point* kedua bahan bakar berbeda sehingga mempengaruhi pengaturan (*setting*) injeksi bahan bakar (*injection dan ignition timing*). Kedua bahan bakar mengandung pengotor (*impurities*) yang berlainan di mana bahan bakar biodiesel mengandung dan cenderung membentuk lilin (*paraffin*) pada temperatur rendah (kamar) sehingga

perlu treatment tertentu terhadap bahan bakar biodiesel untuk mencegah terbentuknya lilin di lapisan permukaan (Tyson, 2004). Bahan bakar biodiesel mudah mengeras (*aging*) dan mengalami oksidasi (*oxidation*) sehingga korosi di saluran bahan bakar mudah terjadi (Stombaugh at. all., 2006; Strawn, 1995). Bahan bakar biodiesel mempunyai masalah kestabilan (*stability*). Kestabilan bahan bakar merujuk pada 2 dua istilah yakni kestabilan dalam jangka panjang (*long-term stability or aging*) yang berhubungan erat dengan sifat oksidasi dan kestabilan yang berhubungan dengan temperatur/tekanan elevasi (*stability at elevated temperatures and/or pressures*) biasa dinamakan kestabilan termal (*thermal stability*) yang berhubungan dengan penurunan kualitas bahan bakar (*fuel degradation*) di sistem saluran terutama komponen injektor di mana efek lebih lanjut menyebabkan coking injeksi (*injector coking*) (Tyson, 2004).

Transesterifikasi secara kimia menggunakan proses katalis alkali cukup sukses dalam mengkonversi trigleserida ke minyak biodiesel (metylester). Meskipun reaksi transesterifikasi dengan katalis alkali menghasilkan tingkat konversi yang tinggi dan waktu reaksi yang cepat namun reaksi tersebut mempunyai **kekurangan** yakni energi besar (intensive), gliserin sulit dipulihkan (recovery), katalis dibuang dan perlu pengolahan, asam lemak bebas dan air bercampur dengan reaksi. Proses transesterifikasi dengan enzim cenderung mempunyai **kelebihan** dalam peningkatan kuantitas dan kualitas hasil konversi minyak nabati menjadi minyak biofuel/biodiesel. Keuntungan aplikasi katalis enzim lipase dibandingkan dengan katalis alkali dalam peningkatan kuantitas dan kualitas konversi minyak nabati ke biodiesel meliputi temperatur kerja lebih rendah (30°C – 40°C), tanpa busa, hasil konversi (methel ester) tinggi, bersifat murni (mudah/tanpa pemurnian), glycerol mudah dipulihkan (recovery) dan tidak terpengaruh kandungan air (Fukuda, at al, 2001; Hasan, 2006). Namun proses transesterifikasi secara enzimatic masih terfokus pada kajian ekonomis sehubungan pengadaan enzim lipase yang masih relative **mahal** (Fukuda, at al, 2001). Produksi enzim lipase secara **mandiri/asli (indigenous)** menjadi faktor penting untuk mendukung proses transesterifikasi secara enzimatik. Beberapa enzim lipase indigenous telah dibuat dan diaplikasikan untuk proses hidrolisis, esterifikasi dan tranesterifikasi secara enzimatik meliputi enzim ekstrak kecambah biji wijen (Suhendra, at al., 2002), dedak padi, *bromelin* (Susanti, 2004), *protease* (Susanti, 2003), *ragi tempe* (Susanti, 2000).

Pengujian bahan bakar biodiesel pada mesin diesel menunjukkan indikasi yang baik pada waktu-waktu awal namun

unjuk kerja akan mengalami penurunan setelah waktu berjalan agak lama. *Durability test* menunjukkan bahwa mesin akan gagal operasi secara awal ketika beroperasi dengan bahan bakar campuran yang mengandung minyak tumbuhan. Aplikasi bahan bakar petroleum yang dicampur dengan biodiesel di mana sifat bahan bakar petroleum cenderung membentuk endapan (deposit) dan sifat bahan bakar tumbuhan yang bisa melumasi (*lubrication ability*) menyebabkan endapan bisa lepas dan bergerak/berpindah dan efek lebih lanjut dapat menyumbat saluran bahan bakar dan saringan

Di sisi lain, efek samping yang ditimbulkan oleh polusi hasil pembakaran minyak bumi sangat beragam dari masalah pernapasan sampai pemanasan global. Masalah-masalah tersebut ditimbulkan oleh beberapa unsur yang terkandung dalam asap pembakaran antara lain : HC (hidrokarbon) yang dapat mengganggu pernafasan mahluk hidup, NOx (Oksida Nitrogen) yang dapat menimbulkan hujan asam, CO (Karbon Monoksida) yang bila dalam konsentrasi tinggi akan menyebabkan gagal nafas yang dapat menyebabkan kematian dalam beberapa menit, CO₂ (Karbon Dioksida) yang menyebabkan efek rumah kaca pada lapisan ozon yang menyebabkan pemanasan global, SO₂ (Belerang Dioksida) yang akan berubah menjadi SO₃ bila bercampur dengan udara yang menyebabkan hujan asam. Dengan menambahkan 1% bio diesel pada solar dapat mengurangi polusi sampai 60%, dan NOx sampai 20%. Bio diesel juga mengefisienkan pemakaian bahan bakar dan pelumasan mesin, sehingga jarak tempuh dan umur mesin lebih panjang .

Kajian properties minyak nabati menunjukkan bahwa minyak kelapa sebagai bahan bakar biodiesel menunjukkan nilai kalor yang setara

dengan solar yakni 19177 BTU/lbm dibanding dengan solar sebesar 19603 BTU/lbm. Selanjutnya untuk flash point, biodiesel kelapa menunjukkan 68°F jauh lebih rendah dari pada solar yang menunjukkan 144°F. Kemudian spesifik gravity untuk minyak biodiesel kelapa sebesar 0,9119 sedikit lebih tinggi dari pada solar sebesar 0,8478. Ada kecenderungan minyak biodiesel mempunyai kekentalan yang lebih tinggi dari pada solar. Pengujian kekentalan minyak biodiesel kelapa menunjukkan 11,2 cst (Darmanto at.al, 2007). Pengujian mesin diesel dengan bahan bakar minyak nabati dan minyak solar menunjukkan bahwa aplikasi minyak nabati akan menghasilkan efisiensi dan daya mesin yang lebih besar dibanding dengan minyak solar, karena suhu gas buang yang dihasilkan lebih rendah. Ada penurunan kualitas nilai kalor rata-rata 2% (Muryama, at. al., 2002; Grabosky at al, 1999). Namun demikian minyak nabati mempunyai angka cetane (cetane number) yang jauh lebih tinggi, hal ini akan menguntungkan karena diperoleh keterlambatan penyalaan (ignition delay) yang lebih pendek bila dibandingkan dengan minyak solar. Adanya keterlambatan penyalaan yang lebih pendek, daya yang dihasilkan menjadi besar dan efektif, maka performan mesin lebih optimum. Kemudian untuk pengujian minyak biodiesel kelapa dengan komposisi minyak biodiesel kelapa 5%, 10%, 15% dan 20% di mesin diesel menunjukkan bahwa efisiensi daya maksimum dicapai pada komposisi 15% minyak biodiesel kelapa (Darmanto at al, 2007). Perubahan power tidak signifikan pengaruhnya bahkan terjadi penurunan partikel smoke. Penelitian kinerja pompa injeksi menunjukkan bahwa pemakaian minyak nabati dicampur dengan bahan bakar solar akan diperoleh viskositas campuran relatif lebih tinggi

dibandingkan bahan bakar solar, dan didapatkan suhu emisi gas buang relatif lebih rendah, sehingga meningkatkan efisiensi. Angka viskositas yang tinggi menyebabkan beban kerja pompa bahan bakar menjadi lebih berat (Altin, at al., 2002).

Penelitian minyak nabati untuk bahan bakar pesawat terbang menunjukkan bahwa penggunaan minyak nabati pada turbin gas yang mempunyai nilai kalor lebih rendah (2-3%) dan tidak begitu berpengaruh terhadap unjuk kerja mesin. Dengan demikian minyak nabati memenuhi kriteria sebagai pengganti bahan bakar pesawat terbang, sedangkan emisi gas buang lebih rendah 10% bila dibandingkan dengan bahan bakar yang dipakai turbin gas dan tidak berpengaruh terhadap atmosfer (Kavouras, at al., 2000). Peneliti lain terhadap minyak nabati menunjukkan bahwa minyak nabati mempunyai nilai kalor lebih rendah dibanding minyak diesel atau solar, angka cetane yang tinggi, emisi gas buang CO dan HC lebih rendah, NOx lebih tinggi (Wang at.al, 1999). Emisi gas NOx paling rendah pada campuran B20 (20% biodiesel) untuk berbagai macam perbandingan udara dan bahan bakar (Krishna, 2002).

Pengujian viskositas minyak nabati yang telah dilakukan oleh beberapa peneliti menunjukkan bahwa viskositas minyak nabati lebih besar bila dibandingkan dengan minyak diesel. Viskositas berkisar antara (2.3 - 6) cst (Soerawidjaja., 2003) dan (2.6 - 4.8) cst (Juniartini, 1998). Uji komposisi campuran minyak kelapa sawit pada prosentasi 10 % - 30 % dengan solar menunjukkan kekentalan akan cenderung naik, flash point cenderung menurun dan caloric value relatif konstan terhadap sifat (properties) solar (Darmanto at al., 2005). Ceiba petandra oil murni dapat digunakan sebagai bahan bakar motor diesel, tetapi

dengan memodifikasi motor tersebut, antara lain pompa bahan bakar, filter, timing injection, heater (Cloin, 2004). Uji sifat fisik dan kimia (properties) minyak kelapa menunjukkan bahwa minyak kelapa mempunyai kekentalan yang lebih tinggi dari pada solar (11,2 cst lebih besar dari pada 3,69 cst (Singh, 2006)) dan flash point yang lebih rendah dari pada solar (68°F lebih rendah dari pada 144°F) (Darmanto at al, 2007). Pencampuran bahan bakar minyak diesel dengan 1 % coco biodiesel dan hasil uji emisi menunjukkan bahwa kadar emisi gas buang berkurang cukup signifikan. Ada potensi untuk mengaplikasi minyak goreng kelapa sawit bekas sebagai bahan bakar diesel. Minyak goreng bekas mengalami penurunan sifat (properties) sebagai minyak bahan bakar yakni keruh/kotor, sifat kekentalan naik setelah dingin (Sediono at al, 2005)

BAHAN DAN METODE

Bahan

Minyak kapuk randu

Minyak kapuk randu adalah sebagai bahan baku dari minyak bio-diesel.

Metanol

Sebagai bahan pereaksi untuk mengikat lemak yang terkandung dalam minyak kapuk randu sehingga terjadi endapan.

NaOH

NaOH berbentuk padat (kepingan) yang berfungsi sebagai katalis yaitu untuk mempercepat reaksi tetapi NaOH sendiri tidak ikut bereaksi. Apabila dalam campuran tersebut mengandung air maka akan terbentuk sabun.

Mekanisme pembuatan biodiesel kapuk randu terdiri dari penyaringan, menyiapkan sodium metoksit dan atau enzimatik, pemanasan dan pencampuran serta pengendapan dan pemisahan. Minyak kapuk randu yang masih kotor perlu disaring terlebih dahulu agar bersih dari kotoran. Kotoran biasanya berupa

serpihan kapuk randu hasil pamarutan yang ikut masuk kedalam minyak kapuk randu. Penyaringan yang dilakukan disini menggunakan alat yang cukup sederhana yaitu kain yang agak rapat dan bersih.

Jumlah methanol yang digunakan dalam penelitian sebesar 20 % dari jumlah minyak kapuk randu sedangkan NaOH yang digunakan 4 gram untuk satu liter minyak kapuk randu. NaOH sebanyak 2 gram disiapkan dan ditimbang dengan menggunakan timbangan elektrik (neraca ohaus), setelah itu dimasukkan kedalam labu takar. Siapkan methanol sebanyak 100 ml dengan menggunakan gelas ukur kemudian tuang kedalam labu takar yang sudah ada NaOHnya. Setelah NaOH dan methanol menjadi satu kemudian dikocok sampai mencampur rata.



Gambar. 1 Pembuatan sodium metoksida

Pertama-tama minyak kapuk randu dituang ke dalam bakker glass. Kemudian bakker glas ditaruh di atas stirer untuk dipanaskan sampai mencapai suhu 50° C. Tahap ini dilakukan untuk pemanasan awal dan untuk menguapkan uap air. Pemanasan tersebut kira-kira selama 5-10 menit tergantung dari penyetelan pemanasnya. Setelah suhu tersebut tercapai maka larutan sodium metoksida dituangkan kedalam minyak kapuk randu sambil diaduk sampai kedua larutan tersebut menyatu sehingga secara kasab mata tidak terjadi pemisahan larutan antara minyak kapuk randu dengan sodium metoksida. Pemanasan dan pengadukan secara merata dilakukan pada suhu $\pm 50^{\circ}\text{C}$ (45-55° C) selama satu

jam. Pada saat larutan sodium metoksid dituang kedalam minyak kapuk randu suhunya akan turun dari 50° C menjadi sekitar 45° C. Pada suhu ini dinaikkan sampai mencapai suhu 50° C campuran kelihatan keruh kemudian setelah suhu mencapai 50° C campuran akan kelihatan jernih.

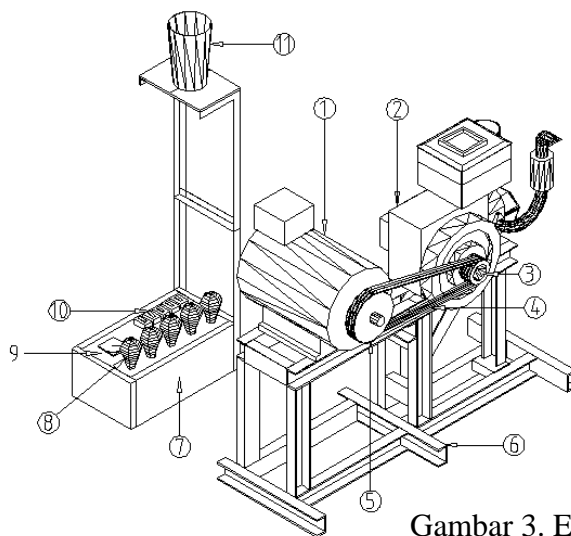


Gambar. 2 Pencampuran minyak kapuk randu dengan sodium metoksid

Setelah proses pemanasan dan pencampuran selesai kemudian campuran tersebut dimasukkan kedalam corong pemisah. Didalam corong pemisah campuran tersebut didiamkan selama 24 jam, lebih lama lebih baik. Setelah terjadi endapan kemudian proses pemisahan dimulai yaitu dengan mengambil endapannya terlebih dahulu kemudian cairan yang di atasnya, di mana cairan yang di atas berupa minyak bio-diesel (Pelly, 2005).

Peralatan

Peralatan pengujian unjuk kerja bahan bakar biodiesel kapuk randu menggunakan engine test bed.



Gambar 3. Engine test bed

Keterangan

1. Generator test (generator)
2. Engine test (mesin diesel)
3. Pulley mesin diesel
4. Sabuk V
5. Pulley generator
6. Engine stand
7. Instrument
8. Lampu

HASIL

Biodiesel kapuk randu secara prinsip di peroleh dari reaksi transesterifikasi. Reaksi transesterifikasi merupakan reaksi yang melibatkan methanol dan katalis asam atau basa. Pembuatan biodiesel kapuk randu dengan menggunakan katalis basa yakni NaOH. Hasil pembuatan biodiesel kapuk randu dengan beberapa komposisi ditunjukkan di tabel 1.

Tabel 1 Komposisi pembuatan biodiesel kapuk randu

Kondisi	Komposisi		
Minyak Nabati (ml)	400		
Methanol (ml)	100		
NaOH (gram)	2	3	4
Temperatur	55-60	55-60	55-60
Kecepatan aduk	5	5	5
Waktu (menit)	75	75	75
Metylester (ml)	450	470	250
Gliserin (ml)			50%
Prosentase metylester	90%	94%	50%

Pembuatan biodiesel kapuk randu dengan beberapa komposisi memberikan hasil atau konversi minyak kapuk randu ke biodiesel kapuk randu yang berbeda. Kondisi perlakuan selama pembuatan biodiesel diatur sama yakni temperatur $50^{\circ}\text{C} - 55^{\circ}\text{C}$, level kecepatan 5 dan waktu total 75 menit. Pengaturan temperatur menjadi perhatian serius mengingat minyak kapuk randu lama pemanasan dan setelah kondisi panas, temperatur sulit untuk dikontrol. Kemudian waktu pembuatan terbagi 15 menit pemanasan awal dan 60 menit proses reaksi transesterifikasi. Dan pembuatan 3 (tiga) komposisi biodiesel kapuk randu skala laboratorium ditunjukkan di tabel 1.

Pembuatan biodiesel kapuk randu dengan komposisi 400 minyak kapuk randu, 100 methanol dan 2 gram NaOH ($B_{(400,100,2)}$) memberikan hasil atau konversi minyak kapuk randu ke biodiesel kapuk randu relatif lebih rendah dan stabil. Kestabilan biodiesel didasarkan pada kondisi fisik bahan bakar yang relatif konstan pada berbagai kondisi cuaca. Komposisi $B_{(400,100,2)}$ memberikan kondisi relatif stabil dibanding dengan biodiesel kapuk randu dengan komposisi lain. Komposisi $B_{(400,100,2)}$ juga menghasilkan konversi biodiesel kapuk randu relatif tinggi yakni mencapai 90%. Dan untuk langkah kajian dan analisa lebih lanjut, biodiesel kapuk randu dengan komposisi $B_{(400,100,2)}$ dibuat lebih banyak untuk uji properties dan unjuk kerja di mesin diesel.



Gambar 4 Biodiesel kapuk randu dengan komposisi $B_{(400,100,2)}$

Rancang bangun engine test bed pada prinsipnya terdiri dari mesin diesel, generator, transmisi daya, instalasi beban dan alat ukur. Mesin diesel menggunakan motor diesel kubota. Motor diesel kubota merupakan unit alat pengujian utama dalam menganalisa karakteristik motor diesel dengan bahan bakar solar dan biodiesel. Spesifikasi motor diesel selengkapnya sebagai berikut :

Jenis mesin: Diesel Kubota

- Type : RD 85 DI
- Jumlah dan susunan : 1 silinder
silinder horisontal
- Mekanisme katup : OHV
- Isi silinder : 487 cc
- Klasifikasi mesin : Diesel 4 langkah
- Diameter silinder : 85,90 mm
- Diameter piston : 85,89mm
- Perbandingan kompresi : 18 :1
- Langkah piston : 84 mm
- Daya indikator : 8,5 HP/2200 rpm
- Daya efektif : 7,5 HP/2200 rpm
- Torsi maksimum : 3,080 kgm/
1800 rpm
- Sistem pembakaran : Direct Injection
- Jenis bahan bakar : Solar dengan
kualitas baik
- Jenis minyak pelumas : SAE 30
- Sistem pendingin : Hopper
- Isi air pendingin : 11 liter
- Isi tangki bahan bakar : 9,5 liter
- Isi minyak pelumas : 2,4 liter



Gambar 5. Mesin diesel

Generator merupakan alat yang digunakan untuk membangkitkan tegangan dan arus listrik sehingga akan

diketahui besarnya daya yang ditimbulkan. Dari alat uji ini dapat diketahui besarnya daya yang dikeluarkan

oleh motor diesel terhadap putaran dan beban generator yang bervariasi.



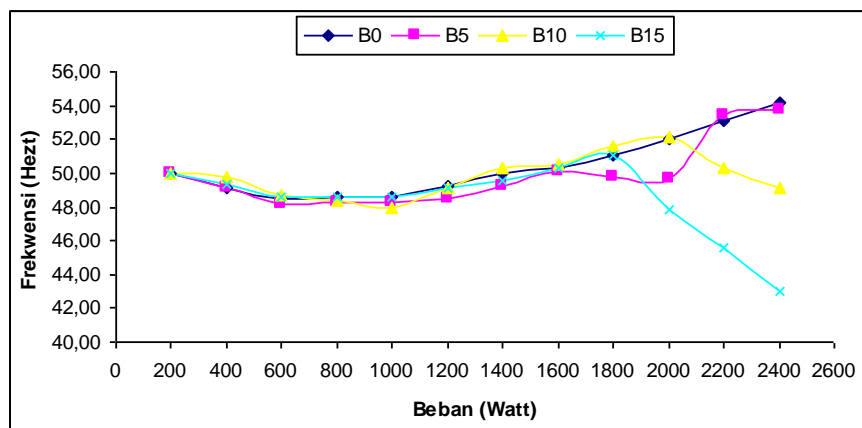
Gambar 6. Generator dan beban lampu

Generator yang dipakai dalam pengujian adalah Generator arus AC sinkron dengan spesifikasi sebagai berikut :

- Pabrik : Min Dong
- Model : Generator AC sinkron 1 phase
- Type : ST-5
- Voltage : 230

- Daya : 5000 watt
- Daya Input : 8,45 Ps
- Arus max : 21,5 Ampere
- Putaran : 1500 rpm
- Frekuensi : 50 hz
- Cos ϕ : 1
- Phase : 1

PEMBAHASAN



Gambar 7. Hubungan beban dengan frekuensi generator pada tegangan 220 volt

Hubungan antara beban dengan frekuensi generator untuk berbagai komposisi bahan bakar ditunjukkan di gambar 7. Berdasarkan gambar 8 tersebut menunjukkan bahwa frekuensi cenderung naik dengan kenaikan beban. Grafik fungsi beban dengan frekuensi generator di atas diambil pada tegangan tetap yaitu 220 volt. Kriteria tegangan 220 volt tersebut didasarkan pada persyaratan dari

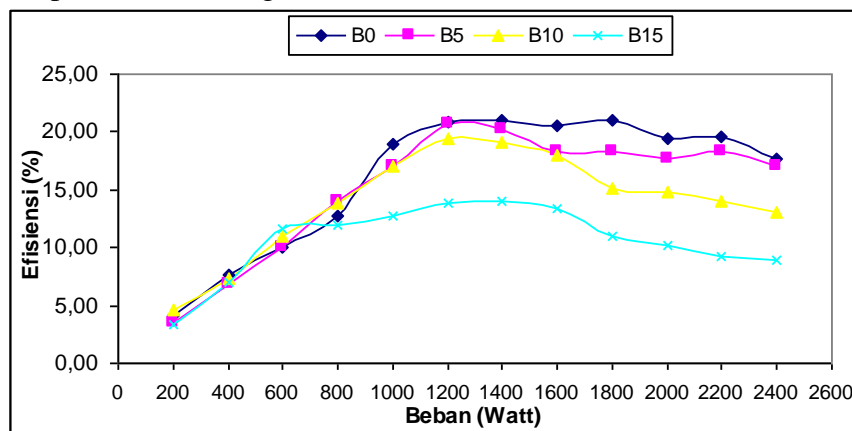
pembebanan alat-alat listrik/elektronik yang menggunakan tegangan 220 volt. Kenaikan pembebanan akan diikuti oleh kenaikan frekuensi. Pada saat awal menaikkan pembebanan lampu, voltase di generator akan menurun di bawah 220 volt. Dengan kriteria output tegangan di generator harus mencapai 220 volt, maka setting mesin diatur kembali dengan cara menaikkan konsumsi bahan bakar dan

udara bakar. Dalam praktek di lapangan, setting mesin ini dapat dilakukan secara manual ataupun otomatis yang tujuannya untuk menstabilkan putaran mesin, konsumsi bahan bakar dan konsumsi udara. Dengan putaran mesin dan generator (terutama) pada putaran standar (± 1450 rpm) maka output daya dengan tegangan 220 dan frekuensi ± 50 Hz akan dapat dicapai. Pembebanan lampu yang semakin bertambah akan membutuhkan penambahan energi (daya) yang berarti pula penambahan konsumsi bahan bakar.

Frekuensi kelistrikan di Indonesia dan frekuensi yang dipersyaratkan oleh peralatan elektrik berkisar antara 48-52 Hz. Berdasarkan kecenderungan grafik di gambar 7, kondisi/persyaratan yang dapat memenuhi keperluan peralatan listrik di Indonesia terjadi pada beban ± 200 watt - ± 1800 watt. Untuk bahan bakar B0, output daya mempunyai frekuensi di antara 48 Hz - 52.06 Hz pada beban/daya di antara ± 200 watt - ± 2000 watt. Sedangkan frekuensi idealnya (50 Hz) terjadi pada beban 1100-1600 watt. Untuk bahan bakar B5 frekuensi tertinggi yang masih bisa digunakan terjadi pada beban ± 2000 watt dengan frekuensi ideal (50 Hz) terjadi pada beban ± 1500 watt. Selanjutnya berdasarkan gambar 7, jenis bahan bakar biodiesel kelapa yang baik adalah B10, karena komposisi bahan bakar ini dapat mendukung untuk

pembebanan relatif besar dengan kondisi frekuensi yang diijinkan dan voltase 220 volt. Untuk bahan bakar B15, generator cenderung menghasilkan output daya dengan frekuensi di bawah kondisi standar.

Untuk hubungan antara beban dengan efisiensi menunjukkan bahwa bahwa kenaikan beban akan diikuti oleh kenaikan efisiensi dan kemudian pada beban tertentu efisiensinya menurun meskipun beban dinaikkan. Hubungan antara beban dengan efisiensi secara visual ditunjukkan di gambar 8. Berdasarkan gambar 8 menunjukkan bahwa bahan bakar B0 mempunyai efisien rata-rata paling baik bila dibanding dengan yang lainnya. Efisiensi B0 akan optimum pada pembebanan 1.000 watt – 1800 watt dengan efisiensi ± 20 %. Ada dugaan efisiensi yang tinggi lebih banyak dipengaruhi oleh properties (kekentalan, nilai kalor, flash point dan sebagainya) bahan bakar B0 yang lebih baik sehingga pembakaran terjadi pada kondisi optimal. Pada beban 2200 watt terlihat bahwa efisiensi cenderung menurun untuk bahan bakar B0. Mesin diesel yang digunakan untuk pengujian merupakan mesin standar dan pengaturan pengapain standar sehingga hal ini akan wajar jika efisiensi terbaik pada bahan bakar B0



Gambar.8. Hubungan beban dengan efisiensi η pada tegangan 220 volt

Selanjutnya berdasarkan gambar 8 untuk bahan bakar biodiesel B5 dan B10 menunjukkan bahwa efisiensi relatif mendekati efisiensi untuk bahan bakar B0 untuk pembebanan 800 watt – 1400 watt. Efisiensi tertinggi terjadi pada beban 1200 watt. Efisiensi rata-rata optimum terjadi pada pembebanan 1000 watt – 1400 watt dengan efisiensi rata-rata $\pm 19\%$. Pada beban di atas 1400 watt terlihat bahwa efisiensi cenderung menurun meski beban dinaikkan.

Untuk bahan bakar B15 menunjukkan bahwa efisiensi berfluktuasi terhadap kenaikan pembebanan dan cenderung rendah. Efisiensi tertinggi terjadi pada beban 1.000 watt – 1600 watt. Efisiensi rata-rata optimum pada pembebanan 600 watt – 1.600 watt dengan efisiensi rata-rata $\pm 14\%$. Pada beban 1.600 watt terlihat bahwa efisiensi cenderung menurun meski beban dinaikkan.

Tabel 2 Konversi minyak biodiesel kapuk randu komposisi 1 (400,100,2)

Kondisi	Komposisi 1
Minyak Nabati (ml)	400
Methanol (ml)	100
NaOH (gram)	2
Temperatur	55-60
Kecepatan aduk	5
Waktu (menit)	75
Metylester (ml)	450
Gliserin (ml)	
Prosentase metylester	90%

Analisa Kebutuhan Dan Harga

Kajian dan analisa ekonomi bahan bakar biodiesel didasarkan oleh beberapa faktor meliputi biaya yang dibutuhkan untuk memproduksi bahan bakar biodiesel kapuk randu, potensi konversi minyak kapuk randu ke minyak biodiesel kapuk randu dan potensi harga di pasaran. Biaya produksi dipengaruhi oleh biaya

komponen biodiesel kelapa meliputi minyak kapuk randu, methanol, katalis dan biaya energi. Berdasarkan tabel 2, potensi konversi minyak biodiesel dapat mencapai 90% untuk komposisi 400, 100, 2. Selanjutnya potensi pasar solar/diesel industri (non subsidi) hingga sekarang mencapai Rp. 6.000.

Harga minyak kapuk randu saat pembelian mencapai Rp 10.000,- per liter. Dan untuk 0,5 lt atau 500 ml mempunyai harga Rp 5000,-. Harga NaOH saat pembelian mencapai Rp 250.000,- per kg. Selanjutnya untuk 1 gr NaOH mempunyai harga Rp 250,- atau 2 gr NaOH mempunyai nilai Rp 500,-. Selanjutnya harga methanol teknis mencapai Rp 8.000,- per lt. Harga 1 ml methanol adalah Rp 8,- atau 100 ml methanol mempunyai nilai Rp 800,-. Berdasarkan harga komponen di atas maka harga dasar 1 (satu) liter biodiesel mencapai Rp. 10.600,- (Rp 8.000,- + Rp. 1000 ,+ Rp 1600,- = Rp 10.600,-).

Untuk pembuatan minyak kapuk randu hasil pengepresan/pemerasan langsung, harga dapat ditekan menjadi Rp 5.000,- atau di bawah Rp 5.000,-. Untuk harga minyak kapuk randu Rp 5.000,- maka biaya 1 liter biodiesel hanya Rp. 6.600 (Rp 4000 + Rp. 1000 + Rp 1600 = Rp 6.600). Biaya energi dapat diestimasi sekitar 15% - 20% biaya total atau sekitar Rp 990,- – Rp. 1300,-. Sehingga potensi harga biodiesel kapuk randu di pasaran dapat mencapai Rp. 7.590, - Rp 7.900,-. Untuk pengolahan biji kapuk randu dengan peralatan yang efisien, harga minyak kapuk randu dapat ditekan di bawah Rp. 5.000,-. Ini memungkinkan mengingat biji kapuk randu merupakan limbah di industri kapas kapuk randu. Selanjutnya proses pemisahan minyak kapuk randu dari biji (kulit dan isinya) dapat dilakukan dengan peralatan pres hidrolik. Pemisahan minyak kapuk randu dengan air dan pengotor dapat dilakukan

dengan saringan dan pemanasan pada temperatur 100°C. Minyak kapuk randu mentah dapat diperoleh dengan peralatan dan teknologi sederhana sehingga harga dasar di pasaran seharusnya murah.

KESIMPULAN

1. Minyak biodiesel kapuk randu diperoleh dari minyak kapuk randu yang direaksikan dengan methanol serta katalis NaOH yang menghasilkan methyester (biodiesel) dan gliserin.
2. Keberhasilan proses pembuatan biodiesel dipengaruhi oleh putaran pengadukan, temperatur pemanasan dan kadar katalis serta kandungan air ketika pembuatan sodium metoksid. Temperatur raksi diatur 50°C – 55°C. Konversi biodiesel kapuk randu akan optimum pada komposisi 80% minyak kapuk randu, 20% methanol dan 2 gram NaOH tiap 100 ml methanol.

3. Frekwensi kerja bahan bakar biodiesel kapuk randu cenderung lebih rendah dari pada frekwensi kerja bahan bakar solar pada kondisi beban yang sama.
4. Pengujian bahan bakar di engine test menunjukkan bahwa bahan bakar biodiesel kapuk randu B5 (komposisi 5% biodiesel kapuk randu dan 95% solar) mempunyai efisiensi lebih dari pada B10 dan B15.
5. Uji teknis kelayakan (daya dan efisiensi) menunjukkan bahwa bahan bakar biodiesel B5 (komposisi 5% biodiesel kapuk randu dan 95% solar) dan B10 (komposisi 10% bio-diesel kapuk randu dan 90% solar) kapuk randu mempunyai potensi cukup besar untuk diaplikasikan sebagai bahan bakar alternatif/pengganti solar.
6. Analisa ekonomi biodiesel kapuk randu menunjukkan harga yang relatif kompetitif dengan solar atau bahan bakar diesel tanpa subsidi dana pemerintah.

DAFTAR PUSATAKA

- Altin, R.; Centikaya, S.; Yucesu. S., [2002] “*The Potensial of Using Vegetable Oil Fuel for Diesel Engines*”
- Cloin.J, 2005,”Coconuts Oil as Biofeul in Pasific Islands- Challanges & Opportunities”, South Pasific Geoscience Commision, hal 2 – 4.
- Darmanto, S, Handayani, S.U., dan Ireng S.A., 2006, “Analisa Sifat Fisik dan Kimia (Properties) Minyak Biodiesel Kelapa “, Majalah Traksi vol 4, no 2 , hal 62-68, Desember 2006, ISSN : 1693-3451.
- Darmanto, S. dan Handayani, S.U., 2006,” Analisa Unjuk Kerja Mesin Diesel Berbahan Bakar Biodiesel Kelapa”, Majalah Eksergi, Vol 3 , No. 1, Periode Januari 2007
- Darmanto, S., Handayani, S.U., Kusno, Septian dan Wisnu, 2006, “Analisa Sifat Fisik dan Kimia Minyak Kelapa untuk Pengembangan Bahan Bakar Alternatif “, Laporan Tugas Akhir Mahasiswa T. Mesin.
- Fukuda,H., Kondo, A., dan Noda, H., 2001,”Biodiesel Fuel Production by Transesterification Oil”, Journal Bioscience and Bioengineering Vo. 92 No. 5, 405-416
- Grabosky MS, dam McCormick R.L., [1999] “Combustion of Fats and Vegetable Oil Derived Fuels in Diesel Engine” Prog. Energy Comb. Sci. Vol 24 pp.125-164.

- Hasan, F, Shah, A.A. dan Hameed, A., 2006, "Industrial Application of Microbial Lipases" Microbial research Lab., Department of Biological, Quid-i-Azam University, Islamabad Pakistan
- Juniartini, A., [1996], "Pemanfaatan Asam Lemak dari Minyak Goreng Bekas Sebagai Bahan Bakar", Makalah lomba penelitian ilmiah mahasiswa.
- Kavouras, I., 2000, "Chemical Characterization of Emissions for Vegetable Oil Processing and Their Contribution to Aerosol Mass Using The Organism Molecular Makers Approach".
- Krishna, C . R. and Mc Donald, R. J., [2003], "Combustion Testing of a Biodiesel Fuel Blend".
- Murayama, T., Fujiwara, Y., Noto, T. 2002, "Evaluating Waste Vegetable Oil As a Diesel Fuel".
- Pelly, M., 2005, "Mike Pelly's biodiesel method"
- Singh.RK, Kumar A.Kiran,Sethi.S, 2006, "Preparation Of Karanja Oil Methyl Ester".
- Reed TB, Graboski MS, Gaur S [1992], "Biodiesel from Waste Vegetable Oil" International Pyrolysis Conference.
- Stombough, T., Czarena Crofchek dan Mike Montross, 2006, " *Biodiesel FAQ*", UK Cooperative Extension Service, Universitas of Kentucky, www.ca.uky.edu, hal 1-2.
- Strawn, N. dan Norm Hinman, 1995, *Biodiesel, Bio Facts*, National Renewable Energy Laboratory, US Department of Energy, hal 1-2.
- Susanti, M.T., 2004, "Bioekstraksi Minyak Dari Krim Santan Kelapa Oleh R. Oligosporus, L.Bulgarikus, Sacharomyces Cerevisiae, Icsi Tubuh Kepiting Darat Dan Enzim Bromelin, Seminar Nasional Penelitian Dosen Muda Studi Kajian Wanita Dan Social Keagamaan Jakarta 2004
- Susanti, M.T, 2003, "Optimasi Produksi Minyak Kelapa Dengan Proses Fermentasi Oleh R. Oligosporus, L Bulgaricus Dan Enzim Bromelin, Prosidingseminar Nasional Hasil Penelitian Unggulan, Lembaga Penelitian Undip 13 Maret 2003
- Susanti, M.T, 2003, Optimasi Produksi Minyak Kelapa Dengan Proses Fermentasi Oleh R. Oligosporus, L Bulgaricus Dan Enzim Protease", Seminar Nasional Hasil Penelitian Dosen Muda Perguruan Tinggi Dikti Nasional Cisarua Bogor 19-21 September 2002
- Susanti, M.T., 2000, "Optimasi Produksi Minyak Kelapa Dengan Proses Fermentasi Menggunakan Ragi Tempe", Prosidingseminar Nasional Peran Teknologi Tepat Guna Terhadap Pengembangan Iptek Dan SDM Dalam Rangka Menyongsong Otonomi Daerah Unibrow-Malang, 20-21 November 2000
- Soerawidjaja, T. H., 2003, Standar Tentatif Biodiesel Indonesia dan Metode-metode Pengujiannya", Disampaikan dalam Diskusi Forum Biodiesel Indonesia, Bandung, 11 Desember 2003.
- Suhendra, L., Tranggono dan Hidayat, C., 2002, "Aktifitas Hidrolisis dan Esterifikasi Lipase Ekstrak Kecambah biji Wijen (Sesamum Indium)", Jurusan Teknologi Pangan dan Hasil Pertanian Fak. Tek. Pertanian UGM Yogyakarta.
- Tyson, S., K, 2004, Biodiesel Handling and use Guidelines", National Renewable Energy Laboratory, U.S. Department of Commerce.

Sediono, W dan Seno Darmanto, 2005,
“Pemanfaatan Minyak Goreng
Kelapa Sawit Sebagai Bahan
Bakar Diesel “, Penelitian SPI
2004 Undip.

Wang, 1999, “Chaohuan Studies of
Thermal Polymerization of Oil
With a Differential Scanning
Calori Meter”