

# Pembuatan Biodiesel dari Minyak Nyamplung Menggunakan Pemanasan Gelombang Mikro

Fatih Ridho Muhammad, Safetyllah Jatranti, Lailatul Qadariyah dan Mahfud  
 Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)  
 Jl. Arief Rahman Hakim, Surabaya 60111 Indonesia  
 e-mail: mahfud@chem-eng.its.ac.id

**Abstrak**—Energi fosil yang selama ini menjadi tumpuan penduduk seluruh dunia, jumlahnya semakin menipis dari waktu ke waktu. Peran minyak bumi dalam penyediaan energi nasional pun masih dominan. Sekitar 53% kebutuhan energi nasional dipenuhi dari minyak bumi. Oleh karena itu, pencarian energi alternatif pengganti minyak bumi harus dikembangkan, salah satunya biodiesel. Penggunaan *microwave* sebagai sumber energi pembuatan biodiesel dapat mempercepat waktu reaksi. Sehingga *microwave* dipandang lebih efisien. Biji nyamplung (*Calophyllum inophyllum*) memiliki kandungan minyak sebesar 60,1% berat. Dengan kandungan minyak sebesar ini maka biji nyamplung memiliki potensi yang besar bila digunakan sebagai bahan baku pembuatan biodiesel. Nyamplung tersebar luas di pantai-pantai Indonesia. Tujuan penelitian ini adalah untuk mensintesa biodiesel dari minyak mentah nyamplung (*Calophyllum inophyllum*) dengan proses trans-esterifikasi dengan menggunakan *microwave*, mempelajari daya optimal dalam pembuatan biodiesel, mempelajari jumlah katalis yang dibutuhkan untuk mendapatkan biodiesel yang paling baik, mempelajari yield biodiesel yang dihasilkan serta mempelajari pengaruh penambahan ratio mol minyak-metanol terhadap kualitas biodiesel yang dihasilkan. Langkah awal pembuatan biodiesel nyamplung adalah proses degumming atau penghilangan impurities seperti getah, kemudian dilanjutkan dengan esterifikasi yang bertujuan untuk mengubah *free fatty acid* (FFA) menjadi metil ester. Setelah esterifikasi, larutan dititrasi dengan NaOH dan indicator pp hingga konsentrasi FFA menjadi < 2%. Kemudian masuk proses trans-esterifikasi yang merubah trigliserida dalam minyak menjadi metil ester dan gliserol. Proses selanjutnya adalah pemisahan biodiesel dan gliserol dan terakhir proses pencucian. Variabel percobaan adalah kadar katalis CaO 2, 3, 4, 5, dan 6% berat minyak. Ratio mol minyak-metanol 1:9 dan 1:12. Variabel terakhir adalah daya *microwave* sebesar 100W, 264W dan 400W. Dari hasil penelitian yang dilakukan, minyak nyamplung dapat digunakan sebagai bahan baku biodiesel, daya optimal proses pada 100 W, kadar katalis terbaik 4% (w/w) minyak nyamplung, yield biodiesel terbaik pada 0,94 serta ratio mol minyak-metanol yang optimal pada 1:9.

**Kata Kunci**—*Calophyllum inophyllum*, biodiesel, microwave, trans-esterifikasi, CaO.

## I. PENDAHULUAN

MINYAK bumi diperkirakan akan habis dalam 18 tahun. Penyebab dari masalah tersebut karena minyak bumi merupakan sumber daya alam yang tidak dapat diperbarui, sehingga untuk mendapatkannya kembali memerlukan waktu yang lama hingga ratusan juta tahun lamanya. Peran minyak

bumi dalam penyediaan energi nasional pun masih dominan. Sekitar 53% kebutuhan energi nasional dipenuhi dari minyak bumi. Jumlah tersebut tidak cukup dipenuhi dari produksi dalam negeri sehingga untuk memenuhinya negara harus mengimpor dari luar negeri. Walaupun masih mampu mengekspor minyak bumi, tetapi saja saat ini Indonesia menjadi *net oil importing country* [1].

Secara umum cadangan dan umur sumber energi *renewable* nasional adalah sebagai berikut:

Tabel 1. Cadangan dan Umur Sumber Energi Nasional [2]

Jenis Energi	Cadangan	Sisa Umur (Tahun)
Minyak Bumi	4,7 miliar barel	15
Gas Bumi	9,3 TSCF	35
Batu Bara	4,968 miliar ton	61

Mengantisipasi semakin berkurangnya cadangan dari minyak bumi, pemerintah Indonesia saat ini telah memulai memproduksi biodiesel sebagai bahan substansi BBM. Disebutkan dalam *blueprint* pengelolaan Energi Nasional (BP-PEN) 2005-2025, bahwa pemerintah telah menetapkan pemakaian biodiesel sebanyak 2% konsumsi solar pada tahun 2010, 3% pada tahun 2015 dan 5% pada tahun 2025. Selain itu, pemerintah juga menetapkan kebutuhan biodiesel mencapai 720.000 kiloliter pada tahun 2010 dan akan ditingkatkan menjadi 1,5 juta kiloliter pada tahun 2015 dan 4,7 juta kiloliter pada tahun 2025 [3].

Indonesia merupakan negara kepulauan dengan garis pantai terpanjang keempat di dunia. Sepanjang sekitar 95.000 km merupakan habitat penting bagi vegetasi mangrove dan biotanya. Sebuah survei tahun 2007 menunjukkan bahwa 20% dari garis pantai rusak, dan tanah aktif terancam oleh abrasi. Reboisasi penanaman vegetasi pantai dilakukan oleh pemerintah daerah. Salah satunya adalah *Calophyllum inophyllum*. Data dari PUSLITBANG Departemen kehutanan RI menyebutkan bahwa dari hasil citra satelit diseluruh pantai di setiap provinsi di Indonesia (2003) diduga memiliki tegakan alami nyamplung mencapai total luasan 480.000 Ha yang terdiri dari 255.300 Ha bertegakan alami nyamplung dan 225.400 Ha merupakan tanah kosong dan belukar yang potensial untuk penanaman nyamplung. Dari dugaan luasan tegakan alami yang ada tersebut, jika 10% saja merupakan

tegakan produktif dengan produktivitas minimal 50 kg perohon, maka dugaan total produksi sebesar 500 ribu ton yang setara dengan 255 juta liter biodiesel, 3,8 juta ton pupuk organik, 72 ribu ton pakan ternak, 18 ribu ton gliserin dan bahan oleokimia lainnya yang kesemuanya bernilai 5,02 triliyun rupiah. Dengan potensi sedemikian besar, maka nyamplung layak digunakan bahan baku pembuatan biodiesel [4].

Pemilihan sumber energi untuk proses produksi biodiesel sangatlah penting mengingat biodiesel sendiri merupakan suatu sumber energi baru sehingga proses pembuatannya harus mementingkan efektivitas penggunaan energi. Radiasi gelombang mikro adalah metode yang baik untuk mempercepat terjadinya reaksi dikarenakan energi langsung ditransfer ke reaktan sehingga proses transfer panas lebih efektif bila dibandingkan dengan pemanasan konvensional dan reaksi dapat selesai dalam waktu yang lebih pendek. Oleh karena itu, penggunaan *microwave* adalah metode terbaik untuk mengurangi waktu reaksi dan menghasilkan yield yang lebih besar pada produksi biodiesel [5].

Biodiesel yang didapatkan kemudian dibandingkan dengan standar kualitas biodiesel sesuai Standar Nasional Indonesia (SNI 04-7182-2006). Uji tersebut meliputi densitas, viskositas, *flash point*, *Cetane index* dan *yield* biodiesel. Diharapkan penelitian ini akan memberikan kontribusi yang cukup berarti bagi ilmu pengetahuan, khususnya di bidang energi, dalam hal pengembangan sumber energi alternatif dan dapat lebih dikembangkan lagi sehingga dapat diperoleh kualitas biodiesel yang lebih bagus dengan proses yang lebih mudah.

### I.1 Nyamplung (*Calophyllum inophyllum*)

Tanaman nyamplung adalah pohon yang termasuk kedalam famili *Clusiaceae*. Tanaman ini memiliki persebaran habitat di Afrika Timur, India, Asia Tenggara, Australia dan Pasifik Selatan. Tanaman ini tumbuh di area dengan curah hujan 1000-5000 mm pertahun pada ketinggian 0-200 m diatas permukaan laut. Tanaman nyamplung sangat potensial bila digunakan sebagai bahan baku pembuatan biodiesel dikarenakan kadar minyak yang tinggi pada biji (40-73 % (w/w)), minyak yang dapat dihasilkan sebesar 4680 kg/ha serta merupakan *non-edible oil* sehingga tidak bersaing dengan kebutuhan pangan [6].



Gambar 1. Biji Nyamplung (*Calophyllum inophyllum*) [7]

## I.2 Minyak Nyamplung

Minyak nyamplung adalah minyak hasil ekstraksi dari biji nyamplung menggunakan mesin pres, yang mana bisa dilakukan dengan dua macam mesin pres yaitu mesin pres hidrolik manual dan mesin pres ekstruder (sistem ulir). Minyak yang keluar dari mesin pres berwarna hitam/gelap karena mengandung kotoran dari kulit dan senyawa kimia seperti alkaloid, fosfatida, karotenoid, klorofil, dan lain lain. Agar minyak nyamplung dapat digunakan untuk proses selanjutnya dilakukan proses *degumming*.

Berikut ini merupakan komposisi minyak nyamplung :

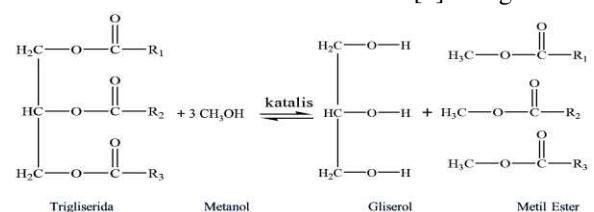
Tabel 2. Komposisi Minyak Nyamplung [4]

No.	Jenis Asam Lemak	Presentase (%)
1.	Asam lemak jenuh	29,41
	-Asam Palmitat (C16:0)	14,31
	-Asam Stearat (C18:0)	15,09
2.	Asam lemak tidak jenuh	70,32
	-Asam Palmitoleat (C16:1)	0,406
	-Asam Oleat (C18:1)	35,48
	-Asam Linoleat (C18:2)	33,87
	-Asam Linoleat (C18:3)	0,557

### I.3 Trans-Esterifikasi

Trans-esterifikasi adalah proses yang mereaksikan trigliserida dalam minyak nabati atau lemak hewani dengan alcohol rantai pendek seperti metanol atau etanol (pada saat ini sebagian besar produksi biodiesel menggunakan methanol dikarenakan lebih ekonomis) menghasilkan metil ester asam lemak (*Fatty Acids Methyl Esters/FAME*) atau biodiesel dan gliserol sebagai produk samping. Dimana untuk mendapatkan produk murni harus dipisahkan antara gliserol dengan metil esternya. Katalis yang digunakan secara umum biasanya dalam bentuk liquid karena selain pengontrolan yang lebih mudah, katalis dalam bentuk liquid pada umumnya membutuhkan panas reaksi yang lebih kecil daripada katalis solid. Akan tetapi katalis liquid membutuhkan pencucian dan separasi yang cukup kompleks. Katalis solid jarang digunakan dalam proses pembuatan biodiesel. Hal ini dikarenakan katalis padat membutuhkan panas reaksi yang lebih besar sehingga waktu reaksi sampai dicapai keadaan optimum membutuhkan waktu yang lebih lama. Keunggulan katalis solid tidak membutuhkan pencucian dan separasi katalis relatif jauh lebih mudah. Selain itu katalis padat bersifat thermostabil, dan jauh lebih murah. Katalis yang digunakan adalah basa atau alkali, biasanya NaOH atau KOH.

Persamaan reaksi trans-esterifikasi [8] sebagai berikut :



## II. URAIAN PENELITIAN

### A. Tahap Pre-treatment

Bahan baku yang dipakai adalah minyak nyamplung yang diperoleh dari daerah Cilacap Jawa Tengah. Minyak nyamplung adalah minyak dengan viskositas tinggi (54,28 cSt) serta memiliki kadar *free fatty acid* (FFA) tinggi, yakni 35,32%. Karena sifat dasar minyak tersebut, maka diperlukan beberapa *pre-treatment* sebelum tahap utama (trans-esterifikasi). Tahap *pre-treatment* ini terdiri dari *degumming* yang bertujuan untuk menghilangkan getah (gum) yang terdiri dari fosfatida, impurities dan protein dan tahap esterifikasi yang berfungsi untuk mengkonversi FFA menjadi metil ester dan air sehingga dapat dilanjutkan ke tahap trans-esterifikasi.

#### A.1 Tahap Degumming

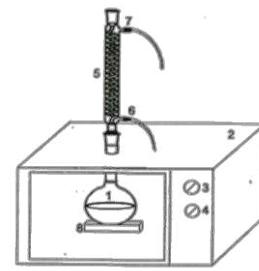
Tahap ini diawali dengan pemanasan minyak nyamplung pada suhu 80°C kemudian dilanjutkan dengan penambahan asam fosfat sebanyak 0,3% (w/w) minyak nyamplung disertai dengan pengadukan selama 15 menit. Kemudian dilakukan pencucian menggunakan aquades hangat (40°C) serta pemisahan didalam corong pemisah. Lapisan atas (minyak) kemudian dipanaskan dalam oven dengan suhu 105°C yang bertujuan untuk mengurangi kadar air dalam minyak.

#### A.2 Tahap Esterifikasi

Tahap ini memiliki tujuan untuk mengkonversi asam lemak bebas (FFA) yang terkandung dalam minyak nyamplung menjadi metil ester dan air. Kadar FFA ini harus diturunkan hingga < 2% agar dapat dilanjutkan ke tahap trans-esterifikasi. Tahap ini dimulai dengan mencampur minyak dengan methanol (ratio mol minyak-metanol 1:40) dan katalis H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> sebanyak 13% (v/v) didalam reaktor labu leher satu. Kemudian melakukan pemanasan didalam oven *microwave* selama 60 menit disertai pengadukan. Setelah melalui proses pemanasan, dilakukan pemisahan antara methanol, minyak dan katalis menggunakan corong pemisah, lapisan atas berupa methanol yang dapat dimurnikan lagi dan lapisan bawah adalah campuran minyak dan metil ester yang selanjutnya dilakukan pencucian dengan aquades hangat. Langkah terakhir adalah proses pemanasan dalam oven bersuhu 105°C dengan tujuan untuk mengurangi kadar air dalam minyak.

### B. Deskripsi Peralatan

Skema alat pada tahap trans-esterifikasi dengan pemanas *microwave* adalah sebagai berikut:



Gambar 2. Skema alat trans-esterifikasi

Keterangan alat :

- 1.) Reaktor labu leher satu 2). *Microwave* 3). Kontrol daya
- 4). Kontrol waktu 5). Kondensor refluks 6). Aliran air pendingin masuk 7). Aliran air pendingin keluar
- 8) *Magnetic stirrer*

### C. Prosedur Penelitian

Penelitian ini di mulai dengan melakukan pengadukan antara katalis CaO dengan methanol selama 30 menit. Kemudian memasukkan minyak nyamplung kedalam reactor dilanjutkan dengan pemanasan dalam oven *microwave* selama 60 menit. Kemudian dilanjutkan dengan pencucian dengan aquades hangat menggunakan corong pemisah. Minyak hasil cucian kemudian dilakukan proses sentrifugasi untuk memisahkan dengan katalis. Hasil sentrifugasi kemudian dipanaskan dalam oven dengan suhu 105°C untuk mengurangi kadar air. Variabel yang digunakan adalah kadar katalis (%(w/w)) : 2,3,4,5 dan 6; ratio mol minyak-metanol : 1:9 dan 1:12 serta daya *microwave* (W) : 100, 264 dan 400.

### D. Besaran yang Diukur

Besaran yang diukur meliputi berat jenis dengan menggunakan piknometer pada suhu 40°C, viskositas dengan dengan menggunakan viskometer ostwald pada suhu 40°C, *flash point*, *cetane index* dan *yield* yang dihitung berdasarkan pendekatan viskositas. Sebagaimana ditunjukkan dalam persamaan berikut ini :

$$Yield = \frac{\text{massa Biodiesel}}{\text{massa Minyak Nyamplung}}$$

$$Densitas sampel = \frac{\text{Massa Sampel}}{\text{Volume Sampel}}$$

## III. HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

### A. Degumming

Minyak nyamplung setelah mengalami proses degumming mengalami beberapa perubahan seperti yang direpresentasikan pada Tabel 3. Perubahan tersebut yakni penurunan viskositas

dan densitas serta perubahan warna. Perubahan ini terjadi karena adanya pemisahan gum dari minyak.

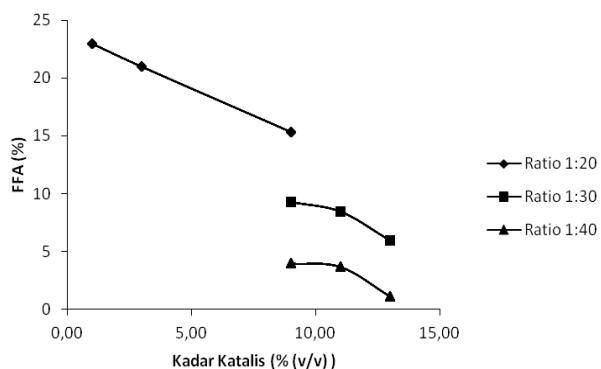
Tabel 3. Properti Minyak Nyamplung

Parameter	Sebelum Degumming	Setelah Degumming
Viskositas (40°C)/cSt	54,28	45,5
Densitas (gr/ml)	0,951	0,9337
Warna	Hijau kehitaman	Cokelat kemerahan

#### B. Esterifikasi

Dalam menentukan kondisi operasi esterifikasi yang optimal untuk mendapatkan minyak nyamplung dengan kadar FFA < 2% perlu diperhatikan beberapa hal, diantaranya ratio mol minyak-metanol, kadar katalis serta daya *microwave*. Hasil esterifikasi direpresentasikan dalam gambar 3 dimana daya yang digunakan adalah 100 W dikarenakan proses esterifikasi akan berjalan baik pada suhu yang tidak terlalu tinggi ( $\pm 60^{\circ}\text{C}$ ) sehingga dipilih daya terendah.

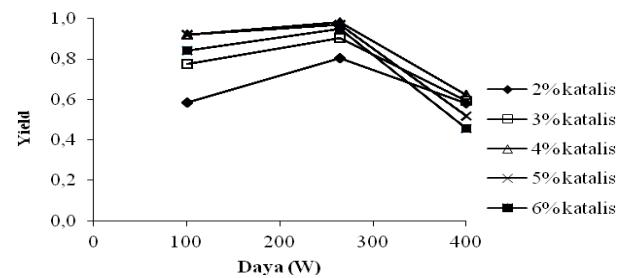
Dari gambar 3, dapat diketahui pola bahwa pengaruh ratio mol minyak-metanol memiliki pengaruh besar terhadap keberhasilan proses esterifikasi. Pada proses ini, dituntut agar dihasilkan kadar FFA minyak nyamplung < 2% sebelum memasuki proses trans-esterifikasi agar tidak mengalami penyabunan [8]. Penambahan katalis juga memberikan pengaruh yang signifikan terhadap kadar FFA akhir minyak nyamplung. Proses ini menggunakan daya tetap 100W karena diinginkan suhu operasi  $60^{\circ}\text{C}$  dan waktu reaksi 1 jam [6]. Dari hasil penelitian diatas dapat disimpulkan bahwa kondisi reaksi terbaik pada ratio mol minyak-metanol 1:40 dengan konsentrasi katalis  $\text{H}_2\text{SO}_4$  13%(v/v) dengan kadar FFA akhir 1,13% sehingga proses trans-esterifikasi dapat dilakukan. Pada tahap esterifikasi ini, kandungan trigliserida dalam minyak tidak mengalami reaksi menjadi metil ester dikarenakan pada akhir proses tidak terbentuk gliserol. Hal ini menunjukkan bahwa pada minyak dengan kadar FFA tinggi bila berada pada kondisi asam reaksi yang terjadi cenderung antara FFA dan metanol (esterifikasi) bukan antara trigliserida dan metanol (trans-esterifikasi).



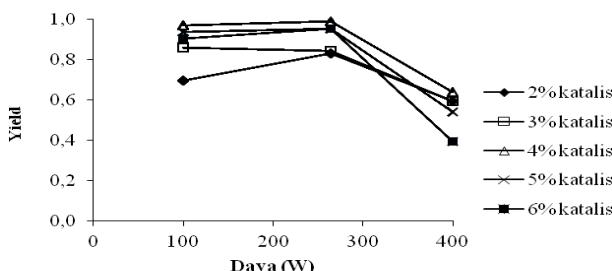
Gambar 3. Pengaruh ratio mol minyak-metanol dan kadar katalis terhadap kadar FFA akhir minyak

#### C. Trans-Esterifikasi

Tahap ini merupakan tahap utama dalam penelitian ini, dimana trigliserida yang merupakan komponen utama minyak dikonversi menjadi biodiesel dan gliserol. Gambar 4 dan 5 merepresentasikan pengaruh daya terhadap yield biodiesel pada kedua variabel ratio mol minyak-metanol. Dari kedua gambar tersebut, pola data yang terbentuk pada hubungan daya dan yield, pada daya 264 W terjadi kenaikan yield dari daya 100 W, sedangkan pada daya 400 W yield justru menurun. Penelitian Marnoto [9] tentang biodiesel dari minyak nyamplung dengan katalis kapur tohor dan spiritus memilih suhu  $60^{\circ}\text{C}$  sebagai kondisi operasinya. Sebagaimana dalam beberapa penelitian yang sudah ada, pada katalis basa, suhu yang terlalu tinggi justru akan menurunkan yield biodiesel karena adanya reaksi samping (saponifikasi). Pada penelitian ini dengan katalis padat (CaO) yang heterogen, namun karena adanya pengadukan mengakibatkan partikel CaO tersebar merata di reaktan dan kontak antar molekul selalu terjadi. Pada daya 400 W, reaktan menjadi lebih cepat panas dan metanol lebih sering menguap memenuhi kondensor refluks sehingga kontak antara metanol dan minyak pada daya 400 W lebih jarang dibandingkan dengan daya yang lebih rendah. Kenaikan daya dari 100 W ke 264 W pada ratio mol minyak-metanol 1:9, pada kadar katalis 2% (w/w) yield meningkat 37% (dari 0,58 ke 0,8), pada kadar katalis 3% (w/w) terjadi kenaikan yield sebesar 17% (dari 0,78 ke 0,9), pada kadar katalis 4% (w/w) yield meningkat 5% (dari 0,94 ke 0,98), pada kadar katalis 5% (w/w) yield meningkat 5% (dari 0,92 ke 0,97) dan pada kadar katalis 6% (w/w) yield meningkat 13% (dari 0,84 ke 0,95). Pada penentuan daya terbaik ditinjau dari yield biodiesel yang dihasilkan ada beberapa faktor yang diperhatikan, diantaranya kenaikan yield, nilai yield serta segi ekonomi. Pada kadar katalis 2% kenaikan daya memberikan peningkatan yield yang signifikan, namun yield masih rendah (0,8) untuk daya tinggi (264W). Pada daya rendah (100W) didapatkan yield terbaik pada variabel kadar katalis 4% (w/w) dan penambahan daya hingga 264W tidak meningkatkan yield secara signifikan sehingga dapat disimpulkan bahwa daya 100W lebih optimal daripada 264W.

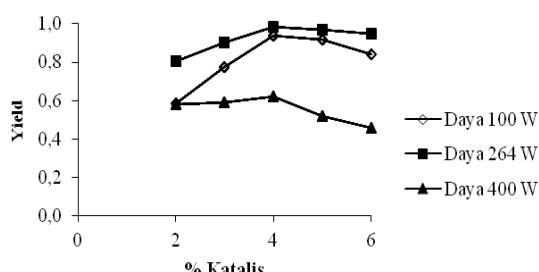


Gambar 4. Pengaruh daya *microwave* terhadap yield biodiesel pada ratio mol minyak-metanol 1:9

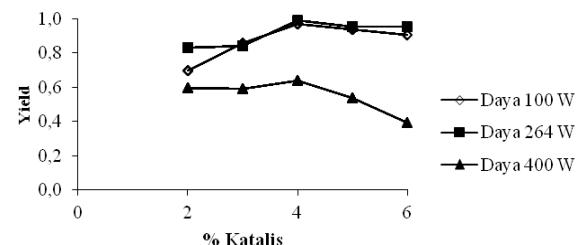


Gambar 5. Pengaruh daya *microwave* terhadap yield biodiesel pada ratio mol minyak-metanol 1:12

Selain daya *microwave*, kadar katalis juga perlu diperhatikan dalam penentuan kondisi operasi trans-esterifikasi yang optimal. Dari hasil penelitian ini yang direpresentasikan dalam gambar 6 dan 7, dapat diketahui pola yang sama untuk kedua variabel ratio mol minyak-metanol, yakni, dari kadar katalis 2% hingga 4% nilai yield meningkat. Penambahan kadar katalis 5% hingga 6% justru menurunkan yield. Pada variabel ratio mol minyak-metanol 1:9 dan daya 100 W, kenaikan kadar katalis dari 2% (w/w) ke 3% (w/w) meningkatkan yield 33% (dari 0,58 ke 0,78), kenaikan kadar katalis dari 3% (w/w) ke 4% (w/w) meningkatkan yield sebesar 21% (dari 0,78 ke 0,94), kenaikan kadar katalis dari 4% (w/w) ke 5% (w/w) justru menurunkan yield sebesar 2% (dari 0,94 ke 0,92) dan pada kenaikan kadar katalis dari 5% (w/w) ke 6% (w/w), yield menurun hingga 9% (dari 0,92 ke 0,84). Kenaikan yield yang paling signifikan terjadi pada kenaikan kadar katalis dari 2% (w/w) ke 3% (w/w), namun yield yang dihasilkan masih kecil. Pada kenaikan kadar katalis dari 3% (w/w) ke 4% (w/w) kenaikan yield cukup signifikan dengan yield yang besar begitu pula dengan semua variabel didapat yield terbesar pada kadar katalis 4% (w/w). Dari hasil penelitian ini dapat disimpulkan bahwa katalis CaO dengan kadar 4% (w/w) minyak adalah kadar katalis paling optimal. Hasil penelitian Ong [10] yang bertajuk perbandingan properti biodiesel dari tiga jenis minyak nabati yang salah satunya adalah minyak nyamplung dengan katalis basa NaOH menunjukkan bahwa kenaikan katalis juga menaikkan yield hingga suatu titik dimana penambahan katalis justru akan mengurangi yield. Hal tersebut dikarenakan pada konsentrasi katalis yang melebihi kadar optimum akan meningkatkan pembentukan sabun sehingga yield berkurang.

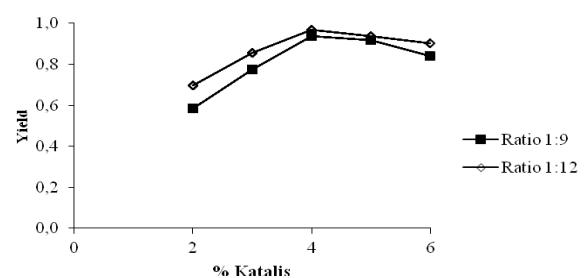


Gambar 6. Pengaruh kadar katalis terhadap yield biodiesel pada ratio mol minyak-metanol 1:9



Gambar 7. Pengaruh kadar katalis terhadap yield biodiesel pada ratio mol minyak-metanol 1:12

Dari Gambar 8 dapat dilihat bahwa penambahan ratio mol minyak-metanol dari 1:9 menjadi 1:12 tidak menghasilkan perubahan yang signifikan terhadap yield biodiesel. Pada yield terbaik pada kondisi operasi paling optimal penambahan ratio menaikkan yield hanya 3% saja (dari 0,94 ke 0,97). Dari data diatas dapat disimpulkan bahwa ratio mol minyak-metanol 1:9 lebih optimal dari 1:12.



Gambar 8. Pengaruh penambahan ratio mol minyak-metanol terhadap yield biodiesel pada daya *microwave* 100 W

Tabel 4 menunjukkan properti biodiesel/FAME dari minyak nyamplung pada variabel terbaik (kadar CaO 4%(w/w) minyak, daya 100 W dan ratio mol minyak-metanol 1:9). Dari tabel tersebut dapat diketahui bahwa viskositas kinematik, titik nyala (*flash point*) dan densitas memenuhi parameter SNI. Sedangkan *cetane index* acuan diambil berdasarkan keputusan Dirjen Migas tahun 2006 tentang spesifikasi bahan bakar solar 48 dikarenakan pada SNI tidak ada parameter *cetane index*. Mengacu pada peraturan ini, parameter *cetane index* dari biodiesel minyak nyamplung sudah memenuhi standar. *Cetane index* sendiri adalah taksiran terdekat dengan *cetane number*, sehingga nilainya dapat digunakan sebagai acuan.

Tabel 4. Properti Biodiesel (FAME) dari Minyak Nyamplung

Parameter	SNI 04-7182-2006	Produk Hasil Penelitian
Densitas (g/ml)	0,85-0,89	0,886
Viskositas kinematik pada 40°C (cSt)	2,3-6,0	4,545
<i>Cetane Number</i>	Min. 51	-
<i>Cetane Index</i>	Min. 45	46,95
<i>Flash Point</i> (°C)	Min. 100	>200

#### IV. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang kami peroleh maka dapat disimpulkan bahwa radiasi gelombang mikro (*microwave*) dengan katalis CaO dapat digunakan dalam proses pembuatan biodiesel dari minyak nyamplung. Kondisi operasi terbaik pada daya 100W, kadar katalis 4% (w/w) minyak serta ratio mol minyak-metanol 1:9. Yield terbaik yang dihasilkan adalah 0,94 (massa biodiesel/massa minyak nyamplung). Bila ditinjau dari SNI, viskositas kinematik produk sebesar 4,545 cSt sudah memenuhi. Parameter lain seperti densitas (0,886 g/ml), *cetane index* (46,95) dan *flash point* ( $>200^{\circ}\text{C}$ ) juga sudah memenuhi standar. Hal ini menunjukkan bahwa minyak nyamplung (*Calophyllum inophyllum*) adalah salah satu sumber daya yang potensial bila digunakan sebagai bahan baku biodiesel mengingat jumlahnya yang melimpah.

#### UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih kepada Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi, Departemen Pendidikan dan Kebudayaan Republik Indonesia, Ketua Jurusan Teknik Kimia ITS seta Kepala Laboratorium Proses Teknik Kimia ITS yang membantu terselenggaranya penelitian ini.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] Direktorat Jenderal Listrik dan Pemanfaatan Energi. 2006. “*Kebijakan Pemerintah dalam Pengembangan Bioenergi*”. Bandung : Seminar Salman Nature Expo II.
- [2] *Statistical Review of World Energi, June 2005.*
- [3] Perpres No. 5, 2006. “*Kebijakan Energi Nasional*”.
- [4] Hadi, A. dan Wahyudi. 2009. “*Pemanfaatan Minyak Biji Nyamplung (*Calophyllum inophyllum L.*) Sebagai Bahan Bakar Minyak Pengganti Solar*”. Jurnal Riset Daerah Vol. VIII no. 2
- [5] Motasemi, F. dan F.N. Ani. 2012. “*A Review on Microwave-Assisted Production of Biodiesel*”. Johor Bahru : Faculty of Mechanical Engineering, Universiti Teknologi Malaysia
- [6] Atabani, A.E., A.S. Silitonga, T.M.I. Mahlia, H.H. Masjuki dan I.A. Badrudin. 2011. “*Calophyllum inophyllum L. as a Potential Feedstock for Biodiesel Production*”. Department of Mechanical Engineering. Kuala Lumpur : Universiti of Malaya.
- [7] Friday, James B. 2007. “*Farm and Forestry Production and Marketing Profile for Tamanu (*Calophyllum inophyllum*)*”. Utah : The cooperative state research, education and extension service, US. Department of Agriculture, and Agricultural experiment Station, Utah State University.
- [8] Sudrajat, R., Sahirman, A. Suryani dan D. Setiawan. 2010. “*Proses Trans-Esterifikasi Pada Pembuatan Biodiesel Menggunakan Minyak Nyamplung (*Calophyllum inophyllum L.*) yang telah dilakukan Esterifikasi*”. Bogor : Pusat Litbang Hasil Hutan.
- [9] Marnoto, Tjukup dan E. Sulistyawati. 2010. “*Biodiesel dari Minyak Nyamplung (*Calophyllum inophyllum*) dan Spiritus dengan Katalisator Kapur Tohor*”. Yogyakarta : Universitas Pembangunan Nasional Veteran.
- [10] Ong, H.C., A.S. Silitonga, H.H. Masjuki, T.M.I. Mahlia, W.T. Chong dan M.H. Boosroh. 2013. “*Production and Comparative Fuel Properties of Biodiesel From Non-Edible Oils : *Jatropha curcas*, *Sterculia foetida* and *Ceiba pentandra**”. Kuala Lumpur : University of Malaya.