

Pengaruh Kondisi Operasi Ekstraksi Reaktif Gelombang Mikro Untuk Produksi Biodisel Dari Biji Kemiri Sunan Secara In Situ

Mohamad Endy Yulianto^{1*}, Rudi Firyanto², M.F. Sri Mulyaningsih², Sri Utami Handayani³ dan Rizka Amalia⁴

¹Jurusan Teknik Kimia Program Diploma, Universitas Diponegoro

Jl. Prof. Soedarto, Tembalang, Kota Semarang, Jawa Tengah 50275, Indonesia

²Jurusan Teknik Kimia Universitas 17 Agustus 1945 Semarang

Pandansari, Central Semarang, Semarang City, Central Java 50133, Indonesia

³Jurusan Teknik Mesin Program Diploma, Universitas Diponegoro

Jl. Prof. Soedarto, Tembalang, Kota Semarang, Jawa Tengah 50275, Indonesia

⁴Jurusan Teknik Batik Program Diploma, Politeknik Pusmanu Pekalongan

Jl. Jend. Sudirman No.18 C, RW.6, Podosugih, Kota Pekalongan, Jawa Tengah 51112, Indonesia

Email: endy_y@yahoo.com

Abstrak

Krisis energi berbasis bahan bakar fosil telah menjadi masalah global karena ketersediaannya sangat terbatas. Berbagai upaya telah dilakukan untuk mencari bahan bakar alternatif yang memiliki sifat dapat diperbaharui dan ramah lingkungan, diantaranya dengan penggunaan biofuel biodisel. Tujuan riset adalah mempelajari pengaruh variable proses ekstraksi reaktif gelombang mikro untuk produksi biodisel dari biji kemiri sunan. Kebaruan dan inovasi utama dari skema proses yang dikembangkan adalah pengambilan minyak kemiri sunan dan reaksi transesterifikasi terjadi pada satu tahap. Pengukuran data dilakukan di Laboratorium Bioenergi Teknik Kimia Sekolah Vokasi UNDIP dan Laboratorium Teknik Separasi Teknik Kimia UNTAG dan selama 4 bulan. Kegiatan yang dilaksanakan antara lain: (i) desain dan pabrikasi alat ekstraktor reaktif gelombang mikro kapasitas 5 liter/hari, dan (ii) studi pengaruh variabel proses ekstraksi reaktif untuk produksi biodisel. Variabel proses dalam ekstraksi dan metanolisis minyak kemiri sunan sebagai upaya dalam meningkatkan produktifitas dibagi menjadi dua, yaitu: variabel tetap dan variabel berubah. Penelitian telah dilaksanakan dengan berat biji kemiri sunan sebesar 250 gr dan dan dihaluskan. Variabel berubah menggunakan parameter suhu ekstraksi reaktif 50, 55, 60, dan 65 °C, dan perbandingan umpan metanol:biji kemiri sunan pada rasio 5:1, 4:1, 3:1, dan 2:1. Hasil kajian menunjukkan bahwa alat ekstraktor reaktif gelombang mikro untuk produksi biodisel dari biji kemiri sunan telah dipabrikasi secara baik. Semakin besar rasio metanol-biji kemiri sunan, konversi minyak kemiri sunan menjadi metil ester semakin meningkat. Peningkatan perolehan metil ester juga juga semakin besar seiring meningkatnya temperatur operasi ekstraksi reaktif.

Kata kunci: biji kemiri sunan, ekstraksi reaktif, gelombang mikro, minyak, biodisel

Abstract

The energy crisis based on fossil fuel has become a global problem because of its limited availability. Various attempts have been done to find another alternative fuels which have renewable characteristic and environmentally friendly, by using biofuel biodiesel. The aim of this research is to study the effect of process variable microwave reactive extraction to produce biodiesel from the "Sunan" seeds of candlenut. The main novelty and innovation of the developed process was extraction of Sunan candlenut oil and transesterification reaction occurs at one stage. Measurement was carried out in the Bioenergy Laboratory of Chemical Engineering Vocational School UNDIP and Separation Engineering Laboratory of Chemical Engineering UNTAG for 4 months. Activities carried out include: (i) designing and manufacturing reactive extractor microwave with

capacity 5 liters / day, and (ii) study of the effect of reactive extraction process variable for biodiesel production. Process variables of extraction and methanolysis from Sunan candlenut oil as an effort to increase productivity were divided into two types: independent and dependent variable. Research has been conducted by grinding Sunan seed weight of 250 grams. Variable changed using parameter of reactive extraction temperature 50, 55, 60, and 65 ° C, and the ratio of methanol feed: Sunan seeds at 5: 1, 4: 1, 3: 1 and 2: 1. The results show that the reactive extractor microwaves produce biodiesel from the Sunan seeds has been fabricated as well. The greater the ratio of methanol- Sunan seed, the bigger of Sunan oil conversion to methyl ester. Increasing methyl ester also getting bigger with increasing operating temperature of reactive extraction.

Keyword : sunan seed, reactive extraction, microwave, oil, biodiesel

PENDAHULUAN

Energi fosil khususnya minyak bumi, merupakan sumber energi utama dan sumber devisa negara. Namun demikian, cadangan minyak bumi yang dimiliki Indonesia jumlahnya terbatas. Sementara itu, kebutuhan manusia akan energi semakin meningkat sejalan dengan laju pertumbuhan ekonomi dan penambahan penduduk. Oleh karenanya berbagai upaya telah dilakukan untuk mencari bahan bakar alternatif yang memiliki sifat dapat diperbaharui (*renewable*) dan ramah lingkungan. Potensi energi yang terbaharukan antara lain tenaga matahari, panas bumi, angin, arus laut, tanaman penghasil minyak, dan lain-lain. Meskipun demikian, pemanfaatan energi yang bersumber dari tenaga matahari, angin dan arus laut mengalami kesulitan dalam hal penampungan (*storage*) khususnya untuk benda bergerak.

Minyak nabati merupakan salah satu hasil tanaman yang berpotensi sebagai sumber hidrokarbon atau sumber energi di Indonesia. Namun minyak tersebut tidak bisa digunakan secara langsung karena memiliki viskositas yang tinggi, angka cetan rendah, adanya asam lemak bebas, volatilitas rendah, adanya *gum* dan terbentuknya endapan yang tinggi bila digunakan sebagai bahan bakar secara langsung (Fangrui Ma, 1999). Oleh karenanya, harus diubah ke bentuk lain yaitu menjadi alkil ester (biodiesel).

Potensi pengembangan biodiesel di Indonesia cukup besar karena disamping sebagai penghasil CPO terbesar pertama di dunia, Indonesia juga memiliki banyak spesies tanaman yang minyaknya dapat digunakan sebagai bahan baku biodiesel (Soerawidjaja, 2006). Permasalahannya penggunaan *Crude Palm Oil*

(CPO) sebagai bahan baku biodiesel adalah terjadinya persaingan dengan produk pangan (Departemen Pertanian, 2006). Produksi biodiesel skala besar masih bermasalah, khususnya berkaitan dengan ketersediaan bahan baku dalam jumlah besar dan harga yang murah. Penggunaan minyak sawit sebagai bahan baku biodiesel terkendala karena berkompetisi dengan bahan pangan dan oleokimia lainnya.

Berkenaan dengan hal tersebut, sebagai upaya pencarian bahan baku lain berupa tanaman penghasil minyak nabati potensial untuk dikembangkan sebagai bahan baku pembuatan bahan bakar nabati yang prospektif salah satunya adalah penggunaan tanaman kemiri sunan (*Reutealis trisperma* (Blanco) Airy Shaw) sebagai tanaman penghasil minyak nabati. Tanaman ini telah tumbuh dengan baik di daerah Jawa pada ketinggian 0–1000 m dpl, mampu berproduksi tinggi, berumur panjang dengan kanopi daun lebar dan perakaran dalam, produktivitas tanaman dan rendemen minyak tinggi tidak hanya potensial sebagai penghasil minyak nabati tetapi dapat juga digunakan sebagai tanaman konservasi (Natakarmana, 2009). Bijinya yang beracun menjadikan tanaman ini tidak bersaing dengan pangan sebagai bahan baku pembuatan bahan bakar nabati. Oleh karenanya, minyak kemiri sunan lebih baik diubah ke bentuk oleokimia, seperti biodiesel.

Produksi biodiesel dari minyak nabati pada dasarnya adalah reaksi metanolisis, yaitu reaksi trigliserida dengan metanol dihasilkan metil ester asam lemak dan gliserol. Reaksi transesterifikasi ini merupakan reaksi bolak-balik (*reversible*), dengan alkohol dalam jumlah berlebih yang digunakan untuk menggeser kesetimbangan reaksi ke arah produk. Mekanisme kinetika reaksi proses

produksi biodisel meliputi trigliserida direduksi menjadi digliserida, dan direduksi menjadi monogliserida kemudian direduksi menjadi asam lemak ester dan gliserol (Noureddini, dkk., 2005, Firyanto, dkk., 2010).

Reaksi transesterifikasi berlangsung dengan menggunakan katalis asam (Furuta, *et al.*, 2004), alkali (Zhang, *et al.*, 2003^a, 2003^b, Gomez-Castroa, *et al.*, 2013), maupun biokatalis enzim (Nelson, *et al.*, 1996, Caro, *et al.*, 2000, Hama, *et al.*, 2004, Noureddini, *et al.*, 2005, Firyanto, dkk., 2011). Proses ini pada umumnya menggunakan tahapan ekstraksi minyak nabati sebagai bahan bakunya. Minyak nabati diproduksi dengan menggunakan press mekanik yang diikuti ekstraksi menggunakan pelarut untuk mengekstrak minyak yang tidak tercovery. Kelemahan mendasar proses tersebut adalah biayanya relatif mahal, sehingga biodisel yang dihasilkan kurang kompetitif untuk bersaing dengan bahan bakar solar (Firyanto, dkk., 2011). Untuk itu perlu pengembangan proses transesterifikasi in situ biji kemiri sunan dengan menggunakan ekstraksi reaktif (Harrington, *et al.*, 1985^a, Haas, *et al.*, 2004). Teknologi ini merupakan penggabungan dua alat proses menjadi satu tahap, yaitu ekstraksi minyak dan reaksi transesterifikasi. Integrasi proses ini dapat mereduksi biaya produksi biodisel (Harrington, *et al.*, 1985^b, Haas, *et al.*, 2004, Hincapie, *et al.*, 2011). Akan tetapi, ternyata yield ekstraksi minyak biji kemiri sunan dan konversi transesterifikasi secara *overall* kurang maksimal. Hal ini terjadi karena perpindahan massa pada ekstraksi dan laju transesterifikasi dengan pemanasan konvensional mengalami penurunan yang disebabkan oleh: menurunnya fleksibilitas molekul katalis seperti NaOH, instabilitas dan deaktivasi katalis.

Karakteristik katalis merupakan fenomena yang disebut dengan "*interfacial activation*" (aktivasi pada permukaan). Aktivitas katalis meningkat cepat ketika berada pada reaktan yaitu *interface* minyak-metanol. Fenomena tersebut disebabkan oleh karakteristik struktural katalis. Ekstraktor reaktif dengan pemanasan konvensional bergantung pada fenomena konveksi dan konduksi, serta perpindahan panas terjadi melalui gradien panas, akibatnya sebagian besar panas hilang ke lingkungan. Oleh karenanya pada temperatur rendah, sebagian minyak berada

dalam bentuk padat sehingga reaksi transesterifikasi menjadi sulit. Bila minyak berada dalam fasa padat, luas *interface* antara fasa minyak dan metanol menjadi kecil dan NaOH akan lebih sulit mengkatalisis reaksi.

Dengan hilangnya panas ke lingkungan, sebagian katalis NaOH mengalami deaktivasi. Stabilitas katalis ditentukan oleh konfigurasi tiga dimensi. Aktivasi pada permukaan katalis akan mengakibatkan perubahan bentuk disekitar sisi aktif, guna merespon kondisi pelarut. Hilangnya panas ke lingkungan mengakibatkan sisi aktif katalis kurang terekspos sehingga akses reaktan terhadap sisi aktif akan lebih sempit.

Untuk itu, perlu pengembangan ekstraktor reaktif termokimia gelombang mikro dalam satu tahap berupa tangki berpengaduk. Proses termokimia ekstraksi dan transesterifikasi menggunakan gelombang mikro memiliki keunggulan, diantaranya meningkatkan laju transesterifikasi melalui proses "*tuning-up*" terhadap mekanisme kinetika reaksi trigliserida menjadi alkil ester. Ekstraktor reaktif gelombang mikro akan meningkatkan laju perpindahan massa, sehingga yield minyak akan meningkat, selain mereduksi waktu ekstraksi dan reaksi.

Mekanisme pemanasan gelombang mikro yang unik, menyebabkan tidak ada panas yang hilang. Pemanasan menggunakan gelombang mikro berdasarkan tumbukan langsung dengan pelarut dan diatur oleh dua fenomena yang berlangsung simultan yaitu konduksi ionik dan rotasi dipol. Konduksi ionik mengacu pada migrasi elektrophoretik ion yang berpengaruh terhadap perubahan medan listrik. Resistansi yang ditimbulkan reaktan terhadap proses migrasi ion akan menghasilkan friksi dan dapat memanaskan reaktan. Rotasi dipol merupakan pengaturan kembali dipol molekul akibat medan listrik yang berubah cepat, sehingga proses pemanasan berlangsung cepat. Konsepnya, radiasi gelombang mikro akan melewati bahan yang diekstrak dan direaksikan dengan aktivasi katalis. Molekul-molekul tersebut akan menyerap energi elektromagnetik (pemanasan dielektrik). Molekul yang bersifat elektrik dipol (*electric dipoles*), memiliki muatan negatif dan positif pada masing-masing sisi. Kehadiran medan elektrik yang berubah-ubah dan diinduksikan melalui gelombang mikro mengakibatkan masing-masing

sisi akan berputar untuk saling mensejajarkan diri. Pergerakan molekul akan menciptakan panas seiring dengan timbulnya gesekan antar molekul. Energi panas yang dihasilkan tersebut berfungsi sebagai agen pemanasan bahan dalam ekstraksi minyak, aktivasi katalis dan menaikkan energi kinetik reaksi.

Keunggulan proses ekstraksi reaktif gelombang mikro untuk produksi biodisel diantaranya: (i) menggabungkan proses pemisahan minyak kemiri sunan dan reaksi transesterifikasi menjadi satu tahap proses, sehingga akan menghemat biaya investasi, (ii) mampu menggeser kesetimbangan fasa, karena produk ekstraksi dan reaktan metanol langsung bereaksi menjadi metil ester (sesuai azas Le Chatelier), sehingga yield ekstraksi dan konversi transesterifikasi akan meningkat, dan (iii) mereduksi waktu ekstraksi dan reaksi transesterifikasi jika dibandingkan proses konvensional, sehingga akan mereduksi biaya operasi produksi.

Persoalan krusial untuk produksi biodisel secara *in situ* melalui ekstraksi reaktif termokimia gelombang mikro adalah transesterifikasi terjadi secara langsung dari biji kemiri sunan, sehingga melibatkan tambahan fasa padat (mesokarp). Oleh karena itu, pengaruh komposisi metanol terhadap pengeluaran minyak dari mesokarp juga menentukan kecepatan transesterifikasi. Minyak kemiri sunan akan lebih mudah keluar dari fasa padat bila disekelilingnya adalah fasa organik (metanol), maka pengeluaran minyak dari fasa padat menjadi lebih mudah. Makin banyak minyak yang berhasil dikeluarkan, maka semakin banyak reaktan yang tersedia untuk reaksi. Jadi, konsentrasi metanol juga berpengaruh terhadap pengeluaran minyak kemiri sunan disamping meningkatkan luas *interface* antara kedua fasa melalui pembentukan emulsi. Emulsi harus sedemikian rupa sehingga menghasilkan luas permukaan yang besar. Selain itu, bagaimana mengoptimalkan kondisi proses supaya kemampuan spesifik katalis NaOH dalam menurunkan energi aktivasi transesterifikasi sehingga semua minyak kemiri sunan yang terdesorpsi akan termetanolisis membentuk metil ester, disamping mereduksi terseratnya fasa diluen ke fasa kontinyu. Oleh karenanya, kajian penelitian ini diarahkan pada pengembangan

ekstraktor reaktif gelombang mikro simultan untuk meningkatkan laju ekstraksi-transesterifikasi produksi biodisel, dan menentukan data-data teknis pengaruh variabel proses yang sangat penting peranannya sebelum diterapkan secara komersial.

METODOLOGI

Bahan Penelitian

Bahan utama penelitian ini adalah biji kemiri sunan, petroleum ether, metanol, katalis NaOH dan *metoxide*. Biji kemiri sunan diperoleh dari Stasiun Litbang Bahan Bakar Nabati Puslitbang Perkebunan DEPTAN. Bahan-bahan kimia membeli di CV. Bratachem Semarang.

Alat Penelitian

Alat utama penelitian berupa ekstraktor reaktif yang dilengkapi pemanas gelombang mikro. Rangkaian ekstraktor reaktif gelombang mikro yang digunakan untuk proses produksi biodisel tersaji pada Gambar 1. Sementara itu, alat pendukung yang dipakai pada penelitian ini adalah alat grinding untuk memecah biji kemiri sunan, *centrifuge*, tabung reaksi dan corong pemisah. Beberapa alat lain yang digunakan sebagai pendukung untuk keperluan analisa adalah: buret, dengan volume 10 ml dan skala 0,02, piknometer, dengan volume 5 ml, viskosimeter, erlenmeyer, dengan volume 250 ml, pipet volum, dengan volume 10 ml, beaker glass, dengan volume 500 ml dan 100 ml, pipet tetes, bomb calorimeter, dan pipa kapiler.

Desain dan Pabrikasi Prototipe Ekstraktor Gelombang Mikro

Perancangan dan pabrikasi alat ekstraktor gelombang mikro kapasitas 5 kg/hari telah dikerjakan di Workshop Teguh Jaya Ungaran selama 2 bulan. Ekstraktor yang telah dipabrikasi berupa ekstraktor MAE jenis vessel terbuka. Ekstraktor MAE berupa seperangkat alat oven jenis *mikrowave* yang akan dilengkapi dengan seperangkat ekmerupakan ekstraktor terdiri dari labu leher rendah dan kondensor. *Mikrowave* yang akan digunakan memiliki daya 800 W

dengan frekuensi iradiasi sebesar 2450 Mhz. Rangkaian alat ekstraktor reaktif gelombang mikro digunakan untuk produksi biodisel dari biji kemiri sunan tersaji pada Gambar 1. Untuk mengatasi masalah korosi, prototipe ini dibuat dari material *stainless stell* yang dilengkapi *sigh glass*.

Eksperimen

Eksperimen dilakukan untuk mendapatkan data-data yang berguna dalam pengukuran ekstraksi reaktif pada berbagai variabel proses. Data-data yang telah diukur digunakan sebagai alat untuk memvalidasi postulasi yang telah ditetapkan. Pengukuran data dilakukan di Laboratorium Bioenergi Teknik Kimia Sekolah Vokasi UNDIP dan Laboratorium Teknik Separasi Teknik Kimia UNTAG selama 4 bulan.

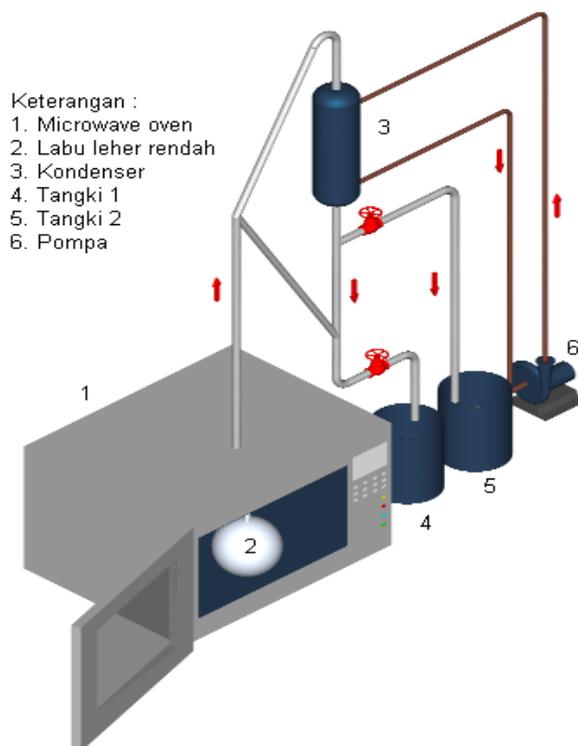
Variabel Proses

Variabel proses dalam ekstraksi dan metanolisis minyak kemiri sunan sebagai upaya dalam meningkatkan produktifitas dibagi menjadi dua, yaitu: variabel tetap dan variabel berubah. Penelitian ini telah dilaksanakan dengan berat biji kemiri sunan sebesar 250 gr dan dan dihaluskan.

Variabel berubah menggunakan parameter daya *mikrowave* ditetapkan pada rentang 150-300 W, suhu ekstraksi reaktif 50, 55, 60, dan 65 °C, dan perbandingan umpan metanol:biji kemiri sunan pada rasio 5:1, 4:1, 3:1, dan 2:1.

Cara Kerja

Biji kemiri sunan yang telah dikeringanginkan digrinding untuk diserbukkan. Umpan berupa serbuk biji kemiri sunan, katalis metoxide/NaOH sesuai rasio umpan, dan metanol konsentrasi tertentu (berfungsi sebagai pelarut ekstraksi dan reaktan transesterifikasi) yang telah dikondisikan pada temperatur tertentu, dengan perbandingan tertentu pula, dimasukkan ke dalam ekstraktor reaktif gelombang mikro. Sebelum umpan dan metanol dimasukkan ke dalam ekstraktor, ekstraktor juga dikondisikan pada temperatur yang diinginkan. Sebuk biji kemiri sunan sebanyak 250 gram dimasukkan kedalam ekstraktor reaktif, dan ditambahkan metanol+katalis sesuai variabel proses dan diekstraksi serta transesterifikasi simultan dalam ekstraktor reaktif berbasis *mikrowave* pada daya dan temperatur tertentu selama waktu tertentu pula. Perhitungan waktu ekstraksi reaktif ($t = 0$)



Gambar 1. Ekstraktor reaktif gelombang mikro

dimulai ketika pengaduk mulai dijalankan. Selama ekstraksi reaktif berlangsung, sejumlah sampel diambil setiap 10 menit. Sampel berupa metil ester dan gliserol serta reaktan sisa dipisahkan dengan menggunakan decanter dan dialirkan ke tangki penampung biodisel dan tangki gliserol. Biodisel sebesar 5 mL larutan diambil dari tangki biodisel untuk dianalisa HPLC dan GC guna mengukur produksi metil ester (Biodisel).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Perancangan dan Pabrikasi Ekstraktor Reaktif Gelombang Mikro

Ekstraktor yang dipabrikasi berupa ekstraktor MAE jenis vessel. Ekstraktor MAE yang terpabrikasi berupa seperangkat alat oven jenis *mikrowave* dilengkapi dengan seperangkat ekstraktor reaktif terdiri dari labu leher rendah dan kondensor. *Mikrowave* yang digunakan sebagai pemanas memiliki daya 800 W dengan frekuensi iradiasi sebesar 2450 Mhz. Rangkaian alat ekstraktor reaktif gelombang mikro yang digunakan untuk ekstraksi reaktif biji kemiri sunan menjadi biodisel tersaji pada Gambar 2.

Alat ekstraktor reaktif gelombang mikro ini digunakan untuk mengekstrak minyak kemiri sunan dan metanolisis minyak menjadi metil ester secara simultan di laboratorium. Data hasil pengukuran komposisi metil ester tersebut

digunakan untuk memvalidasi dan menentukan pengaruh terhadap berbagai variabel proses.

Eksperimen di laboratorium telah dilakukan dengan berat biji kemiri sunan sebesar 250 gr dan dihaluskan. Variabel berubah menggunakan parameter daya *mikrowave* ditetapkan pada rentang 150-300 W, suhu ekstraksi reaktif 50, 55, 60, dan 65 °C, dan perbandingan umpan metanol:biji kemiri sunan seperti tersaji pada Tabel 1. Pelaksanaan eksperimen dan hasil pengukuran data laboratorium tersaji pada Gambar 2 dan 3.

Pengaruh Rasio Umpan Ekstraksi Reaktif

Gambar 2 menunjukkan grafik hubungan antara perolehan metil ester terhadap waktu ekstraksi reaktif pada berbagai rasio umpan metanol-biji kemiri sunan. Semakin besar rasio metanol-biji kemiri sunan, konversi minyak kemiri sunan menjadi metil ester semakin meningkat. Hal ini menunjukkan bahwa memperbesar metanol, dapat mengencerkan viskositas cairan, akibatnya difusifitas meningkat dan peningkatan minyak yang menyeberang ke fasa metanol akibatnya tumbukan antar molekul minyak-metanol lebih sering terjadi. Selain itu, dengan memperbesar pelarut berarti memperbesar fasa kontinyu, akibatnya fraksi volum fasa cair yang terdispersi semakin kecil dan diameter partikel juga mengecil. Dengan mengecilnya diameter partikel, maka



Gambar 2. Hasil rancangan dan pabrikasi ekstraktor reaktif gelombang mikro

Tabel 1. Perolehan metil ester pada berbagai variable proses

Variabel	Suhu (°C)	Jml Kemiri (g)	Metanol (ml)	NaOH (%)	Metil Ester (%)
1	50	250	500	2	93,2
2	50	250	500	3	88,6
3	50	250	500	4	98,4
4	50	250	500	4	73,81
5	55	250	500	4	97,3
6	60	250	500	4	96,1
7	65	250	500	4	100
8	50	250	500	5	96,74
9	50	250	750	2	89,2
10	50	250	750	3	86,95
11	50	250	750	4	65,2
12	50	250	750	5	10,8

akan memperluas kontak antar fasa yang disebabkan semakin meningkatnya fasa dispersi yang terseret dalam fasa pelarut. Hal ini sesuai dengan korelasi yang diusulkan oleh Skelland (1992), yaitu:

$$\frac{d_{32}}{d_1} = 0,058 \cdot (1 + 5,4 \cdot \phi) \cdot Nwe^{-0,6} \quad (1)$$

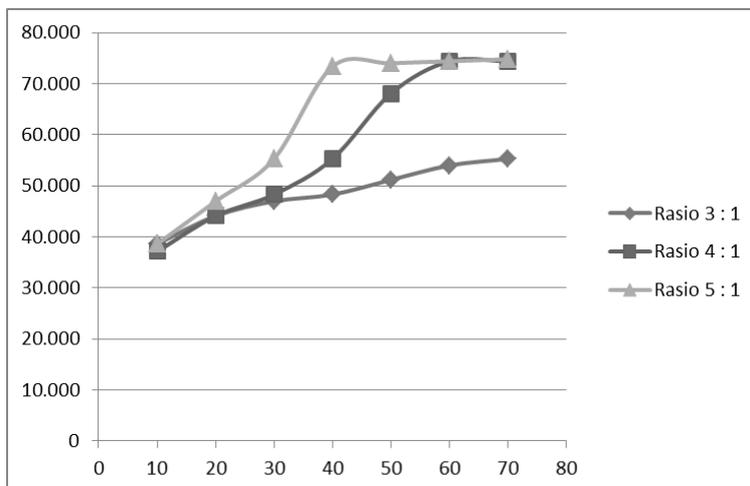
Meningkatnya metanol sebagai pelarut dan reaktan yang berlebih menunjukkan bahwa metanolisis minyak kemiri sunan secara katalitik sangat berpotensi. Ini terjadi karena NaOH dapat mengkatalisis di daerah *interface*, yaitu antara fasa minyak dengan fasa metanol. Hasil kajian awal menunjukkan kondisi relatif baik tercapai pada suhu 65°C dengan katalis NaOH 4% berat metanol

pada rasio umpan metanol-minyak kemiri sunan 4:1 dengan perolehan metil ester sebesar 100%.

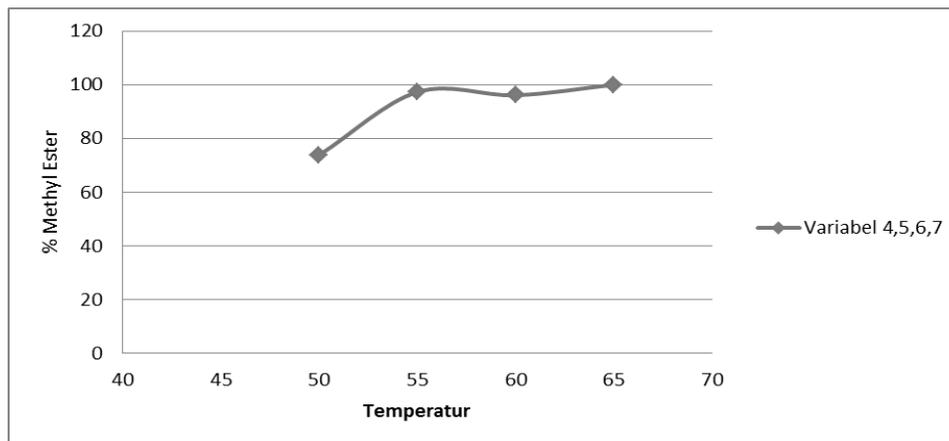
Pengaruh Temperatur Ekstraksi Reaktif terhadap Metil Ester

Hasil penelitian tentang hubungan perolehan metil ester dengan temperatur tersaji pada Gambar 3. Kurva ini menunjukkan peningkatan perolehan metil ester seiring meningkatnya temperatur operasi ekstraksi reaktif. Hal tersebut sesuai dengan persamaan Arrhenius yang menyatakan hubungan aktivitas terhadap temperatur, yaitu:

$$A = A_o \cdot e^{\left(\frac{-\Delta E_a}{RT}\right)} \quad (2)$$



Gambar 2. Grafik hubungan konversi terhadap waktu reaksi



Gambar 3. Grafik hubungan temperatur terhadap perolehan metil ester

Dalam hubungan ini, A adalah faktor tumbukan antar molekul minyak dengan metanol pada saat temperatur T , A_0 adalah faktor tumbukan saat temperatur acuan, ΔE_h adalah energi aktivasi reaksi transesterifikasi, R adalah temperatur gas, dan T adalah temperatur proses transesterifikasi.

Menurut Arrhenius, tumbukan antar molekul meningkat dengan kenaikan temperatur. Hal ini disebabkan pada temperatur terlalu rendah, minyak kemiri sunan yang merupakan reaktan akan berada dalam fasa cair yang lebih kental, akibatnya reaksi transesterifikasi menjadi sulit. Selain itu, NaOH mengkatalisis reaksi pada *interface* antara fasa minyak dan metanol. Bila fasa minyak berada dalam fasa cair yang lebih kental, luas *interface* antara fasa minyak dan fasa metanol menjadi kecil dan NaOH akan lebih sulit mengkatalisis reaksi. Suhu yang terlalu tinggi dapat menyebabkan terjadinya kerusakan struktur enzim. Akibatnya enzim menjadi terdeaktivasi dan proses transesterifikasi menjadi terhambat.

KESIMPULAN

Hasil kajian menunjukkan bahwa alat ekstraktor reaktif gelombang mikro untuk produksi biodiesel dari biji kemiri sunan telah dipabrikasi secara baik. Semakin besar rasio metanol-biji kemiri sunan, konversi minyak kemiri sunan menjadi metil ester semakin meningkat. Peningkatan perolehan metil ester juga juga semakin besar seiring meningkatnya temperatur operasi ekstraksi reaktif.

UCAPAN TERIMA KASIH

Pada kesempatan ini, penulis mengucapkan syukur Alhamdulillah kepada Allah SWT serta terima kasih yang sebesar-besarnya kepada KEMENRISTEKDIKTI atas dukungan dana dalam kegiatan Penelitian Hibah Bersaing 2016.

DAFTAR PUSTAKA

- Caro, Y, P. Villeneuve, M. Pina, Max-Reynes dan J. Graille, 2000. *Investigation of Crude Latex from Carica papaya Varieties for Lipid Conversion*. JAOCS 77 (8) : 891 – 901.
- Deptan. 2006. Statistik Perkebunan Indonesia 2004-2006 Kelapa Sawit. Dept Pertanian. Jakarta
- Fangrui Ma, Milford. A.,Hanna.,1999. Biodiesel Production: a review ; Bioesurce Technology 70 :pp: 1-5.
- Firyanto, R, dan Mulyaningsih, M.F.S. 2010. P. *Pengembangan Bioreaktor Enzimatis Kontinyu Untuk Produksi Biodisel Dari Minyak Jarak Pagar Dan Uji Performa Pada Mesin Disel*. Laporan Penelitian Hibah Bersaing DP2M-DIKTI.
- Firyanto, R, dan Mulyaningsih, M.F.S. 2011. P. *Perancangan Bioreaktor Packed Coloumn Enzymatis Penghasil Biodisel Secara Kontinyu*. Prosiding Seminar Nasional Teknik Kimia "Kejuangan" UPN Yogyakarta.
- Furuta S, Matsuhashi H, Arata K. 2004. Biodiesel fuel production with solid super acid catalysis

- in fixed bed reactor under atmospheric pressure. *Catalyst Communication*. 5:721–3.
- Gomez-Castroa, F.I. Rico-Ramirez, V. Segovia-Hernandezb, J.G. Hernandez-Castrob, S. El-Halwagic, M.M. 2013. Simulation study on biodiesel production by reactive distillation with methanol at high pressure and temperature: Impact on costs and pollutant emissions. *Computers and Chemical Engineering* 52: 204– 215.
- Haas MJ, Scott KM, Marmer WN, Foglia TA. 2004. In situ alkaline transesterification: an effective method for the production of fatty acid esters from vegetable oils. *Journal of the American Oil Chemist's Society* 81:83–9.
- Hama S, Yamaji H, Kaieda M, Oda M, Kondo A, Fukuda H. 2004. Effect of fatty acid membrane composition on whole-cell bio catalysts for biodiesel-fuel production. *Biochemical Engineering Journal*. 21:155–60.
- Harrington KJ, Arcy-Evans CD. 1985^a. Transesterification in situ of sun flower seed oil. *Industrial Engineering and Chemical Research*. 24:314–8.
- Harrington KJ, D'Arcy-Evans C. 1985^b. A comparison of conventional and in situ methods of transesterification of seed oil from a series of sun flower cultivars. *Journal of the American Oil Chemist's Society*. 62:1009–13.
- Hincapié G, Mondragón F, López D. 2011. Conventional and in situ transesterification of castor seed oil for biodiesel production. *Fuel*. 90:1618–23.
- Natakarmana H., 2009. Program budidaya tanaman kemiri sunan untuk Penanggulangan lahan kritis dan penanggulangan krisis Bahan Bakar fosil. Ketua pengembangan agribisnis Ponpes.
- Nelson, L.A., T.A. Foglia dan W.N. Marmer, 1996. *Lipase-Catalyzed Production of Biodiesel*. *JAOCS* 73 (8) : 1191 – 1195.
- Nouredini H, Gao X, Philkana RS. 2005. Immobilized pseudomonas cepacia lipase for biodiesel fuel production from soybean oil. *Bioresource Technology*; 96:769–77.
- Soerawidjaja. Intesifikasi Proses Produksi Biodiesel. 2006. Bandung: Departemen Teknik Kimia, ITB
- Zhang, Y. Dube, D.D. McLean, M. Kates, 2003^a. Biodiesel Production from Waste Cooking Oil : 1. Process Design and Technological Assessment, *Bioresource Technology* 89 (2003) : 1 – 16.
- Zhang Y, Dub MA, McLean DD, Kates M. 2003^b. Biodiesel production from waste cooking oil: 2. Economic assessment and sensitivity analysis. *Bioresource Technology*. 90:229–40.