

EFISIENSI ENERGI UNTUK MEMPRODUKSI BIODIESEL DENGAN MENKOMBINASIKAN DUA *ORIFICE* DI REAKTOR KAVITASI HIDRODINAMIK

*(Energy Efficiency for Biodiesel Production by Combining Two Orifices in
Hydrodynamic Cavitation Reactor)*

Mahlinda dan Fitriana Djafar

Balai Riset dan Standardisasi Industri Banda Aceh, Jl. Cut Nyak Dhien No. 377,
Lamteumen Timur, Banda Aceh, Indonesia
e-mail: mahlinibr_aceh@yahoo.com

Naskah diterima 15 September 2014, revisi akhir 2 Oktober 2014 dan disetujui untuk diterbitkan 10 Oktober 2014

ABSTRAK. Penelitian tentang efisiensi energi untuk proses produksi biodiesel dengan mengkombinasikan jumlah orifice pada reaktor kavitasi hidrodinamik telah dilakukan. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mempelajari pengaruh jumlah orifice terhadap kenaikan temperatur tanpa menggunakan energi pemanas dari luar untuk memproduksi biodiesel yang dibangkitkan oleh adanya efek kavitasi pada orifice. Hasil penelitian awal menunjukkan bahwa dengan mengkombinasikan dua buah orifice yang disusun secara seri dapat menghasilkan energi panas mencapai 48°C. Hasil produksi biodiesel menunjukkan rendemen biodiesel tertinggi mencapai 96,34% pada perbandingan molar minyak dan metanol 6:1, KOH sebagai katalis (1%) dengan waktu proses 50 menit. Pengujian produk biodiesel yang dihasilkan menunjukkan telah memenuhi persyaratan SNI 04-7182:2006. Hasil identifikasi senyawa biodiesel menggunakan GCMS menunjukkan bahwa benar produk yang dihasilkan tersebut adalah senyawa biodiesel berupa methyl oleate, methyl palmitate, linoleid acid, methyl stearate, palmitic acid dan oleic acid dengan total kandungan mencapai 98,39%.

Kata kunci: biodiesel, energi, kavitasi hidrodinamik, orifice

ABSTRACT. Research of energy efficiency for biodiesel production process by combining two orifices on hydrodynamic cavitation reactor had been carried out. The aim of this reseach was to studied effect of the number of orifices toward increasing temperature without using external energy source to produce biodiesel that generated by cavitation effects on orifices. The results of preliminary research showed by combining two orifices arranged in series can produce the highest thermal energy reached 48°C. Result of biodiesel production showed that yield of the highest biodiesel was 96.34% using molar ratio a methanol:oil with comparison 6:1, KOH as catalyst (1%) for 50 minutes processing time. For biodiesel quality testing showed all selected parameter met the requirements of the Indonesian National Standard (SNI) 04-7182:2006. Identification of biodiesel compound using GCMS showed the biodiesel compounds consisted of methyl oleate, methyl palmitate, acid linoleid, methyl stearate, palmitic acid and oleic acid with the total contents 98.39%.

Keywords: biodiesel, energy, hydrodynamic cavitation, orifice

1. PENDAHULUAN

Biodiesel merupakan bahan bakar alternatif yang mempunyai karakteristik hampir sama dengan bahan bakar solar atau diesel, diproduksi dari berbagai sumber terbarukan seperti dari lemak nabati maupun lemak hewani dan dapat

digunakan secara langsung pada mesin-mesin diesel tanpa perlu melakukan modifikasi pada mesin (Lee, *et.al.*, 2011). Biodiesel memiliki beberapa keuntungan bila dibandingkan dengan bahan bakar solar atau diesel berbasis fosil diantaranya memiliki efek pelumasan yang tinggi

sehingga membuat mesin diesel lebih awet, biodiesel juga memiliki angka setana relatif tinggi, mengurangi ketukan pada mesin sehingga mesin bekerja lebih mulus, biodiesel juga memiliki *flash point* yang lebih tinggi, tidak menimbulkan bau yang berbahaya sehingga lebih mudah dan aman untuk ditangani (Agarwal dan Das, 2001). Keunggulan biodiesel lainnya adalah dapat diperbaharui atau *biodegradable* (dapat terurai oleh mikroorganisme), tidak mengandung sulfur dan benzene yang mempunyai sifat karsinogen, dapat dengan mudah dicampur dengan solar dalam berbagai komposisi dan mengurangi asap hitam dari gas buang mesin diesel secara signifikan walaupun penambahan hanya 5–10% volume biodiesel ke dalam solar (Prateepchaikul, *et.al.*, 2009).

Untuk memproduksi biodiesel, diperlukan beberapa tahapan proses mulai dari proses *degumming*, esterifikasi, transesterifikasi hingga proses pencucian dan pengeringan. Proses ini memerlukan sumber energi dari luar seperti energi listrik dalam jumlah tertentu yang digunakan untuk menggerakkan pompa sirkulasi, motor pengaduk dan sebagai sumber pemanas, umumnya pada proses produksi biodiesel secara konvensional, konsumsi energi tertinggi digunakan sebagai sumber pemanas untuk memanaskan campuran minyak dan pelarut seperti metanol. Penggunaan energi tersebut dapat mempengaruhi biaya produksi biodiesel yang pada akhirnya juga akan mempengaruhi biaya penjualan biodiesel, semakin besar penggunaan energi maka semakin tinggi biaya produksi biodiesel.

Beberapa penelitian telah dilakukan untuk memproduksi biodiesel yang lebih efisien dan ekonomis misalnya dengan cara mempersingkat waktu proses menggunakan gelombang mikro (Quitain, *et.al.*, 2011) atau menggunakan gelombang ultrasonik (Starvarache, *et.al.*, 2006; Deshmene, *et.al.*, 2008). Namun dalam kenyataannya, peralatan tersebut sulit diaplikasikan untuk produksi biodiesel skala besar (komersial). Beberapa peneliti lainnya telah melakukan penelitian menggunakan teknik yang lebih sederhana,

mudah untuk diaplikasikan pada skala besar dan waktu proses yang lebih pendek, salah satunya adalah dengan menggunakan efek kavitasi hidrodinamik (Gogate dan Pandit, 2005). Kavitasi merupakan suatu fenomena perubahan fase uap dari zat cair pada fluida yang mengalir ketika melewati sebuah lobang yang sempit seperti *venturi* atau *orifice*. Ketika fluida pada kecepatan tertentu, tekanan fluida akan lebih kecil dari tekanan uapnya sehingga fluida akan berubah fase membentuk sejumlah gelembung kavitasi. Gelembung-gelembung kavitasi ini akan terus tumbuh dan kemudian menghilang ketika tekanan fluida kembali normal setelah fluida melewati *orifice* (Moholkar, *et.al.*, 1999). Dalam studinya, Ji, *et.al.* (2006) dan Kelkar, *et.al.* (2008) melaporkan penggunaan teknik kavitasi hidrodinamik untuk memproduksi biodiesel terbukti dapat mempercepat reaksi, mengurangi jumlah katalis yang dipakai dan mengurangi rasio minyak terhadap alkohol yang dipakai serta konsumsi energi yang lebih kecil dibandingkan proses menggunakan pengaduk mekanik, namun penggunaan metode kavitasi hidrodinamik untuk memproduksi biodiesel masih terdapat kelemahan yaitu masih menggunakan pemanas yang berasal dari energi listrik untuk memanaskan campuran minyak dan pelarut. Penggunaan energi ini akan membebani biaya produksi biodiesel.

Mengatasi kendala tersebut diatas perlu dilakukan penelitian untuk menghasilkan energi pemanas tanpa menggunakan pasokan energi listrik dari luar, salah satunya adalah dengan mengkombinasikan sejumlah *orifice* yang dipasang secara seri pada pipa sembur (*discharge*) dari sebuah pompa sentrifugal sehingga akan menghasilkan efek kavitasi yang lebih besar serta akan membangkitkan energi panas yang lebih tinggi dibandingkan dengan metode sebelumnya. Dalam penelitian ini dikaji tentang pengaruh waktu reaksi, perbandingan molar minyak dan pelarut dan konsentrasi katalis terhadap rendemen biodiesel, juga dilakukan pengujian mutu biodiesel yang dihasilkan meliputi uji massa jenis (densitas), kekentalan

(viskositas), angka asam dan identifikasi senyawa biodiesel dengan GCMS menggunakan 2 buah *orifice* yang disusun secara seri pada pipa pengeluaran di reaktor kavitasi hidrodinamik.

2. METODE PENELITIAN

Bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah minyak kelapa sawit, KOH dan metanol teknis. Peralatan yang digunakan pada penelitian ini adalah rangkaian reaktor kavitasi hidrodinamik, plat *orifice*, *digital thermo controller*, pengatur waktu (*timer*), *magnetic stirrer*, corong pemisah, termometer dan alat-alat gelas lainnya. Alat yang digunakan untuk analisis adalah timbangan analitik, peralatan gelas, viskometer *ostwald*, piknometer 5 ml, erlenmeyer, labu ukur 500 ml, buret dan peralatan gelas lainnya.

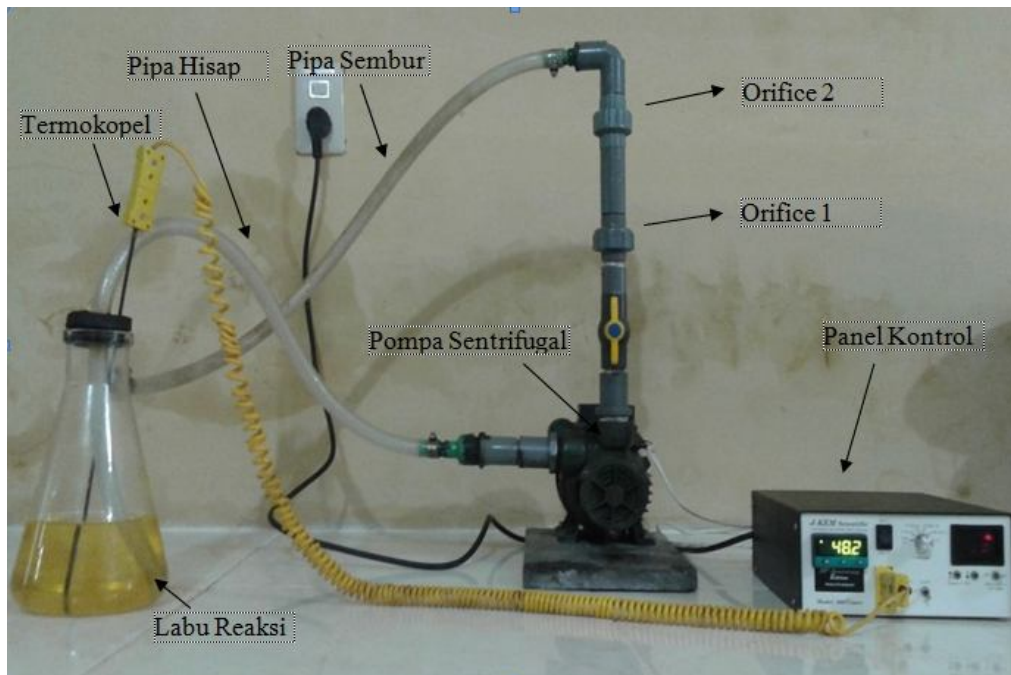
Perancangan Peralatan

Gambar 1 menunjukkan peralatan kavitasi hidrodinamik hasil rancangan. Bagian terpenting dari peralatan ini adalah pada penggunaan *orifice* yang terdiri dari 2 buah *orifice* yang disusun secara seri. Penggunaan dua buah *orifice* yang disusun

secara seri diharapkan akan menimbulkan efek kavitasi dan aliran *turbulence* yang lebih besar lagi sehingga akan terjadi kenaikan suhu secara cepat dan pengadukan campuran minyak serta pelarut akan bereaksi dengan cepat dan homogen. Peralatan yang dirancang ini juga dilengkapi dengan panel kontrol untuk mengontrol waktu dan temperatur proses dan dapat bekerja secara otomatis sesuai dengan variabel yang diinginkan. Untuk mensirkulasikan larutan dan untuk menciptakan efek kavitasi digunakan pompa sentrifugal dengan spesifikasi sebagai berikut: Kapasitas (maks) 42 liter/menit, total head 33 meter, putaran 2.850 rpm, diameter pipa (in-out) 1" dan sumber arus AC 220 volt 100 watt.

Penelitian Pendahuluan

Penelitian pendahuluan dimaksudkan untuk mengetahui tingkat kenaikan temperatur optimum yang dapat dicapai oleh alat kavitasi ini menggunakan 2 buah *orifice* yang disusun secara seri. Bahan yang digunakan adalah minyak sawit, dan campuran minyak sawit dan metanol dengan waktu proses 60 menit.



Gambar 1. Rangkaian peralatan kavitasi dengan posisi orifice secara seri

Penelitian Utama

Penelitian utama dilakukan dengan menggunakan perbandingan jumlah *orifice* (1 *orifice* dan 2 *orifice* disusun secara seri). Tahap pertama adalah memanaskan minyak sawit dengan cara memasukkan 300 g minyak sawit ke dalam labu reaksi. Setelah itu peralatan kavitasi dan panel kontrol dihidupkan selama beberapa menit hingga suhu reaksi mencapai 60°C dan selanjutnya peralatan dimatikan. Pada saat yang bersamaan, metanol pada perbandingan molar yang telah ditentukan (2:1, 3:1, 4:1, 5:1, 6:1 dan 7:1) dan katalis berupa KOH pada konsentrasi yang telah ditentukan (0,5; 1; 1,5; 2; 2,5 dan 3%) dicampur dan diaduk selama 15 menit menggunakan *magnetic stirrer*. setelah bercampur dan homogen, larutan dicampur dengan minyak sawit yang telah dipanaskan sebelumnya di dalam labu reaksi.

Selanjutnya peralatan kavitasi dihidupkan kembali dan diatur waktu reaksi sesuai dengan variabel penelitian yaitu 10, 20, 30, 40, 50 dan 60 menit. Hasil reaksi transesterifikasi dimasukkan ke dalam corong pemisah dan diendapkan selama 24 jam. Di dalam corong pemisah akan terbentuk 2 fase terpisah yaitu biodiesel dilapisan atas dan gliserol dilapisan bawah. Selanjutnya dilakukan pemisahan antara gliserol dan biodiesel. Lapisan atas hasil pemisahan yang berupa biodiesel masih mengandung air, alkohol dan sabun sehingga harus dilakukan proses pencucian dengan air hangat (50°C), kemudian dilakukan proses pemanasan pada suhu 110°C untuk menghilangkan air yang kemungkinan masih tersisa sehingga dapat diperoleh biodiesel dengan kemurnian tinggi. Produk yang dihasilkan selanjutnya dilakukan pengujian.

Pengujian dan Identifikasi Produk Biodiesel

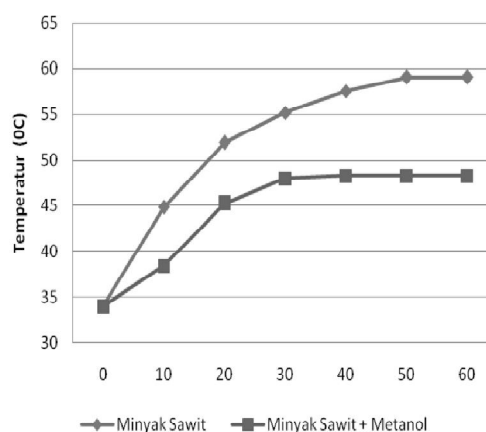
Biodiesel yang dihasilkan dengan rendemen tertinggi dilakukan pengujian produk meliputi uji massa jenis, viskositas kinematik, bilangan asam dan kadar ester alkil. Hasil yang didapat dibandingkan dengan standar SNI 04-7182:2006. Selanjutnya sampel biodiesel dengan mutu

terbaik diambil dan diidentifikasi senyawanya menggunakan alat GCMS.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian Pendahuluan

Penelitian pendahuluan ini menggunakan dua buah *orifice* yang disusun secara seri pada reaktor kavitasi hidrodinamik dengan bahan baku berupa minyak sawit, dan campuran minyak sawit dan metanol. Hasil penelitian pendahuluan ini disajikan pada Gambar 2.



Gambar 2. Hubungan kenaikan temperatur terhadap waktu proses pada reaktor kavitasi

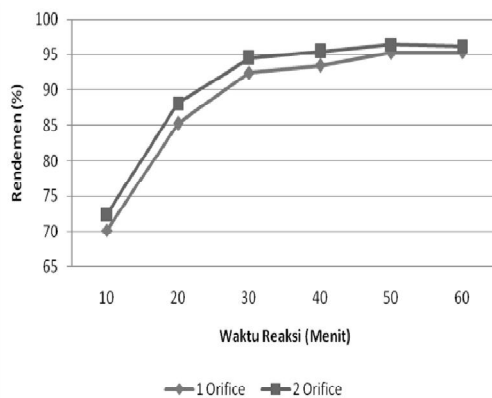
Gambar 2 menunjukkan hubungan antara kenaikan temperatur terhadap waktu proses pada reaktor kavitasi hidrodinamik. Pada percobaan pertama menggunakan minyak sawit. Pada awal reaksi temperatur sebesar 35°C. Seiring dengan bertambahnya waktu proses, temperatur semakin naik dan mencapai temperatur maksimum 59°C dengan waktu proses 50 menit. Sedangkan untuk percobaan kedua menggunakan campuran minyak sawit dan metanol dengan temperatur maksimum yang dapat dicapai sebesar 48°C pada waktu proses 50 menit. Berdasarkan data pada Gambar 2 dapat dilihat temperatur kedua jenis percobaan tersebut tetap stabil meskipun waktu proses ditambah. Perbedaan temperatur yang dapat dicapai pada kedua jenis percobaan tersebut terjadi karena adanya perbedaan kekentalan antara minyak sawit, dan campuran minyak sawit dan metanol. Semakin tinggi kekentalan suatu cairan, semakin besar hambatan dan

gesekan yang ditimbulkan antara lapisan-lapisan cairan yang bergerak antara molekul yang satu dengan yang lainnya akibat adanya gaya kohesi yang ada di dalam cairan tersebut. Karena adanya gesekan inilah terjadinya panas ketika suatu cairan melewati suatu ruang sempit seperti *orifice*.

Meskipun temperatur maksimum pada percobaan kedua hanya mencapai 48°C, namun dapat digunakan untuk memproduksi biodiesel. Temperatur ideal untuk memproduksi biodiesel dalam kondisi normal adalah antara 40–60°C (Chongkong dan Tongurai, 2007; Chitra, *et.al.*, 2005; Berchmans dan Hirata, 2008).

Pengaruh Waktu Reaksi Terhadap Rendemen Biodiesel

Gambar 3 menunjukkan pengaruh waktu reaksi terhadap rendemen biodiesel yang dihasilkan menggunakan minyak sawit dan metanol dengan perbandingan molar 6:1, konsentrasi katalis 1% dan temperatur proses 48°C.



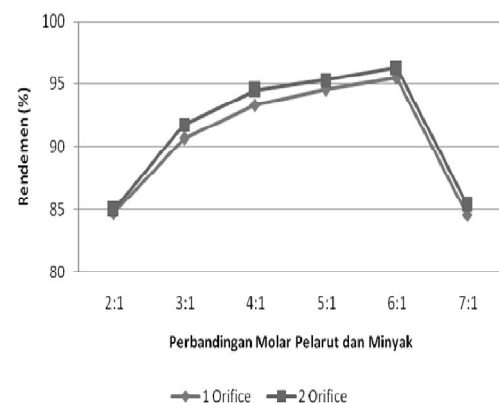
Gambar 3. Pengaruh waktu reaksi terhadap rendemen biodiesel

Berdasarkan grafik pada Gambar 3 dapat diketahui bahwa rendemen biodiesel terendah terjadi pada waktu proses 10 menit mencapai 70,25% menggunakan 1 *orifice* dan 72,53% menggunakan 2 *orifice*, hal ini terjadi karena belum sepenuhnya proses pengadukan larutan minyak sawit dan metanol sehingga proses pembentukan biodiesel belum maksimal. Rendemen biodiesel tertinggi mencapai 95,28% menggunakan 1 *orifice* dan 96,16% menggunakan 2 *orifice* dengan waktu

proses 50 menit. Namun penambahan waktu proses lebih dari 50 menit menyebabkan rendemen biodiesel semakin menurun, hal ini karena dengan penambahan waktu yang lebih panjang lagi akan menyebabkan terjadinya reaksi balik (*reverse reaction*) pada saat proses transesterifikasi berlangsung yang dapat menyebabkan terjadinya penyabunan dan akan menghalangi proses pembentukan biodiesel sehingga kadar metil ester akan berkurang (Leung, *et.al.*, 2010).

Pengaruh Perbandingan Molar Pelarut dan Minyak Terhadap Rendemen Biodiesel

Gambar 4 menunjukkan pengaruh perbandingan molar pelarut dan minyak terhadap rendemen biodiesel yang dihasilkan menggunakan minyak sawit dan metanol pada konsentrasi katalis 1% dan temperatur proses 48°C. Berdasarkan Gambar 4 dapat diketahui bahwa rendemen biodiesel tertinggi didapat pada perbandingan molar pelarut dan minyak 6:1 mencapai 95,50% menggunakan 1 *orifice* dan 96,30% menggunakan 2 *orifice*.



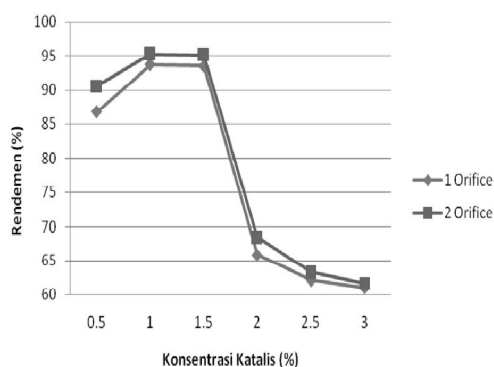
Gambar 4. Pengaruh perbandingan molar pelarut dan minyak terhadap rendemen biodiesel

Untuk penambahan perbandingan molar pelarut dan minyak > 6:1, rendemen biodiesel semakin menurun. Demikian juga jika perbandingan molar pelarut dan minyak < 6:1, rendemen biodiesel juga akan menurun. Proses transesterifikasi untuk menghasilkan metil ester merupakan suatu reaksi kesetimbangan yang memerlukan metanol dalam jumlah

tertentu untuk mendorong reaksi ke kanan sehingga dihasilkan metil ester yang maksimal. Namun penggunaan metanol yang berlebihan dapat menyebabkan rendemen biodiesel menurun disebabkan terganggunya proses pemisahan gliserol. Metanol yang berlebihan akan menyebabkan meningkatnya kelarutan gliserol dalam metanol karena sisa gliserol dalam larutan akan mendorong reaksi kesetimbangan ke kiri sehingga gliserol dan biodiesel susah untuk dipisahkan (Komintarachat dan Chuepeng, 2010). Dari Gambar 4 juga dapat dilihat, tidak ada pengaruh signifikan terhadap rendemen biodiesel antara penggunaan 1 *orifice* dan 2 *orifice*.

Pengaruh Konsentrasi Katalis Terhadap Rendemen Biodiesel

Gambar 5 menunjukkan pengaruh konsentrasi katalis terhadap rendemen biodiesel yang dihasilkan menggunakan minyak sawit dan metanol pada perbandingan molar pelarut dan minyak 6:1 dan temperatur proses 48°C. Grafik pada Gambar 5 menjelaskan bahwa penambahan konsentrasi katalis akan berpengaruh terhadap besarnya rendemen biodiesel yang dihasilkan.



Gambar 5. Pengaruh perbandingan molar pelarut dan minyak terhadap rendemen biodiesel

Rendemen biodiesel tertinggi didapat pada penambahan konsentrasi katalis 1% mencapai 96,34% menggunakan 2 *orifice* dan 95,2% menggunakan 1 *orifice*. Namun pada penambahan konsentrasi katalis 1,5% hingga 3% memberikan pengaruh yang

sebanding yaitu semakin berkurangnya rendemen biodiesel. Secara alami tanpa penambahan bahan penolong, proses pembentukan biodiesel akan berjalan sangat lambat dan membutuhkan suhu yang tinggi diatas 250°C sehingga tidak ekonomis untuk diproduksi secara massal (Kirk dan Othmer, 1980).

Untuk mempercepat proses produksi biodiesel dan menurunkan temperatur reaksi diperlukan penambahan bahan penolong seperti katalis pada konsentrasi tertentu yang berfungsi untuk menurunkan energi aktivasi reaksi sehingga proses pembentukan biodiesel dapat berlangsung lebih cepat dan penggunaan suhu proses yang rendah. Jumlah katalis yang diperlukan pada proses pembentukan biodiesel tergantung dari metode proses, jenis peralatan yang digunakan dan jenis katalis, namun pada penambahan konsentrasi katalis yang berlebih dapat menurunkan kadar metil ester karena persentase katalis yang berlebihan akan meningkatkan viskositas metil ester dan memiliki kecenderungan untuk membentuk gel dan ketika bereaksi dengan sejumlah kecil air akan menghasilkan asam lemak bebas. Asam lemak bebas yang tinggi ketika bereaksi dengan katalis basa akan terbentuk sabun dan akan teremulsi dengan gliserol sehingga proses pemisahan gliserol dan metil ester akan sulit dilakukan (Refaat, *et.al.*, 2008). Dari grafik pada Gambar 5 juga dapat diketahui meskipun rendemen biodiesel tertinggi di dapat pada penggunaan 2 *orifice*, namun persentase selisih rendemen hanya 1,14% saja sehingga tidak berpengaruh secara signifikan antara penggunaan 1 *orifice* dan 2 *orifice*.

Pengujian Karakteristik Biodiesel

Pada penelitian ini, produk biodiesel yang dihasilkan dengan rendemen tertinggi dianalisis beberapa sifat fisiknya menggunakan metode SNI 04-7182:2006 dan dibandingkan kesesuaiannya dengan standar mutu SNI tersebut. Beberapa parameter yang dianalisis antara lain massa jenis, viskositas kinematik dan angka asam. Hasil analisa ditampilkan pada Tabel 1.

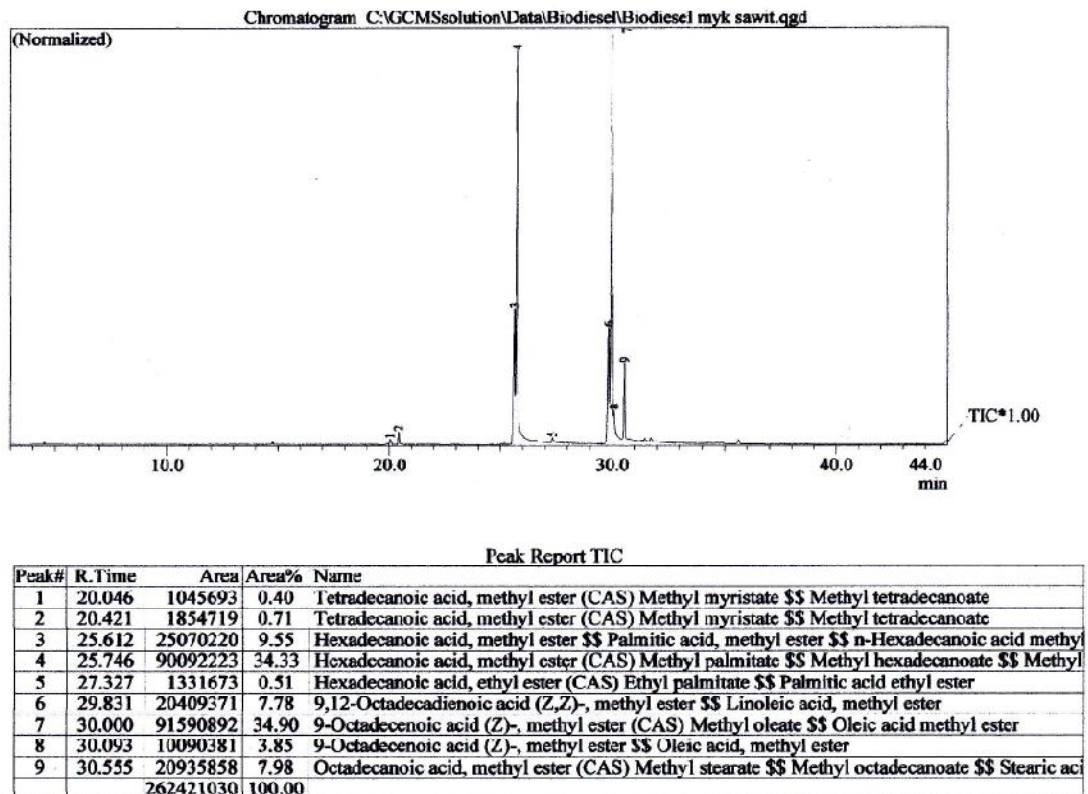
Tabel 1. Hasil uji karakteristik biodiesel yang dihasilkan dan SNI

No.	Parameter	Satuan	Hasil Uji	SNI 04-7182:2006
1.	Massa jenis pada 40 ⁰ C	Kg/m ³	886	850 – 890
2.	Viskositas Kinematik pada 40 ⁰ C	mm ² /s (Cst)	4,55	2,3 – 6,0
3.	Angka Asam	mg-KOH/g	0,5	Maks. 0,8

Berdasarkan data pada Tabel 1 dapat dilihat hasil uji massa jenis pada temperatur 40⁰C sebesar 886 Kg/m³ masih memenuhi persyaratan SNI. Perbedaan massa jenis biodiesel berkaitan dengan komposisi asam lemak dan tingkat kemurnian dari biodiesel, massa jenis akan naik dengan terjadinya penurunan panjang rantai karbon dan peningkatan ikatan rangkap (Sahirman, dkk., 2008).

Hasil uji viskositas kinematik menunjukkan hasil sebesar 4,55 mm²/s (Cst) juga masih memenuhi persyaratan SNI. Viskositas kinematik menjadi parameter utama dalam penentuan mutu biodiesel karena memiliki pengaruh besar terhadap efektivitas biodiesel sebagai bahan bakar. Minyak nabati memiliki viskositas jauh lebih besar dibandingkan viskositas bahan bakar diesel yang menjadi

kendala penggunaan langsung minyak nabati sebagai bahan bakar. Salah satu tujuan utama transesterifikasi adalah menurunkan viskositas minyak nabati sehingga memenuhi standar bahan bakar diesel (Sumangat dan Hidayat, 2008). Selain uji massa jenis dan uji viskositas kinematik, pengujian bilangan asam juga merupakan salah satu indikator mutu biodiesel. Hal ini disebabkan peningkatan bilangan asam seperti halnya peningkatan viskositas dan massa jenis adalah hasil aktifitas oksidasi pada metil ester (Canacki, *et.al.*, 1999). Nilai bilangan asam metil ester yang tinggi menunjukkan terjadinya kerusakan atau penurunan mutu metil ester akibat terjadinya oksidasi. Hasil uji bilangan asam menunjukkan hasil sebesar 0,5 mg-KOH/g dan masih memenuhi persyaratan SNI.



Gambar 6. Hasil GCMS produk biodiesel yang dihasilkan

Identifikasi Senyawa Produk Biodiesel Yang Dihasilkan

Identifikasi ini menggunakan GCMS yang bertujuan untuk meyakinkan bahwa produk biodiesel yang dihasilkan merupakan senyawa biodiesel. Identifikasi dilakukan dengan cara mengamati dan menghitung jumlah persentase puncak-puncak kurva yang memiliki persentase tertinggi. Hasil identifikasi dapat dilihat pada Gambar 6.

Berdasarkan data pada Gambar 6 dapat dilihat bahwa terdapat 6 puncak tertinggi dengan senyawa utama berupa *methyl oleate* sebesar 34,90% (puncak No. 7), *methyl palmitate* sebesar 34,33% (puncak No. 4), *palmitic acid* sebesar 9,55% (puncak No. 3), *stearid acid* sebesar 7,98% (puncak No. 9), *linoleid acid* sebesar 7,78% (puncak No. 6), *oleic acid* sebesar 3,85% (puncak No. 8) dengan total kandungan mencapai 98,39%. Sedangkan sisanya dalam jumlah kecil merupakan turunan metil ester dan pengotor berasal dari pembentuk sabun dan sisa katalis. Secara umum hasil identifikasi senyawa biodiesel ini masih memenuhi standar SNI biodiesel yaitu kadar ester akil min. 96,5%.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilaksanakan dapat disimpulkan bahwa hasil penelitian awal menggunakan 2 buah *orifice* yang disusun secara seri pada temperatur optimum dapat mencapai 59°C menggunakan bahan baku minyak sawit dan 48°C menggunakan campuran minyak sawit dan metanol. Proses produksi biodiesel menunjukkan rendemen biodiesel tertinggi mencapai 96,34% pada perbandingan minyak dan pelarut 6:1, dengan konsentrasi katalis 1% dan waktu proses 50 menit menggunakan 2 buah *orifice* yang disusun secara seri. Pengujian mutu biodiesel yang dihasilkan meliputi uji densitas, viskositas dan angka asam menunjukkan semua parameter yang diuji masih memenuhi persyaratan mutu biodiesel SNI 04-718:2006. Identifikasi komponen menggunakan GCMS menunjukkan bahwa benar produk yang dihasilkan adalah komponen biodiesel

berupa *methyl oleate*, *methyl palmitate*, *palmitic acid*, *stearid acid*, *linoleid acid* dan *oleic acid* dengan total kandungan mencapai 98,39%. Peralatan kavitasi hidrodinamik hasil penelitian ini dapat digunakan untuk memproduksi biodiesel tanpa menggunakan energi pemanas dari luar sehingga lebih hemat energi.

DAFTAR PUSTAKA

- Agarwal, A.K., & Das, L.M. (2001). Biodiesel development and characterization for use as a fuel in compression ignition engines. *J. Eng. Gas Turbines Power*, 123(2), 440-447.
- Berchmans, H.J., & Hirata, S. (2008). Biodiesel production from crude *Jathropa curcas* L. Seed oil with a high content of free fatty acids. *Bioresources Technolog*, 99(6), 1716-1721.
- Canakci, M.A., Monyem, A., & Van Gerpen, J. (1999). Accelerated oxidation processes in biodiesel. *Transaction of the American Society of Agricultural Engineers*, 42(6), 1565-1572.
- Chitra, P., Venkatachalam, P., & Sampathrajan, A. (2005). Optimisation of experimental conditions for biodiesel production from alkali-catalysed transesterification of *Jatropha curcus* oil. *Energy for Sustainable Development*, 9(3), 13-18.
- Chongkong, S. & Tongurai, C. (2007). Biodiesel Production by Esterification of palm Fatty Acid Distillate. *Biomass and Bioenergy*, 31(8), 563-568.
- Deshmane, V.G., Gogate, P.R., & Pandit, A.B. (2008). Ultrasound-assisted synthesis of biodiesel from palm fatty acid distillate. *Industrial and Engineering Chemistry Research*, 48(17), 7923-7927.
- Gogate, P. R., & Pandit, A. B. (2005). A review and assessment of hydrodynamic cavitation as a technology for the future. *Ultrasonics sonochemistry*, 12(1), 21-27.
- Ji, J., Wang, J., Li, Y., Yu, Y., & Xu, Z. (2006). Preparation of biodiesel with the help of ultrasonic and hydrodynamic cavitation. *Ultrasonics*, 44, e411-e414.
- Kelkar, M.A., Gogate, P.R., & Pandit, A.B. (2008). Intensification of esterification

- of acid for synthesis of biodiesel using acoustic and hydrodinamik cavitation. *Ultrasonics Sonochemistry*, 15 (3), 180-188.
- Kirk, R.E., & Othmer, D.F. (1980). *Encyclopedia of chemical technology*, 3rd ed. New York: John Wiley and Sons.
- Komintarachat, C., & Chuepeng, S. (2010). Metanol-based transesterification optimization of waste used cooking oil over potassium hydroxide catalyst. *American Journal of Applied Science*, 7(8), 1073-1078.
- Lee, S.B., Lee, J.D., & Hong, I.K. (2011). Ultrasonic energy effect on vegetable oil based biodiesel synthetic process. *Journal of Ind. Eng. Chem*, 17(1), 138-143.
- Leung, Y.C., Wu, X., & Leung, H.K. (2010). A review on biodiesel production using catalyzed transesterification. *Applied Energy*, 87(4), 1083-1095.
- Moholkar, V.S., Senthil Kumar, P., & Pandit, A.B. (1999). Hydrodynamic cavitation for sonochemical effects. *Ultrasonic Sonochemistry*, 6(1), 53-65.
- Prateepchaikul, G., Somnuk, K., & Allen, M. (2009). Design and testing of continuous acid-catalyzed esterification reactor for high free fatty acid mixed crude palm oil. *Fuel Processing Technology*, 90(6), 784-789.
- Quitain, A. T., Katoh, S., & Goto, M. (2011). Microwave-assisted synthesis of biofuels. *Biofuel production-recent developments and prospects*. ISBN, 978-953.
- Refaat, A. A., Attia, N. K., Sibak, H. A., El Sheltawy, S. T., & ElDiwani, G. I. (2008). Production optimization and quality assessment of biodiesel from waste vegetable oil. *International Journal of Environmental Science & Technology*, 5(1), 75-82.
- Sahirman, Suryani, A., Mangunjidjaja, D., Sukardi, & Sudrajat, R. (2008). Pengujian sifat fisiko-kimia, kinerja dan pengaruh pada mesin terhadap biodiesel dari minyak biji bintangur (*Cailophyllum inopylum*). *Prosiding Seminar Nasional Hasil Penelitian* (pp. 84-97). Bogor.
- Stavarache, C., Vinatoru, M., & Maeda, Y. (2006). Ultrasonic versus silent methylation of vegetable oils. *Ultrasonics sonochemistry*, 13(5), 401-407.
- Sumangat, D., & Hidayat, T. (2008). Karakteristik Metil Ester Minyak Jarak Pagar Hasil Poses Transesteriikasi satu dan dua Tahap. *J. Pascapanen*, 5(2), 18-26.