

PE-30
PRODUKSI BIODIESEL NIR-KATALIS DARI PFAD
DENGAN *PACKED BUBBLE COLUMN REACTOR*

Maharani Dewi Solikhah⁽¹⁾⁽⁴⁾, Adi Prismantoko⁽¹⁾, Fatimah Tresna Pratiwi⁽¹⁾, Agus Kismanto⁽¹⁾, Adiarso⁽¹⁾, Armansyah H. Tambunan⁽²⁾, Shoji Hagiwara⁽³⁾, Hiroshi Nabetani⁽³⁾⁽⁴⁾

⁽¹⁾Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi, Kawasan PUSPIPTEK, Tangerang Selatan, 15314, Indonesia

⁽²⁾Fakultas Teknologi Pertanian, Institut Pertanian Bogor, Kampus Darmaga, Bogor 16002, Indonesia

⁽³⁾National Food Research Institute, NARO, 2-1-12 Kannondai, Tsukuba, Ibaraki 305-8642, Jepang

⁽⁴⁾Department of Global Agricultural Sciences, The University of Tokyo, Yayoi 1-1-1, Bunkyo-ku, Tokyo 113-8657, Jepang
maharani.dewi@bppt.go.id

ABSTRAK

Produksi biodiesel dengan menggunakan katalis homogen baik yang berupa katalis asam maupun basa merupakan cara yang paling umum digunakan, akan tetapi penggunaan katalis ini menemui berbagai kendala, terlebih jika mengolah bahan baku dengan kadar asam lemak bebas yang tinggi. Untuk itu dikembangkan proses produksi biodiesel nir-katalis dengan *bubble column reactor*. Untuk meningkatkan efektifitas reaksi, dilakukan modifikasi desain reaktor berupa *packed bubble column reactor*. Bahan baku dalam penelitian ini adalah PFAD (*Palm Fatty Acid Distillate*) yang merupakan produk samping industri minyak goreng dengan kadar asam lemak bebas 90,95 %. Komposisi metil ester pada biodiesel yang dihasilkan dianalisa dengan GC-MS. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penggunaan *packing* dapat meningkatkan konversi reaksi dan waktu tinggal optimum dalam reaktor adalah 3 jam.

Kata Kunci: PFAD, biodiesel nir-katalis, *packed bubble column reactor*, biodiesel, metil ester

ABSTRACT

The most common way to produce biodiesel is by using homogeneous catalyst either acid or alkaline catalyst. However, various constraints had to be overcome, especially when processing raw materials with high contents of free fatty acids. Therefore, non-catalytic biodiesel production process was developed using a bubble column reactor. To improve the effectiveness of the reaction in bubble column reactor, a modification of reactor design was conducted by applying packed bubble column reactor. Raw material used in this study is PFAD (Palm Fatty Acid Distillate) which is a by-product of cooking oil industry with free fatty acid content of 90.95 %. The composition of methyl esters in biodiesel was analyzed by GC-MS. The results showed that the use of packing can improve the reaction conversion and optimum residence time in the reactor was achieved at 3 hours.

Keywords : PFAD, non-catalytic biodiesel, *packed bubble column reactor*, biodiesel, methyl ester

PENDAHULUAN

Produksi biodiesel dengan menggunakan katalis homogen baik yang berupa katalis asam maupun basa merupakan cara yang paling umum digunakan (Keera et al., 2011) namun penggunaan katalis ini menemui berbagai kendala, antara lain perlunya pembelian katalis, perlunya alat untuk memisahkan katalis dari biodiesalnya, perlunya spesifikasi material yang tahan asam atau basa, maupun problem pengolahan air limbah dari penggunaan air pencucian, terlebih lagi jika menggunakan bahan baku dengan kadar asam lemak bebas yang tinggi (Knothe, 2004).

Penggunaan katalis heterogen dapat mengurangi permasalahan ini tetapi permasalahan *leaching* katalis ke dalam biodiesel, harga katalis, maupun usia pakai atau *lifetime* katalis masih menjadi pertanyaan besar untuk dilakukannya komersialisasi (Di Serio, et.al, 2010, Lee dan Saka, 2010).

Oleh karena itu, produksi biodiesel nir – katalis (*non catalytic biodiesel production*) merupakan pilihan yang menjanjikan untuk mengatasi permasalahan di atas. Proses nir-katalis dengan *supercritical methanol* telah diteliti dan dapat menghasilkan biodiesel dalam waktu sangat singkat akan tetapi memerlukan kondisi operasi yang ekstrim (suhu 350 °C, tekanan 19 MPa) (Kusdiana and Saka, 2001). Kondisi ini memerlukan material reaktor yang khusus dan sulit dalam konstruksi skala komersial.

Di lain pihak, telah dilakukan penelitian untuk memproduksi biodiesel menggunakan *Superheated Methanol Vapor* (SMV) tanpa menggunakan katalis pada suhu 200 – 300 °C dan tekanan atmosferik. Uji coba produksi skala laboratorium telah dilakukan dengan menggunakan berbagai bahan baku dan kondisi operasi (Yamazaki, et.al, 2007, Joelianingsih, et. al 2008, Solikhah, 2012) dengan *bubble column reactor*, akan tetapi belum memperoleh hasil yang memuaskan. Hal ini disebabkan oleh kurangnya kontak antara uap metanol dengan minyak. Oleh karena itu, *packing* diaplikasikan karena dapat memecah gelembung sehingga permukaan kontak meningkat serta meningkatkan waktu tinggal uap metanol dalam minyak sehingga reaksi lebih efektif (Green and Perry, 2008).

Penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa semakin tinggi kandungan asam lemak bebas dalam minyak, semakin tinggi produksi biodiesel (Nabetani, et al, 2010). Oleh karena itu, penelitian difokuskan pada bahan baku PFAD (*Palm Fatty Acid Distillate*) yang merupakan produk samping industri minyak goreng dengan kadar asam lemak bebas yang dapat mencapai lebih dari 80 %. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh modifikasi desain *bubble column reactor* dengan aplikasi *packing* atau *packed bubble column reactor* dengan cara semi kontinyu.

METODE PENELITIAN

1. Alat dan Bahan

Reaktor yang digunakan adalah reaktor gelembung berdiameter 55 mm yang dilengkapi dengan pemanas. Pemanas pada reaktor maupun pemanas metanol dilengkapi dengan pengatur suhu. Kondensor yang dilengkapi dengan *chiller* dipasang untuk mengkondensasi uap yang terbentuk di bagian atas reaktor. Pompa yang dapat diatur lajunya dipasang untuk mengalirkan metanol ke dalam reaktor secara kontinyu.

PFAD yang digunakan diperoleh dari PT Astra Agro Lestari, Jakarta, Indonesia, dengan kadar asam lemak bebas (ALB) sebesar 90,95 % (sebagai palmitat). Metanol kualitas teknis diperoleh dari PT Mulya Adi Paramita, Jakarta, Indonesia dengan kadar 99,8 %.

2. Tahapan Penelitian

Sebanyak 250 gram PFAD dimasukkan ke dalam reaktor kemudian dipanaskan hingga suhu 250 °C. Metanol cair dipompakan dengan kecepatan 4,3 g/menit melalui pemanas hingga menjadi uap dan mencapai suhu yang diinginkan lalu digelembungkan dari bagian bawah reaktor. Biodiesel yang dihasilkan akan menguap dan terbawa oleh uap metanol untuk dikondensasikan dan ditampung dalam penampung sampel. Reaksi berlangsung selama 5 jam. Tiap 30 menit sampel diambil, diuapkan metanolnya dengan rotary evaporator sehingga diperoleh sampel produk biodiesel, untuk kemudian dianalisa. Setelah reaksi selesai, sisa minyak yang masih berada dalam reaktor dikumpulkan dan dianalisa.

Reaktor dilengkapi dengan *packing* berupa bola gelas berdiameter 1 cm, dengan variasi volume *packing* sebesar 0 (tanpa *packing*), 25, dan 50 mL untuk mengetahui pengaruh *packing* terhadap reaksi. Adapun percobaan untuk menentukan waktu reaksi optimum dilakukan dengan *packing* 25 mL. Reaksi dilakukan selama 1, 2, 3, 4, dan 5 jam. Setiap selesai reaksi, sisa minyak dikumpulkan untuk dianalisa. Sementara itu, sampel produk dikumpulkan setiap 30 menit.

Analisa kualitatif terhadap komposisi asam lemak pada PFAD dan metil ester dalam biodiesel yang dihasilkan dilakukan dengan menggunakan GC-MS Shimadzu QP2010 (Shimadzu Corp., Jepang) sesuai metode yang dikembangkan Solikhah, et al. (2015). Analisa kadar ALB dilakukan dengan menggunakan 848 Titrino plus (Metrohm AG, Swiss).

HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Komposisi Asam Lemak dalam PFAD

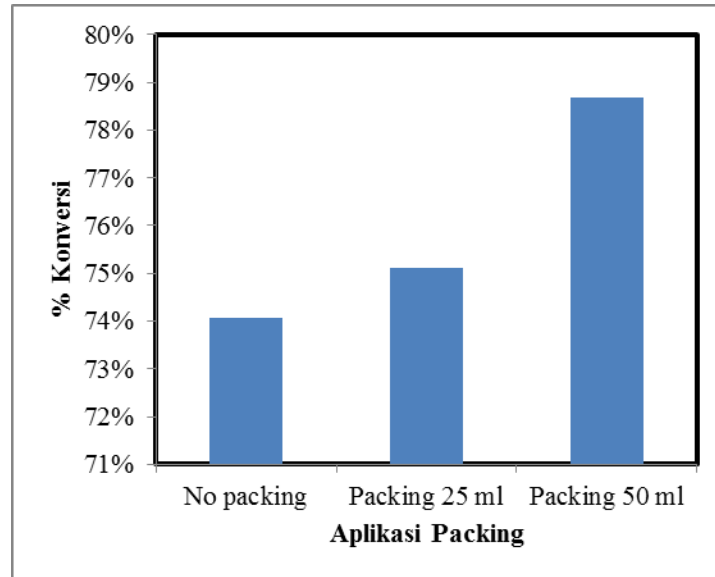
Hasil analisa GC-MS terhadap sampel PFAD terlihat pada Tabel 1. Tabel tersebut menunjukkan bahwa PFAD didominasi oleh asam palmitat dan asam oleat. Hal ini sesuai dengan hasil penelitian Ping and Yusof (2009).

Tabel 1. Hasil Analisa Komposisi Asam Lemak pada PFAD

Komponen Asam Lemak		% Area
Myristat	C14:0	0,75
Palmitat	C16:0	61,81
Stearat	C18:0	2,39
Oleat	C18:1	29,16
Linoleat	C18:2	5,89

2. Pengaruh penggunaan packing

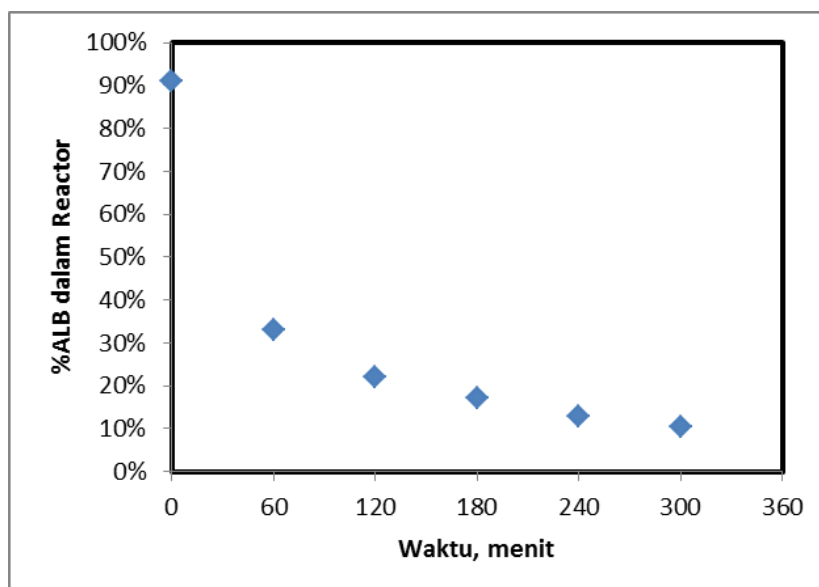
Pengaruh penggunaan *packing* dihitung dari besarnya konversi PFAD menjadi metil ester, baik metil ester pada sampel produk biodiesel maupun metil ester pada sisa minyak. Gambar 1 membandingkan konversi reaksi pada percobaan tanpa *packing* (*no packing*), *packing* 25 mL, dan *packing* 50 mL. Gambar tersebut menunjukkan bahwa penggunaan *packing* dapat meningkatkan efektifitas reaksi.



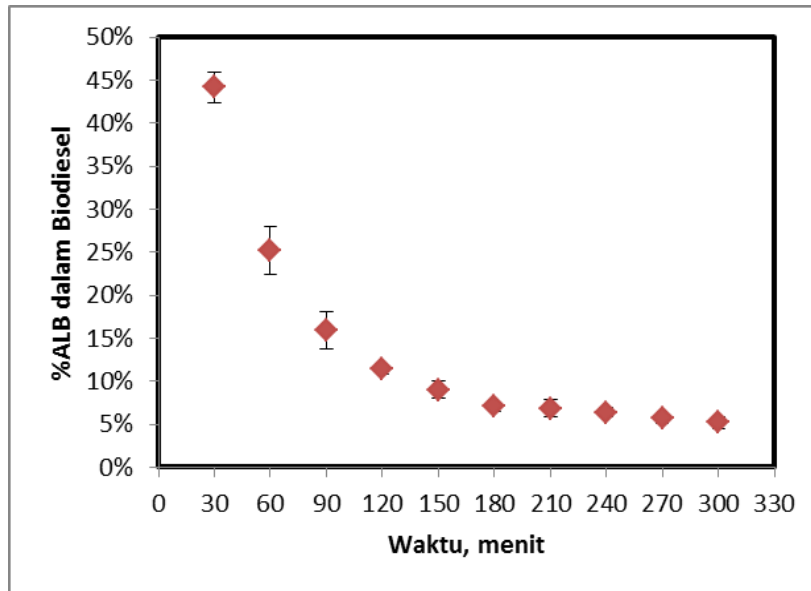
Gambar 1. Pengaruh Aplikasi Packing terhadap Konversi Reaksi

3. Waktu Reaksi Optimum

Hasil analisa ALB terhadap sisa minyak dalam reaktor dari jam ke-0 hingga ke-5 ditunjukkan pada Gambar 2. Gambar tersebut menunjukkan penurunan kadar asam paling tinggi terjadi pada jam pertama, yang juga menunjukkan jumlah asam dalam PFAD yang terkonversi menjadi metil ester. Penurunan yang tajam masih terjadi pada jam ke-2 akan tetapi mulai landai setelah jam ke-3. Untuk lebih jelasnya, hasil analisa kadar ALB pada sampel produk ditunjukkan pada Gambar 3. Gambar ini menunjukkan jumlah asam lemak yang terbawa produk mencapai kadar tertinggi pada jam pertama akan tetapi terus berkurang hingga mendekati nilai yang sama setelah jam ke-3. Kedua gambar ini menunjukkan bahwa waktu optimum reaksi dapat dicapai pada 3 jam karena apabila reaksi dilanjutkan ke jam keempat terlebih lagi jam kelima tidak mendapatkan penambahan konversi yang besar dibandingkan dengan usaha yang harus dikeluarkan.



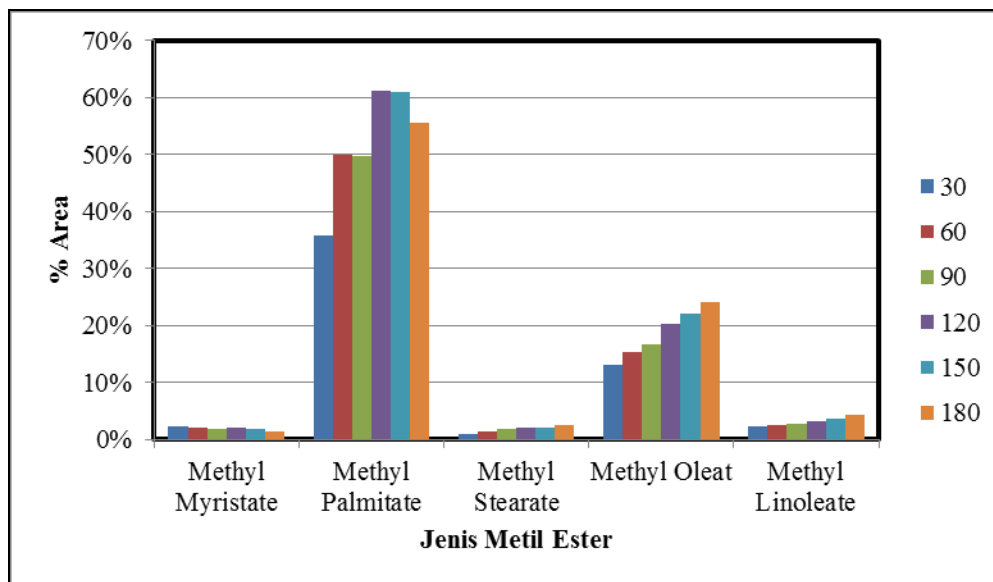
Gambar 2. Kadar ALB dalam sisa minyak pada tiap jam reaksi



Gambar 3. Kadar ALB pada sampel biodiesel

4. Komposisi Metil Ester dalam Biodiesel

Komposisi metil ester dalam sampel biodiesel di menit ke-30, 60, 90, 120, 150, dan 180 pada percobaan tanpa *packing* ditampilkan pada Gambar 4 berikut ini. Gambar tersebut terlihat tingkat produksi setiap jenis metil ester berbeda-beda, metil palmitat yang dihasilkan memiliki waktu optimal produksi pada 120 menit sedangkan untuk metil oleat terus meningkat hingga akhir reaksi. Pada gambar tersebut terlihat pula bahwa produksi metil miristat cenderung konstan, sedangkan metil stearat dan metil linoleat mengalami sedikit peningkatan selama reaksi berlangsung.



Gambar 4. Komposisi Metil Ester dalam sampel Biodiesel di menit ke-30, 60, 90, 120, 150, dan 180 pada Percobaan tanpa Packing

KESIMPULAN

Dari percobaan ini dapat disimpulkan bahwa penggunaan *packing* dapat meningkatkan konversi reaksi dan waktu tinggal optimum dalam reaktor adalah 3 jam. Selain itu, disimpulkan pula bahwa tiap jenis metil ester memiliki tingkat produksi yang berbeda.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada *Japan Society for Promoting Science* (JSPS) Fellowship Program, JSPS, Jepang dan Program Perekrayasaan Teknologi Produksi Biodiesel Sebagai Bahan Bakar Pengganti Solar, BPPT, Indonesia yang telah memberikan dukungan untuk penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- B. T. Y Ping and M. Yusof, 2009, Characteristic and Properties of Fatty Acid Distillates from Palm Oil, *Oil Palm Bulletin*, Nov 2009, p.5 – 11
- D. Kusdiana and S. Saka, 2001, Kinetics of transesterification in rapeseed oil to biodiesel fuel as treated in supercritical methanol, *Fuel*, vol. 80, pp. 693 - 698.
- D.W. Green and R.H. Perry, 2008, “Perry’s Chemical Engineering Handbook”, 8th ed., McGraw-Hill Book, Co.
- G. Knothe, 2004, Introduction, in *The Biodiesel Handbook*, G. Knothe, J. Van Gerpen and J. Krahl, Eds., Champaign, Illinois, AOCS Press, 2004, pp. 1-3.
- H. Nabetani, S. Hagiwara, and M. Nakajima, 2010, Noncatalytic Alcoholysis Process for Production of Biodiesel Fuel: Its Potential in Japan and Southeast Asia, in *Biocatalysis and Biomolecular Engineering* (eds C. T. Hou and J.-F. Shaw), John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, NJ, USA. doi: 10.1002/9780470608524.ch16
- J. Lee and S. Saka, 2010, Biodiesel production by heterogeneous catalysts and supercritical technologies, *Bioresource Technology*, vol. 101, p. 7191–7200.
- Joelianingsih, H. Maeda, S. Hagiwara, H. Nabetani, Y. Sagara, T. Soerawidjaya, A. Tambunan and K. Abdullah, 2008, Biodiesel fuels from palm oil via the non-catalytic transesterification in a bubble column reactor at atmospheric pressure: a kinetic study," *Renewable Energy*, vol. 33, p. 1629–1636.
- Joelianingsih, H. Nabetani, Y. Sagara, A. Tambunan and K. Abdullah, 2007, Performance of a bubble column reactor for the non-catalytic methyl esterification of free fatty acids at atmospheric pressure, *Journal of Chemical Engineering Japan*, vol. 40, no. 9, p. 780–785.
- M. Di Serio, R. Tesser, L. Casale, A. D’Angelo, M. Trifuoggi and E. Santacesaria, 2010, Heterogeneous Catalysis in Biodiesel Production: The Influence of Leaching, *Top Catalyst*, vol. 53, p. 811–819.
- M.D. Solikhah, “Study on the Performance of Bubble Column Reactor for Biodiesel Fuel Production using CFD Simulation”, Master Thesis, The University of Tokyo, Japan, 2012.
- M.D. Solikhah, F.T. Pratiwi, M.D. Diaztuti, “Penentuan Metode Analisis Komposisi Asam Lemak dan Metil Ester pada Biodiesel dengan GC-MS tanpa Metilasi”, Seminar Nasional Sains dan Teknologi 2015 Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Jakarta, 17 November 2015

- R. Yamazaki, S. Iwamoto, H. Nabetani, K. Osakada, O. Miyawaki and Y. Sagara, 2007, Noncatalytic alcoholysis of oils for biodiesel fuel production by semi-batch process, *Japan Journal of Food Engineering*, vol. 8, p. 11–19.
- S. Keera, S El Sabagh, A Taman.,2011, Transesterification of vegetable oil to biodiesel fuel using alkaline catalyst, *Fuel* 2011;90:42-7