

---

# REVIEW PERKEMBANGAN METODE PRODUKSI DAN TEKNOLOGI PEMURNIAN DALAM PEMBUATAN BIODIESEL

## *DEVELOPMENT OF PRODUCTION METHOD AND PURIFICATION TECHNOLOGY IN MAKING BIODIESEL: A REVIEW*

Helda Niawanti<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Program Studi Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Mulawarman, Jl. Sambaliung No. 9 Kampus Gunung Kelua Samarinda

\*Email: niawanti@ft.unmul.ac.id

(Received: 21 May 2020; Accepted: 30 June 2020; Available Online: 21 July 2020)

### Abstrak

Biodiesel merupakan bahan bakar alternatif yang digunakan pada mesin diesel. Biodiesel dapat diproduksi dari berbagai jenis biomassa yang ada di alam. Pengolahan biodiesel adalah proses konversi dari trigliserida menjadi *fatty acid metil ester* (FAME). Metode produksi biodiesel berkembang dengan berbagai macam proses yang dipilih berdasarkan kondisi bahan baku dan kualitas biodiesel yang ingin dicapai. Produksi biodiesel dapat menggunakan metode konvensional seperti esterifikasi dengan katalis asam dan transesterifikasi dengan katalis basa. Selain itu juga terdapat metode baru seperti proses subkritis dan superkritis dengan tanpa adanya katalis. Metode umum pemurnian biodiesel adalah dengan proses *wet washing* dan *dry washing*, suatu metode konvensional untuk menghilangkan kotoran biodiesel seperti sabun, katalis, gliserol dan residu alkohol menggunakan air sebagai bahan pencuci. Selain itu, asam juga dapat digunakan sebagai bahan pencuci, seperti asam fosfat, asam sulfat dan asam klorida. *Dry washing* merupakan metode pemurnian menggunakan resin penukar ion. Proses pemurnian biodiesel juga bisa dilakukan dengan menggunakan membran. Selain itu, juga ada cairan ionik dan pelarut eutektik yang terbentuk dari campuran garam halida organik dan senyawa organik yang bisa diaplikasikan dalam pemurnian biodiesel.

**Kata kunci:** biodiesel, pemurnian, metode, FAME, bahan bakar

### Abstract

*Biodiesel is an alternative fuel used in diesel engines. Biodiesel can be produced from various types of biomass that exist in nature. Biodiesel processing is the process of converting from triglycerides into fatty acid methyl esters (FAME). The biodiesel production method develops with a variety of processes selected based on the conditions of the raw material and the quality of biodiesel to be achieved. Biodiesel production can use conventional methods such as esterification with acid catalysts and transesterification with base catalysts. Despite there are also new methods such as subcritical and supercritical processes in the absence of a catalyst. The general method of purifying biodiesel is the wet washing and dry washing process, a conventional method for removing biodiesel impurities such as soap, catalysts, glycerol, and alcohol residues using water as a washing agent. Acids can also be used as washing agents, such as phosphoric acid, sulfuric acid, and hydrochloric acid. Dry-washing is a purification method using an ion exchange resin. The biodiesel refining process can also be done using membranes. Besides, there are also ionic liquids and eutectic solvents formed from a mixture of organic halide salts and organic compounds that can be applied in the purification of biodiesel.*

**Keywords:** *biodiesel, purification, methods, FAME, fuel*

## 1. PENDAHULUAN

Biodiesel, yang merupakan bahan bakar alternatif untuk mesin diesel, adalah pengganti diesel petro karena masalah lingkungan. Biodiesel diproduksi dari beberapa bahan baku, contohnya minyak kelapa sawit, minyak dedak padi, minyak jelantah, ganggang (Shahbaz dkk, 2015; Zullaikah dkk, 2005; Asri dan Budiman, 2013; Pittman dkk, 2011).

Biomassa dikonversi menjadi biodiesel menggunakan beberapa metode, tidak hanya metode konvensional seperti esterifikasi dan transesterifikasi (Gerpen, 2005) tetapi juga metode baru seperti proses subkritis (Encinar dkk, 2015) dan superkritis (Wei dkk, 2013) tanpa adanya katalis. Biodiesel diperlukan untuk memenuhi standar spesifikasi baik ASTM D6751 atau EN 14214 sebelum didistribusikan ke pasar. FAME minimal yang terkandung dalam biodiesel adalah 96,5% (ASTM D6751), sedangkan biodiesel dari bahan baku dengan kandungan asam lemak bebas atau *free fatty acid* (FFA) tinggi sulit mencapai standar tersebut. Sebagai contoh, biodiesel berbasis minyak dedak padi memiliki jumlah FFA yang tinggi sekitar 6-70% tergantung pada kualitas dedak padi (Zullaikah dkk, 2005).

Biodiesel berbasis minyak dedak padi mengandung produk samping yang disebut residu biodiesel terdiri dari FFA, monogliserida (MG), digliserida (DG), trigliserida (TG) dan senyawa bioaktif seperti oryzanol, tokoferol, tocotrienol, phytosterol, polifenol, dan squalene (Zullaikah dkk, 2005; Kasim dkk, 2007). Beberapa pengotor yang juga dapat ditemukan dalam *crude biodiesel* adalah alkohol, gliserin, sabun, katalis residu, logam, FFA, sterol glikosida serta pengotor lain yang mengurangi stabilitas biodiesel (James dan Brian, 2015).

FFA dalam biodiesel memicu korosi dan stabilitas oksidasi yang rendah pada mesin.

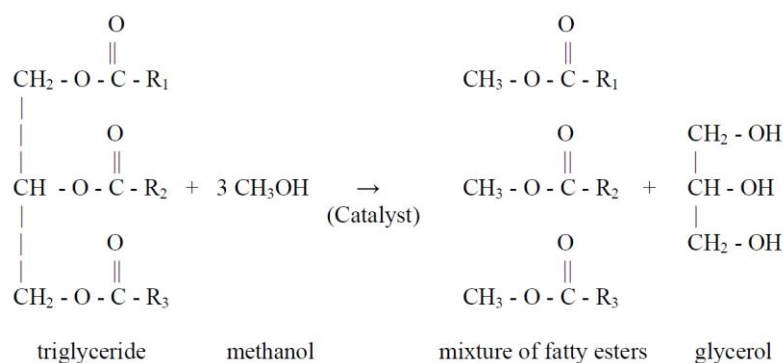
Oleh karena itu, pemurnian adalah langkah penting dalam produksi biodiesel.

Metode *wet washing* dan *dry washing* adalah metode yang paling umum untuk pemurnian biodiesel. *Wet washing* adalah metode pemurnian biodiesel menggunakan air atau asam seperti asam fosfat, asam sulfat dan asam klorida. Metode *wet washing* membutuhkan 60-80% dari total biaya produksi, sehingga metode ini tidak efisien untuk produksi biodiesel dalam jumlah besar. Metode *dry washing* menghilangkan kotoran dari residu biodiesel dengan adsorpsi atau menggunakan penukar ion (Atadhasi dkk, 2011). Pemurnian dengan adsorpsi menggunakan bubuk magnesol atau gel silika sebagai adsorben (Faccini dkk, 2011).

Metode terbaru telah dikembangkan dan diuji untuk pemurnian residu, seperti menggunakan teknologi pemisahan membran, menggunakan cairan ionik dan pelarut *deep eutectic* (Atadhasi dkk, 2011). Bagian utama dari review ini berkaitan dengan membandingkan beberapa metode produksi dan pemurnian biodiesel untuk mencapai standar biodiesel sebelum didistribusikan ke pasar.

## 2. METODE PRODUKSI BIODIESEL

Biodiesel juga disebut sebagai *fatty acid methyl ester* (FAME) diproduksi dari biomassa misalnya minyak kelapa sawit (CPO), minyak kelapa, bunga matahari, bekatul, jathropha, dan mikroalga (Shahbaz dkk, 2011; Sulaiman dkk, 2014; Pighinelli dkk, 2011; Zullaikah dkk, 2005; Weiguang, 2009). Metode yang umum digunakan untuk menghasilkan biodiesel adalah melalui proses transesterifikasi. Trigliserida direaksikan dengan metanol untuk menghasilkan metil ester menggunakan katalis. Katalis basa kuat seperti natrium hidroksida dan kalium hidroksida biasanya digunakan dalam proses ini. Persamaan reaksi ini ditunjukkan di bawah ini:



**Gambar 1. Skema transesterifikasi**

(Sumber: Gerpen, 2005)

Pemanfaatan proses transesterifikasi terbatas untuk bahan baku yang mengandung asam lemak bebas rendah. Minyak sebagai bahan baku biodiesel tidak boleh mengandung FFA lebih dari 1% untuk reaksi transesterifikasi yang dikatalisis basa. Ini sesuai dengan nilai asam 2 mg KOH/g. Jika tingkat FFA melebihi jumlah ini, pembentukan sabun akan menghambat pemisahan ester dari gliserin dan juga mengurangi tingkat konversi ester (Gerpen, 2005).

Esterifikasi adalah metode yang dapat digunakan untuk kandungan FFA tinggi dalam bahan baku. FFA direaksikan dengan metanol menggunakan katalis asam untuk mengubahnya menjadi FAME. Mengubah FFA menjadi FAME sebelum proses transesterifikasi adalah untuk mengurangi kandungan FFA dan mencegah saponifikasi dalam biodiesel mentah. Asam sulfat dan asam Hidroklorat umumnya digunakan sebagai katalis. Berrios dkk (2007) mempelajari tentang kinetika dari esterifikasi FFA dalam minyak bunga matahari, asam sulfat 5 % (b/b) digunakan sebagai katalis, hasilnya menunjukkan bahwa nilai asam akhir lebih rendah dari 1 mg KOH/g minyak setelah 120 menit reaksi. Produksi biodiesel dari minyak dedak padi juga menggunakan tahap esterifikasi sebelum transesterifikasi atau disebut juga dengan proses *two step acid catalyzed process*. Penelitian oleh Zullaikah dkk (2005) mempelajari tidak hanya pengaruh suhu, kelembaban dan waktu penyimpanan pada akumulasi FFA dalam dedak padi tetapi juga konversi minyak dedak padi

menjadi FAME. Hasilnya adalah dedak yang disimpan pada suhu kamar menunjukkan bahwa sebagian besar triasilgliserida terhidrolisis dan kandungan FFA meningkat hingga 76% dalam enam bulan. Kandungan FFA tinggi dalam minyak dedak padi sekitar 6,6-24,5% sehingga digunakan *two-step acid-catalyzed methanolysis process* dengan asam digunakan untuk konversi minyak dedak padi yang efisien menjadi FAME. Berdasarkan pada kandungan minyak FFA awal, kandungan FAME diperoleh sebesar 55-90% dalam produk reaksi. Lebih dari 98% FFA dan kurang dari 35% TG bereaksi dalam 2 jam. Fase organik produk pada reaksi langkah pertama digunakan sebagai substrat untuk metanolisis yang dikatalisis dengan asam kedua pada suhu 100°C. Dengan reaksi metanolisis dua langkah ini, lebih dari 98% FAME dalam produk dapat diperoleh dalam waktu kurang dari 8 jam. Setelah melalui tahap distilasi, produk didapatkan berupa 99,8% FAME (biodiesel) dengan yield lebih dari 96%.

Meskipun transesterifikasi dan metanolisis dua langkah dengan katalis asam memiliki kelebihan dan menghasilkan jumlah FAME yang tinggi, keduanya masih memiliki kelemahan. Pertama, bahwa katalis homogen harus dihilangkan dari *crude biodiesel* bersamaan dengan gliserol pada akhir proses. Gliserol adalah produk samping dari proses transesterifikasi, umumnya dipisahkan dari biodiesel menggunakan metode dekantasi. Kedua, katalis asam dapat memicu korosi dalam reaktor dan katalis basa menyebabkan

saponifikasi. Pengembangan katalis heterogen dalam produksi biodiesel berpotensi untuk memecahkan masalah dalam transesterifikasi katalis asam atau basa. Katalis heterogen tetap berada dalam fase terpisah dari reaktan. Mereka juga disebut sebagai katalis kontak karena berfungsi melalui adsorpsi entitas reaktan pada permukaannya. Dalam produksi biodiesel melalui reaksi transesterifikasi, katalis heterogen berada di fase padat, sedangkan minyak dan metanol berada dalam fase cair.

Berbagai katalis heterogen telah diteliti untuk produksi biodiesel (Sharma dkk, 2018). Ayoola dkk (2018) menggunakan Calcium oksida (CaO) sebagai katalis padat untuk menghasilkan biodiesel berbasis minyak inti sawit. Penelitian membandingkan antara CaO dan CaO berbasis *waste turkey bones* (WTB), ukuran partikel <150  $\mu\text{m}$ , dikalsinasi pada 800°C selama 3 jam. *Palm Kernel Oil* direaksikan dengan metanol (rasio molar metanol terhadap minyak adalah 8-14) pada 65°C pada kecepatan agitasi 600 rpm, konsentrasi katalis 1-7% (b/b) dan waktu reaksi sekitar 1-3 jam. Hasilnya menunjukkan yield biodiesel menggunakan CaO sebagai katalis lebih tinggi daripada menggunakan CaO berbasis WTB. Namun, kualitas biodiesel yang dihasilkan dinilai dan hasil yang diperoleh menunjukkan kesesuaian dengan biodiesel yang diproduksi dengan standar ASTM. Selain CaO, ada katalis heterogen lainnya yang menjanjikan seperti katalis padat berbasis karbon, katalis asam padat dari residu tepung kelapa tersulfonasi, kulit telur bebek yang dikalsinasi, sekam padi turunan natrium silikat dan *fly ash* dari pelet kayu (Lou dkk, 2008; Thushari dan Babel, 2017; Yin dkk, 2016; Roschat dkk, 2016; Uprety dkk, 2016).

Dari berbagai contoh yang disebutkan di atas, katalis asam-padat memiliki beberapa kekurangan seperti; aktivitas dan stabilitas, laju reaksi lebih lambat dan persyaratan suhu reaksi tinggi. Namun, kemudahan pemisahannya, sifatnya yang tidak korosif, pemrosesan hilir yang lebih rendah (pencucian biodiesel), dan regenerasi serta kemudahan penggunaan yang mudah menjadikan katalis heterogen kandidat yang

efektif untuk proses transesterifikasi. Karenanya, ada kebutuhan untuk meningkatkan aspek positif dari katalis asam-padat, meningkatkan stabilitasnya pada suhu tinggi, menjadikan permukaannya lebih oleofilik untuk meningkatkan ketidaksensitifannya terhadap kadar air dari bahan baku berkualitas rendah. Selain itu, luas permukaan katalis asam padat ini dapat ditingkatkan melalui unsur *doping*, yang selanjutnya dapat memberikan lebih banyak jumlah area aksi untuk reaksi transesterifikasi. Selain itu, *doping* unsur dapat mengubah muatan permukaan katalis murni, yang dapat dengan mudah diatur bergantung pada kandungan asam trigliserida minyak (Sharma dkk, 2018).

Pengembangan produksi biodiesel tidak hanya dalam variasi katalis tetapi juga metode baru seperti alkohol superkritis (Wei dkk, 2013) dan proses air subkritis (Pourali dkk, 2009) yang berjalan tanpa katalis. Proses superkritis tidak hanya secara signifikan mengurangi waktu reaksi dan biaya katalis, tetapi juga menghasilkan biodiesel yang memenuhi standar internasional (Fusayasu dkk, 2010). Pengolahan air subkritis, sebagai teknik ramah lingkungan dan hijau, telah berhasil diterapkan untuk pengolahan dedak padi, minyak dedak padi berhasil diekstraksi dengan hasil yang lebih tinggi daripada yang diperoleh dengan metode konvensional. Jelas bahwa suhu air subkritis mempengaruhi produksi minyak. Semakin tinggi suhu air subkritis, semakin besar pula jumlah minyak yang diperoleh (Pourali dkk, 2009).

### 3. NOVEL METHOD UNTUK PEMURNIAN BIODIESEL

Setelah proses produksi, *crude biodiesel* harus dimurnikan untuk mencapai standar internasional biodiesel, seperti EN 14214 dan ASTM D675. Adanya kotoran dalam biodiesel memicu kerusakan mesin (Demirbas, 2009). Langkah-langkah pemurnian untuk menghilangkan kotoran seperti trigliserida yang tidak terkonversi, monoasilgliserol, diasilgliserol, FFA, gliserol, air, katalis, sabun, dll. Kandungan metanol dalam biodiesel akan mengurangi

viskositas, densitas dan titik nyala, merusak segel karet dan gasket serta korosi pada bagian aluminium dan seng. Air akan mengurangi panas pembakaran, menghidrolisis bagian dari ester metil yang diproduksi, memungkinkan pertumbuhan bakteriologis yang menyebabkan penyumbatan filter, membentuk kristal es dan korosi pada tabung bahan bakar serta pompa injektor. Kehadiran sabun (katalis) merusak injektor dan menyebabkan masalah korosi pada mesin, penyumbatan filter dan melemahnya mesin. Stabilitas oksidasi biodiesel lebih rendah karena kehadiran FFA, yang mengakibatkan korosi pada komponen mesin. Asilgliserol menyebabkan kristalisasi, kekeruhan, viskositas yang lebih tinggi dan pembentukan endapan pada piston, katup, dan nozel injeksi. Gliserol juga memiliki beberapa efek negatif pada biodiesel dan mesin seperti masalah penyimpanan, masalah *settling*, endapan pada tangki bahan bakar, pengotor injeksi, emisi aldehida dan akrolein yang lebih tinggi dan masalah daya tahan mesin (Stojkovic, 2014).

Metode umum pemurnian biodiesel adalah dengan proses *wet washing*, suatu metode konvensional untuk menghilangkan kotoran biodiesel seperti sabun, katalis, gliserol dan residu alkohol menggunakan air sebagai bahan pencuci. Selain itu, asam juga dapat digunakan sebagai bahan pencuci, seperti asam fosfat, asam sulfat dan asam klorida (Atadashi, 2011). Karaosmanoglu dkk (1996) menggunakan tiga metode untuk memurnikan *crude biodiesel* dari minyak lobak. Metode pertama menggunakan air suling panas, metode kedua menggunakan petroleum eter dan air deionisasi dan metode lainnya menggunakan asam sulfat sebagai bahan pencuci. Hasil penelitian menunjukkan bahwa metode terbaik adalah pemanfaatan air suling panas. Srivastava dan Verma (2008) menggunakan 10%  $H_3PO_4$  sebagai bahan pencuci, produk biodiesel memiliki warna lebih cerah setelah pemurnian. Glisic dan Skala (2009) menghasilkan 86% hasil ester dan kemurnian produk 99% dengan menggunakan air panas sebagai bahan pencuci.

Pemurnian dengan metode *dry washing* menghilangkan kontaminan dari *crude biodiesel* dengan adsorpsi atau resin penukar ion (Stojkovic, 2014). *Dry washing* menggunakan bubuk magnesol atau resin penukar ion untuk menggantikan air atau pelarut organik. Faccini dkk (2011) menggunakan 1% silika, 2% magnesol, Amberlite BD10 DRY® dan Purolite PD 206® sebagai adsorben. Proses pemurnian berlangsung pada suhu 65°C. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penggunaan silika dan magnesol lebih baik daripada menggunakan resin. Resin penukar ion tidak direkomendasikan untuk diregenerasi, sehingga kelemahan utama resin penukar ion adalah menemukan solusi pengolahan limbah padat (Stojkovic, 2014).

Canaira dkk (2008) menggunakan metode *wet washing* dan *dry washing* untuk memurnikan *crude biodiesel* dari lemak hewani dan minyak kedelai. Metode *wet washing* terdiri dari langkah netralisasi menggunakan asam sitrat, langkah mencuci menggunakan natrium klorida, air deionisasi dan dehidrasi dengan ayakan molekuler. Metode *dry washing* menggunakan Magnesol D60 sebagai adsorben. *Wet washing* menghasilkan metil ester yang lebih besar, tetapi *dry washing* menunjukkan hasil terbaik pada stabilitas oksidatif, kontaminan total dan sulfur.

Mendow dkk (2012) menggunakan metode *wet washing* dan *dry washing* untuk memurnikan biodiesel berbahan baku minyak bunga matahari. *Wet washing* menggunakan air dan *dry washing* menggunakan resin penukar ion disertai dengan *stripping* nitrogen. Semua metode digunakan dengan sangat efektif untuk menghilangkan kandungan sabun dan gliserol bebas. Kerugian dari metode ini adalah penggunaan air meningkatkan biaya dan waktu produksi, konsumsi energi yang tinggi dan perlunya pengolahan air limbah (Berrios dkk, 2007; Jaruwat dkk, 2010). *Wet washing* membutuhkan 60-80% dari total biaya produksi yang menyebabkan proses tidak cocok untuk produksi biodiesel dalam skala besar (Atadashi dkk, 2011). Baroutian dkk (2012) menggunakan metode pemurnian dua langkah, menggabungkan *wet washing* dan *dry washing*. Langkah pertama, air

suling panas diasamkan dengan asam tannic (0,1%) kemudian digunakan untuk mencuci biodiesel mentah. Dua fase dipisahkan oleh gravitasi, dan lapisan biodiesel dikeringkan pada kondisi atmosfer. Hasil pencucian basah, kandungan katalis *crude biodiesel* berkurang dari 44,32 mg KOH/kg menjadi 5,74 mg KOH/kg. Langkah kedua menggunakan adsorpsi karbon aktif tempurung kelapa.

Proses pemurnian biodiesel juga bisa dilakukan dengan menggunakan membran. He dkk (2006) memurnikan biodiesel dengan menggunakan serat berongga polisulfon dan poliakrilonitril yang dikombinasikan dengan ekstraksi konvensional. Cheng dkk (2009) memurnikan biodiesel dengan menggunakan membran keramik berpori dengan ukuran pori 0,14  $\mu\text{m}$ . Namun, penggunaan membran keramik (membran anorganik) tidak cocok untuk diterapkan dalam industri skala besar karena harganya yang mahal (Lu dkk, 2007). Wijaya dkk (2013) menggunakan membran polypropylene untuk memisahkan gliserol dari biodiesel berbasis minyak kelapa sawit. Alves dkk (2013) memurnikan biodiesel dari minyak kedelai menggunakan mikrofiltrasi dan ultrafiltrasi. Aplikasi membran dalam pemurnian *crude biodiesel* adalah untuk memisahkan gliserol, air, sabun dan katalis. Pemurnian menggunakan membran mengurangi konsumsi air hingga 75% volume dan mencegah hilangnya minyak hingga 44%. Pemurnian menggunakan membran memiliki manfaat di sisi ekonomi dan menghindari efek air limbah terhadap lingkungan (Saleh, 2011). Namun, kekurangan dari teknologi ini adalah meningkatkan biaya akhir dan kemungkinan kontaminasi (Leung dkk, 2010).

Ozgul-Yücel dan Selma (2003) menggunakan abu sekam padi dan gel silika untuk memurnikan metil ester komersial dari minyak dedak padi dengan adsorpsi FFA pada kondisi atmosfer. Adsorben abu sekam padi memiliki luas permukaan 5,9  $\text{m}^2/\text{g}$ , diolah dengan memanaskan hingga suhu 500°C selama 2 jam dalam tungku untuk menghilangkan sisa karbon. Abu dan gel silika komersial (luas permukaan 2319  $\text{m}^2/\text{g}$ ) diayak untuk mendapatkan ukuran diameter yang seragam sekitar 106-212  $\mu\text{m}$ . *Crude*

*biodiesel* dilarutkan pada berbagai konsentrasi heksana, yaitu 2, 5 dan 10% (v/v) *crude biodiesel* dalam heksana. Adsorben yang ditambahkan bervariasi antara 0, 1, 2, 3 dan 4 g ke dalam 50 mL larutan *crude biodiesel*/ heksana. Kemudian, larutan diaduk, suhu diatur pada suhu kamar menggunakan penangas air pada 25°C selama 30 menit. Larutan dipisahkan dari adsorben menggunakan kertas saring. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa kinerja gel silika lebih baik daripada abu sekam padi karena kehilangan metil ester selama proses lebih kecil daripada menggunakan sekam padi.

Cairan ionik adalah salah satu yang sering juga digunakan dalam produksi biodiesel, dapat bertindak sebagai katalis, *co solvent* atau ekstraksi pelarut (Zhao dan Baker, 2012). Cairan ionik adalah garam organik dengan titik leleh di sekitar atau di bawah suhu sekitar, yang terdiri dari kation organik dan anion organik atau anorganik. Namun, karena kompleksitas sintesis cairan ionik dan tingginya biaya bahan kimia, cairan ionik diganti dengan pelarut eutektik yang terbentuk dari campuran garam halida organik dan senyawa organik. Ketika dua komponen ini dicampur dalam rasio yang tepat, titik eutektik dapat diamati. Senyawa organik berperan sebagai *hydrogen bond donor* (HBD) yang membentuk ikatan hidrogen dengan ion halida (Stojkovic, 2014).

Abbot dkk (2007) meneliti minyak kedelai murni dan biodiesel berbasis minyak lobak menggunakan *Deep Eutectic Solvent* (DES), yang merupakan campuran garam amonia kuaterner dengan beberapa molekul HBD, misalnya gliserol. Rasio mol HBD terhadap garam adalah 1/1 atau 1/2. Campuran dua komponen akan memiliki afinitas yang kuat menyebabkan pembentukan interaksi ikatan hidrogen kuat. Afinitas garam yang tinggi terhadap campuran yang dihasilkan gliserol akan mampu mengekstraksi gliserol. Afinitas tinggi cairan ionik untuk alkohol juga menyebabkan kelebihan etanol dapat diekstraksi dari lapisan biodiesel. DES juga digunakan untuk menghilangkan gliserol bebas dan total gliserol dari biodiesel berbasis minyak kelapa sawit menggunakan

ekstraksi cair-cair (Shahbaz dkk, 2010). Rasio molar optimum DES terhadap biodiesel adalah 1/1 dan komposisi garam terhadap DES adalah 1/1. Kolin klorida digunakan sebagai garam amonium kuarterner kemudian etilena glikol dan 2,2,2, - triflurasetamid digunakan sebagai HBD.

Niawanti dkk (2017) menggunakan DES untuk memurnikan biodiesel berbahan baku minyak dedak padi menggunakan metode ekstraksi cair-cair. FAME tertinggi diperoleh 96,6% pada 240 menit ekstraksi dalam suhu kamar. DES terdiri dari klorin klorida sebagai akseptor ikatan hidrogen dan etilen glikol sebagai HBD dengan rasio molar  $\frac{1}{2}$ . Rasio molar *crude biodiesel* terhadap DES adalah  $\frac{1}{4}$ . Penelitian tersebut menunjukkan bahwa DES berpotensi menghilangkan minyak dan senyawa bioaktif yang tidak bereaksi dari biodiesel.

## REFERENSI

- Abbott, A.P., Cullis, P.M., Gibson, M.J., Harris, R.C., Raven E., 2007. Extraction of Glycerol from Biodiesel Into a Eutectic Based Ionic Liquid. *Green Chem.* 9(8) pp. 868.
- Alves, M.J., Nascimento, S.M., Pereira, I.G., Martins, M.I., Cardoso, V.L., Reis, M., 2013. Biodiesel Purification Using Micro and Ultrafiltration Membranes. *Renew Energy.* 58 pp.15–20.
- Asri, W., Budiman, A., 2013. Synthesis of Biodiesel from Second-Used Cooking Oil. *Phys Procedia* 32 pp. 190–9. doi.org/10.1016/j.egypro.2013.05.025.
- Atadashi, I.M., Aroua, M.K., Aziz, A.R.A., Sulaiman, N.M.N., 2011. Refining Technologies for The Purification of Crude Biodiesel. *Appl Energy* 88 (12) pp. 4239–51. doi.org/10.1016/j.apenergy.2011.05.029
- Ayoola, A.A., Fayomi, O.S.I, Usoro, I.F., 2018. Data on PKO Biodiesel Production using CaO Catalyst from Turkey Bones. *Data in Brief* 19 pp. 789–97. doi.org/10.1016/j.dib.2018.05.103
- Berrios, M., Siles, J., Martín, M.A., 2007. A Kinetic Study of The Esterification of Free Fatty Acids (FFA) in Sunflower Oil. *Fuel* 86 (15) pp. 2383–8.
- Baroutian, S., Shahbaz, K., Mjalli, F.S., Alnashef, I.M., Hashim, M.A., 2012. Adsorptive removal of residual catalyst from palm biodiesel: application of response surface methodology. *Hemijaska industrija* 66 (3) pp. 373–80.
- Canoira, L., Rodri, M., Querol, E., Lapuerta, M., Oliva, F., Rodri, M., 2008. Biodiesel from Low-Grade Animal Fat : Production Process Assessment and Biodiesel Properties Characterization. *Ind. Eng. Chem. Res* 47 (21) 7997–8004.
- Cheng, L.H., Cheng, Y.F., Yen, S.Y., Chen, J., 2009. Ultrafiltration of Triglyceride from Biodiesel using The Phase Diagram of Oil-FAME-MeOH. *J Memb Sci.* 330(1–2) pp.156–65.
- Demirbas, A., 2009. Progress and Recent Trends in Biodiesel Fuels. *Energy Convers Manag.* 50(1) pp. 14–34. doi.org/10.1016/j.enconman.2008.09.00.
- Encinar, J.M., Martí, G., Gonzá, J.F., 2015. Biodiesel Production from Castor Oil under Subcritical Methanol Conditions 6 (1).
- Faccini, C.S., Cunha, M.D., Silvana, M., Moraes, M. S. A., 2011. Dry Washing in Biodiesel Purification: a Comparative Study of Adsorbents. *Journal of the*

- Brazilian Chemical Society 22 (3) pp. 558-563.
- Fusayasu, M., Kamitanaka, T., Sunamura, T., Matsuda, T., Osawa, T., Harada, T., 2010. Transesterification of Supercritical Ethyl Acetate by Higher Alcohol. *J Supercrit Fluids*. 54(2) pp. 231-6.
- Gerpen, J V., 2005. Biodiesel Processing and Production. *Fuel Processing Technology* 86 (10) pp. 1097-1107.
- Glisic, S.B., Skala, D., 2009. Design and Optimisation of Purification Procedure for Biodiesel Washing. *Chemical Industry and Chemical Engineering Quarterly* 15(3) pp. 159-68.
- He, H.Y., Guo, X., Zhu, S.L., 2006. Comparison of membrane extraction with traditional extraction methods for biodiesel production. *J Am Oil Chem Soc*. 83(5) pp. 457-60.
- Ho, K.C., Shahbaz, K., Rashmi, W., Mjalli, F.S., Hashim, M.A., Alnashef, I.M., 2015. Removal Of Glycerol From Palm Oil-Based Biodiesel Using New Ionic Liquids Analogues. *Journal of Engineering Science and Technology* 10 (1) pp. 98-111.
- James, R.M., Brian, C.S., 2015. Biodiesel Purification by A Continuous Regenerable Adsorbent Process. *European Patent Spesification* 1(19) pp.1-23.
- Jaruwat, P., Kongjao, S., Hunsom, M., 2010. Management of Biodiesel Wastewater by The Combined Processes of Chemical Recovery and Electrochemical Treatment. *Energy Convers Manag*. 51(3) pp. 531-7. doi.org/10.1016/j.enconman.2009.10.018
- Karaosmanoğlu, F., Cıgızoğlu, K.B., Tüter, M., Ertekin, S., 1996. Investigation of the Refining Step of Biodiesel Production. *Energy & Fuels* 10(4) pp. 890-5.
- Kasim, N.S., Chen, H., Ju, Y., 2007. Recovery of  $\gamma$ -Oryzanol from Biodiesel Residue. *Journal of the Chinese Institute of Chemical Engineers* 38(3):229-234.
- Leung, D.Y.C., Wu X., Leung, M.K.H., 2010. A Review on Biodiesel Production Using Catalyzed Transesterification. *Appl Energy*. 87(4) pp. 1083-95. doi.org/10.1016/j.apenergy.2009.10.006
- Lou, W., Zong, M., Duan, Z., 2008. Bioresource Technology Efficient Production of Biodiesel from High Free Fatty Acid-Containing Waste Oils using Various Carbohydrate-Derived Solid Acid Catalysts 99 pp. 8752-8.
- Lu, G.Q., Diniz da Costa, J.C., Duke, M., Giessler, S., Socolow, R., Williams, R.H., Kreutz, T., 2007. Inorganic Membranes for Hydrogen Production and Purification: A Critical Review and Perspective. *J Colloid Interface Sci*. 314 (2) pp. 589-603.
- Mendow, G., Veizaga, N.S., Sánchez, B.S., Querini, C.A., 2012. Biodiesel Production by Two-Stage Transesterification with Ethanol by Washing With Neutral Water and Water Saturated With Carbon Dioxide. *Bioresour Technol*. 118 pp. 598-602. doi.org/10.1016/j.biortech.2012.05.026.
- Niawanti, H., Zullaikah, S., Rachimoellah, M., 2017. Purification of Biodiesel by Choline Chloride Based Deep Eutectic Solvent. *AIP Conf Proc*. 1840. Available from: <http://aip.scitation.org/doi/abs/10.1063/1.4982280>
- Özgül-yücel S., Türkay, S., 2003. Purification of FAME by Rice Hull Ash Adsorption. *Journal of the American Oil Chemists' Society* 80 (10) pp. 373-6.
- Pighinelli, A.L.M.T., Ferrari, R.A., Miguel, M.R.O., Park, K.J., 2011. High Oleic Sunflower Biodiesel: Quality Control and Different Purification Methods. *Grasas y Aceites* 62 (2) pp. 171-80.
- Pittman, J.K., Dean, A.P., Osundeko, O., 2011. The Potential of Sustainable Alga Biofuel Production Using Wastewater Resources. *Bioresource Technology* 102 (1) pp. 17-25. doi.org/10.1016/j.biortech.2010.06.035.
- Pourali, O., Salak, F., Yoshida, H., 2008. Sub-critical Water Treatment of Rice Bran To Produce Valuable Materials. *Food Chem*. 115(1) pp. 1-7. doi.org/10.1016/j.foodchem.2008.11.099.
- Roschat, W., Siritanon, T., Yoosuk, B., Promarak, V., 2016. Rice Husk-Derived Sodium Silicate as a Highly Efficient And Low-Cost Basic Heterogeneous Catalyst For Biodiesel Production.



- Energy Convers Manag. 119 pp 453–62. doi.org/10.1016/j.enconman.2016.04.071
- Saleh, J., 2011. Membrane Separation Process for Biodiesel Purification. University of Ottawa.
- Shahbaz, K., Mjalli, F.S., Hashim, M.A., ALNashef, I.M., 2010. Using Deep Eutectic Solvents for The Removal of Glycerol from Palm Oil-Based Biodiesel. Journal of Applied Sciences 10 (24) pp. 3349-3354.
- Shahbaz, K., Mjalli, F.S., Hashim, M.A., Alnashef, I.M., 2011. Eutectic Solvents for The Removal of Residual Palm Oil-Based Biodiesel Catalyst. Separation Purification Technology 81 (2) pp. 216–22. doi.org/10.1016/j.seppur.2011.07.032
- Sharma, S., Saxena, V., Baranwal, A., Chandra. P., Mohan. L., 2018. Materials Science for Energy Technologies Engineered Nanoporous Materials Mediated Heterogeneous Catalysts and their Implications in Biodiesel Production. Mater Sci Energy Technol. 1 (1) pp. 11–21. doi.org/10.1016/j.mset.2018.05.002
- Srivastava, P.K., Verma, M. Methyl Ester of Karanja Oil as an Alternative Renewable Source Energy. Fuel 87 (8–9) pp. 1673–7.
- Stojkovic, I.J., Stamenkovic, O.S., Povrenovic, D.S., Veljkovic, V.B., 2014. Purification Technologies for Crude Biodiesel Obtained by Alkali-Catalyzed Transesterification 32 pp. 1–15.
- Sulaiman, S., Aziz, A., Raman, A., Aroua, M.K., Coconut Waste as a Source for Biodiesel Production. 2<sup>nd</sup> International Conference on Chemical, Biological and Environmental Engineering (ICBEE 2010).
- Thushari, I., Babel, S., 2017. Sustainable Utilization of Waste Palm Oil and Sulfonated Carbon Catalyst Derived from Coconut Meal Residue for Biodiesel Production. Bioresour Technol doi.org/10.1016/j.biortech.
- Uprety, B.K., Chaiwong, W., Ewelike, C., Rakshit, S.K., 2016. Biodiesel Production using Heterogeneous Catalysts Including Wood Ash and The Importance of Enhancing Byproduct Glycerol Purity. Energy Convers Manag. 115:191–9. doi.org/10.1016/j.enconman.2016.02.032
- Wei, C., Huang, T., Chen, H., 2013. Biodiesel Production Using Supercritical Methanol with Carbon Dioxide and Acetic Acid. Journal of Chemistry. DOI: 10.1155/2013/789594.
- Weiguang, W.U., Jikun, H., Xiangzheng, D., 2009. Potential Land for Plantation of *Jatropha curcas* as Feedstocks for Biodiesel in China. Science China Press and Springer-Verlag Berlin Heidelberg 53(1):120–7.
- Wijaya, A.H., Devi, S.S., Rachimoallah, M., 2013. Pemisahan Gliserol dan Biodiesel Minyak Kelapa Sawit (*Palm Oil*) dengan Menggunakan Membrane Polypropylene. Jurnal Teknik POMITS 2 (1).
- Yin, X., Duan, X., You, Q., Dai, C., Tan, Z., Zhu, X., 2016. Biodiesel Production from Soybean Oil Deodorizer Distillate using Calcined Duck Eggshell as Catalyst. Energy Convers Manag 112 pp. 199–207. doi.org/10.1016/j.enconman.2016.01.02.
- Zullaikah, S., Lai, C., Vali, S.R., Ju, Y., 2005. A Two-Step Acid-Catalyzed Process for The Production of Biodiesel from Rice Bran Oil. Bioresource Technology 96 (17) pp. 1889-96.
- Zhao, H., Baker, G.A., 2012. Ionic Liquids and Deep Eutectic Solvents for Biodiesel Synthesis: A Review. Journal of Chemical Technology and Biotechnology 8 (1) pp. 3-12.