
Produksi Biodiesel dari Minyak Campuran Minyak Jelantah dengan Minyak Jarak Kaliki (*Ricinus Communis*) Menggunakan Katalis Heterogen CaO Dari Limbah Cangkang Kepiting

Nurul Azmi¹, Azhari^{1,2*}, Eddy Kurniawan¹, Lukman Hakim¹, Suryati¹

¹ Program Studi Teknik Kimia, Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik, Universitas Malikussaleh Kampus Utama Cot Teungku Nie Reuleut, Muara Batu, Aceh Utara – 24355

²Biodiesel Research and Innovation Center (BRAIN) Universitas Malikussaleh

* Penulis korespondensi: azhari@unimal.ac.id

Riwayat Artikel

Received: 23 Februari 2024 | Final Revision: 20 Maret 2024 | Accepted: 25 Maret 2024

This is an open access article under the CC-BY-SA license 

ABSTRAK

Biodiesel salah satu contoh pengganti alternatif bahan bakar yang berasal kotoran nabati dan hewani segar, seperti bit atau selai kacang. Baik minyak hewani maupun nabati bisa digunakan untuk membuat biodiesel Katalis yang tepat digunakan untuk membuat ester asam lemak rantai panjang, atau biodiesel, yang terbuat dari minyak nabati dan lemak hewani (*triglycerida*) yang dikombinasikan dengan alkohol lemak seperti metanol atau etanol. Penelitian sebelumnya yaitu katalis yang terbuat dari penguraian cangkang bekicot digunakan untuk mengubah limbah minyak menjadi biodiesel. Proses ini melibatkan transesterifikasi minyak melibatkan cangkang bekicot. Hasil penelitian bahwa, terdapat densitas dan viskositas yang tidak sesuai dengan standar SNI yaitu pada rasio mol 1:15 dan 1:18 dengan jumlah katalis 8%. Pada hasil GC-MS terdapat 4 puncak grafik yang menghasilkan metil ester. Berdasarkan hasil penelitian kadar air yang di dapat sudah memenuhi SNI 2019.

Kata kunci: *Methanol, Katalis CaO, GC-MS, Viskositas, Densitas, Kadar Air.*

Pendahuluan

Sebagai pengganti bahan bakar cadangan untuk mesin diesel, biodiesel diproduksi dari sumber daya alami dan terbarukan seperti lipid nabati atau hewani. Anda bisa menggunakan minyak nabati atau hewani untuk membuat biodiesel. Tapi minyak sayur lebih dari itu sering digunakan karena biayanya yang lebih rendah dibandingkan dengan minyak hewani. Biasanya, biodiesel adalah metil ester. Metil ester, juga dikenal sebagai etil ester, adalah bahan kimia non-korosif dengan titik didih rendah yang berbentuk cair pada suhu kamar dengan titik leleh 4–18 °C, (Freedman, 1986)

Minyak jelantah (*Waste Cooking Oil*) atau yang juga dikenal dengan Altfett Methyl Ester (AME) adalah sisa sisa minyak goreng. Saat menggoreng, minyak jelantah seringkali mengeluarkan zat karsinogenik. Fatty Acid Methyl Ester atau FAME adalah nama lain dari biodiesel yang merupakan pengganti minyak bumi yang berkelanjutan, jika dibandingkan dengan solar berbahan bakar fosil lebih hemat karena sifat kimianya yang lebih unggul (Zu *et al*, 2010). Pembuatan biodiesel dari minyak jelantah merupakan salah satu manfaat praktisnya, minyak sawit mentah atau CPO adalah minyak nabati yang digunakan untuk memasak (Tantra *et al*, 2011).

Jika dibandingkan dengan minyak solar, biodiesel berbahan baku minyak jelantah (AME) relatif lebih ramah lingkungan menyatakan bahwa kandungan emisi NO pada minyak jelantah (AME) adalah sebesar 1005,8 ppm, lebih rendah dibandingkan emisi NO pada minyak solar, yakni sebesar 1070 ppm. Begitu pula

kandungan emisi CH dan partikulat, yakni sebesar 13,7 ppm dan 0,5 ppm. Nilai ini relatif lebih rendah dibandingkan yang terdapat pada solar, yakni sebesar 18,4 ppm dan 0,9 ppm. Meskipun demikian, AME masih memiliki kandungan CO yang cukup tinggi dibandingkan dengan solar, dimana kandungan CO AME adalah sebesar 209 ppm, sementara pada solar hanya 184 ppm. Jadi berdasarkan kandungan emisi di atas, minyak solar dianggap lebih berbahaya bagi lingkungan dibandingkan biodiesel yang dihasilkan dari minyak jelantah (Ahmad, 2017). Perubahan kimia dialami minyak goreng akibat oksidasi dan hidrolisis ketika dikonsumsi, trigliserida tertentu diubah menjadi molekul lain dengan metode ini. Asam lemak bebas adalah salah satu senyawa ini (FFA) (Ketaren, 1986).

Katalis alkali, asam, lipase, dan superkritis menimbulkan keterbatasan dan permasalahan dalam proses, biodiesel homogen yang diproduksi menggunakan minyak nabati. Masalah-masalah ini termasuk kandungan air campuran reaksi, kurangnya kandungan asam lemak bebas yang tinggi, kebutuhan untuk pemrosesan tambahan, dan tingginya biaya operasional (Hartono, 2016). Tumbuhan dapat mendaur ulang minyak dari lemak nabati dan hewani untuk menjaga harga biodiesel tetap sejalan dengan minyak bumi yang dilepaskan ke atmosfer oleh mesin diesel ketika mereka membakar biodiesel (Hartono, 2018). Ketika alkohol alifatik (metanol atau etanol) dan trigliserida yang dihasilkan dari lemak hewani dan minyak nabati ditransesterifikasi menggunakan katalis yang sesuai akan dihasilkan biodiesel yang merupakan metil ester lemak rantai panjang dan gliserol (Srivastava dan Prasad, 2000).

Penelitian sebelumnya telah mengusulkan penerapan katalis asam dan basa heterogen sebagai metode regenerasi dan pemisahan katalis yang mudah didapat, (Sharma *et al*, 2008). Limbah minyak dapat diubah menjadi biodiesel menggunakan katalis heterogen yang dikenal sebagai oksida logam alkali tanah (CaO, MgO, dan SrO). Pembusukan cangkang siput juga menghasilkan katalis ini. Studi ini menunjukkan bahwa cangkang bekicot dapat digunakan sebagai katalis dalam reaksi yang melibatkan transesterifikasi minyak, (Birla *et al*, 2012)

Dengan menggunakan katalis heterogen yang terbuat dari sisa cangkang kepiting, biodiesel pada penelitian ini akan diproduksi dengan menggabungkan minyak jelantah dengan minyak jarak kaliki (*ricinus communis*). Karena minyak jelantah mengandung trigliserida asam lemak bebas yang umumnya setara dengan minyak sawit oleh karena itu, biodiesel dapat dibuat dari sisa minyak goreng, (Prasetyo, 2018). Untuk membuat biodiesel, penelitian ini menggunakan katalis CaO heterogen yang terbuat dari sisa cangkang kepiting. Pada penelitian ini akan digunakan variabel bebas dengan berat katalis CaO (terhadap jumlah minyak) 4%, 6%, 8%. Dengan variabel rasio mol campuran minyak jarak kaliki dengan minyak jelantah dan methanol 1:12, 1:15, 1:18.

Metode Penelitian

Di antara persediaan dan peralatan yang diperlukan untuk penyelidikan ini adalah katalis CaO yang dibuat dari cangkang kepiting, aquades, minyak jelantah, minyak jarak kaliki dan methanol. Dengan beberapa alat yang diperlukan seperti, beaker glass, kertas saring, erlenmayer, kondesor, stirrer, corong pemisah, labu leher tiga, kertas saring.

Ada tiga tahap dalam penelitian ini, pengolahan cangkang kepiting untuk membuat katalis CaO, masuk ke tahap menghitung kadar FFA minyak dengan menambahkan methanol sebanyak 50 ml ke dalam sampel minyak sebanyak 20 ml kemudian ditambah indicator PP 1% sebanyak 3 tetes setelah larutan yang dipanaskan sudah dingin untuk mengamati variasi warna yang terjadi pada sampel. Apabila sampel diketahui nilai asam lemak kurang dari 1% maka dilanjutkan ke tahap ketiga transesterifikasi. Pada tahap ketiga dilakukan pembuatan biodiesel dengan tahap reaksi tranesterifikasi, dimana awal pembuatan biodiesel dilakukan dengan mencampurkan antara minyak jelantah dengan jarak kaliki yang memiliki perbandingan jumlah 1:4. Selanjutnya membuat campuran perbandingan antara minyak dengan methanol dengan variabel ratio mol minyak terhadap methanol yang sudah di tentukan (1:12, 1:15, 1:18).

Kemudian tahapan selanjutnya seperti tahapan tranesterifikasi lainnya, memasukkan katalis CaO kedalam sampel sesuai dengan variabel dan dilakukan pengadukan, gunakan pengaduk magnet 400 rpm selama 150 menit pengadukan suhu mencapai 60 °C. Setelah waktu reaksi tercapai hasil reaktan dari sampel dipisah dan disaring selama 1 harian dan dilanjut dengan pengujian sampel apabila lapisan minyak akan terbagi menjadi 2 antar metil ester dengan lapisan gliserol.

Uji rendemen digunakan untuk menghitung karakteristik biodiesel dan mengukur berapa banyak minyak yang diekstraksi.

$$\%Yield = \frac{\text{Massa metil ester}}{\text{Massa campuran minyak jarak dan minyak jelantah}}$$

Nilai yield % diperoleh dari hasil bagi antara massa metil ester dengan massa campuran antar minyak jarak dan jelantah. Kemudian dilakukan uji selanjutnya yaitu densitas untuk mengetahui massa dari minyak setelah metil ester dipindahkan, berikut perhitungan untuk densitas.

$$\text{Densitas } (\rho) = \frac{\text{Massa piknometer berisi} - \text{Massa piknometer kosong}}{\text{Volume piknometer}}$$

Dengan nilai densitas diperoleh dari hasil kurang massa isi piknometer dengan massa kosong piknometer kemudian dibagi dengan volume piknometer, dengan satuan densitas g/ml. Uji karakteristik minyak dilakukan juga dengan uji viskositas dan kadar air, dimana viskositas untuk mengetahui kekentalan pada sampel minyak dan kadar airnya ditunjukkan oleh banyaknya air yang dikandungnya. Kemudian dilakukan uji selanjutnya yaitu viskositas untuk mengetahui tingkat kekentalan terhadap sampel biodiesel, berikut perhitungan untuk viskositas.

$$VK = \frac{n \text{ sampel}}{\rho \text{ sampel}}, n \text{ sampel} = \frac{t \text{ sampel} \times \rho \text{ sampel} \times \rho \text{ air}}{t \text{ sampel} \times \rho \text{ air}}$$

Ket :

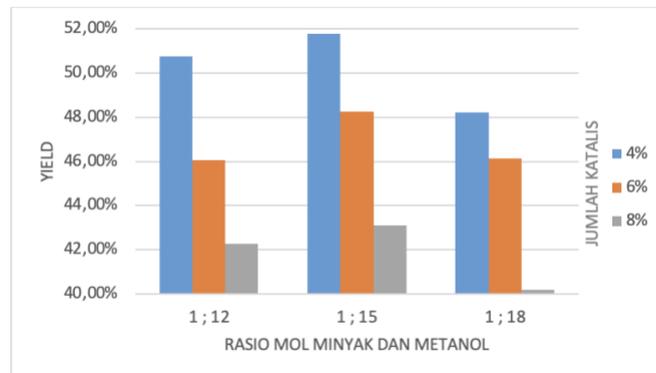
- η = Viskositas dinamik, g/cm.s
- Vk = Viskositas kinematik, mm²/s
- t = Waktu alir, s
- ρ = Densitas, g/ml

Hasil dan Pembahasan

Dengan menggunakan katalis yang terbuat dari cangkang kepiting, transesterifikasi terjadi ketika minyak goreng bekas dan minyak jarak Kaliki (*ricinus communis*) digabungkan. Metanol diproduksi sebagai biodiesel dalam bentuk metil ester. Setelah perolehan sampel dan analisis properti fisik, data disajikan dalam sebuah tabel. Analisis variabel meliputi penentuan densitas, viskositas, dan kadar air dengan menggunakan rasio mol, minyak, dan berbagai konsentrasi katalis.

Pengaruh rasio mol (minyak dan methanol) dan jumlah katalis terhadap yield

Berat produk akhir dibagi dengan berat bahan mentah disebut rendemen. Dalam penelitian ini, beberapa rasio molar minyak terhadap metanol (yaitu, 1:12, 1:15, dan 1:18) diuji menggunakan katalis kerang dengan persentase 4%, 6%, dan 8%. Pengaruh kuantitas katalis dan rasio molar minyak terhadap metanol terhadap produksi biodiesel digambarkan pada Gambar 1.



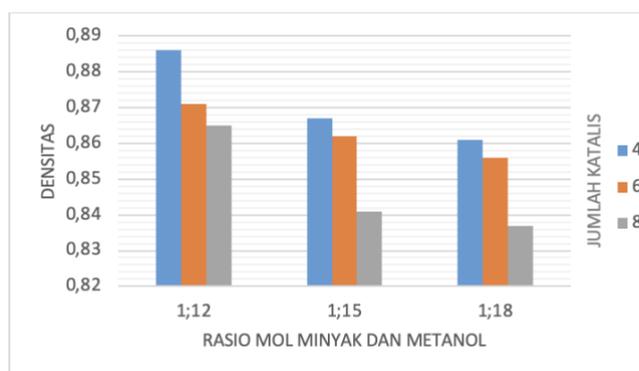
Gambar 1. Grafik pengaruh rasio mol minyak dan methanol serta jumlah katalis terhadap yield

Dengan demikian pada hasil grafik diatas, kita dapat menyimpulkan bahwa rasio minyak/metanol dan jumlah katalis yang digunakan dipengaruhi oleh hasil. Biodiesel mempunyai nilai katalis sebesar 4% dan yield sebesar 51,80% jika metanol dan minyak campuran digabungkan pada perbandingan molar 1:15. Namun sintesis biodiesel menurun ketika metanol dan minyak campuran digabungkan dengan perbandingan molar 1:18.

Kandungan biodiesel penelitian terbesar dihasilkan oleh katalis CaO dengan berat katalis 4% dan rasio molar 1:15 sebesar 51,80%. Sebagai perbandingan, dengan perbandingan molar 1:15, berat katalis 6% dan 8% masing-masing sebesar 48,25% dan 43,10%. Jumlah molekul yang diaktifkan dan laju reaksi dipercepat dengan masuknya katalis. Namun, penambahan katalis 1% akan mengakibatkan penurunan produksi biodiesel. Ketika trigliserida dan katalis bereaksi terlalu kuat, sabun dan gliserin dihasilkan untuk memblokir reaksi metanol antara katalis dan reaktan dengan melarutkan gliserin dalam kelebihan metanol. Akibatnya, tidak ada pemisahan gliserin, yang menurunkan konversi dan menggerakkan keseimbangan ke arah lain. (Buasri *et al*, 2013).

Pengaruh rasio mol (minyak dan methanol) dan jumlah katalis terhadap densitas (g/ml)

Berat (massa) jenis nama lain dari densitas, adalah pengukuran hubungan antara volume dan berat. Untuk menentukan berat jenis suatu zat, massa jenis digunakan. Piknometer digunakan dalam penelitian ini untuk mengukur kepadatan. Pengaruh kuantitas katalis dan rasio molar minyak terhadap metanol terhadap densitas ditunjukkan pada Gambar 2.



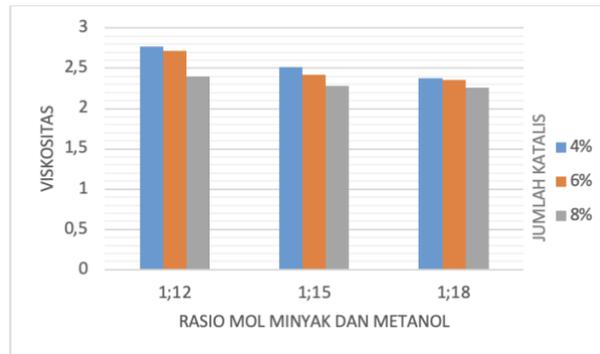
Gambar 2. Grafik pengaruh rasio mol dan methanol serta jumlah katalis terhadap densitas (gr/ml)

Kepadatan sampel biodiesel ditentukan oleh rasio mol metanol dan katalis yang digunakan, seperti diilustrasikan pada Gambar 3.2. Kepadatan tertinggi yang dicapai adalah 0,886 g/ml pada perbandingan molar minyak dan metanol pada 1:12 dengan jumlah CaO 4%, sedangkan kepadatan terendah adalah 0,837 g/ml pada perbandingan molar metanol 1:18 dengan katalis 8%. Kepadatan yang ditemukan dari penyelidikan adalah antara 0,85 dan 0,89 g/cm³, tidak sesuai dengan kriteria kepadatan SNI untuk biodiesel. Massa jenisnya tidak memenuhi persyaratan SNI apabila mempunyai kandungan katalis 8% dan perbandingan molar 1:15 atau 1:18. Menurut teori ini, yang sesuai dengan densitas yang dinyatakan, jumlah biodiesel yang dihasilkan menurun seiring dengan meningkatnya rasio molar metanol. Akibatnya, kesetimbangan reaksi berubah dan laju konversi meningkat.

Pengaruh rasio mol (minyak dan methanol) jumlah katalis terhadap viskositas (mm²/s)

Atomisasi bahan bakar dan desain injektor sangat dipengaruhi oleh viskositas bahan bakar. Viskositas yang terlalu tinggi dapat mengakibatkan tetesan yang lebih besar dan pembakaran yang tidak efisien, sedangkan viskositas yang terlalu rendah akan mengganggu kapasitas bahan bakar untuk melumasi pompa injeksi. Pengaruh rasio mol minyak dan metanol serta jumlah katalis terhadap viskositas pada Gambar 3 Viskositas yang diharapkan optimalnya rendah karena mengurangi hambatan aliran. Viskositas dengan nilai tertinggi didapatkan pada rasio mol metanol 1:18 dengan jumlah katalis 8% sebesar 3,04 mm²/s, sedangkan viskositas terendah didapatkan pada rasio mol 1:12 dengan jumlah katalis 4% sebesar 2,05 mm²/s. Dari hasil penelitian ini, tidak ada viskositas yang tidak sesuai dengan standar SNI yang mana dalam

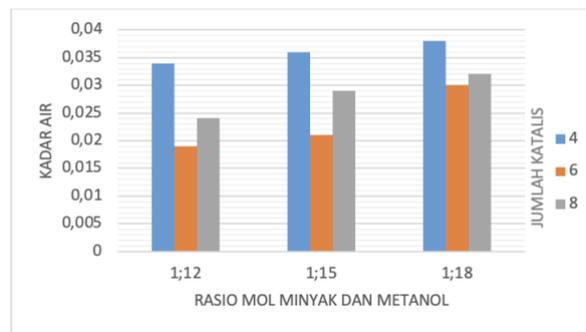
standar viskositas SNI biodiesel yaitu pada range 2,3-6,0 mm²/s.



Gambar 3. Grafik pengaruh rasio mol dan methanol serta jumlah katalis terhadap viskositas (mm²/s)

Rasio mol (minyak dan methanol) dan jumlah katalis terhadap kadar air (% Vol)

Berkurangnya produksi biodiesel dapat disebabkan oleh tingginya kandungan air dalam minyak. Pengaruh kuantitas katalis dan rasio molar minyak terhadap metanol terhadap kadar air digambarkan pada Gambar 4.

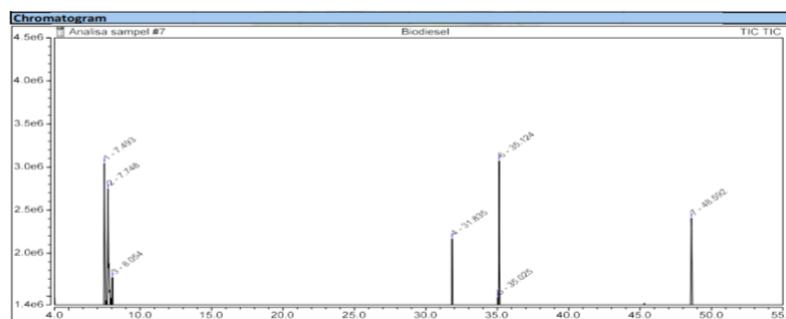


Gambar 4. Grafik pengaruh rasio mol dan methanol serta jumlah katalis terhadap kadar air (% Vol)

Kadar air biodiesel dipengaruhi oleh jumlah katalis dan perbandingan molar minyak terhadap metanol, sesuai hasil pengujian. Temuan menunjukkan bahwa kadar air setiap sampel biodiesel cenderung menurun seiring dengan bervariasinya Berat molekul minyak terhadap metanol dan jumlah katalis. Biodiesel memiliki konsentrasi air 0,05 atau lebih rendah. Temuan penelitian menunjukkan kadar air yang dicapai hampir sama dengan SNI 2019. Setiap pengujian dalam penelitian ini menunjukkan bahwa standar mutu SNI 2019 terpenuhi (BSN, 2006)

Analisa Komposisi senyawa hidrokarbon dalam biodiesel (GC-MS)

Jenis dan jumlah asam lemak yang terkandung dalam biodiesel dapat ditentukan berkat penyelidikan kuantitatif dan kualitatif ini. Metil ester biodiesel dari campuran minyak jarak kaliki (*Ricinus communis*) dan minyak jelantah yang telah di analisis dengan GC-MS menunjukkan lima puncak dominan seperti disajikan pada Gambar 5.



Gambar 5. Grafik Analisa Komposisi Metil Ester Gas Cromatography – Mass Spectroscopy (GC-MS)

Hasil kromatogram menunjukkan bahwa metil ester yang dihasilkan dalam penyelidikan ini sesuai dengan asam lemak yang terdapat dalam minyak jarak Kaliki (*Ricinus communis*) dan minyak goreng tua. Hasil GC-MS menunjukkan empat puncak metil ester.

Kesimpulan

Hasil terbaik diperoleh pada rasio molar minyak terhadap metanol 1:15 dan tingkat katalis 4%, sesuai dengan hasil penelitian sintesis biodiesel dari campuran minyak jarak (*Ricinus communis*) dan minyak jelantah dengan kerang. katalis yang mengandung CaO. Penelitian mengungkapkan bahwa pada perbandingan molar 1:15 dan 1:18, serta kandungan katalis 8%, densitas dan viskositasnya belum memenuhi persyaratan SNI. Temuan penelitian menunjukkan bahwa kadar air yang dihitung telah sesuai dengan SNI 2019. Empat puncak pada grafik hasil GC-MS menunjukkan sintesis metil ester. Penelitian ini diharapkan dapat menghasilkan rekomendasi selanjutnya, gunakan rasio katalis yang jarang digunakan, seperti cangkang telur, dan lakukan pengujian khusus tambahan seperti pengujian mesin diesel, titik nyala bilangan iodin dan titik asap, serta bilangan setana.

Daftar Pustaka

- Ahmad, I. 2017. Pemanfaatan limbah cangkang kerang darah (*Anadara granosa*) sebagai bahan abrasif dalam pasta gigi. *Jurnal Galung Tropika*, 6(1), 49-59.
- Birla, A., Singh, B., Upadhyay, S. N., & Sharma, Y. C. 2012. Kinetics studies of synthesis of biodiesel from waste frying oil using a heterogeneous catalyst derived from snail shell. *Bioresource Technology*, 106, 95-100.
- BSN. 2006. *SNI-04-7182-2006: Biodiesel*. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional.
- Buasri, A., Chaikut, N., Loryuenyong, V., Worawanitchaphong, P., & Trongyong, S. 2013. Calcium oxide derived from waste shells of mussel, cockle, and scallop as the heterogeneous catalyst for biodiesel production. *The Scientific World Journal*, 2013.
- Freedman, B., Butterfield, R. O., & Pryde, E. H. 1986. Transesterification kinetics of soybean oil 1. *Journal of the American oil chemists' society*, 63, 1375-1380.
- Hartono, R., Rusdi, R., Wijanarko, A., & Hermansyah, H. 2016. Pembuatan Biodiesel Dari Minyak Dedak Padi Dengan Proses Katalis Homogen Secara Asam Dan Katalis Heterogen Secara Basa. *Prosiding Semnastek*.
- Hartono, R., Wijanarko, A., & Hermansyah, H. 2018. Synthesis of biodiesel using local natural zeolite as heterogeneous anion exchange catalyst. In IOP Conference Series: *Materials Science and Engineering* (Vol. 345, p. 012002). IOP Publishing.
- Ketaren, S., 1986. *Minyak dan Lemak Pangan*. Penerbit Universitas Indonesia Press, Jakarta.
- Prasetyo, J. 2018. Studi Pemanfaatan Minyak Jelantah Sebagai Bahan Baku Pembuatan Biodiesel. *Jurnal Ilmiah Teknik Kimia Unpam*, 2(2), 1-10.
- Sharma, K. K., Buckley, R. P., & Asefa, T. 2008. Optimizing acid– base bifunctional mesoporous catalysts for the henry reaction: effects of the surface density and site isolation of functional groups. *Langmuir*, 24(24), 14306-14320.
- Srivastava, A., & Prasad, R. 2000. Triglycerides-based diesel fuels. *Renewable and sustainable energy reviews*, 4(2), 111-133.
- Tantra, H. D., Tandean, E., Indraswati, N., & Ismadji, S. 2011. Katalis dari limbah kerang batik (phapia undulata) untuk pembuatan biodiesel dari minyak kelapa sawit. In *Prosiding Seminar Nasional Fundamental dan Aplikasi Teknik Kimia* (pp. 1-4).
- Zu, Y., Liu, G., Wang, Z., Shi, J., Zhang, M., Zhang, W., & Jia, M. 2010. CaO supported on porous carbon as highly efficient heterogeneous catalysts for transesterification of triacetin with methanol. *Energy & fuels*, 24(7), 3810-3816.