

Studi Eksperimental Angka Setana Diproduksi dari Minyak Goreng Bekas

Experimental Study of Cetane Numbers Produced from Waste Cooking Oil

Muhammad Chairul Fahmi¹ dan Muhammad Idris^{1*}

¹Program Studi Teknik Mesin, Universitas Medan Area, Jalan Kolam No. 1 Medan Estate, Indonesia

*Corresponding author: muhammad_idris@staff.uma.ac.id

Diterima: 03-04-2024

Disetujui: 21-04-2024

Dipublikasikan: 30-04-2024

IRAJTMA is licensed under a Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International License.



Abstrak

Biodiesel adalah bahan bakar alternatif yang potensial untuk menggantikan solar karena bahan bakunya terbarukan dan ramah lingkungan. Minyak goreng bekas dapat digunakan sebagai bahan baku biodiesel, namun kadar asam lemak bebas yang tinggi memerlukan pretreatment esterifikasi sebelum transesterifikasi. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh variasi waktu reaksi (60, 70, 80, 90, 100 menit) terhadap angka setana biodiesel yang diproduksi pada suhu 60°C dan putaran 1050 rpm. Proses esterifikasi dan transesterifikasi menggunakan katalis NaOH 0,5% dan metanol dengan rasio 1:2, dicampur dengan minyak goreng limbah. Setelah transesterifikasi, campuran diendapkan selama 20 menit, kemudian biodiesel dipisahkan dan dicuci dengan aquades pada suhu 50°C serta diuapkan pada suhu 90-100°C. Hasil uji angka setana menunjukkan nilai sebagai berikut: 60 menit (44,54), 70 menit (44,54), 80 menit (44,54), 90 menit (44,47), dan 100 menit (44,60). Penelitian ini menunjukkan bahwa angka setana biodiesel yang dihasilkan belum memenuhi standar mutu biodiesel dan belum layak digunakan oleh ESDM.

Kata Kunci : Angka Setana, Biodiesel, Minyak Goreng Bekas, Produksi.

Abstract

Biodiesel is a potential alternative to replace diesel due to its renewable and environmentally friendly raw materials. Used cooking oil can be utilized as a feedstock for biodiesel; however, the high free fatty acid content requires pretreatment with esterification before transesterification. This study aims to determine the effect of reaction time variation (60, 70, 80, 90, 100 minutes) on the cetane number of biodiesel produced at 60°C and a speed of 1050 rpm. The esterification and transesterification processes use 0.5% NaOH catalyst and methanol in a 1:2 ratio, mixed with used cooking oil. After transesterification, the mixture is settled for 20 minutes, then the biodiesel is separated and washed with distilled water at 50°C and evaporated at 90-100°C. The cetane number test results are as follows: 60 minutes (44.54), 70 minutes (44.54), 80 minutes (44.54), 90 minutes (44.47), and 100 minutes (44.60). This study shows that the cetane number of the produced biodiesel does not meet the biodiesel quality standards and is not yet suitable for use by the Ministry of Energy and Mineral Resources (ESDM).

Keywords : Biodiesel, Cetane Number, Production, Waste Cooking Oil.

1. Pendahuluan

Penggunaan mesin Diesel di seluruh dunia memiliki dampak yang signifikan terhadap lingkungan dan kesehatan manusia, meskipun penggunaan bahan bakar Diesel terbatas. Salah satu alternatif yang dapat digunakan adalah Biodiesel, yang merupakan bahan bakar ramah lingkungan, tidak beracun, dan memiliki kadar belerang rendah (Idris et al., 2023). Biodiesel

merupakan ester asam lemak yang dihasilkan melalui reaksi esterifikasi atau transesterifikasi dari minyak nabati atau hewani. Sebagai bahan bakar pengganti solar, Biodiesel memiliki kemampuan yang tidak diragukan lagi. Sifat terbarukan Biodiesel berasal dari penggunaan bahan baku minyak nabati dan hewani, sehingga dapat diproduksi secara berkelanjutan, mudah diperoleh, dan harganya relatif stabil (Aziz, 2010).

Penggunaan mesin Diesel dapat membahayakan lingkungan dan kesehatan manusia akibat emisi gas buang. Biodiesel, yang berasal dari berbagai bahan baku minyak nabati dan hewani, merupakan solusi terbaik untuk mengurangi polusi udara yang meningkat (Saravanan et al., 2018). Dengan semakin meningkatnya konsumsi minyak goreng, penggunaan minyak goreng limbah sebagai bahan baku Biodiesel semakin menjanjikan. Minyak goreng yang digunakan berulang kali dalam industri pangan dapat berbahaya bagi kesehatan dan bersifat karsinogenik. Salah satu cara untuk mengurangi limbah minyak goreng adalah dengan menyulingnya menjadi Biodiesel (Haryanto et al., 2015).

Biodiesel dari minyak goreng limbah dihasilkan melalui proses transesterifikasi dengan metanol, dimana gugus gliserol pada molekul minyak nabati digantikan oleh molekul monoalkohol seperti metanol. Proses ini dapat dicoba dengan mencampurkan minyak nabati dengan NaOH dalam metanol untuk menghasilkan Biodiesel (Andalia & Pratiwi, 2018). Sifat fisik dan kimia bahan bakar memainkan peran penting dalam periode penundaan pembakaran. Cetane Number (CN) dari bahan bakar adalah salah satu parameter penting yang mempengaruhi periode penundaan. CN didefinisikan sebagai persentase volume cetane normal dalam campuran cetane normal dan α -methyl naphthalene yang memiliki karakteristik pengapian yang sama dengan bahan bakar uji dalam kondisi operasi tertentu. Bahan bakar dengan CN lebih tinggi memberikan waktu tunda yang lebih rendah dan menghasilkan pengoperasian mesin yang lebih halus. Biodiesel memiliki CN lebih tinggi daripada Petrodiesel karena kandungan oksigennya yang lebih tinggi (Bamgboye & Hansen, 2008). Tujuan dari penelitian ini adalah mengukur dan menganalisis angka setana Biodiesel yang diproduksi dari minyak goreng limbah untuk memastikan kesesuaian dengan standar Biodiesel yang berlaku.

2. Metode Penelitian

Metode penelitian dilakukan yaitu dengan cara experimental dan metode perhitungan nilai model matematika regresi linier. Variable dalam penelitian ini yaitu katalis yang terdiri dari natrium hidroksida (NaOH) dan larutan metanol (CH₃OH). Tabel 1 komposisi dari pembuatan Biodiesel dapat dilihat pada table dibawah ini.

Tabel 1. Komposisi biodiesel

No.	WCO (l)	NaOH (%)	Metanol
1	0,3	0,5	1:2

3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Angka Setana

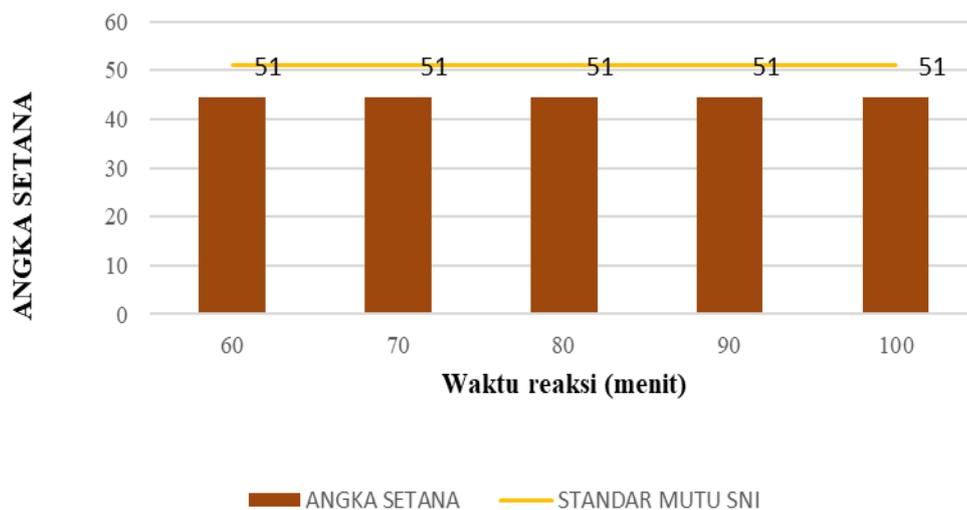
Bilangan setana merupakan indikator yang mengukur kualitas pembakaran dan efisiensi mesin dari Biodiesel. Bilangan setana yang tinggi menunjukkan bahwa Biodiesel akan memiliki pembakaran yang optimal dalam mesin Diesel. Skala numerik yang digunakan untuk mengukur bilangan setana tidak memiliki satuan, dan semakin tinggi nilai bilangan setana, semakin baik sifat pembakaran Biodiesel (Gerpen 1996).

Tabel 2. Hasil pengujian angka setana

Waktu Reaksi (menit)	Bilangan cetana	Standar Mutu Bil. Cetana
60	44,54	
70	44,54	
80	44,54	51
90	44,47	
100	44,60	

Tabel 2 di atas dapat dilihat terdapat lima variasi waktu reaksi yang digunakan dimana dari masing-masing waktu reaksi memperoleh bilangan cetana yang sama, dari waktu reaksi 60 menit, 70 menit dan 80 menit bilangan setana yang diperoleh adalah sebesar 44,53 belum melampaui standar mutu bilangan setana untuk Biodiesel, sementara untuk waktu reaksi 100 menit memperoleh bilangan setana yang lebih besar dari ketiga waktu reaksi sebelumnya yaitu 44,56, sementara untuk waktu reaksi 90 menit memiliki bilangan setana terendah disbanding waktu reaksi lainnya yaitu sebesar 44,47.

Pada pengujian variasi waktu reaksi pada bilangan cetana mendapatkan hasil yang hampir sama rata di 44,54 pada setiap pengujian variasi waktu reaksi, yang dimana ini masih dibawah standart mutu ESDM biodiesel, dimana standar mutu bilangan setana 51. Grafik waktu reaksi vs bilangan setana dapat kita lihat pada Gambar 1.

**Gambar 1.** Diagram waktu reaksi vs angka setana

Gambar 1 menampilkan hubungan antara waktu reaksi dan bilangan cetana dari biodiesel yang berasal dari minyak goreng limbah. Dari grafik tersebut, dapat dilihat bahwa bilangan cetana dari biodiesel tidak berubah secara signifikan sepanjang waktu reaksi yang diuji. Faktor yang mempengaruhi bilangan cetana biodiesel antara lain:

1. Struktur kimia dari ester metil asam lemak (FAME) sangat mempengaruhi bilangan cetana. Ester jenuh cenderung memiliki bilangan cetana yang lebih tinggi, sedangkan ketidakjenuhan dalam rantai asam lemak menyebabkan bilangan cetana lebih rendah (Knothe et al., 2003).
2. Komposisi FAME, termasuk jumlah ikatan rangkap dan panjang rantai, mempengaruhi bilangan cetana. FAME dengan berat molekul lebih tinggi dan dengan ikatan rangkap lebih sedikit umumnya memiliki bilangan cetana yang lebih tinggi (Ramírez-Verduzco et al., 2012).

3. Oksidasi biodiesel dapat menghasilkan bilangan cetana yang lebih tinggi karena pembentukan produk oksidasi seperti aldehida dan hidroperoksida. Namun, kondisi oksidasi sangat menentukan tingkat peningkatan ini (Wadumesthrige et al., 2008).
4. Aditif seperti 2-ethylhexyl nitrate dan cyclohexyl nitrate dapat secara signifikan meningkatkan bilangan cetana dari campuran biodiesel. Peningkat ini dapat memperpendek periode penundaan pengapian dan meningkatkan efisiensi pembakaran (Li et al., 2014).
5. Jenis minyak yang digunakan untuk produksi biodiesel mempengaruhi bilangan cetana. Minyak dengan derajat ketidakjenuhan lebih tinggi, seperti minyak kedelai atau minyak biji rami, biasanya menghasilkan bilangan cetana yang lebih rendah dibandingkan minyak yang lebih jenuh seperti minyak sawit atau lemak sapi (Gopinath et al., 2009).
6. Pencampuran biodiesel dengan bahan bakar diesel konvensional dapat mengubah bilangan cetana. Bilangan cetana dari campuran dipengaruhi oleh proporsi biodiesel dan sifat inheren dari biodiesel tersebut (Folayan & Ajimotokan, 2018).

Bilangan cetana biodiesel dipengaruhi oleh berbagai faktor termasuk struktur kimia, komposisi asam lemak, kondisi oksidasi, penggunaan peningkat bilangan cetana, jenis bahan baku, dan pencampuran dengan diesel. Faktor-faktor ini secara kolektif menentukan kualitas pengapian dan efisiensi biodiesel sebagai bahan bakar.

Untuk menguji pengaruh variable bebas terhadap variabel terikat dianalisis dengan analisis regresi linier. Dimana dalam penelitian ini yang menjadi variable bebas (X) adalah waktu reaksi dan variable terikatnya (Y) adalah angka setana. Berikut adalah hasil analisis regresi pengaruh variable bebas terhadap variable terikat. Hasil pengujian regresi linier dapat kita lihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Hasil pengujian regresi linier

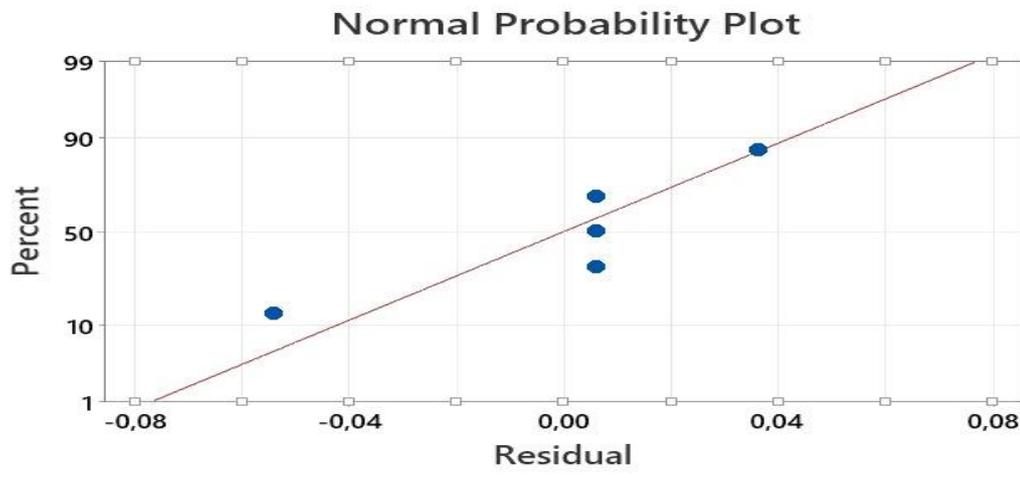
Term	Coef	SE Coef	T-Value	P-Value	VIF
Constant	44,498	0,135	330,70	0,000	
Waktu Reaksi	0,00050	0,00166	0,30	0,782	1,00

Sumber: Data Primer diolah dari aplikasi minitab 2023

Berdasarkan data dari tabel berikut dapat kita ketahui term memiliki dua variabel yaitu constant dan waktu reaksi. Coef (koefisien regresi) dari constant mendapatkan nilai 44,498 dan waktu reaksi 0,00050, koefisien untuk waktu reaksi adalah 0,00050, yang berarti bahwa untuk setiap kenaikan satu unit waktu reaksi nilai rata-rata dari variabel respon meningkat 0,00050 unit. Se Coef atau standar error dari koefisien regresi, yang menunjukkan seberapa akurat koefisien regresi, dari data tersebut standar error untuk constant adalah 0,135 dan standar error untuk waktu reaksi adalah 0,00166. T-Value atau nilai statistic t, yang digunakan untuk menguji hipotesis nol bahwa koefisien regresi sama dengan nol, nilai t yang besar (positif atau negatif) menunjukkan bahwa koefisien regresi berbeda secara signifikan dari nol. Dari data berikut nilai t untuk constant adalah 330,70, dan nilai t untuk waktu reaksi adalah 0,30. P-Value adalah nilai probabilitas yang menunjukkan kemungkinan mendapatkan nilai t yang sama atau lebih ekstrem jika hipotesis nol benar. Nilai p yang kecil (biasanya kurang dari 0,05) menunjukkan bahwa koefisien regresi berbeda secara signifikan dari nol. Dari data berikut nilai p untuk constant adalah 0,000, dan nilai p waktu reaksi adalah 0,782. VIF adalah faktor inflasi varian yang menunjukkan seberapa besar variabel prediktor berkorelasi dengan variabel prediktor lainnya dalam model regresi. Vif yang besar (biasanya lebih dari 10) menunjukkan adanya masalah multikolinearitas, yaitu hubungan yang kuat antara variabel prediktor yang

dapat mengurangi akurasi model regresi, dari data berikut vif untuk waktu reaksi adalah 1,00 yang menunjukkan tidak ada masalah multikolinearitas.

Dari tabel regresi berikut dapat menyimpulkan bahwa variabel waktu reaksi tidak memiliki pengaruh yang signifikan terhadap variabel respon, karena nilai p-nya besar dan koefisiennya sangat kecil. Hasil uji residual normal pengaruh waktu reaksi terhadap bilangan cetana dapat kita lihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Uji residual normal pengaruh waktu reaksi terhadap bilangan cetana

Gambar 2 menunjukkan grafik normal probability plot yang menggambarkan distribusi residual dari model regresi yang digunakan untuk menganalisis hubungan antara variabel x dan y. Grafik ini menunjukkan bahwa residual memiliki pola yang mendekati garis lurus merah, yang berarti bahwa dalam residual memiliki distribusi normal. Hal ini menunjukkan bahwa asumsi normalitas residual terpenuhi dalam model regresi ini. Selain itu, grafik ini juga menunjukkan bahwa tidak ada outlier atau pencilan yang signifikan dalam data, karena tidak ada titik biru yang jauh dari garis lurus merah. Oleh karena itu, dapat disimpulkan bahwa model regresi yang digunakan memiliki kualitas yang baik dan sesuai dengan data.

4. Kesimpulan

Hasil pengujian angka setana dengan variasi waktu reaksi 60, 70, 80, 90, dan 100 menit belum memenuhi target standar mutu SNI Biodiesel, dengan hasil rata-rata 44,54 hingga 44,60. Standar mutu SNI untuk angka setana Biodiesel adalah minimum 51. Hal ini menunjukkan bahwa variasi waktu reaksi tidak mempengaruhi kualitas biodiesel dalam hal angka setana, yang merupakan parameter penting untuk menentukan kinerja mesin Diesel. Variasi waktu reaksi tidak mempengaruhi hasil angka setana dalam pengujian ini, sebagaimana terlihat dari hasil pengujian regresi linier, di mana koefisien untuk waktu reaksi adalah 0,00050. Ini berarti bahwa untuk setiap kenaikan satu unit waktu reaksi, nilai rata-rata dari variabel respon meningkat sebesar 0,00050 unit. Untuk mencapai angka setana Biodiesel yang sesuai dengan standar, tidak hanya perlu memperhatikan waktu reaksi, tetapi juga faktor-faktor lain seperti suhu, katalis, rasio metanol-minyak, dan jenis minyak yang digunakan.

Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Ahmad Fikron dan kawan-kawan yang telah lebih dulu melakukan produksi biodiesel di Prodi Teknik Mesin Universitas Medan Area yang telah memperkenalkan kami menggunakan minyak goreng limbah dan alat ukur untuk

penelitian. Penulis juga mengucapkan terima kasih kepada seluruh kawan-kawan yang telah bekerja keras untuk menyelesaikan proyek ini.

Daftar Pustaka

- Ahmad, S., R. Kothari, V. V. Pathak, dan M. K. Pandey. 2019. "Fuel Quality Index: A Novel Experimental Evaluation Tool for Biodiesel Prepared from Waste Cooking Oil." *Waste and Biomass Valorization* 10(8): 2237-2247.
- Ahmadi, A., I. Suyanti, S. A. Tikrahsari, dan M. Aini. 2018. "Pengaruh Waktu Adsorpsi Minyak Jelantah Sebagai Bahan Pembuatan Biodiesel Dengan Tanah Liat Terhadap Kualitas Biodiesel." *Hydrogen: Jurnal Kependidikan Kimia* 6(2): 124-132.
- Aparna, A. M., dan R. Baskaran. 2019. "Production of Biodiesel from Waste Cooking Oil." In 2019 Fifth International Conference on Science Technology Engineering and Mathematics (ICONSTEM), Vol. 1, 270-274. IEEE.
- Andalia, Winny, dan Irnanda Pratiwi. 2018. "Kinerja Katalis NaOH dan KOH Ditinjau dari Kualitas Produk Biodiesel yang Dihasilkan dari Minyak Goreng Bekas." *Jurnal Tekno Global* 7(1): 32-36.
- Aziz, Isalmi. 2010. "Uji Performance Mesin Diesel Menggunakan Biodiesel Dari Minyak Goreng Bekas." *Jurnal Kimia VALENSI* 1 (6). <https://doi.org/10.15408/jkv.v1i6.241>.
- Bamgboye, A I, and A C Hansen. 2008. "Bamiloye Prediction of Centre." *International Agrophysics* 22 (1996): 21-29.
- Febriani, Alik Kandhita, dan Arie Nurmala Dewi. 2012. "Pembuatan Biodesel dari Berbagai Minyak Goreng Bekas dengan Proses Transesterifikasi." *Jurnal Teknologi Kimia Dan Industri* 1.1: 338-346.
- Folayan, A., and H. Ajimotokan. 2018. "Variations of Cetane Number of Jatropha Biodiesel Blends with Mineral Diesel." *Journal of Bioresources and Bioproducts*. <https://doi.org/10.21967/JBB.V3I4.173>.
- Gerpen, Jon Van. 1996. "Cetane Number Testing of Biodiesel." *Third Liquid Fuel Conference "Liquid Fuels and Industrial Products from Renewable Resources,"* 197-206.
- Gopinath, A., S. Puhan, and G. Nagarajan. 2009. "Relating the Cetane Number of Biodiesel Fuels to Their Fatty Acid Composition: A Critical Study." *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part D: Journal of Automobile Engineering* 223: 565-583. <https://doi.org/10.1243/09544070JAUTO950>.
- Haryanto, Agus, Ully Silviana, Sugeng Triyono, dan Sigit Prabawa. 2015. "Produksi Biodiesel dari Transesterifikasi Minyak Jelantah dengan Bantuan Gelombang Mikro: Pengaruh Intensitas Daya dan Waktu Reaksi terhadap Rendemen dan Karakteristik Biodiesel." *Jurnal Agritech* 35(02): 234.
- Haryono, M. T., S. Solihudin, E. Ernawati, dan S. Pramana. 2019. "Limbah Cair Industri Minyak Goreng Sawit sebagai Bahan Baku Pembuatan Biodiesel." *EduChemia (Jurnal Kimia dan Pendidikan)* 4(1): 36-48.
- Idris, M., T. Hermanto, R. Syah, M. Husein, dan S. Sitinjak. 2024. "Pembuatan Biodiesel dari Limbah Minyak Goreng: Studi Perbandingan Berbagai Waktu Reaksi." *SINERGI POLMED: Jurnal Ilmiah Teknik Mesin* 5(1): 64-71.
- Idris, Muhammad, Riska Febrian, Fadhil Fadhilah, dan Darmawi Darmawi. 2023. "Engine Performance Using Blended Fuels of Biodiesel and Eco Diesel." *Energy Engineering: Journal of the Association of Energy Engineering* 120(1): 107-23.
- Idris, M., I. Husin, I. Hermawan, U. Novalia, R. D. Batubara, N. A. Pambudi, dan A. Sarifudin. 2023. "Engine Performance Using Blended Fuels of Biodiesel and Eco Diesel." *Energy Engineering Journal of the Association of Energy Engineers* 120(1): 107-123.

- Idris, M., T. Siagian, D. Sofyanto, P. Rizky, F. Heriyanti, I. Azhari, dan Z. Husin. 2023. "The Influence of Catalyst on the Characteristics of Biodiesel from Waste Cooking Oil." *JTTM: Jurnal Terapan Teknik Mesin* 4(2): 254-262.
- Knothe, G., A. Matheaus, and T. W. Ryan. 2003. "Cetane Numbers of Branched and Straight-Chain Fatty Esters Determined in an Ignition Quality Tester." *Fuel* 82: 971-975. [https://doi.org/10.1016/S0016-2361\(02\)00382-4](https://doi.org/10.1016/S0016-2361(02)00382-4).
- Kolakoti, Aditya, Muji Setiyo, dan Budi Waluyo. 2021. "Biodiesel Production from Waste Cooking Oil: Characterization, Modeling, and Optimization." *Mechanical Engineering for Society and Industry* 1(1): 22–30.
- Li, R., Z. Wang, P. Ni, Y. Zhao, M. Li, and L. Li. 2014. "Effects of Cetane Number Improvers on the Performance of Diesel Engine Fuelled with Methanol/Biodiesel Blend." *Fuel* 128: 180-187. <https://doi.org/10.1016/J.FUEL.2014.03.011>.
- Mawarni, D. I. 2017. "Studi Eksperimen Pengaruh Jumlah Blade Pengaduk Terhadap Kualitas Biodiesel yang Dihasilkan dari Minyak Jelantah." *SIMETRIS* 11(2): 12-16.
- Ramírez-Verduzco, Luis F., José A. Rodríguez-Rodríguez, and Alicia del Rayo Jaramillo-Jacob. 2012. "Predicting Cetane Number, Kinematic Viscosity, Density and Higher Heating Value of Biodiesel from Its Fatty Acid Methyl Ester Composition." *Fuel* 91: 102-111.
- Sadaf, S., J. Iqbal, I. Ullah, H. N. Bhatti, S. Nouren, J. Nisar, dan M. Iqbal. 2018. "Biodiesel Production from Waste Cooking Oil: An Efficient Technique to Convert Waste into Biodiesel." *Sustainable Cities and Society* 41: 220-226.
- Samuel, O. D., B. U. Oreko, J. O. Oyejide, S. Idi, dan O. S. Fayomi. 2019. "Experimental and Empirical Study of Diesel and Biodiesel Produced from Blend of Fresh Vegetable and Waste Vegetable Oil on Density, Viscosity, Sulphur Content and Acid Value." In *Journal of Physics: Conference Series*, Vol. 1378, No. 4, Article 042024. IOP Publishing.
- Saravanan, Azhaham Perumal, Thangavel Mathimani, Garlapati Deviram, Karthik Rajendran, and Arivalagan Pugazhendhi. 2018. "Biofuel Policy in India: A Review of Policy Barriers in Sustainable Marketing of Biofuel." *Journal of Cleaner Production* 193: 734–47. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.05.033>.
- Wadumesthrige, K., J. Smith, J. Wilson, S. Salley, and K. Ng. 2008. "Investigation of the Parameters Affecting the Cetane Number of Biodiesel." *Journal of the American Oil Chemists' Society* 85: 1073-1081. <https://doi.org/10.1007/S11746-008-1290-2>.