

PENGARUH RASIO MOLAR TERHADAP KUALITAS BIODIESEL DARI BIJI KARET (*HEVEA BRASILIENSIS*) METODE NON-KATALIS ALIRAN SEMI KONTINU

Moch. Fauzan Afandi

S1 Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya
Email: moch.18051@mhs.unesa.ac.id

I Wayan Susila

Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya
Email: wayansusila@unesa.ac.id

Abstrak

Kendaraan bermotor yang terus mengalami peningkatan berimbas pada meningkat pula bahan bakar yang dibutuhkan. semakin tinggi konsumsi bahan bakar maka semakin tinggi pula emisi yang dihasilkan, sehingga dibutuhkan bahan bakar yang lebih ramah lingkungan. Tujuan dari penelitian ini untuk mengetahui kualitas dan *yield* dari biodiesel dari minyak biji karet metode non-katalis sesuai dengan standar yang ditetapkan oleh Direktur Jenderal Energi Baru Terbarukan dan Konversi Energi Nomor : 189 K/DJE/2019 dengan variasi rasio molar 170, 180, 190, dan 200. Proses pembuatan biodiesel ini meliputi tiga tahapan, yaitu : tahap menghasilkan minyak biji karet, produksi biodiesel, dan pengujian kualitas. Penelitian ini menunjukkan hasil rasio molar 170 sebagai variasi yang terbaik karena menghasilkan *methyl ester* terbanyak dan gliserol paling sedikit. Pengujian kualitas biodiesel dari bahan minyak biji karet dengan metode yang digunakan non-katalis aliran semi kontinu yang memenuhi standar yang ditetapkan oleh Direktur Jenderal Energi Baru Terbarukan dan Konversi Energi Nomor : 189 K/DJE/2019 adalah : Parameter residu karbon yaitu 0,03%, sedangkan untuk parameter viskositas, angka setana dan *flash point*, masih belum memenuhi. Yield tertinggi didapatkan pada variasi rasio molar 170 sebanyak 24,4%.

Kata Kunci: biji karet, biodiesel, non-katalis, rasio molar

Abstract

Motorized vehicles which continue to increase have an impact on increasing the fuel needed. the higher the fuel consumption, the higher the emissions produced, so that more environmentally friendly fuels are needed. The purpose of this study was to determine the quality and yield of biodiesel from rubber seed oil using the non-catalyst method in accordance with the standards set by the Director General of New, Renewable Energy and Energy Conversion Number: 189 K/DJE/2019 with variations in molar ratios of 170, 180, 190, and 200. The process of making biodiesel includes three stages, namely: the stage of producing rubber seed oil, biodiesel production, and quality testing. This research shows that the molar ratio of 170 is the best variation because it produces the most methyl esters and the least glycerol. Testing the quality of biodiesel from rubber seed oil using a non-catalyzed semi-continuous flow method that meets the standards set by the Director General of New, Renewable Energy and Energy Conversion Number: 189 K/DJE/2019 are: The carbon residue parameter is 0.03% , while the viscosity parameter, cetane number and flash point, are still not fulfilled. The highest yield was obtained at the 170 molar ratio variation of 24.4%.

Keywords: rubber seed, biodiesel, non-catalyst, molar ratio

Universitas Negeri Surabaya

PENDAHULUAN

Indonesia menempati urutan pertama di asia tenggara dan urutan ke 17 di dunia sebagai negara dengan tingkat polusi tertinggi, Jakarta menjadi salah satu kota di Indonesia dengan kualitas udara yang berada pada level 155 AQI US (*Air Quality Indeks United States*) dengan 47% partikel debu 10 mikron penyumbang utama pencemaran udara adalah kendaraan bermotor. Menurut data dari badan pusat statistik Indonesia mnunjukkan bahwa jumlah kendaraan bermotor di Indonesia terus mengalami peningkatan yang cukup tinggi, hingga pada tahun 2020 jumlah kendaraan bermotor di Indonesia telah mencapai 136 juta lebih. Tingginya jumlah kendaraan berimbas pada peningkatan

konsumsi bahan bakar, sedangkan cadangan minyak bumi di Indonesia dilansir dari situs resmi Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral tersedia untuk 9,5 tahun kedepan. konsumsi bahan bakar yang tinggi berbanding lurus dengan emisi yang dikeluarkan. Pengurangan emisi kendaraan bermotor dapat dilakukan dengan mengganti bahan bakar dengan yang lebih ramah lingkungan atau bahan bakar alternatif. Bahan bakar alternatif yang banyak digunakan salah satunya adalah biodiesel. Bahan bakar alternatif yang terbuat dari ester metil asam lemak nabati atau hewani ini di Indonesia bahan bakunya didominasi oleh minyak sawit (CPO). Tanaman yang memiliki potensi dan mulai dilakukan penelitian di Indonesia adalah tanaman karet.

Indonesia sebagai negara dengan wilayah tropis menempati posisi kedua dunia sebagai negara dengan penghasil karet terbesar, Biji karet mengandung minyak lemak 40-50% dengan komposisi : Asam lemak jenuh (17-20%) terdiri dari asam palmitat (C16:0) sekitar 9-12 %, asam stearat (C18:0) sekitar 5-12%, asam arakidat (C20:0) sekitar 1% serta asam lemak tak jenuh (77-82%) terdiri dari: asam oleat (C18:1) sekitar 17-21%, asam linoleat (C18:2) sekitar 35-38%, asam linolenat (C18:3) sekitar 21-24% (Susila, 2009).

Proses pembuatan biodiesel dapat dilakukan dengan dua cara, yaitu metode katalis dan non-katalis. Dari uraian diatas, penulis tertarik melaksanakan penelitian tentang biodiesel dari biji karet metode non-katalis aliran semi kontinu dengan judul “Pengaruh Rasio Molar Terhadap Kualitas Biodiesel Dari Biji Karet (*Hevea Brasiliensis*) Metode Non-Katalis Aliran Semi Kontinu”.

Rumusan Masalah

Rumusan masalah penelitian ini :

- Bagaimana pengaruh variasi rasio molar 170,180,190,200 terhadap produktivitas biodiesel dari minyak biji karet metode non-katalis?
- Bagaimana hasil kualitas biodiesel menggunakan bahan baku minyak biji karet (*hevea brasiliensis*) dibandingkan standar mutu bahan bakar nabati (*biofuel*) menurut SK Direktur Jendral EBTKE No. 189 K/10/DJE/2019?
- Berapa persen *yield* biodiesel yang dihasilkan dari bahan baku minyak biji karet metode non-katalis aliran semi kontinu?

Tujuan Masalah

Penelitian ini bertujuan untuk :

- Mengetahui pengaruh variasi rasio molar 170, 180, 190, 200 terhadap produktivitas biodiesel dari minyak biji karet metode non-katalis.
- Mengetahui kualitas biodiesel dari minyak biji karet (*hevea brasiliensis*) dibandingkan dengan standar mutu bahan bakar nabati (*biofuel*) jenis biodiesel menurut SK Direktur jendral Energi Baru Terbarukan dan Konversi Energi No. 189 K/10/DJE/2019.
- Mengetahui Biodiesel dari minyak biji karet yang menggunakan metode non-katalis aliran semi kontinu menghasilkan Berapa persen *yield* biodiesel.

METODE

Jenis Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode eksperimen, penulis ingin melihat pengaruh variasi rasio molar terhadap kualitas biodiesel dari biji karet dibandingkan dengan Standar dari Dirjen Energi Baru Terbarukan dan Konversi Energi No. 189 K/10/DJE/2019.

Tempat dan Waktu Penelitian

- Tempat Penelitian
Penelitian ini dilakukan di Lab. Bahan Bakar dan Pelumas JTM UNESA, dan Balai Penelitian dan Konsultasi Industri Surabaya.

Waktu Penelitian

Penelitian dimulai semenjak proposal skripsi diseminarkan sampai pengambilan dan analisa data selesai.

Variabel Penelitian

• Variabel Bebas

Variabel bebas dalam penelitian biodiesel non-katalis ini adalah dengan memberikan variasi rasio 170, 180, 190, 200.

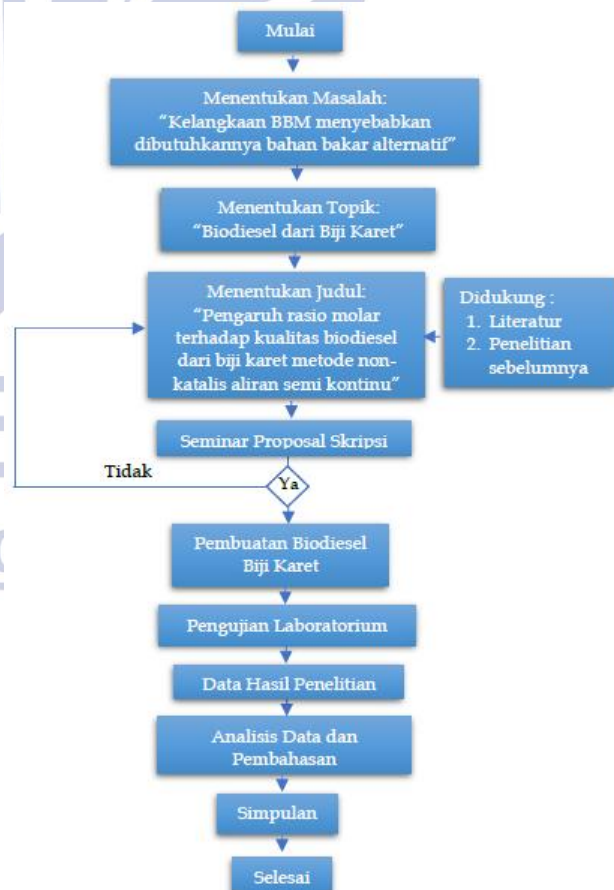
• Variabel Terikat

Variabel terikat penelitian ini adalah membandingkan biodiesel yang dihasilkan dengan standar yang ditetapkan oleh Direktorat Jenderal Energi Baru Terbarukan dan Konversi Energi No. 189K/10/DJE/2019.

• Variabel Kontrol

- Variabel yang dikontrol pada penelitian ini adalah: Minyak biji karet dilakukan penyaringan dengan memakai kertas saring 400 mesh.
- Volume minyak biji karet saat proses transesterifikasi di dalam BCR yaitu 200 ml.
- Temperatur BCR yang digunakan pada saat pemrosesan 290°C.

Flowchart



Gambar 1. Diagram Alur Penelitian

Prosedur Penelitian

• Menghasilkan Minyak Mentah

Langkah pertama yang akan dilakukan pada tahap menghasilkan minyak biji karet (RSO) ini, adalah mendapatkan buah biji karet. Buah biji karet dalam penelitian ini didapat dari perkebunan di Jember. Kemudian dilakukan pemecahan untuk memisahkan cangkang biji karet dengan biji (kernel). Setelah itu, dilakukan pengeringan untuk selanjutnya dilakukan pengepresan dengan menggunakan mesin *press screw* untuk menghasilkan minyak biji karet yang dilakukan di laboratorium bahan bakar dan pelumas Teknik Mesin Universitas Negeri Surabaya. Biji karet seberat 1000g dapat menghasilkan 141,9 g minyak biji karet, selanjutnya minyak biji karet (RSO) yang telah dihasilkan dilakukan penyaringan untuk membersihkannya dari kotoran sisa pengepresan (Susila, 2009).



Gambar 1. Minyak Biji Karet

• Proses Transesterifikasi

Proses transesterifikasi di dalam *Bubble Column Reactor* (BCR) yakni:

- Alirkan gas N₂ untuk membersihkan bcr dari sisa-sisa pemrosesan terdahulu.
- Masukkan minyak biji karet 200 ml ke dalam BCR.
- Atur temperatur pada heater satu dengan suhu 70°C, heater dua 170°C, heater tiga 290°C, lalu tunggu hingga semua suhu tercapai.
- Alirkan *methanol* ke dalam BCR
- Reaksi antara minyak dan *methanol* didalam BCR menghasilkan campuran *methyl ester*, gliserol, dan *methanol* yang keluar melalui kran setelah pendinginan, kemudian Ditampung dengan gelas kaca.
- Memisahkan *methanol* dengan alat *rotary evaporator* sehinga menyisakan produk berupa gliserol dan *methyl ester*.
- Gliserol dan *Methyl ester* hasil dari *rotary evaporator* selanjutnya dilakukan pemisahan

dengan buret pemisah untuk memperoleh hasil utama berupa biodiesel.

• Pengujian Kualitas Biodiesel dari Minyak Biji Karet

Pada tahap yang terakhir ini, biodiesel dari minyak biji karet selanjutnya dilakukan pengujian kualitas meliputi : Angka setana, Kadar air. Pengujian dilakukan di Laboratorium BPPT Jakarta, dan dari hasil pengujian akan diketahui pengaruh variasi molar terhadap kualitas biodiesel dibandingkan dengan standar mutu bahan bakar nabati (*biofuel*) jenis biodiesel menurut SK Dirjen Energi Baru Terbarukan dan Konversi Energi No. 189K/10/DJE/2019.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Data Hasil Penelitian

Berikut merupakan hasil produksi biodiesel dari minyak biji karet dengan variasi rasio molar 170, 180, 190, dan 200.

• Hasil produksi Minyak Bji Karet Menjadi Biodiesel

Tabel 1. Data Hasil Produksi Biodiesel

RM	T BCR /°C	Methanol	Kondensat		BCR sisa		Met recovery		ME		GL	
		ml/menit	ml	gr	ml	gr	ml	gr	ml	gr	ml	Gr
170	290	4,04	920	807	150	356	875	902	54	104	32	87
180	290	4,28	1070	929	190	384	930	975	40	91	70	119
190	290	4,51	1190	983	200	402	1075	1285	25	81	85	133
200	290	4,75	1280	1047	100	311	1120	1345	18	72	119	161



Gambar 2. Produksi Biodiesel RM 170, 180, 190, 200
(Dari kiri ke kanan)

• Pengujian Parameter Biodiesel Dari Minyak Biji Karet

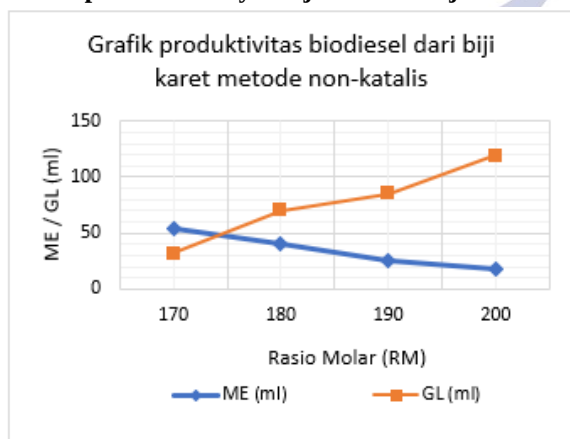
Proses selanjutnya adalah pengujian, pada proses pengujian ini digunakan biodiesel dari rasio molar 170, karena rasio molar 170 menjadi rasio molar terbaik dengan menghasilkan *methyl ester* terbanyak dan gliserol paling sedikit.

Tabel 2. Hasil pengujian parameter biodiesel dari minyak biji karet.

No.	Parameter yang diuji	Metode uji	Persyaratan	Satuan	Hasil uji biodiesel metode non-katalis
1.	Viskositas kinematik pada 40°C	SNI 7182:2015	2,3 – 6,0	mm ² /s (cSt)	2,14
2.	Angka setana	SNI 7182:2015	51	-	48,05
3.	Titik nyala (manekok tertutup)	SNI 7182:2015	130	°C, min	89,10
4.	Residu karbon dalam percontoh asli atau dalam 10% ampas distilasi	SNI 7182:2015	0,05-0,03	%-maks	0,03

Pembahasan Hasil Penelitian

• Hasil produksi Minyak Biji Karet Menjadi Biodiesel

**Gambar 3.** Grafik produktivitas biodiesel dari biji karet metode non-katalis

Pada tabel 1. Memperlihatkan bahwa semakin tinggi rasio molar maka kondensat yang dihasilkan meningkat, hal ini karena semakin banyak rasio molar maka *methanol* yang dibutuhkan juga meningkat, hal ini sesuai dengan tabel *methanol recovery* dimana semakin tinggi rasio molar maka semakin tinggi *methanol recovery* yang dihasilkan. Pada gambar 3. Dapat difahami bahwa semakin tinggi rasio molar yang diberikan, maka produksi *methyl ester* menurun sedangkan produksi gliserol meningkat, menurut susila (2009) dalam penelitiannya yang berjudul pengembangan proses produksi biodiesel biji karet memakai metode non-katalis *superheated methanol* tekanan atmosfer dan uji coba pada mesin diesel mengatakan bahwa pada metode non-katalis setelah produksi *methyl ester* mencapai puncak maka pada variasi rasio molar selanjutnya akan mengalami penurunan produksi *methyl ester* sedangkan gliserol akan meningkat dan bcr sisa akan semakin banyak. Pada gambar 3 puncak produksi *methyl ester* berada pada rasio molar 170, maka dapat sesuai dengan penelitian sebelumnya, setelah rasio molar 170 produksi *methyl ester* menurun dan gliserol meningkat. Namun pada bcr sisa, pada variasi rasio molar 200 bcr sisa justru menurun drastis berbeda dengan variasi molar sebelumnya yang cenderung

meningkat seiring bertambahnya rasio molar, hal ini kemungkinan disebabkan oleh pembilasan dengan N₂ pasca penggunaan bcr yang kurang sempurna, sehingga masih ada sisa-sisa minyak biji karet yang tidak tereaksi mengendap di dalam tabung reaksi.

• Perhitungan Yield Biodiesel

$$\text{yield biodiesel} = \frac{\text{Berat biodiesel (g)}}{\text{Berat minyak mentah (g)}} \times 100\%$$

- Pada RM 170 ME = 54 ml = 44g

$$\text{yield biodiesel pada RM 170} = \frac{44 \text{ (g)}}{184,18 \text{ (g)}} \times 100\% = 23,88\%$$

- Pada RM 180 ME = 40 ml = 31g

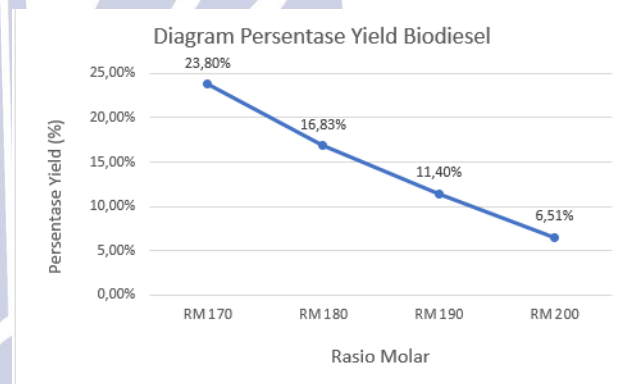
$$\text{yield biodiesel pada RM 180} = \frac{31 \text{ (g)}}{184,18 \text{ (g)}} \times 100\% = 16,83\%$$

- Pada RM 190 ME = 25 ml = 21g

$$\text{yield biodiesel pada RM 190} = \frac{21 \text{ (g)}}{184,18 \text{ (g)}} \times 100\% = 11,40\%$$

- Pada RM 200 ME = 18 ml = 12g

$$\text{yield biodiesel pada RM 200} = \frac{12 \text{ (g)}}{184,18 \text{ (g)}} \times 100\% = 6,51\%$$

**Gambar 3.** Grafik produktivitas biodiesel dari biji karet metode non-katalis

• Hasil Uji Parameter Biodiesel Minyak Biji Karet Metode Non-Katalis

- Viskositas kinematik pada 40°C

Viskositas adalah kemampuan fluida cair untuk menahan gaya gesek, viskositas juga sering disebut dengan kekentalan suatu biodiesel. berdasarkan tabel 4.3, nilai viskositas dari biodiesel minyak biji karet metode non-katalis adalah 2,14 mm²/s. Nilai viskositas ini masih belum sesuai dengan nilai standart parameter biodiesel menurut SNI Dirjen EBTKE Tahun 2019 yang mempunyai batas nilai 2,3-6,0 mm²/s tetapi sudah mendekati nilai standart hanya kurang selisih 0,16 saja.

Angka viskositas yang semakin besar menyebabkan semakin lambat zat mengalir pada medium. Sebaliknya, semakin kecil angka viskositas bahan bakar maka semakin cepat zat tersebut mengalir pada medium. Viskositas yang terlalu tinggi menyebabkan proses pengkabutan pada mesin diesel menjadi lebih sulit ketika bahan bakar

disempatkan. Tetapi jika viskositas terlalu rendah dapat menyebabkan kebocoran pompa injeksi bahan bakar.

- Angka setana

Angka setana adalah suatu dimensi tanpa satuan yang menggambarkan mutu pengapian suatu bahan bakar diesel. Dari tabel 4.3, dapat dilihat nilai angka setana biodiesel dari biji karet metode non-katalis adalah 48,5. sedangkan standar yang ditetapkan Dirjen EBTKE minimal 51. Seiring dengan tingginya angka setana, maka saat bahan bakar diinjeksikan ke ruang bakar menjadi lebih cepat terbakar, begitu juga sebaliknya semakin rendah angka setana, maka bahan bakar yang diinjeksikan menjadi lebih lambat untuk terbakar.

- Flash point

Flash point adalah temperatur terendah ketika bahan bakar bisa dipanaskan sampai menyebabkan uap menyala sementara saat melewati nyala api. Dari tabel 4.3 *flash point* yang dihasilkan dari biodiesel menggunakan bahan minyak biji karet metode non-katalis adalah 89,10°C. Dari hasil ini maka *flash point* dari biodiesel menggunakan bahan baku biji karet dengan metode non-katalis belum memenuhi standar yang ditetapkan oleh dirjen EBTKE yaitu minimal *flash point* yang dimiliki biodiesel adalah 130°C.

Flash point merupakan faktor yang penting untuk keamanan terhadap kebakaran. Pada suhu ruang kandungan *flash point* yang rendah menyebabkan mudah terbakarnya suatu bahan bakar, sehingga sangat berbahaya pada proses penyimpanannya. Sebaliknya *flash point* yang tinggi menyebabkan bahan bakar menjadi lebih sulit terbakar terutama saat dilakukan *tes flame*, akan tetapi mesin juga akan sukar menyala pula.

- Residu karbon

Residu karbon menunjukkan jumlah fraksi hidrokarbon yang mengandung titik didih lebih tinggi dari range bahan bakar. Berdasarkan tabel 4.3, dapat diketahui bahwa residu karbon yang terkandung dalam biodiesel dari bahan baku minyak biji karet adalah 0,03%. Hasil ini menunjukkan bahwa nilai kadar residu karbon mikro biodiesel sudah memenuhi syarat, karena menurut SK Dirjen EBTKE Tahun 2019 kadar residu karbon mikro pada 10% ampas distilasi biodiesel adalah maksimal 0,03%.

variasi rasio molar diatas semakin tinggi rasio molar jumlah *methyl ester* yang diproduksi menurun sedangkan gliserolnya meningkat dan rasio molar 170 menjadi rasio molar terbaik dengan produksi *methyl ester* terbanyak dan gliserol paling sedikit.

- Hasil pengujian kualitas biodiesel dari bahan baku minyak biji karet menggunakan metode non-katalis dengan variasi rasio molar 170 dan temperatur BCR 290 yang sudah memenuhi standar Direktur jendral EBTKE tahun 2019 adalah Parameter residu karbon 0,03%, sementara parameter viskositas, angka setana, dan *flash point* masih belum memenuhi parameter standar yang telah ditetapkan oleh Direktur jendral EBTKE dalam SK Diektur jendral EBTKE No. 189 K/10/DJE/2019.
- Pada rasio molar 170 menghasilkan *yield* biodiesel sebanyak 24,4%, lalu pada rasio molar 180 menghasilkan *yield* biodiesel sebanyak 17,2%, pada rasio molar 190 menghasilkan *yield* biodiesel sebanyak 11,6%, dan pada rasio molar 200 menghasilkan *yield* biodiesel sebanyak 6,6%. Berdasarkan hasil dari empat variasi rasio molar diatas maka dapat disimpulkan variasi rasio molar 170 menghasilkan *yield* terbanyak dengan 24,4%.

Saran

Perlu melakukan pengujian parameter yang lain demi memperoleh data apakah biodiesel dari bahan baku biji karet menggunakan metode non-katalis dapat memenuhi standar yang ditetapkan oleh Dirjen EBTKE untuk digunakan sebagai bahan bakar alternatif.

DAFTAR PUSTAKA

- Almu, M. A., Syahrul, S., & Padang, Y. A. (2014). Analisa Nilai Kalor Dan Laju Pembakaran Pada Briket Campuran Biji Nyamplung (*Calophyllum Inophyllum*) Dan Abu Sekam Padi. *Dinamika Teknik Mesin*, 4(2), 117–122.
- Bustaman, S. (2009). Strategi pengembangan industri biodiesel berbasis kelapa di maluku. 28(10).
- Choirunnisa, Nera Candra. 2008. Rasio Mol Dan Rasio Energi Proses Produksi Biodiesel Minyak Jelantah Secara Non-Katalitik Dengan Reaktor Kolom Gelembung. Bogor: Institut Pertanian Bogor.
- Freedman, J. L. 1984. Effects of Television Violence on Aggressiveness. *Psychological Bulletin*. 96: 227-246.
- Julianti, N. K. (2016). Transesterifikasi Minyak Kelapa Sawit Menggunakan Katalis K / Mg-Al Hidrotalsit Terkalsinasi Dan Na / Mg-Al Hidrotalsit Terkalsinasi Transesterification Of Palm Oil Using K / Calcined Mg-Al Hydrotalcite And Na / Calcined Mg-Al Hydrotalcite As Catalyst.
- Joelianingsih, Armansyah H.Tambunan., Nabetani, H., Sagara, Y., Abdullah, K. Perkembangan Proses Pembuatan Biodiesel Sebagai Bahan Bakar Nabati.

PENUTUP

Simpulan

- Pada rasio molar 170 didapatkan ME = 54 ml : GL = 32 ml, lalu pada rasio molar 180 menghasilkan ME = 40 ml : GL = 70 ml, pada rasio molar 190 didapatkan ME = 25 ml : GL = 85 ml, dan pada rasio molar 200 didapatkan ME = 18 ml : GL = 119 ml. Dari data

2006.

- Megantoro, B. B. (2020). Pengaruh Temperatur Reaksi Terhadap Kualitas Karakteristik Biodiesel Dari Bahan Baku Biji Buah Bintaro Metode Non-Katalis.
- Ott, J., Gronemann, V., Pontzen, F., Fiedler, E., Grossman, G., Burkhard Kersebohm, K., Weiss, G., & Witte, C. (2012). Methanol - An Industrial Review by Lurgi GmbH, Air Liquide GmbH and BASF AG. *Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry*.
- Sari, I. P. (2017). Pembuatan Tepung Biji Karet (*Hevea brasiliensis* Muell. Arg).
- Setiawan, Indra., Susila, I. 2017. Pembuatan Biodiesel Dari Minyak Biji Nyamplung Dengan Proses Transesterifikasi Non-Katalis. JTM. 05(01):35-45.
- Setyawardhani, D. A., Distantina, S., Henfiana, H., & Dewi, A. S. (2010). Pembuatan biodiesel dari asam lemak jenuh minyak biji karet. *Seminar Rekayasa Kimia Dan Proses 2010*, 1–5.
- Siregar, T. H. ., & Suhendy, I. (2013). *Budidaya & Teknologi Karet*.
- Sofiani, I. H., Ulfiah, K., & Fitriyane, L. (2018). Budidaya Tanaman Karet (*Hevea brasiliensis*) di Indonesia dan Kajian Ekonominya. *Jurnal Agroteknologi*, 2(90336), 1–23.
- Suryani, A., & Sangun, A. (2013). *Perbaikan Mutu Biodiesel Hasil Proses Fraksinasi Dengan Kandungan Metil Oleat (C18:1) Dominan Untuk Penerapannya Sebagai Bahan Bakar*
- Susila, I. W. (2009). Pengembangan Proses Produksi Biodiesel Biji Karet Metode Non-Katalis Superheated Methanol pada Tekanan Atmosfir. *Jurnal Teknik Mesin*, 11(2), 115–124.
- Wiyata, I. Y. (2021). Pembuatan Biodiesel Minyak Goreng Bekas dengan Memanfaatkan Limbah Cangkang Telur Bebek sebagai Katalis CaO. *Jurnal Pengabdian Vokasi*, 2, 69–74.