

PRODUKSI BIODIESEL DARI MINYAK BIJI KARET DENGAN TEKNOLOGI TRANSESTERIFIKASI MENGGUNAKAN KATALIS KOH

Aliyah Shahab^{1)*} , Husnah²⁾

¹⁾Program Studi Teknik Pengolahan Migas Politeknik Akamigas Palembang

²⁾ Program Studi Teknk Kimia, Universitas PGRI Palembang

^{*)}Correspondence email: aliyah@pap.ac.id

Abstrak

Minyak nabati merupakan salah satu alternatif yang dapat digunakan sebagai bahan baku pembuatan biodiesel. Biodiesel tersusun dari berbagai macam ester asam lemak yang berasal dari minyak nabati. Lebih dari 30 macam tumbuhan Indonesia potensial menghasilkan minyak nabati. Salah satu sumber penghasil minyak nabati yang sangat potensial yaitu biji karet. Pada penelitian ini digunakan minyak biji karet untuk sintesis FAME. Proses utama dalam pembuatan FAME adalah transesterifikasi. Komposisi yang terkandung dalam biji karet yaitu 40-50% Wt minyak nabati, 24,21 % Wt karbohidrat, 21,17 % Wt protein dan 3,71 % Wt air dalam daging buah biji karet bebas dari cangkangnya. Proses pembuatan biodiesel dari biji karet dilakukan dengan cara preparasi biji karet untuk mengambil minyak biji karet dengan proses hidrolisa, esterifikasi, transesterifikasi, dan pemurnian. Dalam uji peralatan pembuatan biodiesel dari minyak biji karet dengan variable waktu (30 menit, 60 menit dan 90 menit) dan temperatur konstan 60 °C didapatkan hasil biodiesel terbaik pada waktu 90 menit dengan *flash point* 102 °C, *pour point* 9 °C, viskositas kinematik 50.49 cSt, *conradson carbon residu* 0.0380 gr, *water content* < 0.01 (*trace*) dan pH 6.

Kata Kunci : Alat Produksi, Minyak Biji karet, Biodiesel.

PENDAHULUAN

Kebutuhan penggunaan dan perkembangan sumber daya energi terus mengalami peningkatan. Hal ini sebagai dampak dari semakin pesatnya pertumbuhan penduduk dan kemajuan teknologi. Peningkatan pemakaian energi ini tentu saja mempengaruhi perekonomian dunia umum dan indonesia khususnya. Penggunaan bahan bakar minyak dan gas alam yang merupakan sumber daya alam yang tidak bisa diperbaharui (*non renewable*) kini menjadi masalah serius di kalangan masyarakat. Hal ini dikarenakan ketersediaannya yang terus berkurang yang dapat menyebabkan krisis energi. Dalam mengalami krisis energi tersebut serta mengurangi dampak negatif bagi lingkungan, maka saat ini banyak peneliti melakukan penelitian untuk menemukan bahan bakar alternatif yang ramah lingkungan. Biofuel merupakan salah satu bahan bakar yang sumbernya berasal dari bahan organik yang juga energi non-fossil (Sutini dkk, 2020). Pengembangan produksi biofuel dapat mengurangi ketergantungan terhadap bahan bakar fosil serta penggunaannya lebih ramah lingkungan. Produk yang dihasilkan berupa bahan bakar hayati dapat berupa biogasolin, biokerosin, dan biodiesel. Bahan bakar ini dapat berasal dari hewan, tumbuhan, ataupun sisa-sisa hasil pertanian.

Bahan bakar minyak merupakan sumber daya alam yang tidak dapat diperbaharui. Penggunaannya secara terus menerus mengakibatkan cadangan sumber energi semakin menipis. Konsumsi minyak bumi pada tahun 2009 - 2011 masing-masing sebesar 379.142, 388.241 dan 394.052 juta barel. Sedangkan jumlah cadangan minyak bumi pada tahun 2011 diperkirakan sebesar 7,73 milyar barel (Ditjen MIGAS, 2012). Untuk meningkatkan cadangan sumber energi tersebut, perlu adanya sumber energi baru yang renewable. Salah satu energi alternatif yang sedang giat dikembangkan yaitu biodiesel. Salah satu sumber bahan bakar alternatif yang cocok dikembangkan di

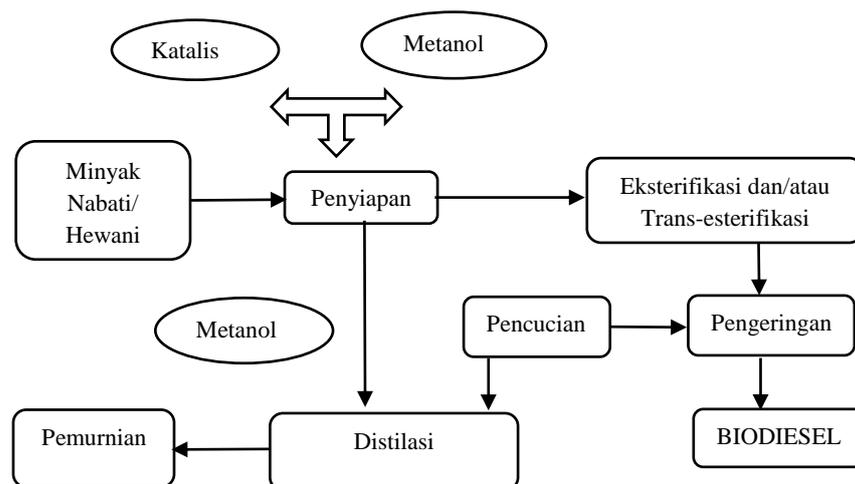
Indonesia adalah minyak biji karet. Minyak biji karet merupakan jenis minyak non pangan sehingga tidak mengurangi persentase untuk kebutuhan pangan seperti minyak sawit. Minyak biji karet dihasilkan dari tanaman karet yang tersedia dalam jumlah besar di Indonesia. Luas perkebunan karet Indonesia pada tahun 2012 mencapai 3,462 juta hektar (GAPKINDO, 2012).

Karet (*Hevea brasiliensis* Muell. Arg) merupakan salah satu komoditas pertanian yang penting untuk Indonesia dan lingkup Internasional. Indonesia adalah negara produsen karet alam terbesar ke dua di dunia setelah Thailand, karet merupakan salah satu hasil pertanian yang banyak menunjang perekonomian Negara. Tanaman karet merupakan salah satu komoditi perkebunan yang menduduki posisi cukup penting sebagai sumber devisa non migas bagi Indonesia. Luas areal karet Indonesia pada tahun 2018, 87,73% (3,1 juta ha) merupakan areal perkebunan karet rakyat yang memberikan kontribusi terbesar pada produksi karet alam nasional (BPS, 2018). Secara keseluruhan, luas pertanaman karet di Indonesia dari tahun 1995 hingga tahun 2012 cenderung fluktuatif, tetapi pada tahun 2012 menunjukkan peningkatan yang cukup signifikan. Tahun 2012, Indonesia memiliki perkebunan karet seluas 3.506.201 ha dengan produksi mencapai 3.012.254 ton dan produktivitas 1.073 kg/ha (Ditjenbun, 2013). Selain menghasilkan lateks, perkebunan karet juga menghasilkan biji karet. Biji karet mempunyai kandungan minyak yang sangat tinggi. Pada metode mekanik atau pengepresan, diperoleh rendemen minyak biji karet sekitar 20 hingga 30%. Padahal kandungan minyak dalam biji karet adalah sekitar 50 – 60%. Dengan demikian kandungan minyak yang tersisa dalam limbah padat biji karet masih banyak. Proses pengambilan minyak dari limbah padat biji karet dapat dilakukan dengan metode ekstraksi berpengaduk (Achmad Wildan, 2013). Minyak dengan kandungan asam lemak bebas yang tinggi kurang ekonomis untuk diolah menjadi biodiesel menggunakan proses konvensional berkatalis basa karena adanya reaksi samping penyabunan. Untuk mengatasi hal ini, pembuatan biodiesel dari minyak biji karet dapat dilakukan dengan menggunakan katalis asam. Akan tetapi, penggunaan katalis asam homogen seperti asam sulfat menimbulkan masalah korosi, sedangkan penggunaan katalis asam heterogen cenderung sangat mahal. Penelitian penelitian ini adalah untuk mengembangkan proses pembuatan biodiesel dari minyak biji karet dengan menggunakan katalis asam heterogen berbahan dasar gula (Santoso, 2013).

Biodiesel adalah salah satu energi alternatif yang dapat diperbaharui, rendah emisi, dan biodegradable. Biodiesel dibuat menggunakan minyak biji karet (*Hevea brasiliensis*) yang merupakan minyak nonpangan dan memiliki kandungan minyak relatif tinggi (40-50% berat), dimana sangat potensial sebagai bahan baku biodiesel (Bobade et al., 2012). Pembuatan biodiesel dari minyak biji karet dapat dilakukan dengan reaksi transesterifikasi. Reaksi interesterifikasi (penukaran ester atau transesterifikasi) merupakan reaksi pertukaran gugus akil antar trigliserida. Gugus akil dapat bertukar posisinya dalam satu molekul trigliserida maupun di antara molekul trigliserida membutuhkan gugus metil ester (Budiman, 2014). (Ratna Dewi Kusumaningtyas, 2012) telah melakukan penelitian yang mengkaji hasil optimum dari variasi konsentrasi katalis KOH dan suhu reaksi pada reaksi transesterifikasi. Preparasi minyak biji karet dilakukan dengan menggunakan arang aktif granular diikuti dengan degumming. Reaksi esterifikasi dilaksanakan pada kondisi operasi 500^oC selama 1 jam, katalis asam sulfat (98%) sebesar 0,5% volume minyak, dan metanol sebesar 20% volume minyak. Reaksi transesterifikasi dilaksanakan selama 1 jam, serta perbandingan volume minyak dan metanol sebesar 4:1. Analisis kadar metil ester yang terbentuk, jumlah komponen, dan komposisinya yang terdapat pada senyawa hasil dilakukan dengan menggunakan alat GC. Kondisi operasi terbaik pada transesterifikasi minyak biji karet menjadi metil ester adalah pada katalis KOH 1% dan suhu 60^oC. Berdasarkan uji sifat-sifat fisis, metil ester yang dihasilkan belum semua memenuhi mutu sifat fisis biodiesel yang disyaratkan. (Pardi, 2021) juga melakukan penelitian tentang menganalisa pengaruh waktu operasi dan penambahan katalis KOH pada pembuatan biodiesel minyak biji karet dan menganalisa sifat-sifat fisika dan kimia dari biodiesel minyak biji karet. Penelitian ini membandingkan waktu reaksi dan penambahan katalis KOH terhadap kandungan biodiesel. Variasi waktu reaksi yang

digunakan 45 menit, 60 menit, 75 menit, 90 menit dan penambahan katalis KOH 1%, 1,5%, 2% dan 2,5%. Hasil penelitian ini menunjukkan pengaruh waktu reaksi dan penambahan katalis KOH yang dilakukan dalam proses pembuatan biodiesel ini berdampak pada karakteristik biodiesel yang diperoleh, Hasil terbaik kandungan biodiesel minyak biji karet yang terbaik diperoleh pada waktu reaksi 90 menit dengan penambahan katalis KOH 2,5 %. (Subehan Fauzi, 2015) Melakukan penelitian tentang pembuatan biodiesel dari minyak biji Karet menggunakan reaktor membran, pada penelitian ini minyak biji karet dan metanol dipersiapkan dengan perbandingan 1:15 dan katalis KOH 1% berat dan suhu 60 °C. Hasil yang didapatkan Rasio molar RSO-metanol berpengaruh terhadap karakteristik biodiesel yang dihasilkan. Yield biodiesel tertinggi diperoleh sebesar 62,15% dengan komposisi penyusun biodiesel terdiri atas metil ester asam oleat. Oleh sebab itu, berdasarkan penelitian-penelitian yang telah dilakukan sebelumnya (Ratna Dewi Kusumaningtyas, 2012., Pardi, 2021., dan Subehan Fauzi, 2015), maka peneliti mengkaji pembuatan biodiesel dari minyak biji karet dengan metode transesterifikasi dengan menggunakan variable tetap temperature 60°C dan katalis KOH 1% serta variasi waktu 30 menit, 60 menit dan 90 menit.

Proses pembuatan biodiesel umumnya menggunakan reaksi metanolisis (transesterifikasi dengan metanol) yaitu reaksi antara minyak nabati dengan metanol dibantu katalis basa (NaOH, KOH, atau sodium methylate) untuk menghasilkan campuran ester metil asam lemak dengan produk ikutan gliserol. Skema proses produksi biodiesel sebagai berikut:



Gambar 1. Skema proses produksi biodiesel (Sumber : EBTKE, 2018)

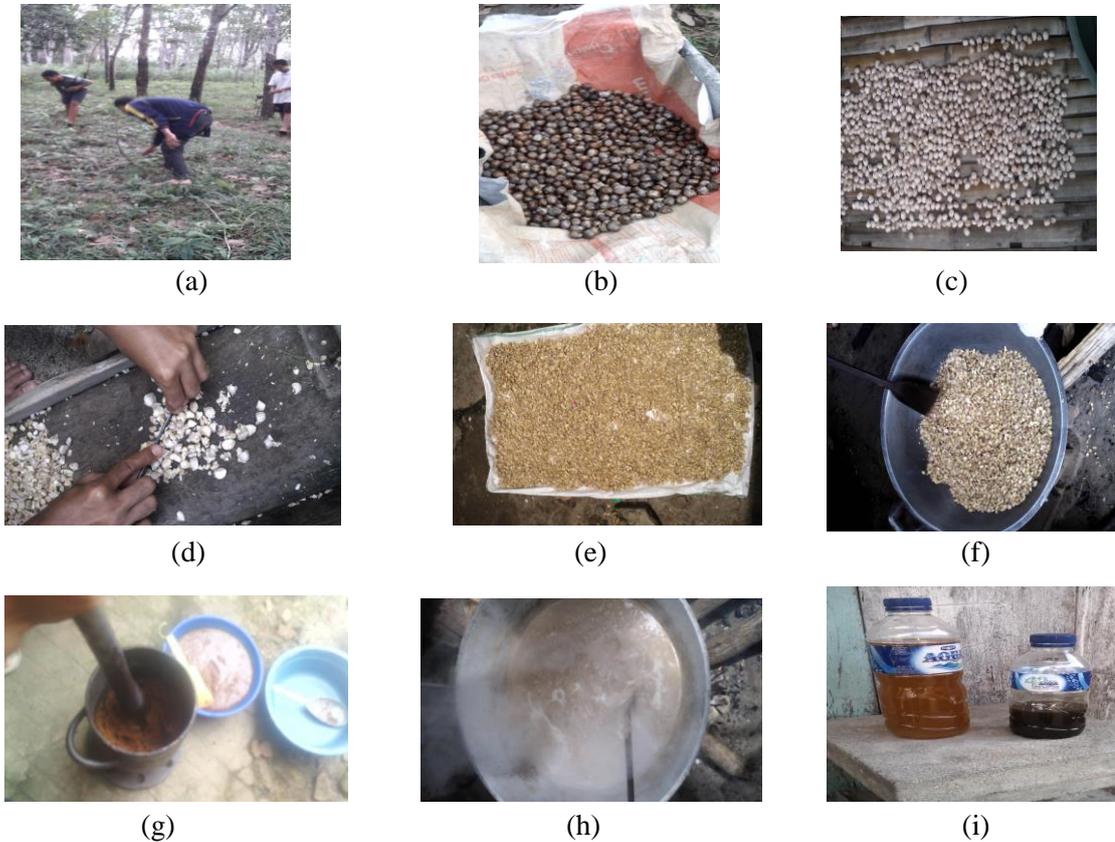
Apabila kandungan asam lemak bebas minyak nabati > 5%, maka terlebih dahulu dilakukan reaksi esterifikasi. Selain dari proses esterifikasi/ transesterifikasi dapat juga dilakukan dengan konversi enzimatis. (EBTKE, 2018)

METODE PENELITIAN

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini antara lain minyak biji karet, katalis KOH dan metanol. Variabel tetap yang digunakan pada pembuatan biodiesel dari biji karet ini yaitu temperatur, minyak biji karet, methanol dan katalis KOH. Variabel perubahan pada proses ini yaitu waktu (30 menit, 60 menit dan 90 menit). Proses pembuatan biodiesel dari biji karet ini terdiri dari tiga tahapan proses yaitu : preparasi minyak biji karet, proses esterifikasi dan proses transesterifikasi.

1. Preparasi Minyak Biji Karet dan Hidrolisa

Preparasi biji karet dilakukan dengan cara biji karet dipisahkan dari cangkang lalu dilakukan proses hidrolisa sampai suhu 120 – 140 °C sehingga diperoleh minyak biji karet dimana prosesnya dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Proses Pembuatan Minyak Biji Karet

Keterangan gambar :

- | | |
|---|-------------------------------|
| a. Pencarian biji karet | e. Penjemuran biji karet |
| b. Biji karet | f. Biji karet yang di sangrai |
| c. Biji karet yang sudah lepas dari cangkangnya | g. Penumbukan biji karet |
| d. Pencacahan biji karet | h. Hidrolisa biji karet |
| | i. Minyak biji karet |

2. Proses Esterifikasi

Pada proses ini minyak lemak di masuk terlebih dahulu kedalam reaktor kemudian dimasukkan methanol dan H_2SO_4 yang biasa disebut dengan istilah metoksil. Kemudian atur reaktor pada suhu sekitar 60 °C dengan putaran sebesar 300 rpm. Proses ini dilakukan selama 1 jam. Setelah 1 jam minyak kotor dikeluarkan dri reaktor dan selanjutnya didinginkan terlebih dahulu. Untuk mengikat agar methanol dan H_2SO_4 yang terikut pada minyak tadi maka dicuci terlebih dahulu dengan air sebanyak 500 ml, proses ini dapat dilakukan dalam waktu 1 sampai beberapa jam guna untuk mendapatkan *metil ester* yang baik. Kemudian air tersebut harus dikelurakan untuk mendapatkan minyak biji karet dengan kadar asam < 5 %.

3. Proses Transesterifikasi

Pada proses ini trigliserida atau minyak nabati akan dikonversi menjadi metil ester asam-asam lemak (biodiesel). Minyak nabati di masuk terlebih dahulu kedalam reaktor kemudian dimasukkan methanol dan KOH yang biasa disebut dengan istilah metoksil. Kemudian atur reaktor pada suhu sekitar 60 °C dengan putaran sebesar 300 rpm. Proses ini dilakukan selama 30 menit, 60 menit dan 90 menit. Tujuannya untuk mengetahui kualitas biodiesel terhadap pengaruh waktu. Setelah sesuai dengan waktu yang diinginkan biodiesel kotor dikeluarkan dari reaktor dan selanjutnya didinginkan terlebih dahulu. Untuk mengikat agar methanol dan KOH yang terikut pada biodiesel maka dicuci terlebih dahulu dengan air sebanyak 500 ml, proses ini dapat dilakukan dalam waktu 1 sampai beberapa jam guna untuk mendapatkan biodiesel yang baik. air yang masih terikut pada biodiesel tersebut diuapkan pada suhu 120 °C, sehingga yang tersisa hanya biodiesel murni. Selanjutnya biodiesel dianalisa spesifikasinya. Pada proses transesterifikasi ini waktu yang digunakan adalah 30 menit, 60 menit dan 90 menit dengan temperatur konstan 60 °C. hasil yang diperoleh setiap waktu berbeda-beda. Berikut tabel biodiesel yang diperoleh dari waktu yang berbeda-beda.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian optimasi produksi biodiesel ini terdapat hasil penelitian dan pembahasan, yaitu hasil proses hidrolisa, esterifikasi dan transesterifikasi minyak biji karet, serta kualitas dengan menggunakan katalis KOH.

1. Pengaruh variasi waktu terhadap Rendemen Biodiesel

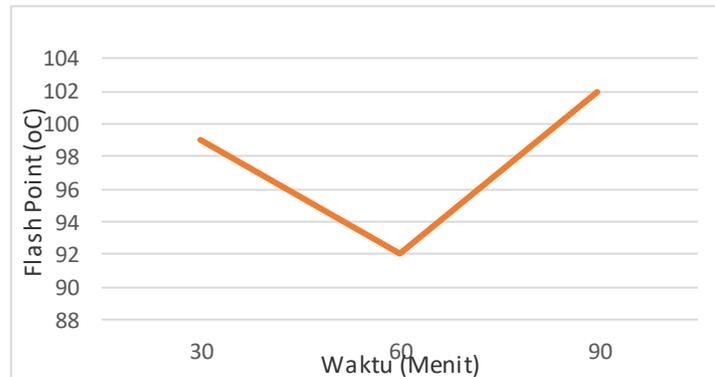
Pada proses transesterifikasi ini waktu yang digunakan adalah 30 menit, 60 menit dan 90 menit dengan temperatur konstan 60 °C. hasil yang diperoleh setiap waktu berbeda-beda. Berikut tabel biodiesel yang diperoleh dari waktu yang berbeda-beda. Pada table 1 terlihat semakin lama waktu maka rendemen biodiesel yang didapat semakin kecil sedangkan rendemen gliserol semakin besar. Akan tetapi seharusnya dengan adanya peningkatan waktu pemanasan, waktu yang dibutuhkan metanol untuk mengkonversi trigliserida menjadi biodiesel dengan reaksi transesterifikasi semakin banyak sehingga menyebabkan kenaikan yield produk biodiesel yang dihasilkan (Syahir dkk, 2017)

Tabel 1. Hasil Proses Transesterifikasi

No	Komposisi			Suhu (°C)	Waktu (menit)	Hasil								
	Minyak Biji Karet (L)	Metanol (ml)	KOH (ml)			Rendemen		Warna	Flash Point (°C)	Pour Point (°C)	Viskositas Kinematik (cSt)	Conradson Carbon Residu (% Wt)	Water Content % Vol	pH
						Biodiesel (ml)	Gliserol (ml)							
1	1	500	60	60	30	700	300	Kuning	99	9	47,52	0,00934	< 0,01	6
					60	600	400	Kuning Kecoklatan	92	10	56,10	0,0728	< 0,01	6
					90	300	700	Kuning Kehitaman	102	9	50,49	0,0380	< 0,01	6

2. Pengaruh variasi waktu terhadap Flash Point biodiesel

Flash point atau titik nyala adalah temperatur terendah dari contoh pada saat mana api pencoba dapat menyalakan uap diatas permukaan contoh pada saat pemeriksaan.

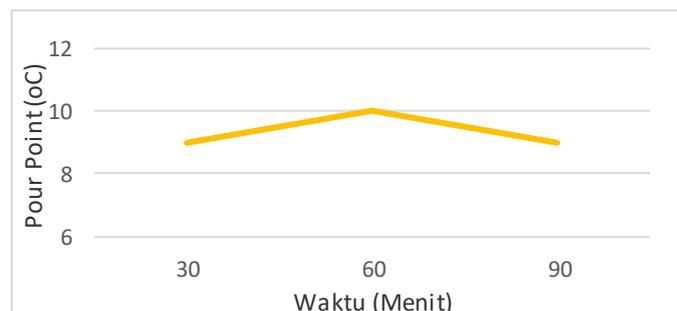


Gambar 3. Kurva pengaruh waktu terhadap *flash point* biodiesel

Dari hasil biodiesel yang diperoleh setiap *Flash Point* yang didapatkan berbeda-beda. Pada waktu 30 menit *Flash Point* terjadi pada suhu 99 °C , pada waktu 60 menit *Flash Point* terjadi pada suhu 92 °C dan untuk waktu 90 menit *Flash Point* terjadi pada suhu 102 °C. Dapat disimpulkan pada waktu 90 menit *Flash Point* sangat baik. Untuk analisa flash point yang diijinkan oleh Dirjen Migas adalah ≥ 60 oC sedangkan hasil analisa flash point biodiesel berkisar antara 92 – 102 oC. Dengan nilai flash Point yang tinggi ini, maka biodiesel yang dihasilkan memenuhi standar Dirjen Migas maupun ASTM (Mahfud, 2017)

3. Pengaruh variasi waktu terhadap Pour Point biodiesel

Pour point adalah titik suhu terendah dimana bahan bakar masih dapat mengalir. Pour point yang tinggi akan menyebabkan mesin sulit dihidupkan pada suhu rendah.

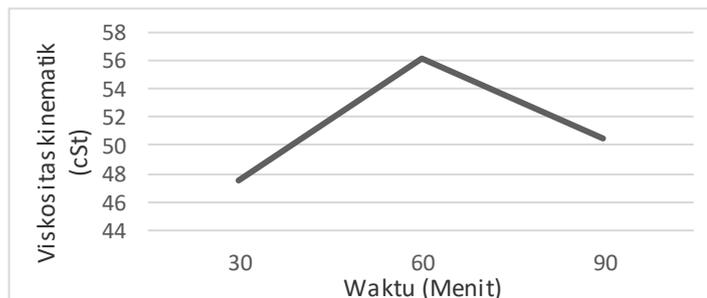


Gambar 4. Kurva pengaruh waktu terhadap *Pour point* biodiesel

Dari hasil biodiesel yang diperoleh setiap *Pour Point* yang didapatkan berbeda-beda. Pada waktu 30 menit *Pour Point*nya 9 °C , pada waktu 60 menit *Pour Point*nya 10 °C dan untuk waktu 90 menit suhu 9 °C. Dapat disimpulkan pada waktu 60 menit *Pour Point* sangat baik. Nilai pour point yang dihasilkan 9 – 10°C, dengan demikian jika ditinjau dari nilai pour point biodiesel maka sudah memenuhi standar SNI yang mana nilainya maksimal sebesar 18°C. Jika nilai pour point rendah maka bahan bakar tidak lagi bisa mengalir karena terbentuknya kristal/gel yang menyumbat aliran bahan bakar, keberadaan kristal di dalam bahan bakar bisa mempengaruhi kelancaran aliran bahan bakar di dalam filter, pompa, dan injektor (Yuli Ristianingsi, 2015).

4. Pengaruh variasi waktu terhadap Viskositas Kinematik biodiesel

Viskositas merupakan kekentalan dari suatu fluida. Viskositas berhubungan dengan gaya gesek yang terjadi antar lapisan-lapisan yang bersebelahan di dalam fluida.



Gambar 5. Kurva pengaruh waktu terhadap Viskositas Kinematik biodiesel

Dari hasil biodiesel yang diperoleh setiap Viskositas Kinematik yang didapatkan berbeda-beda. Pada waktu 30 menit Viskositasnya 47,52 cSt, pada waktu 60 menit Viskositasnya 50,49 cSt dan untuk waktu 90 menit viskositasnya 56,10 cSt. Pada waktu 30 menit biodiesel yang didapatkan sangat kental. Hal ini menunjukkan bahwa lama waktu reaksi yang digunakan berbanding lurus dengan penurunan viskositas produk biodiesel yang dihasilkan [Evangelista dkk., 2012]. Menurut Standar Nasional Indonesia (SNI 04-7182-2012), viskositas biodiesel pada suhu 40 0C adalah 2,3 – 6 mm² /s. Viskositas biodiesel pada penelitian ini untuk berbagai variasi waktu yang dilakukan diperoleh viskositas antara 2,57 – 3,42 mm² /s.

Karakteristik Biodiesel

Biodiesel yang diperoleh kemudian diuji karakteristiknya dan dibandingkan dengan diesel Standar PT. Pertamina (Persero) RU III Plaju. Hasil uji karakteristik biodiesel minyak biji karet disajikan dalam Tabel 2.

Tabel 2. Perbandingan Biodiesel Biji Karet dengan Diesel PT. Pertamina (Persero) RU III Plaju- Sei.Gerong.

Parameter Uji	Satuan	Hasil			
		Biodiesel			Diesel
		30 Menit	60 Menit	90 Menit	
Flash Point	°C	99	92	102	Min. 60
Pour Point	°C	9	10	9	Maks. 18
Viskositas Kinematik	cSt	47.52	56.10	50.49	2.0-5.0
Conradson Carbon Residu	% Wt	0.0934	0.0728	0.0380	Maks. 1.0
Water Content	% Vol	< 0.01	< 0.01	< 0.01	Maks. 0.25
pH	-	6	6	6	-

Dari Tabel 2 dapat dibaca biodiesel hasil penelitian masuk dalam diesel Standar PT. Pertamina kecuali untuk nilai viskositas kinematik masih terlalu besar dan terlalu tinggi, untuk viskositas kinematik hasilnya *off spec* atau melebihi standard dari biodiesel (2.3 s/d 6.0 cSt). Hal ini disebabkan karena pada saat proses pemisahan gliserol dan biodiesel, gliserolnya masih terikut pada biodiesel.

KESIMPULAN

Hasil penelitian menunjukkan minyak biji karet dapat diolah menjadi biodiesel sebagai energi terbarukan (*renewable*) dan dapat menjadi energi masa depan, hal ini terlihat bahwa alat dan produksi biodiesel yang dibuat mampu memproduksi biodiesel sebanyak 6 liter per proses dengan feed 10 liter pada waktu 30 sampai 60 menit. Dari hasil yang didapat biodiesel dari minyak biji karet pada waktu 90 menit ternyata biodiesel yang terbaik karena memenuhi spesifikasi standar biodiesel, kecuali untuk viskositas kinematiknya.

DAFTAR PUSTAKA

- Badan Pusat Statistik, 2018, www.bps.go.id
- Bobade, S. N., dan Khyade, V. B., 2012, Detail study on the Properties of Pongamia Pinnata (Karanja) for the Production of Biofuel, *Research Journal of Chemical Sciences*, 2(7): 16-20
- Budiman, A., 2014. Biodiesel Bahan Baku, Proses, dan Teknologi, Skripsi. Yogyakarta: UGM Press.
- Direktorat Jendral Energi Baru Terbarukan dan Konservasi Energi, (2018), Jakarta, <https://ebtke.esdm.go.id/>
- Ditjen MIGAS. (2012). Statistik Minyak Bumi 2012. Jakarta: Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral
- Evangelista, Joao P.C., Thiago Chellapa, Ana C.F. Coriolano, Valter J. Fernandes Jr., Luiz D. Souza, dan Antonio S. Araujo., *Synthesis of Alumina Impregnated with Potassium Iodide Catalyst for Biodiesel Production from Rice Bran Oil, Brazil: Federal University of Rio Grande do Norte.*, 2012
- GAPKINDO, 2012. Luas perkebunan karet. <http://www.gapkindo.org/index/luasperkebunan-karet-id.html>, diakses pada 2 Januari 2013, Pkl. 19.40 WIB.
- Kepdirjen Energi Baru, Terbarukan dan Konservasi Energi. (2013). Standar dan Mutu (Spesifikasi) Bahan Bakar Nabati (Biofuel) Jenis Biodiesel Sebagai Bahan Bakar Lain yang Dipasarkan Di Dalam Negeri. Jakarta: Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral Republik Indonesia Direktorat Jenderal Energi Baru, Terbarukan dan Konservasi Energi.
- Mahfud, Muharto, A.R. Pramudhita, Marwanto. Adhy, 2017, Pengaruh Metode Pencucian Pada Pembuatan Biodiesel dari Minyak Jarak Pagar, Jurusan Teknik Kimia FTI-ITS, Surabaya
- Pardi , Ida Hasmita , Vera Viena, 2021, Pembuatan Biodiesel Berbahan Baku Biji Karet (*Havea brasiliensis*) Menggunakan Katalis KOH Melalui Proses Transesterifikasi, Program Studi Teknik Lingkungan – Universitas Serambi Mekkah
- Ratna Dewi Kusumaningtyas, Achmad Bachtiar, 2012, Sintesis Biodiesel Dari Minyak Biji Karet Dengan Variasi Suhu Dan Konsentrasi KOH Untuk Tahapan Transesterifikasi, *Jurnal Bahan Alam Terbarukan, Teknik Kimia, Universitas Negeri Semarang*
- Ristianingsih. Yuli, Hidayah. Nurul, Wanda. Fradita , 2015, Pembuatan Biodiesel Dari Crude Palm Oil (CPO) Sebagai Bahan Bakar Alternatif Melalui Proses Transesterifikasi Langsung, *Jurnal Teknologi Agro-Industri*. Vol. 2. No.1 ; Juni2015
- Santoso. Herry, Witono, Judy. Retti, Ingrid, H. Maria, 2013, Pembuatan biodiesel dari minyak biji karet menggunakan katalis berbahan dasar gula, Universitas Katolik Parahyangan
- Sekretaris Jenderal Dewan Energi Nasional. 2019. Indonesia Energi Outlook 2019

- Subehan Fauzi1), Syarfi2) dan Bahruddin2), 2015, Pembuatan Biodiesel dari Minyak Biji Karet Menggunakan Reaktor Membran, Fakultas Teknik, Universitas Riau.
- Sutini. P.L., I. Febriana., Safitri. Widi., 2020. Produksi Bahan Bakar Cair dari Lemak Sapi Menggunakan Reactor Bacth Ditinjau Dari Variasi Temperatur Terhadap Produk. Kinetika Jurnal. Politeknik Negeri Sriwijaya.
- Syahir, Syafiqun Nizar and Fyadlon, Agrandy Pembuatan Biodiesel Dari Biji Nyamplung Menggunakan Microwave Dengan Proses Ex Situ Dan In Situ., Undergraduate thesis, Institut Teknologi Sepuluh Nopember. 2017
- Wildan. Achmad, Ingrid. Devina, Hartati. Indah, Widayat, 2013, Proses Pengambilan Minyak Dari Limbah Padat Biji Karet Dengan Metode Ekstraksi Berpengaduk. Momentum, Vol. 9, No. 1, April 2013, Hal. 1-5