

Pengaruh Bahan Bakar Campuran Biodiesel Berbahan Dasar Minyak Sawit terhadap Elastomer NBR

Andrias Rahman Wimada^{1*}, Maharani Dewi Sholihah², Feri Karuana³,
Anisa Galuh Arisanti⁴, Hafisd Ghazidin⁵ & Mochamad Chalid⁶

^{1,2,3,4,5,6}Badan Riset dan Inovasi Nasional Universitas Indonesia

*Email: andr030@brin.go.id ; andrias.rahman@ui.ac.id

ABSTRACT

The government implemented the use of a 30% biodiesel mixture in diesel fuel for all types of sectors in 2020. In the upcoming years, this policy will probably continue to be strengthened. The compatibility of the elastomers (seals, gaskets, and O-rings) used in the fuel system needs to be carefully considered, though, as biodiesel may have an adverse effect on components composed of natural rubber or synthetic rubber. This study aims to determine the compatibility of elastomeric fuel mixtures of 30% and 40% biodiesel based palm oil (CPO) in Indonesia. The elastomer used in this study, acrylonitrile butadiene rubber (NBR), is frequently utilized in the automobile industry or in fuel storage systems in the production of electricity, mining, and other industries. Using the ASTM D471 technique, the compatibility of this elastomer is evaluated based on mass swelling, swelling volume, tensile strength, and hardness. It was discovered by mass swelling, swelling volume, tensile strength, and hardness tests that the compatibility of acrylonitrile butadiene rubber diminishes with increasing biodiesel content (FAME).

Keywords: biodiesel, ASTM D471, elastomer.

PENDAHULUAN

Pada tahun 2006, kebijakan tentang program pengembangan energi nasional telah dikeluarkan oleh pemerintah Indonesia. Program tersebut berisi target pemanfaatan biofuel (BBN) sebesar 5% dalam bauran energi nasional pada tahun 2025 [1]. Selain itu, regulasi mengenai penyediaan, pemanfaatan & tata niaga bahan bakar nabati sebagai bahan bakar lain juga telah dikeluarkan oleh Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral (ESDM) melalui Peraturan Menteri ESDM no. 12 tahun 2015 [2]. Dalam peraturan tersebut, dijelaskan tentang percepatan target pentahapan kewajiban minimal dalam pemanfaatan biodiesel (B100).

Penggunaan campuran biodiesel pada bahan bakar diesel sebesar 30% untuk semua jenis sektor telah diterapkan oleh pemerintah pada tahun 2020. Selanjutnya, program implementasi biodiesel ini akan terus berlanjut hingga penggunaan campuran biodiesel sebesar 40% dan 50% [3]. Namun, kompatibilitas dari elastomer (seal, gasket, dan o-ring) yang digunakan pada sektor otomotif dan industri perlu diperhatikan karena biodiesel berpotensi memberikan masalah bagi material berbahan karet.

Elastomer sering digunakan dalam sistem penyimpanan maupun distribusi bahan bakar antara lain untuk gasket atau mechanical seal pada pompa [4]. Investigasi mengenai efek dari bahan bakar diesel dan biodiesel terhadap elastomer telah dilakukan, investigasi tersebut meliputi *mass swelling*, *volume swelling*, *tensile* dan *hardness*. Elastomer yang digunakan adalah NBR, *polychloroprene* (CR), *ethylene propylene diene monomer* (EPDM), *silicone rubber* (SR), dan *polytetrafluoroethylene* (PTFE). Pada hasil dari penelitian tersebut disebutkan bahwa urutan kompatibilitas elastomer yang digunakan adalah PTFE, SR, NBR, EPDM, CR [5]. Penelitian serupa juga telah dilakukan yang mengkaji kompatibilitas elastomer terhadap campuran biodiesel dengan menggunakan elastomer NBR, *fluorocarbon*, *neoprene*, EPDM, dan *silicone*. Namun, campuran biodiesel yang digunakan tidak mencapai 30% [6].

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kompatibilitas elastomer terhadap bahan bakar campuran biodiesel berbasis minyak sawit di Indonesia. Elastomer yang digunakan pada penelitian ini adalah *acrylonitrile butadiene rubber* (NBR). Kompatibilitas elastomer ini ditinjau dari *mass swelling*, *volume swelling*, *tensile strength*, dan *hardness*.

METODE PENELITIAN

Bahan bakar B30 atau yang biosolar yang digunakan berasal dari SPBU Pertamina yang berlokasi di Tangerang Selatan, Indonesia. Sedangkan bahan bakar B40 dibuat dengan cara menambahkan biodiesel atau B100 ke dalam B30 sesuai dengan Standar dan Mutu (Spesifikasi) Bahan Bakar Nabati (Biofuel) Jenis Biodiesel sebagai Bahan Bakar Lain yang Dipasarkan di Dalam Negeri D. EBTKE-ESDM SK Dirjen EBTKE No. 189.K/10/DJE/2019, 2019. Biodiesel atau B100 berasal dari salah satu produsen biodiesel yang berlokasi di Lampung. Untuk memastikan kualitas B30 dan B40, dilakukan pengujian untuk mengetahui beberapa parameter penting. Parameter bahan bakar yang diuji dapat dilihat di Tabel 1.

Tabel 1. Parameter uji bahan bakar campuran biodiesel

Parameter	Metode
Kadar FAME	ASTM D371
Angka asam	ASTM D664
Kadar air	ASTM D6304
Densitas (15 °C)	ASTM D4052
Viscosity (40 °C)	ASTM D445

Uji rendam ini dilakukan berdasarkan metode ASTM D471 [7]. Elastomer yang digunakan pada pengujian ini yaitu *acrylonitrile butadiene rubber* dengan kandungan *acrylonitrile* 37-39 wt % yang diproduksi oleh ERIKS Nederland Toermalijnstraat 5. Elastomer tersebut digantung dengan kawat di dalam gelas kaca dengan diameter 3.8 cm dan tinggi 30 cm untuk spesimen kekuatan tarik dan gelas kaca dengan diameter 15 cm dan tinggi 15 cm untuk spesimen *swelling* massa, *swelling* volume dan kekerasan. Kemudian elastomer direndam B30 dan B40 selama 71 jam, 167 jam, 671 jam dan 1007 jam. Selama perendaman suhu lingkungan dijaga pada suhu kamar (27-30 °C). Pengujian spesimen yang dilakukan dapat dilihat pada table 2.

Tabel 2. Pengujian specimen

No	Spesimen	Duration (hours)	Testing			
1	NBR	0	Hardness	Tensile	Massa	Volume
2		71	Hardness	Tensile	Massa	Volume
3		167	Hardness	Tensile	Massa	Volume
4		671	Hardness	Tensile	Massa	Volume
5		1007	Hardness	Tensile	Massa	Volume

Pada uji *mass swelling* dan *volume swelling*, elastomer disiapkan dengan panjang 5 cm, lebar 2.5 cm, dan tebal 0.2 cm. Pengambilan data pada *mass swelling* dilakukan dengan mengukur perubahan berat elastomer sebelum dan setelah perendaman. Untuk uji *volume swelling*, pengambilan data dilakukan dengan mengukur perubahan ukuran dimensi (panjang, lebar, dan tebal) elastomer sebelum dan setelah perendaman.

Pada uji *tensile strength*, elastomer disiapkan sesuai ASTM D412 Die C dengan ketebalan 0.2 cm. Alat yang digunakan untuk pengujian *tensile strength* adalah Universal Testing Machine (UTM) Shimadzu AGS 10 kNG [8]. Untuk uji *hardness*, elastomer disiapkan berdasarkan ASTM D2240 dengan panjang 5 cm, lebar 3 cm, dan tebal 0.2 cm. Uji *hardness* dilakukan dengan menggunakan durometer shore A [9].

HASIL DAN PEMBAHASAN

Bahan bakar yang digunakan telah sesuai dengan regulasi yang ada di Indonesia (Keputusan Direktur Jenderal Minyak dan Gas Bumi No. 0234.K/10/DJM.S/2019). Proses pencampuran dan analisa dapat dilihat pada gambar 1 sedangkan hasil pengujian B30 dapat dilihat pada tabel 3.

Tabel 3. Hasil pengujian bahan bakar B30 dan B40

Parameter	Hasil		Satuan	Metode
	B30	B40		
Kadar FAME	28.39	40.58	%vol	ASTM D371
Angka asam	0.140	0.145	mgKOH/g	ASTM D664
Kadar air	199.1	305.5	ppm	ASTM D6304
Densitas (15 °C)	849.6	853.2	kg/m ³	ASTM D4052
Viskositas (40 °C)	3.01	3.19	cSt	ASTM D445



Gambar 1. Proses Analisa bahan bakar

Setelah elastomer direndam selama 1007 jam, dari uji *mass swelling* didapatkan bahwa NBR mengalami perubahan sebesar 75.5% pada rendaman B30 dan 77.67% pada rendaman B40. Pada uji *volume swelling*, perubahan yang dialami oleh NBR pada rendaman B30 dan B40 adalah 107.47% dan 110.35%. NBR pada rendaman B40 semua mengalami peningkatan dibandingkan dengan NBR hasil rendaman B30. Pada uji *mass swelling*, didapatkan bahwa perubahan NBR yang paling drastis terjadi pada 71 jam perendaman. Setelah itu, kedua elastomer hanya mengalami sedikit perubahan hingga 1007 jam perendaman. Hal ini juga terjadi pada uji *volume swelling*. Perubahan tertinggi juga terjadi pada 167 jam perendaman. Elastomer merupakan polimer yang memiliki hubung silang antara rantai molekul utamanya [10]. Elastomer NBR ketika kontak dengan biodiesel murni (B100) memiliki kecenderungan mengalami pembengkakan yang meningkatkan penyerapan cairan dibandingkan dengan komponen elastomer terlarut [11]. Kandungan biodiesel pada B30 dan B40 menyebabkan terjadinya absorpsi solven biodiesel terhadap elastomer yang mengakibatkan reaksi pada *cross-linking* atau hubung silang dari rantai polimer sehingga terjadi relaksasi rantai polimer [5]. *Swelling* massa dan volume pada NBR dan karet alam akan mengalami peningkatan seiring dengan peningkatan konsentrasi biodiesel, elastomer lebih terdegradasi oleh gugus polar karbositat biodiesel [12,16]. Hasil pengujian swelling volume dan massa dapat dilihat pada tabel 4 dan 5.

Tabel 4. Hasil pengujian Swelling Volume

No	Spesimen	Duration (hours)	Change Swelling Volume (%)	
			B30	B40
1	NBR	71	104,59	112,34
2		167	111,47	119,82
3		671	107,90	110,06

4	1007	107,47	110,35
---	------	--------	--------

Tabel 5. Hasil pengujian Swelling Massa

No	Spesimen	Duration (hours)	Change Swelling Massa (%)	
			B30	B40
1	NBR	71	76,24	76,38
2		167	74,09	74,88
3		671	75,01	76,26
4		1007	75,50	77,67

Pada uji *tensile strength* didapatkan bahwa terjadi penurunan nilai *tensile strength* setelah perendaman. Nilai *tensile strength* dari NBR sebelum perendaman adalah 4,035 Mpa. Perubahan tertinggi terjadi pada rendaman 1007 jam pada bahan bakar B30 maupun B40 yaitu sebesar -81,75% dan -82,18%. Pada uji *hardness* didapatkan bahwa elastomer NBR mengalami penurunan nilai kekerasan. Nilai kekerasan sebelum perendaman NBR adalah 5,78. Kemudian perubahan nilai kekerasan NBR tertinggi pada rendaman 671 jam yaitu -61,24% untuk B30 dan -63,25% untuk B40. Hasil pengujian kekuatan tarik dan kekerasan dapat dilihat pada tabel 6 dan tabel 7.

Tabel 6. Hasil pengujian Kekuatan Tarik

No	Spesimen	Duration (hours)	Change Tensile Strength (%)	
			B30	B40
1	NBR	71	-76,36	-79,64
2		167	-80,83	-81,09
3		671	-80,56	-80,10
4		1007	-81,75	-82,18

Tabel 7. Hasil pengujian Kekerasan

No	Spesimen	Duration (hours)	Change Hardness (%)	
			B30	B40
1	NBR	71	-45,77	-46,20
2		167	-54,01	-57,92
3		671	-61,24	-63,25
4		1007	-54,02	-56,43

Penyebab degradasi elastomer diantaranya adalah meningkatnya konsentrasi biodiesel dalam campuran bahan bakar biodiesel-solar, meningkatnya nilai angka asam atau TAN (Total Acid Number) dimana nilai angka asam B40 lebih besar dari B30 serta adanya air dan produk oksidasi biodiesel [6]. Ukuran kristal partikel seng oksida dalam karet yang terpapar biodiesel secara bertahap menurun dengan meningkatkan waktu pemaparan. Pada paparan biodiesel yang berkepanjangan, partikel seng oksida benar-benar larut untuk membentuk Zn [13,17]. Selain itu, kandungan biodiesel pada B40 yang semakin tinggi menyebabkan kekuatan daya larut semakin besar [14, 15]. Hal ini yang menyebabkan elastomer pada rendaman B40 lebih besar mengalami perubahan pada *mass swelling*, *volume swelling*, *tensile strength*, dan *hardness*. Gambar 2 menunjukkan proses uji perendaman dan pengambilan data.



Gambar 2. Proses uji rendam

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian ini, penggunaan bahan bakar campuran biodiesel akan memberi perubahan terhadap elastomer. Kandungan biodiesel yang semakin tinggi menyebabkan kekuatan daya larut semakin besar. Dari uji *mass swelling*, *volume swelling*, *tensile strength*, dan *hardness* didapatkan bahwa elastomer NBR mengalami penurunan seiring dengan meningkatnya kandungan biodiesel.

Hubung silang pada material elastomer berperan cukup penting dalam kompatibilitas elastomer yang bersentuhan dengan bahan bakar campuran biodiesel. Perlu dilakukan penelitian untuk memodifikasi elastomer agar memiliki ketahanan terhadap bahan bakar campuran biodiesel. Akan tetapi perlu diingat, hubung silang yang terlalu banyak akan menurunkan sifat dari elastomer itu sendiri, yaitu elastisitasnya yang akhirnya akan cenderung menyerupai sifat dari termoset.

UCAPAN TERIMAKASIH

Terima kasih kepada Badan Riset dan Inovasi Nasional – BRIN atas dukungan sarana dan prasarana sehingga penelitian ini dapat diselesaikan.

REFERENSI

- [1] “REPUBLIK INDONESIA BLUEPRINT PENGELOLAAN ENERGI NASIONAL 2006-2025.” [Online]. Available: https://www.esdm.go.id/assets/media/content/Blueprint_PEN_tgl_10_Nop_2007.pdf
- [2] “Peraturan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral Nomor 12 Tahun 2015 tentang Perubahan Ketiga atas Peraturan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral Nomor 32 Tahun 2008 tentang Penyediaan, Pemanfaatan dan Tata Niaga Bahan Bakar Nabati (Biofuel) sebagai Bahan Bakar Lain.” [Online]. Available: <https://jdih.esdm.go.id/index.php/web/result/1354/detail>
- [3] “Direktorat Jenderal EBTKE - Kementerian ESDM.” [Online]. Available: <https://ebtke.esdm.go.id/post/2020/08/27/2618/kemajuan.pengujian.biodi...>
- [4] “Parker O-Ring Handbook ORD 5700.” 2018. [Online]. Available: www.parkerorings.com
- [5] A. S. M. A. Haseeb, H. H. Masjuki, C. T. Siang, and M. A. Fazal, “Compatibility of elastomers in palm biodiesel,” *Renew Energy*, vol. 35, no. 10, pp. 2356–2361, Oct. 2010, doi: 10.1016/j.renene.2010.03.011.
- [6] D. Chandran, “Compatibility of diesel engine materials with biodiesel fuel,” *Renewable Energy*, vol. 147. Elsevier Ltd, pp. 89–99, Mar. 01, 2020. doi: 10.1016/j.renene.2019.08.040.
- [7] “Designation: D471 – 16a Standard Test Method for”, doi: 10.1520/D0471-16A.

- [8] “ASTM D412-16 Standard Test Methods for Vulcanized Rubber and Thermoplastic Elastomers—Tension”.
- [9] “ASTM D2240 - Standard Test Method for Rubber Property-Durometer Hardness”.
- [10] W. D. Callister and J. G. David Rethwisch, “MATERIALS SCIENCE and ENGINEERING.”
- [11] Z Zainuddin, J Nurdin, E Is, The Heat Exchanger Performance of Shell and Multi Tube Helical Coil as a Heater Through the Utilization of a Diesel Machine's Exhaust Gas, Aceh International Journal of Science and Technology, vol.5 (1), 2016, 21-29
- [12] S. M. Alves, V. S. e Mello, and F. K. Dutra-Pereira, “Biodiesel Compatibility with Elastomers and Steel,” in *Frontiers in Bioenergy and Biofuels*, InTech, 2017. doi: 10.5772/65551.
- [13] R. Gurani and S. N. Kurbet, “Experimental Investigation on Compatibility of Elastomeric Materials with Biodiesel”, [Online]. Available: www.ijert.org.
- [14] I. Abdullah, Y. N. Manik, B. Barita, J. Jufrizal, S. Supriatno, E. Eswanto, Desain Insinerator Menggunakan Bahan Bakar Cangkang Kelapa Sawit, Jurnal Rekayasa Material, Manufaktur dan Energi, Vol. 2, No. 1, 2019, 34-43.
- [15] S. Akhlaghi, A. M. Pourrahimi, M. S. Hedenqvist, C. Sjöstedt, M. Bellander, and U. W. Gedde, “Degradation of carbon-black-filled acrylonitrile butadiene rubber in alternative fuels: Transesterified and hydrotreated vegetable oils,” *Polym Degrad Stab*, vol. 123, pp. 69–79, Jan. 2016, doi: 10.1016/j.polymdegradstab.2015.11.019.
- [16] A. S. M. A. Haseeb, T. S. Jun, M. A. Fazal, and H. H. Masjuki, “Degradation of physical properties of different elastomers upon exposure to palm biodiesel,” *Energy*, vol. 36, no. 3, pp. 1814–1819, 2011, doi: 10.1016/j.energy.2010.12.023.
- [17] M.A. siregar, Riawansayah, “Simulasi perpindahan panas pada heater injection molding menggunakan software solidworks”. *Jurnal Rekayasa Material, Manufaktur dan Energi*, Vol. 1, No. 1, September 2018, 47-56