

POTENSI BIODIESEL SEBAGAI BAHAN BAKAR ALTERNATIF DI PABRIK PENGOLAHAN KARET REMAH

Potential of Biodiesel as An Alternative Fuel in Crumb Rubber Factories

Dina Eka Pranata¹, Sherly Hanifarianty²,

¹Pusat Penelitian Karet, Jl. Raya Palembang-Pangkalan Balai Km. 29, Banyuasin 30953

²Unit Riset Bogor Getas, Riset Perkebunan Nusantara

Jalan Salak Nomor 1A Bogor Tengah 16128

Email: sherlyhanifarianty@yahoo.co.id

Diterima 26 Oktober 2023 / Direvisi 22 November 2023 / Disetujui 11 Desember 2023

Abstrak

Energi merupakan kebutuhan esensial dalam produksi karet remah. Baik itu untuk menggerakkan mesin dan proses pengeringan. Pabrik karet saat ini memakai listrik dari PLN dan genset solar, serta beragam sumber energi untuk pengeringan seperti genset solar, batu bara, dan cangkang sawit. Pertimbangan dalam pemilihan sumber energi meliputi biaya, ketersediaan, kemudahan operasi, dan dampak lingkungan. Batu bara murah dan tersedia tapi menghasilkan *fly ash* dan gas berbahaya. Biomasa cangkang sawit lebih murah dan ramah lingkungan tetapi memiliki tantangan dalam suplai dan penyimpanan. Sedangkan solar industri ketersediaannya sudah terbatas. Listrik PLN masih menjadi pilihan terbaik untuk digunakan dalam proses produksi namun di beberapa daerah sering terjadi pemadaman listrik. Oleh sebab itu, dibutuhkan energi alternatif untuk menjaga kestabilan produksi. Regulasi juga mendorong penggunaan biodiesel (B30), yang meski lebih mahal, namun lebih berkelanjutan dan mendukung upaya pengurangan emisi. Penerapan teknologi rendah karbon dan energi terbarukan di industri karet menunjukkan komitmen terhadap lingkungan dan keberlanjutan.

Kata kunci: biodiesel, solar, pabrik karet, gas rumah kaca

Abstract

Energy is an essential requirement in production of crumb rubber, necessary for operating machinery and drying process. Currently, rubber factories utilize electricity from PLN and diesel generators, along with a variety of energy sources for drying, including diesel generators, coal, and palm kernel shells. Considerations in selecting an energy source include cost, availability, ease of operation, and environmental impact. Coal is inexpensive and readily available but produces fly ash and harmful gases. Biomass from palm kernel shells is cheaper and more environmentally friendly but faces challenges in supply and storage. Meanwhile, availability of industrial diesel is already limited. Electricity from PLN remains preferable choice for production process, although power outages are common in some areas. Hence, there is a need for alternative energy to maintain production stability. Regulations also encourage use of biodiesel (B30), which, despite being more expensive, is more sustainable and supports efforts to reduce emissions. Adoption of low-carbon technology and renewable energy in rubber industry demonstrates a commitment to environmental sustainability.

Keywords: biodiesel, diesel, rubber factory, green house gases

Pendahuluan

Energi merupakan kebutuhan esensial dalam proses produksi karet remah, baik itu untuk menggerakkan peralatan mesin maupun untuk proses pengeringan. Saat ini, pabrik pengolahan karet remah masih menggunakan energi listrik dari PT. PLN dan genset yang menggunakan bahan bakar solar. Sedangkan untuk proses pengeringan, terdapat variasi dalam penggunaan sumber energi di pabrik pengolahan karet remah. Seperti batu bara, cangkang sawit dan genset bahan bakar solar. Dalam menentukan sumber energi, perlu beberapa pertimbangan seperti biaya, ketersediaan suplai dan peralatan, kemudahan operasional, serta dampak lingkungan (Suwardin, 2015).

Batubara bisa menjadi pilihan yang tepat jika di tinjau dari segi harga dan ketersediaan pasokan, namun batubara menghasilkan *fly ash* dalam proses operasionalnya sehingga menimbulkan permasalahan baru (Carlson & Adriano, 1993). Selain itu juga pembakarannya menghasilkan gas SO_x sehingga perlu penanganan khusus (Dede *et al.*, 2020).

Penggunaan biomassa dari cangkang sawit sebagai bahan bakar pembangkit listrik dan sumber energi panas dalam proses pengeringan karet remah bisa menjadi suatu upaya yang tepat. Dari segi harga, cangkang sawit dinilai lebih murah harganya dan secara operasional teknis dampaknya tidak terlalu berarti. Namun dalam jangka panjang dan penggunaan secara luas akan menghadapi permasalahan terutama masalah ketidakpastian suplai karena banyak juga pabrik selain karet yang memanfaatkan cangkang sawit sebagai bahan bakar sehingga terjadi persaingan. Seperti pabrik kelapa sawit yang memanfaatkan sendiri cangkang sawit untuk operasional pabrik. Selain itu juga, dibutuhkan tempat yang luas sebagai *storag* cangkang sawit dan dibutuhkan alat angkut *forklift* untuk memindahkannya.

Sedangkan penggunaan bahan bakar solar untuk industri saat ini sudah dibatasi. Menurut peraturan presiden 117 tahun 2021 industri harus menggunakan diesel khusus yang

dicampur dengan FAME (*Fatty Acid Methyl Ester*) dengan komposisi (B30) atau dikenal dengan biodiesel. dari segi harga biodiesel sedikit lebih mahal dibandingkan bahan bakar lainnya namun jika dilihat dari ketersediaan suplai, teknologi/peralatan yang tersedia serta dampak lingkungan, biodiesel dapat menjadi pilihan yang tepat untuk diterapkan di pabrik pengolahan karet.

Penggunaan biodiesel di pabrik pengolahan karet adalah suatu inisiatif yang semakin relevan dalam menghadapi tuntutan lingkungan dan keberlanjutan. Selain itu, pemerintah berkomitmen untuk mengurangi emisi gas rumah kaca dengan menggunakan energi terbarukan. Penerapan teknologi rendah karbon atau dekarbonisasi di sektor energi menjadi langkah konkret untuk mencapai tujuan ini. Secara teknis, dekarbonisasi dapat dicapai dengan menerapkan tiga aspek utama, yaitu meningkatkan efisiensi penggunaan energi, mengadopsi sumber energi terbarukan, dan memanfaatkan elektrifikasi untuk berbagai kebutuhan akhir (Fitriana *et al.*, 2020).

Target Kebijakan Energi Nasional

Indonesia berkomitmen pada transisi energi ke arah penggunaan energi terbarukan, tercermin dalam Konsep Energi Nasional (KEN). Regulasi seperti Peraturan Pemerintah Nomor 79 Tahun 2014 tentang KEN dan Peraturan Presiden Nomor 22 Tahun 2017 tentang Rencana Umum Energi Nasional (RUEN) diterapkan untuk memperkuat komitmen ini. KEN dan RUEN menetapkan target bauran energi primer yang optimal, dengan persyaratan minimal kontribusi energi baru dan terbarukan sebesar 23% pada tahun 2025 dan minimal 31% pada tahun 2050, dengan syarat kondisi ekonomi mendukung. RUEN merinci proyeksi bauran energi primer tahunan untuk mencapai target KEN. Kedua, melalui Keputusan Menteri ESDM Nomor 188.K/HK.02/MEM.L/2021 tentang Pengesahan Rencana Usaha Penyediaan Tenaga Listrik (RUPTL) PT. Perusahaan Listrik Negara (PLN) Tahun 2021 sampai

dengan Tahun 2030 (Yudiartono *et al.*, 2023). RUPTL PT. PLN dari tahun 2021 hingga 2030 mencakup rencana pembangunan pembangkit listrik yang menggunakan Energi Baru dan Terbarukan (EBT) sebesar 51,6% dari total kapasitas pembangkit listrik, dengan target bauran EBT dalam pembangkitan tenaga listrik pada akhir tahun 2025 mencapai 23%.

Peraturan Presiden Nomor 112 Tahun 2022 bertujuan untuk meningkatkan penggunaan energi terbarukan dalam pembangkit listrik guna mencapai target bauran energi terbarukan nasional. Perpres ini mewajibkan

penyusunan Rencana Umum Penyediaan Tenaga Listrik (RUPTL) yang memberikan prioritas pada energi terbarukan dan mengatur langkah-langkah untuk menghentikan operasional Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) sebagai bagian dari transisi energi. Selain itu, Perpres ini juga mengatur harga pembelian tenaga listrik dari sumber energi terbarukan dan memberikan insentif dalam pengembangan pembangkit listrik berbasis energi baru dan terbarukan. Adapun poin-poin penting target KEN dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Target Kebijakan Energi Nasional

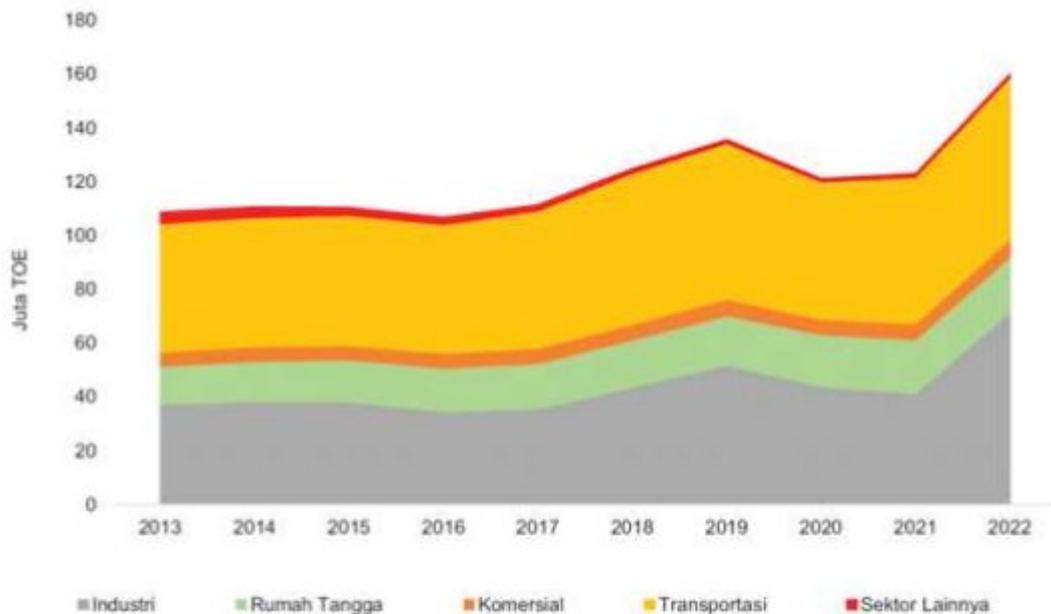
Target KEN	2025	2050
Penyediaan energi	> 400 MTOE	> 1.000 MTOE
Bauran EBT	23%	31%
Pembangkit Listrik	> 115 GW	> 430 GW
Elastisitas energi	< 1	< 1
Listrik /kapita/thn	2.500 kWh	7.000 kWh
Rasio elektrifikasi	~100%	~100%

Sumber : Hammam (2021)

Energi baru dan terbarukan (EBT) menjadi solusi efektif untuk tantangan energi dan lingkungan dengan menggeser penggunaan bahan bakar fosil. Pada 2022, total konsumsi energi final mencapai 160,3 juta ton minyak setara (TOE) dengan pertumbuhan sekitar 4,4% per tahun selama 2013-2022. Sektor industri merupakan penyumbang terbesar dengan proporsi sekitar 45%, diikuti oleh sektor transportasi sebesar 37%.

Kenaikan konsumsi energi industri disebabkan oleh penggunaan batubara yang meningkat, terutama dalam industri smelter. Konsumsi energi oleh rumah tangga mencapai sekitar 13%, sementara sektor komersial sekitar 4,2%, dan sektor lainnya seperti pertanian, pertambangan, dan konstruksi menyumbang sekitar 1%. Gambaran lengkapnya dapat dilihat pada Gambar 1 (Sekjen Dewan Energi Nasional, 2023).

Selama dekade terakhir, konsumsi energi final dari semua jenis energi mengalami peningkatan positif, dengan pertumbuhan yang paling signifikan terjadi pada batubara. Gas dan Bahan Bakar Minyak (BBM) mengalami penurunan masing-masing sebesar -2% dan -0,5%. Pada tahun 2022, batubara mendominasi komposisi konsumsi energi final dengan 41,9 juta ton minyak setara (TOE) atau sekitar 26%, diikuti oleh BBM sebesar 37 juta TOE (23%) dan biodiesel sebesar 30 juta TOE (19%). Konsumsi biodiesel ini terdiri dari campuran minyak diesel dan FAME, yang dikenal sebagai B-30. Total konsumsi BBM mencapai sekitar 58 juta ton atau 36%. Konsumsi listrik hanya menyumbang sekitar 16% dari total konsumsi energi final, setara dengan 26 juta TOE. Pertumbuhan konsumsi energi terbesar berdasarkan jenisnya adalah ETEB (biodiesel dan bioetanol), masing-



Gambar 1. Konsumsi energi final per sektor 2013-2022

masing dengan kenaikan rata-rata sebesar 7,4% per tahun. Hal ini disebabkan oleh peningkatan campuran FAME dalam minyak diesel sebesar 40% pada tahun 2025, serta penambahan etanol pada bensin sebesar 10% mulai tahun 2025. Konsumsi gas diperkirakan akan tumbuh rata-rata sekitar 3,2% per tahun dalam 10 tahun mendatang, sementara konsumsi batubara diproyeksikan tumbuh sekitar 5,4% per tahun dalam periode yang sama. (Sekjen Dewan Energi Nasional, 2023).

Biodiesel Sebagai Bahan Bakar Alternatif Terbarukan

Biodiesel merupakan sumber energi terbarukan yang mendapat perhatian karena potensinya untuk mengurangi emisi gas rumah kaca dan ketergantungan terhadap bahan bakar fosil (Santoso *et al.*, 2016). Biodiesel merupakan jenis bahan bakar yang digunakan pada mesin diesel konvensional dan berasal dari minyak nabati atau hewani. Hingga tahun 2022, terdapat 32 perusahaan biodiesel di Indonesia dengan total kapasitas terpasang sebesar 17,14 juta kiloliter, setara dengan

investasi sebesar USD 1,78 miliar (Sipayung, 2023). Hal ini sebagai komitmen Indonesia untuk mencapai target bauran EBT sebesar 23% pada tahun 2025 dengan meningkatkan pemanfaatan bahan bakar nabati sekaligus mewujudkan KEN (Hidranto, 2022).

Pada 1 Februari 2024, Kementerian ESDM mengumumkan penerapan bahan bakar B35 (35% biodiesel dan 65% solar), dengan rencana penerapan B40 tahun depan. Hal ini sebagai persiapan akhir untuk peningkatan kadar Bahan Bakar Nabati (BBN) menjadi B40. Pemerintah telah melakukan kajian teknis, termasuk uji jalan, penggunaan B40 pada kendaraan bermesin diesel. Sebelum pengujian dilakukan, seluruh kendaraan telah menjalani perawatan, rating komponen, perakitan ulang, dan uji kinerja. Selama uji jalan, kendaraan diuji setiap 10.000 km hingga 50.000 km (untuk kendaraan <3,5 ton) dan hingga 40.000 km (untuk kendaraan >3,5 ton). Spesifikasi bahan dalam pengujian ini tercantum dalam Tabel 2.

Pengujian menunjukkan bahwa kendaraan dengan bahan bakar B30D10 memiliki konsumsi bahan bakar lebih rendah

Tabel 2. Karakteristik bahan bakar B40 dan B30D10

No.	Parameter Uji	Metode Uji	Unit	Hasil uji B0	Hasil uji B40	Hasil Uji B30D10	Batasan mutu B30 CN 48
1.	Angka Setana	ASTM D 613	-	49,8	53,7	54,2	Min. 48
2.	Viskositas suhu 40°C	ASTM D 445	cSt	3,477	3,821	3,789	2,0-5,0
3.	Berat Jenis suhu 15°C	ASTM D 4052	kg/m ³	858,0	864,0	855,1	815-880
4.	Kandungan Sulfur	ASTM D 4294	% m/m	0,20	0,12	0,12	Maks. 0,20
5.	Distilasi 90% Vol Penguapan	ASTM D 86	°C	361,3	351,0	348,0	Maks. 370
6.	Titik Nyala	ASTM D 93	°C	61	81	80	Min. 52
7.	Titik Kabut	ASTM D 5773	°C	13,0	13,0	13,0	Maks. 18
8.	Titik Tuang	ASTM D 97	°C	6,0	9,0	9,0	Maks. 18
9.	Residu Karbon	ASTM D 4530	% m/m	0,05	0,02	0,02	Maks. 0,1
10.	Kandungan Air	ASTM D 6304	mg/kg	67	170	150	Maks. 425
11.	Kandungan FAME	ASTM D 7806	% v/v	0	40,1	30,0	30
12.	Korosi Bilah Tembaga (3 jam pada 50°C)	ASTM D 130	Kelas	1a	1a	1a	Kelas 1
13.	Kandungan Abu	ASTM D 482	% m/m	<0,005	<0,005	<0,005	Maks. 0,01
14.	Kandungan Sedimen	ASTM D 473	% m/m	0	0	0	Maks. 0,01
15.	Bilangan Asam Kuat	ASTM D 664	mg KOH/g	0	0	0	0
16.	Bilangan Asam Total	ASTM D 664	mg KOH/g	0,09	0,11	0,11	Maks. 0,6
17.	Penampilan Visual	Visual		Jernih dan Terang	Jernih dan Terang	Jernih dan Terang	Jernih dan Terang
18.	Warna	ASTM D 1500	No. ASTM	2,2	1,5	1,5	Maks. 3,0
19.	Lubrisitas HFRR (wear scar dia. @60 °C)	ASTM D 6079	Mikron	252,0	235,0	242,5	Maks. 460
20.	Kestabilan Oksidasi (Accelerated Oxidation Method)	EN 15751	Jam	>180	81	97	Min. 35
21.	Kestabilan Oksidasi (RSSOT)	ASTM D 7545	Menit	>200	>200	>200	Min. 45

Sumber : LEMIGAS (2023)

dibandingkan B40. Analisis komponen kendaraan menunjukkan bahwa penggunaan kedua bahan bakar tersebut tidak berdampak signifikan pada mesin atau performa kendaraan. Selama penyimpanan 4 bulan di Lembang dan Cirebon, B40, B30D10, dan B30 terbukti stabil berdasarkan analisis kestabilan oksidasi, bilangan asam, viskositas, berat jenis, dan kandungan FAME. Uji kompatibilitas material menunjukkan bahwa elastomer kendaraan tidak mengalami perubahan signifikan setelah direndam dalam B40 dan B30D10 (Lemigas, 2023). Karakteristik bahan bakar B40 dapat dilihat pada Tabel 2.

Penggunaan biodiesel ini tidak memerlukan modifikasi atau tambahan peralatan khusus pada mesin diesel, sehingga dapat digunakan dengan mesin diesel yang telah ada tanpa masalah (Suryanto, 2018). Mesin diesel yang menggunakan bahan bakar petrodiesel (solar) cenderung menghasilkan emisi besar, terutama dalam bentuk karbon dan sulfur. Namun, biodiesel mengandung sekitar 11% oksigen dan tidak mengandung belerang, memiliki kemampuan untuk mengurangi emisi seperti hidrokarbon yang tidak terbakar, karbon monoksida, dan partikel kasar seperti karbon dan debu (Majedi, 2017). Penggunaan biodiesel juga memiliki efek positif pada aroma yang dihasilkan oleh knalpot mesin diesel. Sebaliknya dengan bau yang khas dari mesin diesel yang menggunakan bahan bakar petrodiesel, mesin yang menggunakan biodiesel akan memberikan aroma yang menyengat. Selain itu, biodiesel tidak menghasilkan timbal dalam emisinya, senyawa karsinogenik dan dapat hancur di alam (*biodegradable*) yang merupakan manfaat tambahan dalam menjaga lingkungan dan kesehatan manusia.

Biodiesel memiliki keunggulan lain, yaitu kemampuannya untuk digunakan dengan berbagai metode yang sama dengan petrodiesel, baik dalam hal pengangkutan maupun penyimpanan. Biodiesel dapat digunakan secara murni atau dicampur dengan petrodiesel dalam berbagai perbandingan, sesuai dengan kebutuhan. Salah satu campuran yang umum digunakan

adalah B30, yang terdiri dari 30% biodiesel dan 70% petrodiesel (Novandy & Migas, 2021). Dalam Tabel 3. disajikan perbandingan antara biodiesel dan petrodiesel.

Tabel 3 menunjukkan bahwa sifat fisika dan kimia biodiesel hampir sama dengan petrodiesel, namun biodiesel memiliki toksisitas lebih rendah (Liu *et al.*, 2009) Semakin tinggi komposisi biodiesel dalam campuran dengan petrodiesel, semakin rendah emisi gas buangnya (Syarifudin *et al.*, 2020). Tabel 4 menunjukkan bahwa biodiesel memiliki angka setana sedikit lebih tinggi dari petrodiesel, yang menandakan kualitasnya yang lebih baik. Namun, biodiesel memiliki nilai *flash point* yang lebih tinggi, yang dapat mempengaruhi performa mesin karena nilai kalor yang lebih rendah. Mesin diesel dengan petrodiesel memiliki daya sebesar 130.000 BTU, sedangkan biodiesel hanya 128.000 BTU (Kong, 2013).

Uji Performa Mesin Diesel

a. Daya yang dihasilkan

Biodiesel B40 menghasilkan daya yang lebih rendah dibandingkan dengan solar dan biodiesel B20. Terdapat penurunan sekitar 2,3% dalam daya yang dihasilkan dibandingkan dengan solar. Biodiesel B40 memiliki *flash point* tinggi yang memperlambat penyalaan pembakaran, seperti yang ditemukan oleh (Hardjono, 2001) dan (Yuniarsi, 2007). Menurut (Amin *et al.*, 2003) daya yang dihasilkan oleh biodiesel murni dan B30 lebih rendah daripada solar. Pada Tabel 5. terlihat bahwa pada RPM 1650 hingga 2750 bahan bakar solar selalu menghasilkan daya yang lebih tinggi dibandingkan biodiesel. namun ketika putaran mesin mencapai 3000 RPM. Biodiesel B20 menghasilkan daya paling tinggi dibandingkan solar dan B40.

b. Konsumsi bahan bakar (SFC)

Peningkatan putaran mesin menyebabkan peningkatan kebutuhan bahan bakar, karena proses pembakaran yang lebih cepat pada putaran tinggi mengakibatkan campuran

Tabel 3. Perbandingan biodiesel dan petrodiesel

Fisika kimia	Biodiesel	Petrodiesel
Komposisi	Metil ester/asam lemak	Hidrokarbon
Densitas gr/mL	0,8624	0,8750
Viskositas, cSt	5,55	4,6
Flash point, oC	172	98
Angka Setana	62,4	53
Kelembaban, %	0,1	0,3
Engine Power	Energi yang dihasilkan 128.000 BTU	Energi yang dihasilkan 130.000 BTU
Engine Torque	Sama	Sama
Modifikasi mesin	Tidak diperlukan	
Konsumsi bahan bakar	Sama	Sama
Lubrikasi	Lebih tinggi	Lebih rendah
Emisi	CO, total hidrokarbon, sulfur dioksida dan nitroksida lebih rendah	CO, total hidrokarbon, sulfur dioksida dan nitroksida lebih tinggi
Penanganan	Flammable lebih rendah	Flammable lebih tinggi
Lingkungan	Toxistas rendah	Toxistas 10x lebih tinggi

Sumber : Usman & Astar (2022)

Tabel 4. Hasil pengujian biodiesel terhadap mesin diesel

Parameter	Berat bahan bakar Lbs/gal	Panas dari pembakaran (BTU/gal)	Angka setana	Viskositas
Diesel 100%	7,05	140.000	48	3,0
Metil ester	7,3	130.000	55	5,7
B20 mix	7,1	138.000	50	3,3
Minyak sayur	7,5	130.000	35-45	40-50

Sumber : Usman & Astar (2022)

udara dan bahan bakar tidak terbakar sepenuhnya. Pada tabel 6 terlihat bahwa nilai SFC pada B40 lebih tinggi dibandingkan solar dan B20. Hal ini disebabkan karena nilai kalor biodiesel B40 lebih kecil, sehingga konsumsi bahan bakarnya menjadi besar. Studi lain oleh

(Raharjo, 2007) dan (Amin *et al.*, 2003) juga menemukan bahwa konsumsi bahan bakar biodiesel cenderung lebih tinggi daripada solar, meskipun temuan Amin menunjukkan perbedaan yang lebih kecil, hanya sekitar 2%.

Tabel 5. Daya yang dihasilkan

Putaran mesin (RPM)	Daya (kw)		
	Solar	B20	B40
1650	20,6264	20,3184	20,3184
1750	22,1931	21,8714	21,7428
2000	25,7311	25,3635	24,996
2250	28,9475	28,534	28,2858
2500	32,1639	31,7044	31,2249
2750	34,8748	34,3694	33,8640
3000	35,8398	36,3911	35,2884

Sumber : Aziz (2010)

Tabel 6. Konsumsi bahan bakar

Putaran mesin (RPM)	SFC (Kg/kW/jam)		
	Solar	B20	B40
1650	0,2911	0,3026	0,3075
1750	0,2974	0,3057	0,3055
2000	0,3006	0,3059	0,3113
2250	0,2985	0,3033	0,3123
2500	0,3030	0,3061	0,3206
2750	0,3007	0,3105	0,3196
3000	0,3166	0,3144	0,3306

Sumber : Aziz (2010)

c. Emisi gas CO

Emisi gas buang dari biodiesel B40 lebih rendah daripada solar dan B20, seperti yang terlihat di Tabel 7. Biodiesel B40 tidak menghasilkan emisi CO karena pembakarannya lebih baik atau sempurna, berbeda dengan bahan bakar solar dan B20. Oksigen dalam biodiesel juga berkontribusi pada proses pembakaran yang lebih baik. Hal ini terlihat bahwa solar menghasilkan emisi gas CO paling tinggi diantara 0,02-0,06. Sedangkan B20 menghasilkan emisi gas sebesar 0,02. Temuan ini sejalan dengan penelitian sebelumnya oleh (Kusuma, 2003),

di mana emisi CO dari B20 adalah sekitar 0,02% volume.

d. Emisi Hidrokarbon (HC) sisa

Berdasarkan jumlah hidrokarbon sisa (HC) yang dihasilkan, biodiesel B40 juga lebih rendah daripada solar. Ini menegaskan bahwa proses pembakaran pada bahan bakar yang mengandung biodiesel lebih sempurna dibandingkan solar.

e. Emisi CO₂

Emisi gas CO₂ dari biodiesel B40 dan B20 lebih rendah daripada solar, seperti yang

tercatat dalam Tabel 9. Hal ini menegaskan bahwa dampak emisi gas terhadap lingkungan

yang dihasilkan oleh biodiesel lebih rendah dibandingkan solar.

Tabel 7. Emisi gas CO

Putaran mesin (RPM)	CO (% volum)		
	Solar	B20	B40
1650	0,02	0	0
1750	0,03	0,02	0
2000	0,06	0,02	0
2250	0,05	0,02	0
2500	0,05	0,02	0
2750	0,03	0,02	0
3000	0,02	0,02	0

Sumber : Aziz (2010)

Tabel 8. Emisi HC (PPM)

Putaran mesin (RPM)	Emis HC (PPM)		
	Solar	B20	B40
1650	72	54	26
1750	81	61	28
2000	94	56	31
2250	79	55	37
2500	79	48	26
2750	71	49	28
3000	60	61	60

Sumber : Aziz (2010)

Tabel 9. Emisi CO₂

Putaran mesin (RPM)	CO ₂ (% volum)		
	Solar	B20	B40
1650	6,8	6,4	5
1750	7,4	6,7	5
2000	7,7	6,8	5,3
2250	8,1	6,8	5,3
2500	8,3	6,7	5,3
2750	8,3	6,4	5,3
3000	2,5	2,9	2,3

Sumber : Aziz (2010)

Konsumsi Energi Biodiesel Pada Pabrik Pengolahan Karet Remah

Karet remah (SIR 20) adalah jenis karet kering yang melalui proses pengolahan yang mencakup tahap peremahan. Bahan baku untuk karet remah ini diambil dari lateks yang sudah diolah hingga menjadi koagulum atau slab. Proses pengolahan karet remah membutuhkan penggunaan dua jenis energi, yaitu energi listrik dan energi panas. Energi

listrik diperlukan untuk mengoperasikan mesin-mesin seperti mesin *milling*, *compressing*, dan *shredding*. Sementara itu, energi panas digunakan dalam tahap pengeringan, di mana bahan bakar diesel digunakan untuk memanaskan udara hingga mencapai suhu sekitar 100 - 120° Celsius. Konsumsi energi di pabrik pengolahan karet merupakan aspek penting untuk dipertimbangkan dalam hal keberlanjutan ekonomi dan lingkungan.

Tabel 10. Konsumsi energi dalam produksi SIR 20

Jenis energi	Energi (per kg karet kering)		Persentase (%)
	KJ	kWh	
<i>Man Power</i>			
1. Transportasi bokar	1,22	0,00033	7,67
2. <i>Down-sizing</i> dan pembersihan	2,57	0,00071	16,16
3. Penggilingan (<i>milling</i>)	2,94	0,00081	18,49
4. Pengeringan awal (<i>pre-drying</i>)	2,57	0,00071	16,16
5. <i>Shredding</i>	2,45	0,00068	15,41
6. Pengeringan (<i>drying</i>)	1,22	0,00033	7,67
7. <i>Bale pressing</i>	1,71	0,00047	10,75
8. Pendeteksi logam (<i>metal detecting</i>)	0,73	0,00020	4,59
9. Pengemasan dan penyimpanan	0,49	0,00013	3,08
Total	15,90	0,00441	100,00
Energi listrik			
1. <i>Down-sizing</i> dan pembersihan (<i>cleaning</i>)	660,73	0,18353	35,59
2. Penggilingan (<i>milling</i>)	547,62	0,15211	29,49
3. Pengeringan awal (<i>pre-drying</i>)	32,04	0,00890	1,73
4. <i>Shredding</i>	161,55	0,04487	8,70
5. Pengeringan (<i>drying</i>)	250,85	0,06968	13,51
6. <i>Bale pressing</i>	182,88	0,05080	9,85
7. Pendeteksi logam (<i>metal detecting</i>)	21,03	0,00584	1,13
Total	1.856,70	0,51575	100,00
Energi bahan bakar			
1. Transportasi Bokar	23,05	0,00640	1,94
2. Pengeringan	1.167,07	0,32418	98,06
Total	1.190,12	0,33058	100,00
Total konsumsi energi	3.062.720	0,85075	

Sumber : Utomo *et al.* (2010), diolah

Menurut Utomo *et al.*(2010) Konsumsi energi total pada produksi karet remah adalah 3,06272 J/kg karet kering. Konsumsi energi terbesar pada industri pengolahan karet remah adalah energi listrik. Energi ini digunakan untuk mengoperasikan mesin - mesin yang ada di pabrik pengolahan. Pada Tabel 10, menunjukkan bahwa konsumsi energi dalam produksi SIR 20 terdapat 3 bagian aliran energi penting, yaitu : *Man Power* dengan konsumsi energi sebesar 15.900 Kj/ton, energi listrik dengan konsumsi energi sebesar 1.856.700 Kj/ton, dan energi bahan bakar dengan

konsumsi energi sebesar 1.190.120 Kj/ton. Sehingga, total konsumsi energi untuk mengelola 1 ton karet kering adalah sebesar 3.062.720 Kj/ton atau 0,85075 kWh.

Berikut ini adalah bahan bakar minyak solar industri, biodiesel dan tarif dasar listrik untuk wilayah sumatera pada tahun 2023. Biaya bahan bakar solar terlihat lebih murah dibandingkan biodiesel. Untuk menghitung harga per kg bahan bakar dapat menggunakan persamaan berikut : $(1 \text{ liter} = 0,001 \text{ m}^3)$
 $\text{harga/kg} = \text{densitas} \times \text{volume} \times \text{harga}$.

Tabel 11. Tarif dasar energi solar, biodiesel dan listrik

No.	Bahan Bakar	Densitas	Harga	
1	Solar industri wilayah Sumatera	853,36 kg/m ³	18.610/liter	15.881,0/kg
2	Biodiesel (B30) wilayah Sumatera	865,00/kg/m ³	23.650/liter	23.650,0/kg
3.	Listrik PLN	-	1440,78/Kwh	

Sumber : PT. Pertamina (2023) dan PT. PLN (2023)

Berdasarkan data harga per kg, biaya penggunaan bahan bakar solar dibandingkan dengan biodiesel B-30 dapat diperkirakan dengan mengalkulasi biaya per kilowatt-hour (kWh) energi dari kedua bahan bakar. Perhitungan ini menggunakan data konsumsi bahan bakar spesifik rata-rata dan harga per kg untuk kedua jenis bahan bakar. (Martin *et al.*, 2020).

SFC Solar = 0.231 kg/kwh

SFC Biodiesel B-30 = 0.234 kg/kwh

Untuk membandingkan biaya antara bahan bakar solar dan biodiesel B-20, kita dapat menghitung harga per kWh energi yang

dihasilkan oleh masing-masing bahan bakar. Ini dilakukan dengan menggunakan persamaan $\text{SFC} \times (\text{harga/Kg})$ untuk kedua jenis bahan bakar tersebut. Dengan demikian, kita dapat mengevaluasi efisiensi biaya dari kedua bahan bakar dalam menghasilkan energi.

Untuk membandingkan biaya energi antara solar, biodiesel, dan listrik PLN dalam memproduksi karet remah seperti pada Tabel 11. Persamaan biaya untuk BBM adalah $(\text{Biaya/kWh} \times \text{total energi kWh})$, sedangkan untuk listrik PLN adalah $(\text{tarif dasar listrik} \times \text{kWh})$.

Tabel 12. Perbandingan biaya konsumsi energi antara solar, biodiesel dan listrik PLN

Bahan bakar	Total kebutuhan energi	Harga BBM/Liter	Harga BBM/Kg	SFC (Kg/Kwh)	Biaya/Kwh (harga x SFC)	Total Biaya produksi/kg
Solar	0,85075	18.610	15.881,0/kg	0,231	3.668,51	3.121,00
B30	0,85075	23.650	20.457,2/kg	0,234	4.786,93	4.072,50
Listrik	0,85075	-	-	-	1440,70	1.228,49

Berdasarkan analisis perbandingan biaya pada Tabel 12, memproduksi 1 kg karet dengan listrik PLN terbukti lebih ekonomis dibandingkan menggunakan solar atau biodiesel, dengan tarif listrik PLN sebesar Rp 1.440,70/kWh, biodiesel (B-30) Rp 4.786,99/kWh, dan solar industri Rp 3.668,51/kWh. Namun, di beberapa wilayah Sumatera yang sering mengalami pemadaman listrik, biodiesel bisa menjadi pilihan energi alternatif untuk memastikan produksi karet SIR tetap berjalan. Dengan adanya kebijakan Mandatori B30 yang mengharuskan penggunaan campuran minimal 30% biodiesel dalam diesel untuk industri di Indonesia, dan rencana pemerintah untuk meningkatkan campuran menjadi B40 (Pahlevi, 2021). Penggunaan biodiesel menawarkan solusi untuk menjaga kestabilan produksi sekaligus mengurangi dampak lingkungan.

Kesimpulan

Dalam menentukan sumber energi pada proses produksi, diperlukan beberapa pertimbangan seperti biaya, ketersediaan suplai, peralatan yang tersedia, serta dampak lingkungan. Energi dari listrik PLN masih menjadi pilihan terbaik dalam proses produksi. Namun, dari segi kestabilan energi di beberapa daerah sering terjadi pemadaman listrik sehingga diperlukan energi alternatif. Biodiesel dapat menjadi opsi energi alternatif untuk menjaga kestabilan produksi. Biodiesel memberikan kinerja yang baik pada mesin diesel dengan emisi gas yang lebih rendah dibandingkan penggunaan solar. Secara teknis, biodiesel mudah untuk diaplikasikan. Regulasi juga mendorong penggunaan biodiesel (B30), yang meski lebih mahal, namun lebih berkelanjutan dan mendukung upaya pengurangan emisi gas rumah kaca.

Daftar Pustaka

- Amin, S., Wahyudi, M. Y., & Nuramin, M. (2003). *Membandingkan emisi gas buang bahan bakar solar dan biodiesel*. Jakarta, Indonesia : P3T Agroindustri-BPPT, Balai Rekayasa Desain Dan Sistem Teknologi-BPPT.
- Aziz, I. (2010). Uji performance mesin diesel menggunakan biodiesel dari minyak goreng bekas. *Jurnal Valensi*. 6(1), 291 – 297. doi: 10.15408/jkv.v1i6.241.
- Carlson, C. L., & Adriano, D. C. (1993). Environmental impacts of coal combustion residues. *Journal of Environmental Quality*. 22 (2) , 227 - 242 . doi:10.2134/jeq1993.00472425002200020002x.
- Dede, Moh., Widiawaty, M. A., Nurhanifah, N., Ismail, A., Artati, A. R. P., Ati, A., & Ramadhan, Y. R. (2020). Estimasi Perubahan Kualitas Udara Berbasis Citra Satelit Penginderaan Jauh Di Sekitar PLTU Cirebon. *Jambura Geoscience Review*. 2(2), 78-87. doi: 10.34312/jgeosrev.v2i2.5951.
- Fitriana, I., Sugiyono, A., & Hilmawan, E. (2020). Analisis Kebutuhan dan Penyediaan Energi Di Sektor Industri-OEI 2012. Jakarta, Indonesia : Pusat pengkajian industri proses dan energi.
- Hammam, R. (2021). *Outlook energi indonesia 2021 perspektif teknologi energi indonesia: tenaga surya untuk penyediaan energi charging station*. Jakarta, Indonesia: Pusat Pengkajian Industri Proses dan Energi (PPIPE) Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi (BPPT).
- Hardjono, A. (2001). *Teknologi Minyak Bumi, Edisi Pertama*. Yogyakarta, Indonesia : Gadjah Mada University Press.
- Hidranto, F. (2022, November 28). *B40 Siap Mengaspal*. <https://Indonesia.Go.Id>.
- Kong, G. T. (2013). *Peran biomassa bagi energi terbarukan*. Jakarta , Indonesia : Elex Media Komputindo.

- Kusuma, I. (2003). Pembuatan biodiesel dari minyak jelantah dan pengujian terhadap prestasi kerja mesin diesel. *Jurnal Ilmiah Teknik Mesin. Poros*, 6(4), 227-234.
- Lemigas. (2023). *Uji Jalan (road test) Penggunaan Bahan Bakar B40 Pada kendaraan bermesin Diesel*.
- Liu, Y. Y., Lin, T. C., Wang, Y. J., & Ho, W. L. (2009). Carbonyl compounds and toxicity assessments of emissions from a diesel engine running on biodiesels. *Journal of the Air & Waste Management Association*. 59(2), 163 - 171. doi: 10.3155/1047-3289.59.2.163.
- Majedi, F. (2017). Pengaruh penggunaan panas gas hasil pembakaran terhadap penguraian gas co (karbon monoksida) menjadi c (karbon) dan o2 (oksigen) pada asap knalpot sepeda motor dengan adsorben zeolit. *Journal of Electrical Electronics Control and Automotive Engineering*. 1(1), 59-64. doi:10.32486/jeecae.v1i1.13.
- Martin, M., Anwar, S., & Zein, N. (2020). Comparative analysis of solar fuel with biodiesel b-20 oil palm oil on komatsu performance engine saa12v140e3. *Jurnal Baut Dan Manufaktur*, 2(2), 48-56.
- Novandy, A., & Migas, P. (2021). Evaluasi penerapan metode uji astm d-86 untuk penentuan sifat volatility solar b30. *Jurnal Nasional Pengelolaan Energi Migaszoom*, 3(1), 37-42, doi:10.37525/mz/2021-1/277.
- Raharjo, S. (2007). Analisa performa mesin diesel dengan bahan bakar biodiesel dari minyak jarak pagar. *Jurnal Litbang Universitas Muhammadiyah Malang*, 3(2). 40-43.
- Pahlevi, R. (2021, November 9). *Negara Ini Hasilkan Biofuel Terbesar di Dunia, RI Peringkat Berapa?* Jakarta, Indonesia : Kata Data Media Network.
- Santoso, A. D., Soemardi, T. P., Kardono, K., & Subandar, A. (2016). Pengaruh externalitas pada stuktur biaya produksi biodiesel mikroalga sebagai sumber energi ramah lingkungan. *Jurnal Teknologi Lingkungan*. 15 (1) , 1 - 8 . doi:10.29122/jtl.v15i1.1450.
- Sekjen Dewan Energi Nasional. (2023). *Konsumsi Energi Final*. In Suharyati, N. I. Pratiwi, S. H. Pambudi, J. L. Wibowo, A. Sauqi, J.T. Damanik, F. D. Arifin, & N. Kristanto (Eds.), *Outlook Energi Indonesia 2023* (1st ed., Vol. 1, pp. 17–19). Sekretariat Jendral Dewan Energi Nasional.
- Suryanto, S. (2018). Produksi biodiesel sistem batch dan uji emisi pada mesin diesel. *Intek Jurnal Penelitian*. 5(1), 53-59. doi:10.31963/intek.v5i1.201
- Suwardin, D. (2015). Performance evaluation of crumb rubber factory managemen: case study in south sumatera). *Jurnal Agro Industri Perkebunan*, 3(2), 108–121.
- Syarifudin, S., Cahyo, H. N., & Suprihadi, A. (2020). Korelasi propertis biodiesel terhadap emisi gas buang dan performa mesin diesel. *Infotekmesin*. 11(1), 9 – 13 . doi:10.35970/infotekmesin.v11i1.91.
- Sipayung, T (2023, November 29). *Biodiesel Indonesia: Produksi, Konsumsi Dan Ekspor (2023)*. <https://Palmoilina.Asia/Sawit-Hub/Biodiesel-Indonesia/#produksi-Biodiesel-Indonesia>.
- Usman, T., & Astar, I. (2022). *Katalis biodiesel pengenalan dan aplikasi produksi biodiesel* (Vol. 1). Tanjungpura, Indonesia : Untan Press.
- Utomo, T. P., Suroso, E., & Hasanudin, U. (2010). Comparative study of low and high-grade crumb rubber processing energy. Tulisan disajikan pada *Proceedings of the World Congress on Engineering*, 1665, London.
- Yudiantono, Y., Jaka, W., & Adiarso, A. (2023). Dekarbonisasi sektor ketenagalistrikan sampai 2050 dalam kerangka kebijakan energi nasional. *Jurnal Energi Baru Dan Terbarukan*, 4(2), 1–17.
- Yuniarsi, K. (2007). Coco metyl ester (cocodiesel) sebagai bahan bakar pengganti solar. *Jurnal Akta Kimindo*, 3(1), 17–20.



PUSAT PENELITIAN KARET