

Contents list available at [Sinta](https://sinta)

ARMATUR

: Artikel Teknik Mesin & Manufaktur

Journal homepage: <https://scholar.ummetro.ac.id/index.php/armatur>

Analisa Pengaruh Jenis Bahan Bakar B0, B30, B35, dan B40 Terhadap Efisiensi Termal PLTD Biak

Syi'ar Mulya Ahmad Pratiknyo¹, Christiono²

Profesi Insinyur, Institut Teknologi PLN, Jl. Lebak Bulus Tengah No.5 2, RT.10/RW.4, Cilandak Barat, Kec. Cilandak, Kota Jakarta Selatan, Daerah Khusus Ibukota Jakarta 12430.

ARTICLE INFO

Keywords:
diesel power plant, biodiesel, thermal efficiency, SFC, heat rate.

ABSTRACT

Diesel Power Plants (PLTD) play an important role in supplying electrical energy, particularly in island regions and remote areas such as Biak. To support the national energy transition, the government has implemented a mandatory biodiesel policy that has progressively increased from B30 and B35 to B40 in order to reduce dependence on fossil fuels. This study aims to analyze the thermal efficiency of PLTD Biak under B0, B30, B35, and B40 fuel types, as well as their effects on Specific Fuel Consumption (SFC) and heat rate. The research employed a quantitative descriptive approach using actual operational data, including fuel consumption, generator output power, and fuel heating values. The results show that increasing biodiesel content causes SFC to rise from 0.251 liter/kWh for B0 to 0.271 liter/kWh for B40, reduces thermal efficiency from 39.8% to 37.1%, and increases heat rate from 9,205 kJ/kWh to 9,704 kJ/kWh. It can be concluded that B30 provides the best balance between supporting the mandatory biodiesel policy and maintaining operational performance, while B35 and B40 require optimization of operating parameters to preserve efficiency.

Pendahuluan

Transisi energi global mendorong berbagai negara untuk mengurangi

ketergantungan terhadap bahan bakar fosil dan meningkatkan pemanfaatan energi baru terbarukan sebagai upaya menekan emisi gas rumah kaca serta meningkatkan

*Corresponding author: siarmulia@gmail.com

DOI: <https://doi.org/10.24127/armatur.v7i2.11511>

Received 4 May 2026; Received in revised form 2 June 2026; Accepted 9 June 2026

Available online 1 September 2026

ketahanan energi. Di Indonesia, implementasi transisi energi diwujudkan melalui kebijakan mandatori biodiesel pada bahan bakar diesel dengan peningkatan campuran biodiesel secara bertahap, mulai dari B20, B30, B35 hingga pengembangan menuju B40. Kebijakan ini bertujuan mengurangi konsumsi bahan bakar fosil, meningkatkan pemanfaatan energi terbarukan, serta menekan emisi gas buang. Namun, biodiesel memiliki karakteristik fisik dan kimia yang berbeda dibandingkan solar murni, terutama pada nilai kalor dan viskositas, sehingga berpotensi memengaruhi proses pembakaran dan performa mesin diesel [1].

Pada sistem pembangkit listrik tenaga diesel/gas (PLTMG/PLTD), khususnya di wilayah kepulauan dan sistem kelistrikan terisolasi seperti Biak Numfor, unit pembangkit masih menjadi sumber utama penyedia energi listrik akibat keterbatasan interkoneksi sistem tenaga listrik. Kondisi ini menyebabkan keandalan operasional pembangkit menjadi aspek yang sangat penting karena kontinuitas pasokan listrik bergantung pada performa mesin pembangkit. Penggunaan bahan bakar minyak konvensional pada pembangkit diesel juga menimbulkan tantangan ekonomi berupa tingginya biaya operasional akibat konsumsi bahan bakar yang besar, di samping isu lingkungan terkait emisi gas buang. Oleh karena itu, implementasi biodiesel pada pembangkit isolated memerlukan evaluasi teknis agar pemanfaatannya tetap mampu menjaga efisiensi termal, konsumsi bahan bakar, dan keandalan operasi unit pembangkit.

Sejumlah penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa peningkatan fraksi biodiesel dalam campuran bahan bakar cenderung memengaruhi performa mesin diesel, terutama pada parameter *Specific Fuel Consumption* (SFC), *heat rate*, dan efisiensi termal. Beberapa hasil penelitian melaporkan bahwa peningkatan kadar biodiesel dapat meningkatkan konsumsi bahan bakar dan menurunkan efisiensi termal akibat nilai kalor biodiesel yang lebih

rendah dibanding solar murni. Akan tetapi, karakteristik pengaruh tersebut sangat bergantung pada kondisi operasi, tingkat pembebanan, kualitas bahan bakar, serta spesifikasi mesin yang digunakan [2].

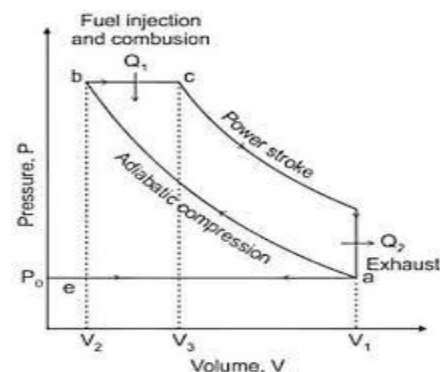
Metode Penelitian

Waktu dan Lokasi Penelitian dilakukan di PLTD Biak dengan periode pengambilan data operasional selama 3 bulan pada kondisi beban normal pembangkit.

Desain Penelitian ini menggunakan desain deskriptif kuantitatif dengan pendekatan analisis kinerja termal pembangkit berdasarkan data aktual operasi.

Pembangkit Listrik Tenaga Diesel (PLTD)

Pembangkit Listrik Tenaga Diesel (PLTD) merupakan salah satu jenis pembangkit listrik yang memanfaatkan mesin diesel sebagai penggerak utama generator untuk menghasilkan energi listrik. PLTD banyak digunakan di wilayah kepulauan dan daerah terpencil karena memiliki keunggulan berupa fleksibilitas operasi, waktu start yang cepat, serta kemudahan instalasi dibandingkan jenis pembangkit lainnya. Di wilayah Papua, termasuk Biak, PLTD masih menjadi tulang punggung penyediaan energi listrik untuk memenuhi kebutuhan masyarakat dan sektor industri. dengan istilah B0 (solar murni), B30, B35, hingga B40. Peningkatan persentase biodiesel dalam campuran bahan bakar bertujuan untuk menurunkan emisi gas buang dan meningkatkan pemanfaatan energi terbarukan [3].



Gambar 1 Siklus PLTD

Siklus diesel 4 tak (intake, kompresi, pembakaran, buang) untuk mengubah energi kimia bahan bakar menjadi energi mekanis, lalu listrik. Prinsip kerja PLTD didasarkan pada proses pembakaran bahan bakar di dalam silinder mesin diesel yang menghasilkan energi panas. Energi panas tersebut kemudian dikonversikan menjadi energi mekanik melalui gerakan torak (piston), yang selanjutnya diubah menjadi energi listrik oleh generator. Kinerja PLTD sangat dipengaruhi oleh karakteristik bahan bakar, kondisi mesin, serta sistem pendukung seperti sistem bahan bakar, pendinginan, dan pelumasan.



Gambar 2 Mandatori Pemanfaatan Biodiesel

Mandatori biodiesel B0–B40 merupakan kebijakan pemerintah Indonesia dalam meningkatkan pemanfaatan energi terbarukan melalui pencampuran biodiesel berbasis minyak nabati ke dalam solar. B0 menunjukkan penggunaan solar murni tanpa campuran biodiesel, sedangkan B30, B35, dan B40 masing-masing mengandung 30%, 35%, dan 40% biodiesel. Kebijakan ini diterapkan untuk mengurangi ketergantungan terhadap bahan bakar fosil, menekan impor minyak, serta mendukung ketahanan energi nasional. Biodiesel merupakan bahan bakar alternatif yang berasal dari minyak nabati atau lemak hewani melalui proses transesterifikasi [4]. Biodiesel dapat dicampurkan dengan solar dalam berbagai persentase, yang dikenal Meskipun memiliki keunggulan dari sisi lingkungan, biodiesel memiliki nilai kalor yang lebih rendah dibandingkan solar murni [5]. Selain itu, viskositas dan densitas

biodiesel cenderung lebih tinggi, yang dapat memengaruhi proses atomisasi bahan bakar dan pembakaran di dalam ruang bakar mesin diesel. Oleh karena itu, penggunaan biodiesel dengan fraksi tinggi berpotensi memengaruhi kinerja dan efisiensi PLTD [6]. Pembangkit Listrik Tenaga Diesel (PLTD) merupakan salah satu jenis pembangkit listrik yang menggunakan mesin diesel sebagai penggerak utama generator untuk menghasilkan energi listrik. Sistem ini masih menjadi pilihan utama di wilayah kepulauan, daerah tertinggal, serta kawasan dengan jaringan transmisi yang belum terintegrasi, karena memiliki fleksibilitas operasi, kemampuan start-up yang cepat, dan instalasi yang relatif sederhana dibandingkan pembangkit berbasis turbin atau sistem interkoneksi besar PLN [7].

Secara prinsip, PLTD bekerja melalui proses pembakaran internal di dalam ruang bakar mesin diesel. Energi kimia dari bahan bakar dikonversi menjadi energi panas, kemudian menjadi energi mekanik melalui gerakan piston, dan akhirnya diubah menjadi energi listrik oleh generator [8]. Kinerja sistem ini sangat dipengaruhi oleh efisiensi pembakaran, kualitas bahan bakar, serta kondisi teknis komponen mesin seperti sistem injeksi, pendinginan, dan pelumasan. Biodiesel merupakan bahan bakar terbarukan yang diproduksi dari minyak nabati atau lemak hewani melalui proses transesterifikasi. Produk ini dapat digunakan sebagai campuran solar dalam berbagai kadar, seperti B30, B35, hingga B40, yang menunjukkan persentase biodiesel dalam campuran bahan bakar [9]. Pemerintah Indonesia mendorong penggunaan biodiesel melalui program mandatori sebagai bagian dari strategi diversifikasi energi dan pengurangan impor bahan bakar fosil. Keunggulan biodiesel terletak pada sifatnya yang biodegradable, kandungan sulfur rendah, serta kontribusinya dalam menurunkan emisi karbon dan partikulat [10]. Namun demikian, biodiesel memiliki beberapa karakteristik yang berbeda dibandingkan solar murni, terutama pada

nilai kalor, viskositas, densitas, dan kestabilan oksidasi. Perbedaan tersebut dapat memengaruhi proses atomisasi bahan bakar saat injeksi, pola pembakaran, dan performa keseluruhan mesin diesel [11]. Peningkatan kadar biodiesel pada mesin diesel menyebabkan penurunan daya efektif serta kenaikan konsumsi bahan bakar, meskipun emisi gas buang menjadi lebih rendah [12]. Kondisi ini memperlihatkan adanya trade-off antara manfaat lingkungan dan efisiensi energi. Kinerja mesin diesel pada penggunaan biodiesel sangat ditentukan oleh kemampuan sistem dalam menyesuaikan proses pembakaran terhadap karakteristik bahan bakar. Biodiesel memiliki kecenderungan oksidasi lebih tinggi dibandingkan solar, yang dapat memengaruhi kestabilan penyimpanan serta performa injektor dalam jangka panjang. Selain itu, nilai kalor biodiesel yang lebih rendah menyebabkan mesin memerlukan suplai bahan bakar lebih banyak untuk menghasilkan daya keluaran yang sama. Hal ini berdampak langsung pada peningkatan *Specific Fuel Consumption (SFC)* dan penurunan efisiensi termal mesin [13]. Pada mesin pembangkit, kondisi tersebut menjadi faktor penting karena berpengaruh terhadap biaya operasional pada mesin diesel pembangkit menunjukkan bahwa penggunaan B30 masih memberikan performa yang relatif stabil, sedangkan peningkatan ke B35 dan B40 mulai menunjukkan penurunan efisiensi yang signifikan. Hasil serupa juga ditemukan oleh [14]. di mana kenaikan fraksi biodiesel berbanding lurus dengan peningkatan konsumsi bahan bakar serta perubahan karakteristik pembakaran.

Kebijakan pemanfaatan biodiesel di Indonesia diperkuat melalui program mandatori pencampuran biodiesel yang ditetapkan pemerintah sebagai bagian dari strategi ketahanan energi nasional. Implementasi program B30 hingga pengembangan B40 didukung melalui regulasi Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral serta roadmap transisi energi nasional untuk menekan impor solar dan meningkatkan penggunaan energi baru terbarukan. Kebijakan ini menuntut seluruh sektor pengguna mesin diesel, termasuk pembangkit listrik, untuk beradaptasi terhadap perubahan karakteristik bahan bakar.

Sejumlah penelitian di Indonesia menunjukkan bahwa peningkatan fraksi biodiesel dalam campuran bahan bakar berpengaruh langsung terhadap performa mesin diesel, terutama pada konsumsi bahan bakar dan efisiensi energi. Biodiesel memiliki karakteristik nilai kalor yang lebih rendah dibandingkan solar murni, sehingga membutuhkan suplai bahan bakar lebih besar untuk menghasilkan daya yang sama [15]. Kondisi ini menyebabkan peningkatan nilai *Specific Fuel Consumption (SFC)* pada mesin diesel stasioner maupun pembangkit. Selain itu, sifat viskositas biodiesel yang lebih tinggi dapat memengaruhi kualitas atomisasi bahan bakar di ruang bakar. Proses pembakaran menjadi kurang optimal sehingga efisiensi termal mesin cenderung menurun, terutama pada campuran biodiesel dengan fraksi tinggi. Penurunan efisiensi ini menunjukkan bahwa mesin memerlukan energi panas yang lebih besar untuk menghasilkan keluaran listrik yang sama.

Kajian pada pembangkit diesel berbahan bakar biodiesel sawit juga menegaskan bahwa peningkatan kadar biodiesel berdampak pada kenaikan *heat rate* serta perlunya optimasi parameter operasi mesin agar performa tetap stabil. Pada level implementasi, campuran biodiesel hingga



Gambar 3 Penerapan B40

B30 masih dianggap memberikan keseimbangan yang baik antara keberlanjutan energi dan kinerja operasional, sedangkan pada B35 hingga B40 mulai terlihat penurunan efisiensi yang lebih baik.

Metode Analisis Data

Specific Fuel Consumption (SFC)

Specific Fuel Consumption (SFC) merupakan parameter penting dalam evaluasi kinerja pembangkit listrik tenaga diesel. SFC menyatakan jumlah bahan bakar yang dibutuhkan untuk menghasilkan satu satuan energi listrik dan biasanya dinyatakan dalam satuan liter/kWh atau kg/kWh. Semakin kecil nilai SFC, semakin efisien penggunaan bahan bakar oleh pembangkit.

Secara matematis, SFC dapat dinyatakan sebagai berikut:

$$SFC = \frac{\dot{m}_{bb}}{P_{out}} \quad (6)$$

di mana \dot{m}_{bb} adalah laju konsumsi bahan bakar dan P_{out} adalah daya keluaran generator.

Pada penggunaan biodiesel, nilai SFC cenderung meningkat seiring bertambahnya fraksi biodiesel akibat nilai kalor yang lebih rendah dibandingkan solar murni. Hal ini menyebabkan mesin memerlukan bahan bakar lebih banyak untuk menghasilkan daya yang sama.

Efisiensi Termal

Efisiensi termal merupakan indikator utama yang menunjukkan kemampuan sistem pembangkit dalam mengonversi energi panas dari pembakaran bahan bakar menjadi energi listrik. Efisiensi termal didefinisikan sebagai perbandingan antara daya keluaran listrik terhadap energi panas yang masuk ke sistem pembangkit.

Efisiensi termal dapat dihitung menggunakan persamaan:

$$\eta_{th} = \frac{P_{out}}{\dot{m}_{bb} \times LHV} \quad (8)$$

di mana LHV adalah nilai kalor rendah bahan bakar. Nilai efisiensi termal dipengaruhi oleh kualitas pembakaran, kondisi mesin, serta karakteristik bahan bakar yang digunakan.

Tabel 1. Karakteristik Bahan Bakar

No	Jenis BBM	CN	Viskositas Maks (mm ² /s)
1	B0	51	4,5
2	B30	48	5,0
3	B35	49	5,0
4	B40	51	5,0

Penggunaan biodiesel dengan fraksi tinggi umumnya menyebabkan penurunan efisiensi termal karena energi panas yang dihasilkan per satuan massa bahan bakar lebih rendah dibandingkan solar murni.

Heat Rate

Heat rate merupakan parameter kinerja pembangkit yang menyatakan jumlah energi panas yang dibutuhkan untuk menghasilkan satu satuan energi listrik. Heat rate biasanya dinyatakan dalam satuan kJ/kWh. Nilai heat rate berbanding terbalik dengan efisiensi termal, di mana semakin kecil nilai heat rate, semakin tinggi efisiensi pembangkit.

Heat rate dapat dihitung menggunakan persamaan:

$$Heat\ Rate = \frac{1}{\eta_{th}} \times 3600 \quad (8)$$

Parameter heat rate sering digunakan oleh operator pembangkit untuk mengevaluasi efisiensi operasional dan membandingkan kinerja antar unit pembangkit atau variasi bahan bakar.

Hasil dan Pembahasan

Hasil Perhitungan Efisiensi Termal

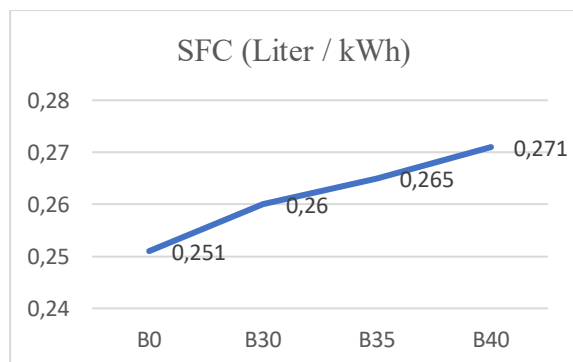
Berdasarkan Tabel 1 di bawah, terlihat bahwa nilai SFC meningkat seiring dengan bertambahnya persentase biodiesel dalam campuran bahan bakar. Nilai SFC terendah diperoleh pada penggunaan bahan bakar B0 sebesar 0,251 liter/kWh, sedangkan nilai tertinggi terjadi pada penggunaan B40 sebesar 0,271 liter/kWh. Peningkatan nilai SFC ini menunjukkan bahwa PLTD Biak memerlukan bahan bakar lebih banyak untuk menghasilkan daya yang sama pada penggunaan biodiesel dengan fraksi tinggi.

Tabel 2 Hasil Perhitungan

No	Jenis Bahan Bakar	SFC (Liter / kWh)	η_{th} (%)	Heat Rate (kJ/kWh)
1	B0	0,251	39,8	9.205
2	B30	0,260	38,6	9.326
3	B35	0,265	37,9	9.499
4	B40	0,271	37,1	9.704

Hasil perhitungan menunjukkan bahwa penggunaan bahan bakar B0 menghasilkan efisiensi termal tertinggi. Pada penggunaan B30 terjadi penurunan efisiensi yang relatif kecil, sedangkan penggunaan B35 dan B40 menunjukkan penurunan yang lebih signifikan akibat meningkatnya konsumsi bahan bakar.

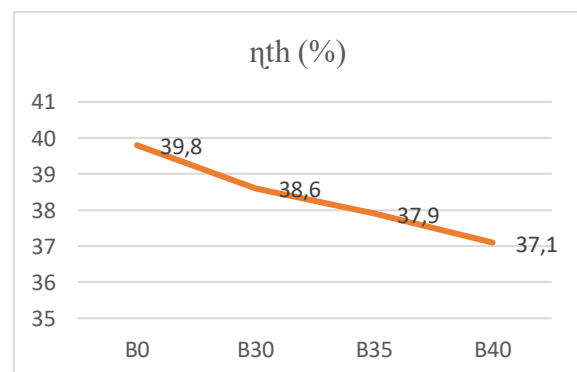
Pembahasan



Gambar 4 SFC (*Specific Fuel Consumption*)

Berdasarkan grafik *Specific Fuel Consumption (SFC)*, terlihat bahwa nilai SFC PLTD Biak mengalami peningkatan seiring dengan bertambahnya persentase biodiesel dalam campuran bahan bakar. Nilai SFC terendah diperoleh pada penggunaan bahan bakar B0 sebesar 0,251 liter/kWh, kemudian meningkat pada B30 sebesar 0,260 liter/kWh, B35 sebesar 0,265 liter/kWh, hingga mencapai nilai tertinggi pada B40 sebesar 0,271 liter/kWh.

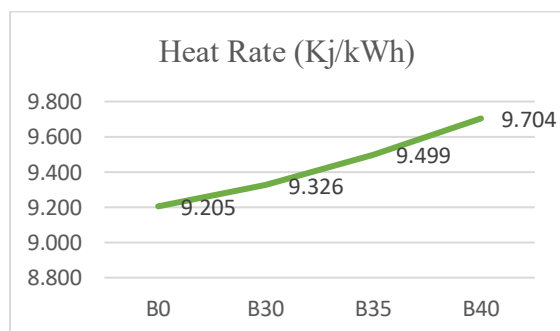
Peningkatan nilai SFC ini menunjukkan bahwa penggunaan biodiesel dengan fraksi yang lebih tinggi memerlukan konsumsi bahan bakar yang lebih besar untuk menghasilkan energi listrik yang sama. Hal ini disebabkan oleh nilai kalor biodiesel yang lebih rendah dibandingkan solar murni, sehingga mesin diesel membutuhkan suplai bahan bakar tambahan untuk mempertahankan daya keluaran generator. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penggunaan bahan bakar biodiesel dengan persentase lebih tinggi menyebabkan kenaikan nilai *Specific Fuel Consumption (SFC)*. Nilai SFC meningkat dari 0,251 liter/kWh pada B0 menjadi 0,271 liter/kWh pada B40. Temuan ini sejalan dengan teori yang menyatakan bahwa biodiesel memiliki nilai kalor lebih rendah dibandingkan solar murni, sehingga membutuhkan volume bahan bakar lebih besar untuk menghasilkan energi listrik yang sama. Peningkatan konsumsi bahan bakar ini juga sesuai dengan penelitian yang menyimpulkan bahwa mesin diesel pembangkit mengalami kenaikan konsumsi bahan bakar



Gambar 5 η_{th}

Grafik efisiensi termal menunjukkan kecenderungan penurunan efisiensi seiring dengan meningkatnya campuran biodiesel pada bahan bakar. Efisiensi termal tertinggi dicapai pada penggunaan B0 sebesar 39,8%, kemudian menurun pada penggunaan B30 sebesar 38,6%, B35 sebesar 37,9%, dan mencapai nilai terendah pada penggunaan B40 sebesar 37,1%.

Efisiensi termal pada penelitian ini menunjukkan tren penurunan dari 39,8% pada B0 menjadi 37,1% pada B40. Penurunan ini menandakan bahwa kemampuan mesin dalam mengonversi energi panas menjadi energi listrik berkurang ketika menggunakan bahan bakar dengan kandungan biodiesel lebih tinggi. Kondisi ini konsisten menyatakan bahwa peningkatan biodiesel menyebabkan efisiensi termal menurun akibat perubahan karakteristik pembakaran. Dari perspektif termodinamika, efisiensi termal sangat dipengaruhi oleh besarnya energi input yang tersedia dari bahan bakar. Karena biodiesel memiliki *Lower Heating Value (LHV)* lebih rendah, maka total energi panas yang dihasilkan juga lebih kecil untuk volume bahan bakar yang sama. Akibatnya, rasio daya keluaran terhadap energi input menjadi lebih rendah. Penurunan efisiensi termal ini mengindikasikan bahwa kemampuan PLTD Biak dalam mengonversi energi panas hasil pembakaran menjadi energi listrik menurun pada penggunaan biodiesel dengan fraksi yang lebih tinggi. Kondisi ini berkaitan erat dengan perbedaan karakteristik fisik dan kimia biodiesel, khususnya nilai kalor yang lebih rendah dibandingkan bahan bakar solar murni.



Gambar 6 Heat Rate

Berdasarkan grafik heat rate, terlihat bahwa nilai heat rate cenderung meningkat seiring dengan bertambahnya persentase biodiesel dalam campuran bahan bakar. Heat rate terendah diperoleh pada penggunaan bahan bakar B0 sebesar 9.205 kJ/kWh, kemudian meningkat pada B30 sebesar 9.326 kJ/kWh, B35 sebesar 9.499 kJ/kWh, dan mencapai nilai tertinggi pada B40 sebesar 9.704 kJ/kWh.

Heat rate pada penelitian ini meningkat dari 9.205 kJ/kWh pada B0 menjadi 9.704 kJ/kWh pada B40. Nilai ini menunjukkan bahwa semakin tinggi fraksi biodiesel, semakin besar energi panas yang dibutuhkan untuk menghasilkan satu satuan energi listrik. Secara teoritis, *heat rate* berbanding terbalik dengan efisiensi termal. Oleh karena itu, kenaikan heat rate pada penggunaan biodiesel tinggi merupakan indikator menurunnya efektivitas konversi energi.

Selain faktor nilai kalor, viskositas biodiesel yang lebih tinggi juga memengaruhi kualitas atomisasi bahan bakar saat injeksi. Atomisasi yang kurang sempurna menghasilkan droplet lebih besar, memperlambat pencampuran udara-bahan bakar, dan menurunkan kualitas pembakaran. Dalam jangka panjang, kondisi ini dapat memengaruhi kebersihan ruang bakar serta mempercepat pembentukan deposit.

Penurunan efisiensi termal pada campuran biodiesel yang lebih tinggi disebabkan oleh nilai kalor biodiesel yang lebih rendah dibandingkan solar murni. Hal ini mengakibatkan kebutuhan bahan bakar yang lebih besar untuk menghasilkan daya yang sama. Temuan ini sejalan dengan hasil penelitian sebelumnya yang menyatakan bahwa peningkatan fraksi biodiesel berbanding terbalik dengan efisiensi termal mesin diesel. Dari sisi operasional, penggunaan B30 masih memberikan keseimbangan antara efisiensi dan keberlanjutan energi, sedangkan B35 dan B40 memerlukan optimalisasi sistem

pembakaran dan pengaturan mesin agar penurunan efisiensi dapat diminimalkan.

Efisiensi termal tertinggi diperoleh pada penggunaan bahan bakar B0 sebesar 39,8%, sedangkan efisiensi termal terendah terjadi pada penggunaan B40 sebesar 37,1%. Penurunan efisiensi termal ini disebabkan oleh nilai kalor biodiesel yang lebih rendah dibandingkan solar murni, sehingga energi panas yang tersedia untuk dikonversi menjadi energi listrik menjadi lebih kecil.

Heat rate menunjukkan kecenderungan meningkat seiring dengan meningkatnya fraksi biodiesel. Hal ini mengindikasikan bahwa kebutuhan energi panas untuk menghasilkan satu kWh listrik semakin besar pada penggunaan biodiesel dengan persentase tinggi. Pola ini konsisten dengan hubungan teoritis antara *heat rate* dan efisiensi termal, di mana penurunan efisiensi termal menyebabkan peningkatan *heat rate*.

Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian, peningkatan persentase campuran biodiesel pada bahan bakar PLTD Biak menunjukkan kecenderungan penurunan performa termal mesin. Hal ini ditunjukkan oleh meningkatnya nilai *Specific Fuel Consumption* (SFC) dari 0,251 liter/kWh pada B0 menjadi 0,271 liter/kWh pada B40, meningkatnya *heat rate* dari 9.205 kJ/kWh menjadi 9.704 kJ/kWh, serta menurunnya efisiensi termal dari 39,8% pada B0 menjadi 37,1% pada B40. Kondisi tersebut mengindikasikan bahwa semakin tinggi kandungan biodiesel, semakin besar energi panas dan konsumsi bahan bakar yang diperlukan untuk menghasilkan daya listrik yang sama akibat nilai kalor biodiesel yang lebih rendah dibanding solar murni.

Secara operasional, hasil penelitian ini menunjukkan bahwa penggunaan biodiesel dengan campuran tinggi pada sistem pembangkit diesel terisolasi seperti PLTD Biak perlu mempertimbangkan keseimbangan antara kebijakan energi terbarukan dan efisiensi pembangkitan.

Dalam kondisi sistem kelistrikan isolated yang sangat bergantung pada keandalan mesin diesel, peningkatan konsumsi bahan bakar dan penurunan efisiensi dapat berdampak pada biaya operasi serta performa unit pembangkit.

Berdasarkan hasil analisis, B30 direkomendasikan sebagai komposisi bahan bakar yang lebih optimal untuk operasional PLTD Biak karena masih mampu mendukung implementasi program biodiesel nasional dengan penurunan kinerja yang relatif moderat dibanding B35 dan B40. Penggunaan B30 dinilai memberikan kompromi terbaik antara integrasi energi terbarukan, efisiensi termal mesin, konsumsi bahan bakar, dan keandalan operasi pembangkit diesel di wilayah sistem isolated seperti Biak. Selain itu, diperlukan evaluasi berkala terhadap performa mesin, kualitas pembakaran, sistem filtrasi bahan bakar, dan jadwal pemeliharaan preventif untuk mengantisipasi dampak penggunaan biodiesel jangka panjang terhadap komponen mesin

Daftar Pustaka

- [1] Chen, S. (2023). Performance evaluation of diesel power plants using biodiesel blends. *Journal of Power System Innovation*, 15(3), 112–125.
- [2] Knothe, G., Van Gerpen, J., & Krahl, J. (2015). *The Biodiesel Handbook* (2nd ed.). Champaign, IL: AOCS Press.
- [3] Lapuerta, M., Armas, O., & Rodríguez-Fernández, J. (2008). Effect of biodiesel fuels on diesel engine emissions. *Progress in Energy and Combustion Science*, 34(2), 198–223.
- [4] Prakoso, A., Nugroho, A., & Santoso, B. (2021). Analisis pengaruh penggunaan biodiesel B30 terhadap performa dan efisiensi mesin diesel pembangkit. *Jurnal Energi dan Kelistrikan*, 13(2), 85–92.
- [5] Putrasari, Y., Praptijanto, A., & Nur, A. (2016). Performance and emission

- characteristics of diesel engine fueled with biodiesel blends. *Energy Procedia*, 95, 543–550.
- [6] Saidur, R., Rahim, N. A., & Hasanuzzaman, M. (2011). A review on diesel engines performance using biodiesel. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 15(9), 4646–4656.
- [7] PT PLN (Persero). (2020). *Pedoman Operasi dan Pemeliharaan Pembangkit Listrik Tenaga Diesel (PLTD)*. Jakarta: PT PLN (Persero)
- [8] Heywood, J. B. (2018). *Internal Combustion Engine Fundamentals* (2nd ed.). New York: McGraw-Hill Education.
- [9] Monyem, A., & Van Gerpen, J. H. (2001). The effect of biodiesel oxidation on engine performance and emissions. *Biomass and Bioenergy*, 20(4), 317–325.
- [10] Nabi, M. N., Rahman, M. M., & Akhter, M. S. (2009). Biodiesel from cotton seed oil and its effect on engine performance and exhaust emissions. *Applied Thermal Engineering*, 29(11–12), 2265–2270
- [11] Hambali, E., Mujdalipah, S., Tambunan, A. H., Pattiwiri, A. W., & Hendroko, R. (2007). *Teknologi Biodiesel*. Jakarta: AgroMedia Pustaka.
- [12] Suprpta, I. N., & Wardana, I. N. G. (2018). Pengaruh campuran biodiesel terhadap unjuk kerja mesin diesel stasioner. *Jurnal Teknik Mesin Indonesia*, 13(2), 87–95.
- [13] Hamdani, A., Setiawan, B., & Prabowo, H. (2020). Analisis performa generator diesel berbahan bakar biodiesel campuran terhadap efisiensi termal. *Jurnal Energi dan Manufaktur*, 14(1), 45–53.
- [14] Nugroho, Y. S., & Wahyudi, S. (2019). Kajian pengaruh biodiesel sawit terhadap karakteristik pembakaran mesin diesel. *Jurnal Rekayasa Mesin*, 10(3), 201–209.
- [15] Prasetyo, D., & Firmansyah, R. (2021). Evaluasi kinerja pembangkit listrik tenaga diesel menggunakan variasi bahan bakar biodiesel. *Jurnal Teknologi Energi*, 17(2), 66–74.