

Evaluasi Overhaul terhadap Konsumsi HSD PLTDG Pesanggaran

Eri Prabowo¹, Trassanda Scudetto Widestomo Putra², Indra Kusumah Disastra³

Program Studi Teknik Mesin, Institut Teknologi PLN, Jakarta, Indonesia

Email: eriprabowo@itpln.ac.id, Trassanda2410505@ITPLN.AC.ID, indrakd01@gmail.com

Abstract

High Speed Diesel (HSD) consumption is a critical operating variable for diesel-gas power plants because it directly affects fuel cost, engine performance, and generating-unit reliability. This article evaluates HSD fuel consumption of the Wartsila 18V50DF engine at PLTDG 200 MW Pesanggaran, Bali, before and after overhaul. The study uses quantitative analysis of performance-test data from Unit 02 and Unit 05 at several operating-hour intervals. Calculations include effective power, indicated power, charge efficiency, combustion-air requirement, air-fuel ratio, hourly fuel consumption, and brake specific fuel consumption. The results show that overhaul reduced HSD consumption in all observed comparisons. Unit 02 decreased from 4888.91 to 2653.98 L/h at 18000 h, from 6425.42 to 4330.17 L/h at 36000 h, and from 5168.27 to 5098.43 L/h at 48000 h. Unit 05 decreased from 4330.19 to 4260.32 L/h at 36000 h and from 5517.48 to 5168.27 L/h at 48000 h. The improvement is associated with restoration of combustion components, cleaner air supply, and reduced combustion deposits after overhaul.

Keywords: HSD; fuel consumption; overhaul; PLTDG Pesanggaran; Wartsila 18V50DF

Abstrak

Pemakaian bahan bakar High Speed Diesel (HSD) merupakan variabel operasi penting pada Pembangkit Listrik Tenaga Diesel Gas karena berkaitan langsung dengan biaya bahan bakar, performa mesin, dan keandalan unit pembangkit. Artikel ini mengevaluasi pemakaian bahan bakar HSD pada mesin Wartsila 18V50DF PLTDG 200 MW Pesanggaran, Bali, sebelum dan sesudah overhaul. Penelitian menggunakan metode kuantitatif berdasarkan data performance test Unit 02 dan Unit 05 pada beberapa interval jam operasi. Perhitungan meliputi daya efektif, daya indikator, efisiensi charge, kebutuhan udara pembakaran, air-fuel ratio, konsumsi bahan bakar per jam, dan brake specific fuel consumption. Hasil menunjukkan bahwa overhaul menurunkan konsumsi HSD pada seluruh data pembandingan. Unit 02 turun dari 4888,91 menjadi 2653,98 L/jam pada 18000 jam, dari 6425,42 menjadi 4330,17 L/jam pada 36000 jam, dan dari 5168,27 menjadi 5098,43 L/jam pada 48000 jam. Unit 05 turun dari 4330,19 menjadi 4260,32 L/jam pada 36000 jam dan dari 5517,48 menjadi 5168,27 L/jam pada 48000 jam. Penurunan tersebut berkaitan dengan pemulihan komponen ruang bakar, suplai udara yang lebih baik, dan berkurangnya deposit pembakaran setelah overhaul.

Kata kunci: HSD; konsumsi bahan bakar; overhaul; PLTDG Pesanggaran; Wartsila 18V50DF

1. Pendahuluan

Kebutuhan energi listrik di Bali menuntut unit pembangkit beroperasi andal dengan pemakaian bahan bakar yang terkendali. PLTDG Pesanggaran memiliki peran penting dalam menjaga pasokan listrik karena mampu menggunakan beberapa jenis bahan bakar, termasuk HSD, LFO, dan LNG. Pada kondisi tertentu, HSD digunakan untuk menjaga keandalan sistem ketika kebutuhan operasi atau ketersediaan bahan bakar mengharuskan pembangkit tetap siap menghasilkan daya [1,2].

Mesin diesel Wartsila 18V50DF bekerja melalui proses pembakaran udara dan bahan bakar di dalam ruang bakar untuk menghasilkan tekanan pembakaran, daya indikator, dan daya efektif. Pada motor diesel, kualitas pembakaran dipengaruhi oleh suplai udara, sistem injeksi, nilai kalor bahan bakar, rasio udara-bahan bakar, serta kondisi komponen utama seperti piston, ring piston, cylinder liner, injector, filter udara, dan turbocharger [1,5-9]. Setelah beroperasi dalam waktu panjang, komponen tersebut dapat mengalami keausan, penumpukan deposit, perubahan kerapatan, dan penurunan kualitas aliran udara sehingga konsumsi bahan bakar spesifik berpotensi meningkat. Overhaul merupakan kegiatan pemeliharaan besar yang dilakukan melalui pembongkaran, pemeriksaan, pembersihan, perbaikan, dan penggantian komponen yang aus. Dalam konteks PLTDG, keberhasilan overhaul tidak hanya dilihat dari kembalinya unit beroperasi, tetapi juga dari perubahan indikator

performa seperti laju konsumsi HSD, brake horse power (BHP), indicated horse power (IHP), brake specific fuel consumption (BSFC), tekanan udara masuk, dan stabilitas parameter pembakaran [1,4,10]. Oleh karena itu, evaluasi sebelum dan sesudah overhaul diperlukan untuk memastikan apakah tindakan pemeliharaan benar-benar memperbaiki efisiensi pemakaian bahan bakar.

Beberapa kajian terdahulu telah membahas penggunaan HSD dan MFO pada PLTDG, analisis pemakaian bahan bakar, serta optimalisasi diesel Wartsila 18V50DF dengan bahan bakar HSD [2-4]. Namun, evaluasi yang secara langsung membandingkan konsumsi HSD sebelum dan sesudah overhaul pada Unit 02 dan Unit 05 PLTDG Pesanggaran tetap penting sebagai dasar pemeliharaan berbasis data. Judul tugas akhir asal adalah 'Analisis Pemakaian Bahan Bakar HSD pada PLTDG 200 MW Pesanggaran, Bali Sebelum dan Sesudah Overhaul'. Agar sesuai untuk naskah jurnal dan tidak identik dengan judul skripsi, artikel ini diberi judul 'Evaluasi Overhaul terhadap Konsumsi HSD PLTDG Pesanggaran'. Fokus artikel diarahkan pada ringkasan metode, formulasi perhitungan, hasil sebelum-sesudah overhaul, serta interpretasi teknis penurunan konsumsi bahan bakar.

2. Metode Penelitian

2.1. Objek dan Data

Objek penelitian adalah motor diesel Wartsila 18V50DF pada PLTDG 200 MW Pesanggaran, PLN Indonesia Power Bali PGU. Data yang digunakan meliputi spesifikasi mesin, data performance test sebelum overhaul, data performance test sesudah overhaul, temperatur udara luar, tekanan udara luar, temperatur udara masuk silinder, tekanan udara masuk silinder, temperatur gas buang, tekanan gas buang, putaran mesin, dan running hours. Data dianalisis pada Unit 02 dan Unit 05.

Metode pengumpulan data terdiri atas studi literatur, wawancara dengan pembimbing lapangan, pengamatan langsung pada kegiatan overhaul, dan pengamatan tidak langsung melalui manual book serta dokumen performance test. Analisis dilakukan secara kuantitatif dengan membandingkan indikator konsumsi bahan bakar sebelum dan sesudah overhaul.

Tabel 1. Spesifikasi pokok mesin dan generator

Parameter	Nilai
Merek dan tipe mesin	Wartsila 18V50DF
Jumlah silinder	18 buah
Diameter silinder	500 mm
Langkah piston	580 mm
Putaran operasi	500 rpm
Rasio kompresi	12 : 1
Generator	ABB AMG 1600SS12 DSE, 11000 V, 20798 kVA

2.2. Formulasi Perhitungan

Perhitungan diawali dengan efisiensi charge untuk menggambarkan efektivitas pengisian udara ke silinder. Tekanan indikator rata-rata digunakan untuk memperkirakan energi hasil pembakaran di dalam ruang bakar. Daya indikator dan daya efektif kemudian dihitung untuk mengetahui kemampuan mesin menghasilkan kerja mekanik. Konsumsi bahan bakar dihitung dari kebutuhan udara pembakaran dan perbandingan udara-bahan bakar, sedangkan BSFC digunakan untuk melihat efisiensi pemakaian bahan bakar terhadap daya efektif.

$$\eta_{ch} = [T_a \{ (r P_d / T_d) - (P_c / T_c) (n_1 / n_2) \}] / [P_a (r - 1)] \times 100\% \quad (1)$$

$$P_i = [5,4 Q_L \eta_{id} \eta_r \eta_{ch}] / [V_f + a(1 + e)] \quad (2)$$

$$IHP = (P_i L A_i N) / (33000 \times 12 \times z) \quad (3)$$

$$BHP = (P_e L A_i N) / (33000 \times 12 \times z) \quad (4)$$

$$\eta_m = (BHP / IHP) \times 100\% \quad (5)$$

$$G_u = (144 P_d V_s) / (Z R T_d) \quad (6)$$

$$AFR = [137,6(n + 0,25m)(1 + e)] / (12n + m) \quad (7)$$

$$Q_f = (G_u / AFR) \times (N / z) \times i \times 60 \quad (8)$$

$$BSFC = Q_f / BHP \quad (9)$$

Keterangan: η_{ch} adalah efisiensi charge, P_i tekanan indikator rata-rata, P_e tekanan efektif rata-rata, Q_L nilai kalor bawah bahan bakar, V_f volume spesifik bahan bakar, a pemakaian udara teoritis, e udara lebih, G_u

kebutuhan udara pembakaran, AFR perbandingan udara dan bahan bakar, Q_f laju konsumsi bahan bakar, serta BSFC konsumsi bahan bakar spesifik.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Data Operasi yang Dianalisis

Data operasi menunjukkan bahwa perbandingan dilakukan pada lima kondisi: Unit 02 pada 18000 jam, Unit 02 pada 36000 jam, Unit 02 pada 48000 jam, Unit 05 pada 36000 jam, dan Unit 05 pada 48000 jam. Parameter yang dominan berubah sebelum dan sesudah overhaul adalah tekanan udara masuk silinder, temperatur udara masuk, temperatur gas buang, dan tekanan gas buang. Perubahan parameter tersebut berpengaruh terhadap kebutuhan udara pembakaran dan laju konsumsi bahan bakar.

Tabel 2. Ringkasan parameter operasi utama

Unit	Jam	Kondisi	T udara luar (°C)	P udara masuk (bar)	T gas buang (°C)	P gas buang (psi)
02	18000	Sebelum	27,7	2,59	484	88,33
02	18000	Sesudah	29,0	1,40	421	43,69
02	36000	Sebelum	31,0	3,39	483	112,07
02	36000	Sesudah	30,0	2,30	486	77,62
02	48000	Sebelum	31,0	2,76	497	91,04
02	48000	Sesudah	31,3	2,75	497	91,31
05	36000	Sebelum	30,0	2,30	486	77,62
05	36000	Sesudah	30,0	2,30	486	77,62
05	48000	Sebelum	33,0	2,93	497	100,62
05	48000	Sesudah	30,5	2,71	496	91,03

3.2. Konsumsi Bahan Bakar HSD

Hasil perhitungan laju konsumsi bahan bakar menunjukkan kecenderungan penurunan setelah overhaul. Pada Unit 02, konsumsi HSD turun paling besar pada data 18000 jam, yaitu dari 4888,91 L/jam menjadi 2653,98 L/jam. Pada data 36000 jam, konsumsi turun dari 6425,42 L/jam menjadi 4330,17 L/jam. Pada data 48000 jam, penurunan lebih kecil, yaitu dari 5168,27 L/jam menjadi 5098,43 L/jam. Walaupun penurunan pada 48000 jam tidak sebesar dua data sebelumnya, arah perubahan tetap menunjukkan konsumsi lebih rendah setelah overhaul.

Pada Unit 05, data 36000 jam menunjukkan penurunan dari 4330,19 L/jam menjadi 4260,32 L/jam, sedangkan data 48000 jam turun dari 5517,48 L/jam menjadi 5168,27 L/jam. Penurunan ini memperlihatkan bahwa overhaul berpengaruh terhadap pemakaian HSD, meskipun besar perubahan tidak sama pada setiap unit dan jam operasi karena dipengaruhi kondisi awal mesin, variasi parameter operasi, dan kondisi pembebanan saat performance test.

Tabel 3. Hasil perhitungan konsumsi HSD sebelum dan sesudah overhaul

Unit	Jam operasi	Sebelum overhaul (L/jam)	Sesudah overhaul (L/jam)	Penurunan (L/jam)	Penurunan (%)
02	18000	4888,91	2653,98	2234,93	45,71
02	36000	6425,42	4330,17	2095,25	32,61
02	48000	5168,27	5098,43	69,84	1,35
05	36000	4330,19	4260,32	69,87	1,61
05	48000	5517,48	5168,27	349,21	6,33

3.3. Daya Efektif dan BSFC

Daya efektif memperlihatkan kemampuan poros mesin menghasilkan kerja yang dapat digunakan untuk memutar generator. Pada Unit 02, daya efektif meningkat pada data 48000 jam, dari 20168,73 HP menjadi 20864,03 HP. Namun pada data 18000 jam dan 36000 jam, nilai daya efektif sesudah overhaul lebih rendah dibanding sebelum overhaul. Kondisi ini menunjukkan bahwa penurunan konsumsi HSD tidak selalu diikuti kenaikan daya pada semua data, karena nilai daya juga dipengaruhi tekanan efektif, pengaturan operasi, dan kondisi beban saat pengujian.

Nilai BSFC memberikan gambaran konsumsi bahan bakar per satuan daya. Unit 02 menunjukkan penurunan BSFC dari 0,477 menjadi 0,474 lb/HP jam pada 18000 jam, dari 0,485 menjadi 0,476 lb/HP jam pada 36000 jam, dan dari 0,649 menjadi 0,476 lb/HP jam pada 48000 jam. Pada Unit 05, BSFC pada 36000 jam turun dari 0,562 menjadi 0,476 lb/HP jam. Sementara itu, pada data 48000 jam Unit 05 terdapat anomali karena nilai sebelum overhaul tercatat 0,154 lb/HP jam dan sesudah overhaul 0,475 lb/HP jam. Nilai tersebut perlu diperiksa ulang dalam pengujian lanjutan karena tidak sejalan dengan kecenderungan konsumsi HSD yang menurun.

Tabel 4. Perbandingan daya efektif dan BSFC

Unit	Jam	BHP sebelum (HP)	BHP sesudah (HP)	BSFC sebelum	BSFC sesudah
02	18000	13599,86	10554,27	0,477	0,474
02	36000	25118,55	17264,17	0,485	0,476
02	48000	20168,73	20864,03	0,649	0,476
05	36000	17427,44	17264,17	0,562	0,476
05	48000	22336,63	20618,73	0,154	0,475

3.4. Interpretasi Teknis Penurunan Konsumsi HSD

Penurunan konsumsi HSD setelah overhaul terutama dapat dijelaskan melalui pemulihan kondisi pembakaran. Komponen ruang bakar yang telah mengalami keausan atau penurunan kerapatan dapat membuat pembakaran kurang efisien. Penggantian atau perbaikan piston, ring piston, komponen injeksi, filter, dan jalur udara membantu memperbaiki kualitas campuran udara-bahan bakar sehingga pembakaran menjadi lebih stabil.

Tekanan udara masuk silinder juga menjadi indikator penting. Pada Unit 02, tekanan udara masuk turun dari 37,57 psi menjadi 20,31 psi pada 18000 jam, dari 49,17 psi menjadi 33,36 psi pada 36000 jam, dan relatif stabil dari 40,03 psi menjadi 39,89 psi pada 48000 jam. Pada Unit 05, tekanan udara masuk silinder relatif sama pada 36000 jam dan turun dari 42,50 psi menjadi 39,31 psi pada 48000 jam. Perubahan tekanan ini menunjukkan adanya perubahan karakteristik aliran udara setelah overhaul. Dalam artikel ini, perubahan tersebut dibaca bersama konsumsi bahan bakar, bukan sebagai satu-satunya indikator performa.

Tabel 5. Tekanan udara masuk silinder sebelum dan sesudah overhaul

Unit	Jam	Sebelum overhaul (psi)	Sesudah overhaul (psi)	Keterangan
02	18000	37,57	20,31	Turun signifikan
02	36000	49,17	33,36	Turun signifikan
02	48000	40,03	39,89	Relatif stabil
05	36000	33,36	33,36	Stabil
05	48000	42,50	39,31	Turun

Selain faktor udara masuk, penurunan konsumsi HSD juga berkaitan dengan berkurangnya sisa pembakaran di ruang bakar. Deposit karbon dapat mengganggu pola semprotan bahan bakar, menurunkan kualitas atomisasi, dan mengganggu perpindahan panas. Setelah overhaul, kebersihan komponen meningkat sehingga bahan bakar dapat terbakar lebih efektif. Faktor lain adalah kualitas pemeliharaan. Meskipun suku cadang yang digunakan telah sesuai pabrikan, hasil akhir tetap dipengaruhi ketepatan prosedur pemasangan, kebersihan sistem bahan bakar, dan kestabilan operasi setelah unit kembali beroperasi.

Tabel 6. Analisis penyebab perubahan konsumsi HSD

Faktor	Analisis	Keterangan
Lingkungan	Kelembaban udara luar dapat memengaruhi kualitas pembakaran dan kebutuhan bahan bakar.	Penyebab pendukung
Material	Suku cadang original membantu menjaga ketahanan komponen dan mengurangi risiko penurunan performa.	Bukan penyebab utama
Machine	Keausan komponen ruang bakar, ring piston, dan sistem injeksi memengaruhi tekanan, pembakaran, dan konsumsi bahan bakar.	Penyebab utama
Sisa pembakaran	Deposit hasil pembakaran dapat mengganggu aliran udara dan semprotan bahan bakar.	Penyebab utama

SDM	Operator dan tim pemeliharaan telah memiliki kompetensi operasi dan maintenance.	Bukan penyebab utama
Metode	Kedisiplinan mengikuti SOP overhaul menentukan kualitas perakitan dan kestabilan operasi setelah pemeliharaan.	Penyebab pendukung

3.5. Kesesuaian dengan Format Artikel JTM

Naskah hasil konversi disusun menjadi artikel jurnal yang lebih ringkas dibanding tugas akhir. Bagian yang bersifat administratif, seperti lembar pengesahan, daftar isi, daftar gambar, daftar lampiran, dan riwayat hidup, tidak dimasukkan ke dalam artikel. Isi difokuskan pada abstract, abstrak, pendahuluan, metode penelitian, hasil dan pembahasan, kesimpulan, ucapan terima kasih, dan daftar rujukan.

Judul artikel dibuat berbeda dari judul tugas akhir agar tidak identik saat disubmit. Judul baru tetap mempertahankan kata kunci utama, yaitu overhaul, konsumsi HSD, dan PLTDG Pesanggaran. Rumus disusun dalam bentuk persamaan bernomor agar mudah dirujuk dalam teks. Tabel disederhanakan dari data perhitungan panjang menjadi ringkasan hasil utama sehingga pembaca dapat langsung memahami dampak overhaul terhadap konsumsi bahan bakar.

Secara substansi, artikel mempertahankan kontribusi utama penelitian, yaitu membuktikan bahwa kegiatan overhaul menurunkan konsumsi HSD pada Unit 02 dan Unit 05 PLTDG Pesanggaran. Secara format, dokumen mengikuti pola JTM dengan header, footer, penomoran halaman, struktur artikel, tabel ringkas, dan daftar rujukan bernomor.

3.6. Analisis Perbandingan Unit 02

Unit 02 memiliki tiga data pembandingan sehingga kecenderungan hasilnya lebih mudah dibaca. Pada 18000 jam, penurunan konsumsi HSD mencapai 2234,93 L/jam atau sekitar 45,71%. Penurunan ini merupakan hasil paling besar dalam data penelitian. Secara teknis, kondisi tersebut menunjukkan bahwa setelah overhaul, kebutuhan bahan bakar untuk mempertahankan operasi menjadi jauh lebih rendah. Perbaikan komponen ruang bakar dan sistem suplai udara menyebabkan energi kimia bahan bakar dapat dimanfaatkan lebih efektif, sehingga bahan bakar yang masuk tidak terbuang sebagai pembakaran tidak sempurna.

Pada 36000 jam, konsumsi turun sebesar 2095,25 L/jam atau sekitar 32,61%. Penurunan ini juga tergolong besar dan memperkuat indikasi bahwa overhaul memberi pengaruh nyata terhadap konsumsi bahan bakar. Walaupun daya efektif sesudah overhaul pada data ini lebih rendah dibanding sebelum overhaul, nilai BSFC tetap membaik dari 0,485 menjadi 0,476 lb/HP jam. Dengan demikian, indikator konsumsi spesifik menunjukkan bahwa bahan bakar yang dipakai per satuan daya menjadi lebih hemat.

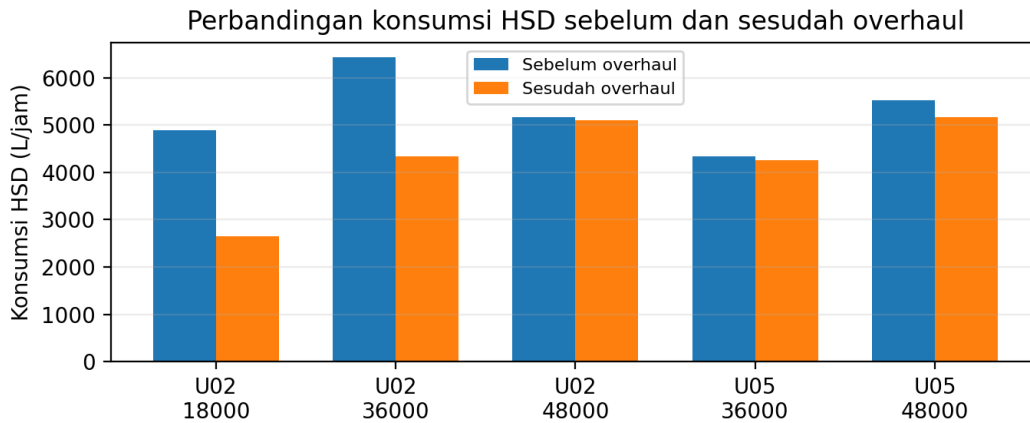
Pada 48000 jam Unit 02, penurunan konsumsi hanya 69,84 L/jam atau sekitar 1,35%. Data ini menunjukkan bahwa efektivitas overhaul tidak selalu menghasilkan perubahan besar pada setiap kondisi operasi. Perbedaan beban aktual, kondisi lingkungan, dan pengaturan operasi saat performance test dapat membuat perbandingan menjadi tidak sepenuhnya identik. Akan tetapi, BSFC turun dari 0,649 menjadi 0,476 lb/HP jam dan daya efektif meningkat dari 20168,73 HP menjadi 20864,03 HP. Kombinasi ini menunjukkan bahwa data 48000 jam Unit 02 tetap memperlihatkan perbaikan efisiensi pemakaian bahan bakar.

3.7. Analisis Perbandingan Unit 05

Unit 05 dianalisis pada dua interval, yaitu 36000 jam dan 48000 jam. Pada 36000 jam, konsumsi HSD turun dari 4330,19 L/jam menjadi 4260,32 L/jam. Besar penurunan relatif kecil, yaitu 69,87 L/jam atau sekitar 1,61%. Nilai ini mengindikasikan bahwa sebelum overhaul kondisi unit kemungkinan masih berada pada rentang operasi yang cukup baik, sehingga ruang perbaikannya tidak sebesar Unit 02. Namun BSFC turun dari 0,562 menjadi 0,476 lb/HP jam, sehingga secara konsumsi spesifik tetap terjadi peningkatan efisiensi.

Pada 48000 jam Unit 05, konsumsi HSD turun dari 5517,48 L/jam menjadi 5168,27 L/jam, atau berkurang 349,21 L/jam. Penurunan ini lebih besar dibanding data 36000 jam Unit 05. Dari sisi operasional, nilai tersebut menunjukkan bahwa overhaul mampu menekan kebutuhan bahan bakar ketika jam operasi meningkat dan komponen mulai mengalami degradasi performa. Daya efektif sesudah overhaul memang lebih rendah dibanding sebelum overhaul, tetapi konsumsi HSD juga turun sehingga interpretasi akhir perlu melihat beban, tekanan udara masuk, temperatur gas buang, dan BSFC secara bersamaan. Perbandingan Unit 02 dan Unit 05 memperlihatkan bahwa overhaul tidak dapat dinilai hanya dari satu parameter. Konsumsi HSD per jam menunjukkan besarnya bahan bakar yang digunakan, sedangkan BSFC menunjukkan pemakaian bahan bakar terhadap daya yang

dihasilkan. Pada kondisi ideal, kedua indikator sama-sama membaik. Jika salah satu indikator menunjukkan anomali, data perlu diverifikasi melalui performance test lanjutan dengan beban yang lebih seragam.



Grafik 1. konsumsi HSD sebelum dan sesudah overhaul

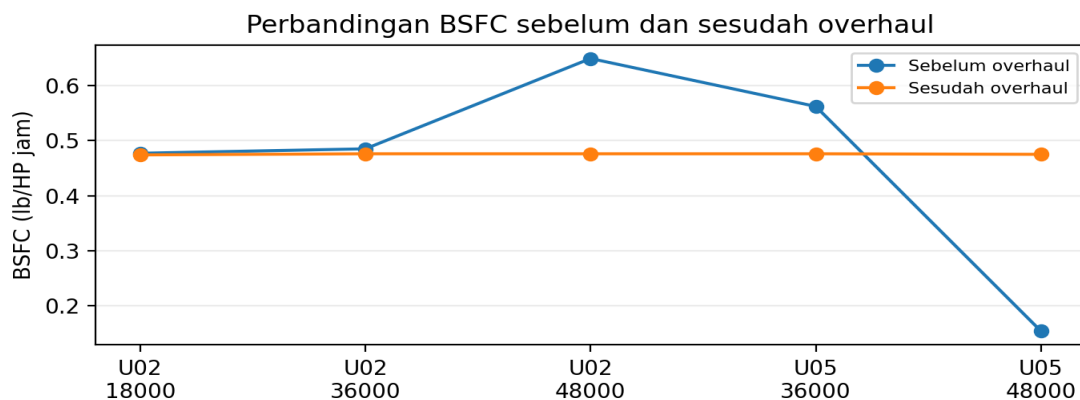
3.8. Evaluasi Konsumsi Spesifik Bahan Bakar

BSFC menjadi indikator penting karena konsumsi bahan bakar per jam dapat menurun akibat penurunan beban, bukan semata-mata karena peningkatan efisiensi. Dengan membandingkan konsumsi bahan bakar terhadap daya efektif, BSFC memberikan gambaran yang lebih proporsional. Pada Unit 02, seluruh data menunjukkan penurunan BSFC setelah overhaul. Perubahan paling menonjol terjadi pada 48000 jam, yaitu dari 0,649 menjadi 0,476 lb/HP jam. Penurunan ini menunjukkan bahwa overhaul memperbaiki kemampuan mesin memanfaatkan bahan bakar untuk menghasilkan daya.

Pada Unit 05, BSFC 36000 jam turun dari 0,562 menjadi 0,476 lb/HP jam. Data ini konsisten dengan penurunan konsumsi HSD per jam. Akan tetapi, data 48000 jam memperlihatkan nilai BSFC sebelum overhaul sebesar 0,154 lb/HP jam dan sesudah overhaul sebesar 0,475 lb/HP jam. Nilai sebelum overhaul tersebut jauh lebih rendah dari data lain dan berpotensi merupakan hasil perhitungan atau input data yang perlu dikonfirmasi kembali. Dalam penyusunan artikel, nilai tersebut tetap dicantumkan sebagai hasil tugas akhir, tetapi diberi catatan analitis agar pembaca memahami adanya anomali data.

3.9. Implikasi Operasional dan Pemeliharaan

Implikasi utama dari hasil penelitian adalah pentingnya menjadikan overhaul sebagai bagian dari strategi pengendalian biaya operasi. Penurunan konsumsi HSD sebesar ribuan liter per jam pada beberapa kondisi berarti penghematan bahan bakar dapat menjadi signifikan ketika unit beroperasi dalam durasi panjang. Selain itu, konsumsi bahan bakar yang lebih rendah juga menunjukkan proses pembakaran yang lebih bersih dan potensi penurunan deposit di ruang bakar.



Grafik 2. BSFC sebelum dan sesudah overhaul

Agar manfaat overhaul bertahan lebih lama, hasil performance test perlu dikaitkan dengan program pemeliharaan prediktif. Parameter seperti tekanan udara masuk silinder, temperatur gas buang per silinder, kualitas bahan bakar, kondisi filter, dan tren konsumsi HSD harus dicatat secara rutin. Apabila setelah overhaul konsumsi bahan bakar kembali naik dalam waktu singkat, maka perlu dilakukan pemeriksaan pada sistem injeksi, kebersihan air filter, kondisi turbocharger, dan kualitas pembakaran.

Perawatan harian juga tetap penting. Overhaul tidak menggantikan kebutuhan daily check, pemeriksaan kebocoran bahan bakar, pemeriksaan main fuel pump, pemantauan tekanan udara masuk, dan pengecekan kondisi exhaust. Dengan disiplin pemeliharaan tersebut, performa mesin Wartsila 18V50DF dapat dipertahankan sehingga konsumsi HSD tidak kembali meningkat secara cepat setelah overhaul.

3.10. Keterbatasan Analisis

Artikel ini disusun berdasarkan data tugas akhir yang tersedia sehingga analisis mengikuti batasan data asli. Variabel beban aktual, variasi jenis bahan bakar, kondisi detail injector, kualitas HSD, emisi gas buang, dan biaya operasi belum dianalisis secara terpisah. Oleh sebab itu, hasil penelitian paling tepat dibaca sebagai evaluasi teknis berbasis performance test sebelum dan sesudah overhaul, bukan sebagai model prediksi konsumsi bahan bakar untuk seluruh kondisi operasi PLTDG Pesanggaran.

Untuk meningkatkan akurasi, penelitian berikutnya dapat menggunakan data performance test dengan kondisi beban yang sama, suhu lingkungan yang relatif seragam, dan metode pengukuran bahan bakar yang konsisten. Analisis statistik sederhana juga dapat ditambahkan agar pengaruh overhaul terhadap konsumsi HSD dapat diuji lebih kuat. Dengan demikian, rekomendasi overhaul tidak hanya berdasarkan perbandingan sebelum-sesudah, tetapi juga berdasarkan tren performa yang lebih lengkap.

3.11. Rekomendasi Monitoring Pasca-Overhaul

Berdasarkan hasil evaluasi, monitoring pasca-overhaul perlu dilakukan secara bertahap. Pada tahap awal setelah unit kembali sinkron, operator perlu mencatat konsumsi HSD aktual, beban generator, temperatur gas buang tiap silinder, tekanan udara masuk silinder, dan kondisi getaran mesin. Data awal ini menjadi baseline untuk menilai apakah pekerjaan overhaul telah memberikan efek yang stabil atau hanya perbaikan sementara pada saat performance test.

Pada tahap operasi normal, data konsumsi HSD sebaiknya tidak hanya dicatat sebagai liter per jam, tetapi juga dikaitkan dengan beban aktual atau daya efektif. Pemakaian liter per jam yang rendah dapat terjadi karena beban rendah, sedangkan tujuan evaluasi performa adalah mengetahui apakah bahan bakar digunakan secara lebih efisien pada tingkat beban yang sebanding. Oleh karena itu, BSFC tetap menjadi indikator yang perlu disandingkan dengan konsumsi HSD per jam.

Parameter udara masuk juga perlu menjadi perhatian utama. Turbocharger, air filter, dan saluran udara memiliki pengaruh langsung terhadap jumlah udara yang tersedia untuk pembakaran. Apabila udara masuk tidak mencukupi, proses pembakaran menjadi tidak sempurna dan konsumsi bahan bakar dapat meningkat. Sebaliknya, suplai udara yang bersih dan stabil membantu pembakaran lebih merata, menurunkan deposit karbon, serta mengurangi risiko kenaikan temperatur gas buang yang tidak seragam antar silinder.

Selain pemantauan teknis, rekomendasi manajerial yang dapat diterapkan adalah membuat format rekap periodik sebelum dan sesudah overhaul untuk setiap unit. Rekap tersebut sebaiknya memuat kolom tanggal, running hours, beban, konsumsi HSD, BHP, BSFC, tekanan udara masuk, temperatur gas buang rata-rata, dan catatan gangguan. Dengan format data yang konsisten, evaluasi overhaul berikutnya akan lebih mudah dilakukan dan keputusan maintenance dapat dibuat berdasarkan tren, bukan hanya berdasarkan satu hasil pengukuran.

Tabel 7. Parameter monitoring yang disarankan setelah overhaul

Parameter	Tujuan monitoring	Frekuensi yang disarankan	Indikasi awal gangguan
Konsumsi HSD	Menilai perubahan pemakaian bahan bakar per jam	Harian dan saat performance test	Konsumsi naik pada beban relatif sama
BSFC	Menilai konsumsi bahan bakar terhadap daya efektif	Setiap performance test	BSFC meningkat setelah overhaul

Tekanan udara masuk	Memastikan suplai udara pembakaran cukup	Harian/trending operasi	Tekanan turun atau tidak stabil
Temperatur gas buang	Mendeteksi pembakaran tidak merata antar silinder	Harian	Perbedaan temperatur antar silinder tinggi
Kondisi filter udara	Menjaga kualitas udara pembakaran	Berkala sesuai SOP	Filter kotor dan pressure drop meningkat
Main fuel pump dan injector	Menjaga suplai dan atomisasi HSD	Berkala dan saat indikasi boros BBM	Tekanan bahan bakar abnormal atau semprotan buruk

3.12. Ringkasan Temuan Utama Artikel

Ringkasan utama artikel ini adalah bahwa overhaul cenderung menurunkan konsumsi HSD pada seluruh data yang dibandingkan. Penurunan terbesar terjadi pada Unit 02 data 18000 jam, sedangkan penurunan terkecil terjadi pada Unit 02 data 48000 jam. Perbedaan besar penurunan menunjukkan bahwa kondisi awal unit sebelum overhaul sangat menentukan dampak akhir pemeliharaan. Unit dengan degradasi lebih besar umumnya memiliki peluang perbaikan konsumsi bahan bakar yang lebih besar setelah komponen dibersihkan atau diganti.

Dari sisi penulisan artikel, data perhitungan yang semula sangat panjang telah diringkas menjadi tabel hasil utama, grafik perbandingan, persamaan pokok, dan interpretasi teknis. Penyederhanaan ini penting untuk naskah JTM karena pembaca jurnal memerlukan alur yang padat: masalah, metode, hasil utama, pembahasan, kesimpulan, dan saran. Dengan demikian, substansi tugas akhir tetap dipertahankan, tetapi bentuk penyajiannya menjadi lebih sesuai untuk publikasi jurnal.

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil perhitungan, overhaul berpengaruh terhadap penurunan konsumsi bahan bakar HSD pada PLTDG Pesanggaran. Pada Unit 02, konsumsi turun dari 4888,91 menjadi 2653,98 L/jam pada 18000 jam, dari 6425,42 menjadi 4330,17 L/jam pada 36000 jam, dan dari 5168,27 menjadi 5098,43 L/jam pada 48000 jam. Pada Unit 05, konsumsi turun dari 4330,19 menjadi 4260,32 L/jam pada 36000 jam dan dari 5517,48 menjadi 5168,27 L/jam pada 48000 jam.

Penurunan konsumsi bahan bakar tersebut menunjukkan adanya perbaikan kondisi operasi setelah overhaul. Faktor yang berperan meliputi pemulihan komponen ruang bakar, berkurangnya sisa pembakaran, perbaikan sistem udara dan bahan bakar, serta peningkatan kestabilan proses pembakaran. Nilai BSFC umumnya menurun setelah overhaul, khususnya pada Unit 02 dan Unit 05 data 36000 jam, sehingga mendukung kesimpulan bahwa pemeliharaan besar berkontribusi terhadap efisiensi bahan bakar.

Saran

Unit pembangkit disarankan melakukan trending konsumsi HSD, BSFC, tekanan udara masuk, temperatur gas buang, dan daya efektif setiap selesai overhaul. Trending diperlukan agar perbaikan performa dapat dipantau dari waktu ke waktu dan penyimpangan dapat diketahui sejak awal.

Penelitian lanjutan sebaiknya menambahkan variabel beban aktual, emisi gas buang, kualitas HSD, kondisi injector, dan biaya operasi. Dengan demikian, evaluasi overhaul tidak hanya dilihat dari konsumsi bahan bakar, tetapi juga dari aspek ekonomi, emisi, dan keandalan jangka panjang.

Secara praktis, operator dapat membuat batas peringatan awal untuk konsumsi HSD pada setiap rentang beban. Apabila konsumsi aktual melewati batas tersebut, pemeriksaan dapat diarahkan pada kebersihan filter udara, kondisi injector, tekanan bahan bakar, dan temperatur gas buang. Cara ini membantu tim operasi mengidentifikasi gejala boros bahan bakar sebelum unit mengalami gangguan yang lebih besar.

Bagian pemeliharaan juga perlu memastikan bahwa pekerjaan overhaul terdokumentasi lengkap, mulai dari komponen yang diganti, hasil inspeksi visual, hasil pengukuran clearances, hingga hasil uji operasi setelah perakitan. Dokumentasi tersebut penting karena perubahan konsumsi HSD sering kali tidak disebabkan oleh satu faktor saja, tetapi oleh kombinasi kondisi mekanik, kualitas pembakaran, dan pengaturan operasi.

Untuk keperluan publikasi ilmiah berikutnya, data hasil performance test sebaiknya disajikan pada beban yang sama agar perbandingan sebelum dan sesudah overhaul lebih kuat. Penelitian juga dapat dilengkapi dengan

analisis biaya bahan bakar sehingga penurunan konsumsi HSD dapat diterjemahkan menjadi estimasi penghematan operasional pembangkit.

Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Program Studi Teknik Mesin Institut Teknologi PLN, pembimbing, dan pihak PLN Indonesia Power Bali PGU yang telah memberikan dukungan data dan informasi teknis dalam penyusunan artikel ini.

Daftar Rujukan

- 1) PT Indonesia Power. Operating & Maintenance Wartsila 18V50DF. Bali: PLN Indonesia Power; 2014.
- 2) Sanjaya S, Wibowo H. Kajian teknis antara penggunaan bahan bakar HSD dan MFO sebagai bahan bakar alternatif pengganti LNG di PLTDG PT Indonesia Power UPJP Bali. 2019;1-6.
- 3) Ali B, A. P. Analisis pemakaian bahan bakar. 2017;1-12.
- 4) Tandra V. Optimalisasi Diesel Wartsila 18V50DF dengan pemakaian bahan bakar HSD. 2023;1-7.
- 5) Maleev VL. Internal Combustion Engines. 2nd ed. New York: McGraw-Hill Book Company; 1945.
- 6) Petrovsky N. Marine Internal Combustion Engines. Moscow: MIR Publisher; 1966.
- 7) Sukoco, Zainal. Teknologi Motor Diesel. Yogyakarta; 2008. Arismunandar W. Penggerak Mula Motor Bakar Torak. Bandung: ITB; 1983.
- 8) Arismunandar W, Tsuda K. Motor Diesel Putaran Tinggi. Jakarta: PT Pradnya Paramita; 1997.
- 9) Maryulina A. Analisis pemeliharaan mesin produksi pada PT P&P Bangkinang di Desa Simalinyang. 2010;13-17.
- 10) Putra TS, Prabowo E, Ramadani F. Pengaruh Overhaul Terhadap Kinerja High Pressure Heater Unit 3 PLTU Banten Lontar. JTM: JURNAL TEKNIK MESIN. 2026 Feb 1;2(1):10-5.