

EVALUASI KINERJA OPERASI *ENGINE GENERATOR* WÄRTSILÄ 20V34DF PADA *BARGE MOUNTED POWER PLANT* BERDASARKAN PARAMETER SISTEM PENDINGIN DAN KONSUMSI BAHAN BAKAR PADA VARIASI BEBAN

Denisa Anggi Faradila, Ratnasari Nur Rohmah
Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Surakarta

Abstrak

Engine Generator Wärtsilä 20V34DF merupakan komponen utama pada *Barge Mounted Power Plant* (BMPP) yang berfungsi menghasilkan energi listrik secara kontinu. Keandalan operasi engine generator dipengaruhi oleh kemampuan sistem pendingin dalam menjaga kondisi temperatur kerja serta efisiensi penggunaan bahan bakar pada berbagai tingkat pembebanan. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi kinerja operasi *Engine Generator* Wärtsilä 20V34DF berdasarkan parameter sistem pendingin radiator dan konsumsi bahan bakar spesifik pada variasi beban 25%, 50%, 75%, dan 100%. Metode penelitian yang digunakan adalah metode kuantitatif deskriptif dengan memanfaatkan data operasional engine generator. Parameter yang dianalisis meliputi selisih temperatur (ΔT), efektivitas radiator, *Fuel Rate*, *Specific Fuel Consumption* (SFC), putaran fan, dan arus fan. Data kemudian diolah untuk mengevaluasi karakteristik sistem pendingin dan konsumsi bahan bakar pada setiap variasi beban. Hasil penelitian menunjukkan bahwa peningkatan beban menyebabkan nilai ΔT meningkat dari 28,0°C menjadi 44,3°C, *Fuel Rate* meningkat dari 641 kg/jam menjadi 1994 kg/jam, serta putaran fan meningkat dari 289 rpm menjadi 714 rpm. Nilai efektivitas radiator berada pada rentang 63,52%–81,80%, sedangkan nilai SFC menurun dari 0,262 kg/kWh pada beban 25% menjadi 0,205 kg/kWh pada beban 100%. Hasil evaluasi menunjukkan bahwa sistem pendingin radiator mampu mempertahankan kondisi operasi engine generator pada seluruh variasi beban, sementara konsumsi bahan bakar spesifik menunjukkan kecenderungan lebih efisien pada beban menengah hingga tinggi. Dengan demikian, parameter sistem pendingin radiator dan *Specific Fuel Consumption* (SFC) dapat digunakan sebagai indikator dalam mengevaluasi kinerja operasi *Engine Generator* Wärtsilä 20V34DF pada *Barge Mounted Power Plant* (BMPP).

Kata Kunci: BMPP, efektivitas radiator, fuel rate, sistem pendingin radiator, specific fuel consumption, Wärtsilä 20V34DF engine generator.

Abstract

The Wärtsilä 20V34DF Engine Generator is the main component of a Barge Mounted Power Plant (BMPP) responsible for continuously generating electrical power. The operational reliability of the engine generator is influenced by the cooling system's ability to maintain proper operating temperature conditions as well as fuel utilization efficiency under different load levels. This study aims to evaluate the operational performance of the Wärtsilä 20V34DF Engine Generator based on radiator cooling system parameters and specific fuel consumption under load variations of 25%, 50%, 75%, and 100%. A descriptive quantitative method was employed using operational data obtained from the engine generator. The analyzed parameters included temperature difference (ΔT), radiator effectiveness, Fuel Rate, Specific Fuel Consumption (SFC), fan speed, and fan current. The collected data were processed to evaluate the cooling system characteristics and fuel consumption performance at each load variation. The results indicate that increasing load causes the temperature difference (ΔT) to rise from 28.0°C to 44.3°C, while the Fuel Rate increases from 641 kg/h to 1994 kg/h. Fan speed also increases from 289 rpm to 714 rpm in response to higher cooling demand. Radiator effectiveness ranges from 63.52% to 81.80%, whereas SFC decreases from 0.262 kg/kWh at 25% load to 0.205 kg/kWh at 100% load. The evaluation results demonstrate that the radiator cooling system is capable of maintaining stable engine operating conditions across all load variations, while specific fuel consumption tends to be more efficient at medium and high load levels. Therefore, radiator cooling system parameters and Specific Fuel Consumption (SFC) can be utilized as indicators for evaluating the operational performance of the Wärtsilä 20V34DF Engine Generator in a Barge Mounted Power Plant (BMPP).

Keywords: BMPP, fuel rate, radiator cooling system, radiator effectiveness, specific fuel consumption, Wärtsilä 20V34DF engine generator.

1. PENDAHULUAN

Kebutuhan energi listrik yang terus meningkat menuntut tersedianya sistem pembangkit yang andal, efisien, dan mampu beroperasi secara berkelanjutan. Salah satu solusi yang digunakan untuk memenuhi kebutuhan tersebut adalah *Barge Mounted Power Plant* (BMPP), yaitu pembangkit listrik terapung yang dirancang untuk menyediakan pasokan energi listrik secara cepat dan fleksibel, terutama pada wilayah yang memiliki keterbatasan infrastruktur kelistrikan. Dalam operasinya, BMPP memanfaatkan engine generator sebagai sumber utama pembangkitan energi listrik sehingga keandalan dan efisiensi sistem menjadi faktor penting dalam menjaga kontinuitas pasokan daya (PT PAL Indonesia, 2020). Pada sistem tersebut, Engine Generator Wärtsilä 20V34DF digunakan sebagai salah satu unit utama pembangkit. Unit ini terdiri atas dua komponen utama yang saling terkopel, yaitu mesin penggerak (*prime mover*) Wärtsilä 20V34DF yang berfungsi mengubah energi bahan bakar menjadi energi mekanik melalui proses pembakaran, dan generator sinkron ABB tipe AMG1120LT08DSE yang dikopel langsung pada poros mesin tersebut untuk mengubah energi mekanik menjadi energi listrik melalui proses induksi elektromagnetik. Kedua komponen ini membentuk satu unit *engine generator set* yang menjadi sumber utama pembangkitan energi listrik pada BMPP Nusantara 1. Berdasarkan data teknis Wärtsilä, mesin 34DF merupakan *four-stroke multi-fuel engine generating set* yang dapat beroperasi menggunakan gas alam maupun bahan bakar cair, termasuk HFO, serta memiliki kemampuan *instant switching* ke bahan bakar alternatif apabila terjadi ketidakstabilan harga atau gangguan pasokan bahan bakar utama. Mesin ini juga bekerja dengan prinsip *lean burn* yang berkontribusi pada penurunan temperatur puncak pembakaran dan pengurangan emisi NO_x secara signifikan. Untuk konfigurasi 20V34DF, daya listrik terpasang mencapai 9795 kW pada 50 Hz dan 9388 kW pada 60 Hz, dengan efisiensi listrik sebesar 48,6% pada gas mode dan heat rate pada terminal generator sebesar 7404 kJ/kWh pada 50 Hz. Selain itu, Wärtsilä menyebut bahwa unit ini memiliki waktu menuju beban penuh sekitar 2 menit, sehingga mendukung kebutuhan pembangkit yang memerlukan respons operasi cepat dan fleksibilitas tinggi (Wärtsilä Corporation, 2022).

Selama beroperasi, Engine Generator Wärtsilä 20V34DF mengalami perubahan kondisi kerja seiring dengan perubahan beban yang dilayani. Ketika beban meningkat, daya keluaran generator juga meningkat sehingga proses pembakaran bahan bakar berlangsung lebih intensif dan menghasilkan panas yang lebih tinggi. Perubahan kondisi operasi tersebut dapat memengaruhi temperatur kerja mesin dan kinerja sistem pendingin sehingga diperlukan pengendalian temperatur yang baik untuk menjaga performa mesin (Xie et al., 2021). Selain itu, temperatur operasi yang tidak terkendali dapat menurunkan efisiensi mesin dan meningkatkan konsumsi bahan bakar (Sukri et al., 2025). Apabila

kondisi operasi tidak dievaluasi secara tepat, peningkatan temperatur dan konsumsi bahan bakar dapat menurunkan efisiensi operasi serta memengaruhi keandalan unit pembangkit. Oleh karena itu, diperlukan evaluasi kinerja operasi engine generator pada berbagai variasi beban untuk mengetahui karakteristik operasinya secara lebih komprehensif.

Salah satu sistem pendukung yang berperan penting dalam menjaga kondisi operasi engine generator adalah sistem pendingin radiator. Menurut (Muzammil et al., 2021), radiator berfungsi membuang panas dari fluida pendingin ke udara lingkungan melalui proses perpindahan panas sehingga temperatur kerja mesin tetap berada pada kondisi yang aman. Kinerja radiator dapat dievaluasi melalui selisih temperatur (ΔT) dan efektivitas radiator karena kedua parameter tersebut menunjukkan kemampuan sistem pendingin dalam melepaskan panas. Kemudian (Amin et al., 2023) juga menunjukkan bahwa sistem pendingin berpengaruh terhadap kestabilan temperatur air pendingin dan performa generator. Selain parameter sistem pendingin, evaluasi operasi engine generator juga dapat dilakukan melalui parameter konsumsi bahan bakar. *Fuel Rate* menunjukkan laju konsumsi bahan bakar yang digunakan selama operasi, sedangkan *Specific Fuel Consumption* (SFC) merupakan indikator efisiensi penggunaan bahan bakar yang menunjukkan jumlah bahan bakar yang dibutuhkan untuk menghasilkan daya keluaran tertentu (Popa et al., 2020). Oleh karena itu, parameter ΔT , efektivitas radiator, Fuel Rate, dan SFC digunakan dalam penelitian ini untuk mengevaluasi kinerja operasi engine generator pada berbagai variasi beban.

Beberapa penelitian terdahulu telah membahas aspek yang berkaitan dengan sistem pendingin dan performa mesin pembangkit. (Amin et al., 2023) menganalisis pengaruh kinerja cooling fan terhadap temperatur air pendingin dan menunjukkan bahwa sistem pendingin berperan penting dalam menjaga performa generator. (Muzammil et al., 2021) meneliti karakteristik perpindahan panas radiator dan menunjukkan bahwa kemampuan pelepasan panas radiator memengaruhi kinerja sistem pendingin. Dari sisi performa mesin, (Saputra et al., 2022) mengevaluasi efektivitas mesin diesel Wärtsilä W20V34DF berdasarkan parameter heat rate dan efisiensi operasi mesin. Sementara itu, (Hartono et al., 2022) menganalisis nilai SFC pada mesin Wärtsilä berdasarkan variasi bahan bakar dan tingkat pembebanan, sedangkan (Popa et al., 2020) menggunakan parameter SFC sebagai indikator efisiensi operasi mesin diesel. Meskipun demikian, penelitian-penelitian tersebut masih membahas sistem pendingin, performa mesin, dan konsumsi bahan bakar secara terpisah. Hingga saat ini masih terbatas penelitian yang mengintegrasikan parameter sistem pendingin radiator berupa selisih temperatur (ΔT) dan efektivitas radiator dengan parameter konsumsi bahan bakar berupa *Fuel Rate* dan SFC untuk mengevaluasi kinerja operasi *Engine Generator* Wärtsilä 20V34DF pada berbagai variasi beban, khususnya pada sistem BMPP.

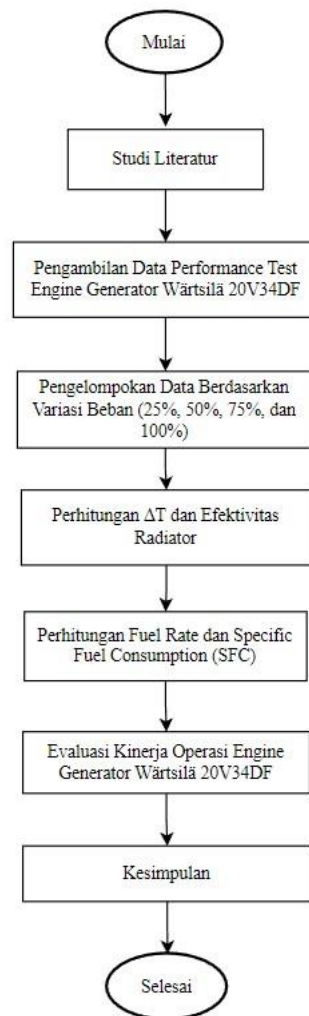
Berdasarkan uraian tersebut, penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi kinerja operasi *Engine Generator* Wärtsilä 20V34DF pada BMPP berdasarkan parameter sistem pendingin radiator dan konsumsi bahan bakar spesifik pada variasi beban 25%, 50%, 75%, dan 100%. Evaluasi dilakukan menggunakan parameter selisih temperatur (ΔT), efektivitas radiator, *Fuel Rate*, dan SFC untuk mengetahui karakteristik operasi *engine generator* pada setiap kondisi pembebanan. Hasil penelitian diharapkan dapat memberikan informasi mengenai kondisi operasi *engine generator* berdasarkan kinerja sistem pendingin radiator dan konsumsi bahan bakar spesifik serta menjadi referensi dalam upaya optimasi pengoperasian dan pemeliharaan unit pembangkit guna meningkatkan keandalan dan efisiensi operasi pembangkit listrik.

2. METODE

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode kuantitatif deskriptif dengan pendekatan analisis data operasional yang diperoleh dari performance test Engine Generator Wärtsilä 20V34DF. Data dikumpulkan pada empat variasi beban, yaitu 25%, 50%, 75%, dan 100%, dengan interval pengamatan pada menit ke-0, 30, dan 60. Beban yang digunakan pada performance test ini merupakan beban riil yang disuplai melalui jaringan distribusi PLN, karena unit BMPP Nusantara 1 dioperasikan dalam mode paralel dengan jaringan (*grid mode*) selama pengujian berlangsung. Hal ini ditunjukkan oleh status operasi pada sistem monitoring WOIS yang mencatat kondisi "*Parallel with grid*" aktif pada saat performance test dilakukan. Dengan demikian, nilai persentase beban yang digunakan merepresentasikan kondisi operasional aktual unit pembangkit pada saat penyaluran daya ke jaringan PLN, bukan beban buatan (*load bank*). Parameter yang dianalisis meliputi temperatur masuk radiator (*inlet*), temperatur keluar radiator (*outlet*), temperatur lingkungan (*ambient*), daya keluaran generator (*power output*), putaran fan, arus fan, dan konsumsi bahan bakar. Data tersebut selanjutnya digunakan untuk menghitung selisih temperatur (ΔT), efektivitas radiator, *Fuel Rate*, dan SFC sebagai dasar dalam mengevaluasi kinerja operasi *Engine Generator* Wärtsilä 20V34DF pada berbagai kondisi pembebanan.

2.1 Prosedur Penelitian

Prosedur penelitian yang digunakan dalam penelitian ini disajikan dalam bentuk diagram alir sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 2.1



Gambar 2.1 Diagram Alir Penelitian

Alur penelitian yang ditunjukkan pada Gambar 2.1 terdiri atas beberapa tahapan utama yang dijelaskan sebagai berikut:

1. Studi Literatur

Studi literatur dilakukan untuk memperoleh referensi yang berkaitan dengan sistem pendingin radiator, *engine generator*, performa pembangkit, efektivitas radiator, *Fuel Rate*, dan *Specific Fuel Consumption* (SFC). Literatur yang digunakan berasal dari buku, jurnal ilmiah, standar teknis, serta dokumen pendukung yang relevan dengan penelitian.

2. Pengambilan Data

Data *performance test Engine Generator Wärtsilä 20V34DF* diperoleh melalui *Wärtsilä Operator Information System* (WOIS), yaitu sistem monitoring dan akuisisi data operasional yang terintegrasi pada unit BMPP. Data yang dikumpulkan meliputi temperatur radiator masuk (*radiator inlet temperature*), temperatur radiator keluar (*radiator outlet temperature*), temperatur lingkungan (*ambient temperature*), daya keluaran generator (*power output*), putaran fan (*fan RPM*), arus fan (*fan current*), dan konsumsi bahan bakar (*fuel consumption*). Pengambilan data

dilakukan pada variasi beban 25%, 50%, 75%, dan 100% dengan interval pengamatan pada menit ke-0, 30, dan 60. Variasi beban pada performance test ini merupakan beban riil yang disuplai melalui sinkronisasi paralel dengan jaringan PLN (grid mode), sebagaimana ditunjukkan oleh status operasi pada sistem monitoring WOIS dan pencatatan kWh meter pada titik interkoneksi jaringan.

3. Pengelompokan Data Berdasarkan Variasi Beban

Data hasil pengukuran dikelompokkan berdasarkan variasi beban generator, yaitu 25%, 50%, 75%, dan 100%. Pengelompokan ini bertujuan untuk mempermudah proses analisis karakteristik operasi *engine generator* pada setiap kondisi pembebanan.

4. Perhitungan ΔT dan Efektivitas Radiator

Data temperatur yang diperoleh digunakan untuk menghitung selisih temperatur (ΔT) dan efektivitas radiator. Kedua parameter tersebut digunakan untuk mengevaluasi kemampuan sistem pendingin radiator dalam melepaskan panas pada setiap variasi beban generator.

5. Perhitungan *Fuel Rate* dan *Specific Fuel Consumption* (SFC)

Data konsumsi bahan bakar dan daya keluaran generator digunakan untuk menghitung *Fuel Rate* dan SFC. *Fuel Rate* digunakan untuk mengetahui laju konsumsi bahan bakar, sedangkan SFC digunakan untuk mengevaluasi efisiensi penggunaan bahan bakar pada setiap kondisi pembebanan.

6. Evaluasi Kinerja Operasi *Engine Generator* Wärtsilä 20V34DF

Evaluasi dilakukan dengan mengintegrasikan parameter sistem pendingin radiator dan konsumsi bahan bakar spesifik yang telah diperoleh pada tahap sebelumnya. Parameter yang digunakan meliputi ΔT , efektivitas radiator, *Fuel Rate*, SFC, putaran fan, dan arus fan. Evaluasi dilakukan untuk memperoleh gambaran karakteristik operasi *Engine Generator* Wärtsilä 20V34DF pada variasi beban 25%, 50%, 75%, dan 100%.

7. Penarikan Kesimpulan

Kesimpulan disusun berdasarkan hasil evaluasi yang telah dilakukan untuk menjawab tujuan penelitian mengenai kinerja operasi *Engine Generator* Wärtsilä 20V34DF berdasarkan parameter sistem pendingin radiator dan konsumsi bahan bakar spesifik pada variasi beban.

2.2 Spesifikasi *Engine Generator*

Energi mekanik yang dihasilkan oleh mesin Wärtsilä 20V34DF dikonversi menjadi energi listrik oleh generator sinkron ABB tipe AMG1120LT08DSE yang dikopel langsung pada poros mesin tersebut. Generator ini merupakan unit alternator yang dirancang khusus untuk dipasangkan dengan mesin penggerak berkapasitas besar pada aplikasi pembangkit listrik, termasuk konfigurasi engine generator set Wärtsilä 20V34DF/20V34SG dengan kapasitas di atas 8,7 MW. Adapun *Engine* dan *Generator*

yang digunakan pada *Barge Mounted Power Plant* (BMPP) adalah menggunakan *Wärtsilä 20V34DF Engine* dan *AMG 1120LT08 DSE Generator* dengan kapasitas 10MW dengan spesifikasi:

Tabel 2.1 *Main Technical Data Wärtsilä 20V34DF*

Main Technical Data Engine 20V34DF	
<i>Cylinder configurations</i>	20 V
<i>Cylinder bore</i>	340 mm
<i>Piston stroke</i>	400 mm
<i>Engine speed</i>	750 rpm
<i>Rated electrical power (kW)</i>	9795 kW
<i>Electrical efficiency (%)</i>	GAS: 48.6% LFO: 45.6% HFO: 45.8%
<i>Heat rate at generator terminals (kJ/kWh)</i>	GAS: 7404 kJ/kWh LFO: 7898 kJ/kWh HFO: 7856 kJ/kWh
<i>Fast start time (min:sec)</i>	Connected to grid: 00:30 Full load: <2
<i>Stop time (min)</i>	1
<i>Ramp rate (hot, load/min)</i>	> 100%
<i>Unit level</i>	10%
<i>Plant level</i>	1



Gambar 2.2 *Wärtsilä 20V34DF Engine*

Tabel 2.2 *AMG 1120LT08 DSE Generator Ratings*

AMG 1120LT08 DSE Generator Ratings	
<i>Output</i>	12200 kVA
<i>Duty</i>	S1
<i>Voltage</i>	15000 V
<i>Current</i>	470 A
<i>Frequency</i>	50 Hz
<i>Speed</i>	750 rpm
<i>Over Speed</i>	900 rpm
<i>Connection</i>	Y
<i>Power Factor</i>	0,8

<i>Excit.</i>	63 Vdc 8,7 Adc
<i>Phase</i>	3



Gambar 2. 3 AMG 1120LT08 DSE Generator

2.3 Perhitungan Matematis

Menghitung Selisih Temperatur (ΔT)

Selisih temperatur (ΔT) merupakan perbedaan antara suhu fluida pendingin sebelum dan sesudah melewati radiator. Parameter ini digunakan untuk menunjukkan kemampuan radiator dalam menurunkan temperatur fluida pendingin. Dalam analisis perpindahan panas pada heat exchanger, temperatur fluida masuk dan keluar digunakan untuk mengevaluasi besarnya proses perpindahan panas yang terjadi pada sistem pendingin (Incropera et al., 2007). Oleh karena itu, selisih temperatur radiator dihitung menggunakan Persamaan (1).

$$\Delta T = T_{in} - T_{out} \quad (1)$$

Dimana:

ΔT = Selisih temperatur ($^{\circ}\text{C}$)

T_{in} = Suhu fluida masuk radiator ($^{\circ}\text{C}$)

T_{out} = Suhu fluida keluar radiator ($^{\circ}\text{C}$)

Nilai ΔT yang lebih besar menunjukkan bahwa radiator mampu melepaskan panas lebih banyak ke lingkungan sehingga proses pendinginan berlangsung lebih efektif.

Menghitung Efektivitas Radiator

Efektivitas radiator digunakan untuk mengevaluasi kemampuan sistem pendingin dalam menurunkan temperatur fluida pendingin. Semakin tinggi nilai efektivitas, semakin baik kemampuan radiator dalam melepaskan panas ke lingkungan. Menurut (Amin et al., 2023), efektivitas pendinginan dapat digunakan untuk menunjukkan tingkat keberhasilan sistem pendingin dalam mencapai kondisi

temperatur yang diinginkan. Berdasarkan konsep tersebut, efektivitas radiator pada penelitian ini dihitung menggunakan pendekatan temperatur yang ditunjukkan pada Persamaan (2).

$$Efektivitas = \frac{T_{in} - T_{out}}{T_{in} - T_{amb}} \times 100\% \quad (2)$$

Dimana:

Efektivitas = Kinerja sistem pendingin (%)

T_{in} = Suhu fluida masuk radiator (°C)

T_{out} = Suhu fluida keluar radiator (°C)

T_{amb} = Suhu lingkungan (°C)

Nilai efektivitas yang semakin tinggi menunjukkan kemampuan radiator yang semakin baik dalam membuang panas ke lingkungan sehingga temperatur operasi engine dapat dipertahankan pada kondisi yang optimal.

Menghitung Laju Konsumsi Bahan Bakar (Fuel Rate)

Fuel Rate merupakan laju konsumsi bahan bakar yang menunjukkan jumlah bahan bakar yang digunakan oleh *engine generator* dalam satuan waktu tertentu. Parameter ini digunakan untuk mengetahui kebutuhan bahan bakar pada berbagai kondisi operasi dan menjadi dasar dalam perhitungan Specific Fuel Consumption (SFC). Menurut (Lewis et al., 2016), *fuel use rate* digunakan sebagai parameter untuk mengevaluasi konsumsi bahan bakar pada mesin diesel berdasarkan kondisi operasinya. Oleh karena itu, fuel rate pada penelitian ini dihitung berdasarkan perubahan jumlah bahan bakar terhadap interval waktu pengamatan seperti ditunjukkan pada Persamaan (3).

$$Fuel Rate = \frac{Fuel_{t2} - Fuel_{t1}}{\Delta t} \quad (3)$$

Dimana:

Fuel Rate = Laju konsumsi bahan bakar (kg/jam)

$Fuel_{t2}$ = Konsumsi bahan bakar akhir (kg)

$Fuel_{t1}$ = Konsumsi bahan bakar awal (kg)

Δt = Selang waktu (jam)

Nilai Fuel Rate yang lebih besar menunjukkan konsumsi bahan bakar yang lebih tinggi pada kondisi operasi tertentu.

Menghitung Specific Fuel Consumption (SFC)

Specific Fuel Consumption (SFC) merupakan parameter yang digunakan untuk menunjukkan jumlah bahan bakar yang dibutuhkan untuk menghasilkan satu satuan daya keluaran. Menurut (Popa et al., 2020), *Brake Specific Fuel Consumption* (BSFC) didefinisikan sebagai perbandingan antara laju konsumsi bahan bakar dan daya yang dihasilkan engine, sehingga dapat digunakan sebagai indikator konsumsi bahan bakar spesifik dan efisiensi penggunaan bahan bakar pada mesin diesel.

Oleh karena itu, nilai SFC pada penelitian ini dihitung menggunakan Persamaan (4).

$$SFC = \frac{\text{Fuel Rate}}{\text{Power}} \quad (4)$$

Dimana

SFC = Specific Fuel Consumption (kg/kWh)

Fuel Rate = Laju konsumsi bahan bakar (kg/jam)

Power = Daya output generator (kW)

Rumus ini mengacu pada definisi BSFC yang dijelaskan oleh (Popa et al., 2020), yaitu perbandingan antara laju konsumsi bahan bakar dan daya yang dihasilkan engine. Pada penelitian ini fuel consumption rate direpresentasikan sebagai *Fuel Rate* dan daya direpresentasikan sebagai Power. Nilai SFC yang lebih rendah menunjukkan bahwa engine generator membutuhkan bahan bakar yang lebih sedikit untuk menghasilkan daya yang sama sehingga penggunaan bahan bakar menjadi lebih efisien.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Data Hasil Pengukuran *Engine Generator*

Tabel 1. Data Hasil Pengukuran *Engine Generator*

Load (%)	Time (min)	Tin (°C)	Tout (°C)	Tamb (°C)	Power (kW)	Fan (rpm)	Fan (Ampere)	Fuel Consumption
25	0	66	38	33.2	2442	289	164.7	111868
25	30	65	37	30.7	2446	290	165.1	112185
25	60	65	37	29.3	2450	289	164.6	112509
50	0	71	42	27.6	4860	290	165.6	113008
50	30	72	45	27.5	4886	289	165.6	113531
50	60	72	44	27.6	4888	289	165.7	114044
75	0	76	45	29.5	7333	534	181.5	117703

75	30	77	45	29.7	7316	540	182.1	118452
75	60	77	45	29.7	7347	539	182.9	119201
100	0	87	43	29.8	9740	711	218.6	121760
100	30	88	43	29.9	9732	719	220.4	122711
100	60	86	42	28.7	9742	713	221.0	123754

Tabel 1 merupakan hasil pengambilan data pada *engine generator* WÄRTSILÄ 20V34DF yang beroperasi pada *Barge Mounted Power Plant* (BMPP) dengan variasi beban 25%, 50%, 75%, dan 100%. Data yang diperoleh meliputi temperatur fluida masuk radiator (Tin), temperatur fluida keluar radiator (Tout), temperatur lingkungan (Tamb), daya generator (power), putaran fan (rpm), arus fan (Ampere), serta konsumsi bahan bakar (fuel). Pengambilan data dilakukan pada interval waktu tertentu untuk mengetahui perubahan parameter selama kondisi operasi berlangsung. Pengolahan data tersebut bertujuan untuk mengevaluasi kinerja operasi *Engine Generator* Wärtsilä 20V34DF berdasarkan parameter sistem pendingin radiator dan konsumsi bahan bakar spesifik pada berbagai variasi beban. Parameter yang digunakan dalam analisis meliputi selisih temperatur (ΔT) untuk mengetahui kemampuan radiator dalam menurunkan temperatur fluida pendingin, efektivitas radiator untuk mengevaluasi kinerja sistem pendingin, *Fuel Rate* untuk mengetahui laju konsumsi bahan bakar, serta *Specific Fuel Consumption* (SFC) untuk mengevaluasi konsumsi bahan bakar terhadap daya yang dihasilkan generator.

Berdasarkan data pada Tabel 1, temperatur fluida masuk radiator (Tin) cenderung meningkat seiring bertambahnya beban generator, yaitu dari kisaran 65–66°C pada beban 25% menjadi 86–88°C pada beban 100%. Peningkatan tersebut menunjukkan bahwa semakin besar beban yang diterima generator, semakin besar pula panas yang dihasilkan oleh engine. Kondisi ini juga diikuti oleh peningkatan daya keluaran generator, putaran fan, arus fan, dan konsumsi bahan bakar. Peningkatan putaran dan arus fan menunjukkan bahwa sistem pendingin bekerja lebih intensif untuk menjaga temperatur operasi engine tetap berada pada batas yang aman. Pengolahan data tersebut bertujuan untuk mengevaluasi kinerja operasi *Engine Generator* Wärtsilä 20V34DF berdasarkan parameter sistem pendingin radiator dan konsumsi bahan bakar spesifik pada berbagai variasi beban.

3.2 Hasil Perhitungan Parameter Sistem Pendingin Radiator

3.2.1 Selisih Temperatur (ΔT)

Selisih temperatur (ΔT) merupakan perbedaan antara temperatur fluida pendingin yang masuk ke radiator (Tin) dan temperatur fluida pendingin yang keluar dari radiator (Tout). Parameter ini digunakan untuk mengevaluasi kemampuan radiator dalam menurunkan temperatur fluida pendingin

melalui proses pelepasan panas ke lingkungan. Semakin besar nilai ΔT , semakin besar panas yang berhasil dilepaskan oleh radiator sehingga kinerja sistem pendingin menjadi lebih baik. Data temperatur masuk dan keluar radiator diperoleh dari hasil pengukuran yang ditunjukkan pada Tabel

1. Perhitungan ΔT dilakukan untuk seluruh variasi beban dan waktu pengamatan menggunakan persamaan (1). Hasil perhitungan selengkapnya disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil Perhitungan ΔT

Load (%)	Waktu (menit)	T _{in} (°C)	T _{out} (°C)	ΔT (°C)
25	0	66	38	28
25	30	65	37	28
25	60	65	37	28
50	0	71	42	29
50	30	72	45	27
50	60	72	44	28
75	0	76	45	31
75	30	77	45	32
75	60	77	45	32
100	0	87	43	44
100	30	88	43	45
100	60	86	42	44

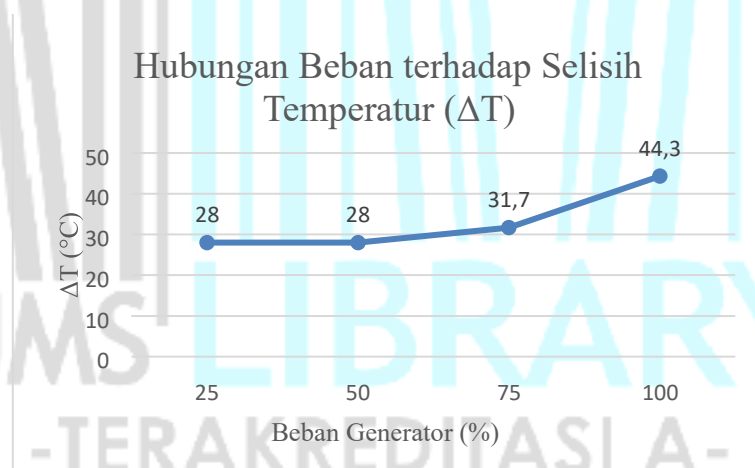
Berdasarkan Tabel 2, nilai selisih temperatur (ΔT) menunjukkan variasi pada setiap kondisi beban dan waktu pengamatan. Oleh karena itu, dilakukan perhitungan nilai rata-rata ΔT untuk merepresentasikan kondisi masing-masing beban secara keseluruhan. Tabel nilai rata-rata ΔT dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Hasil Perhitungan rata-rata ΔT

Load (%)	ΔT Avg (°C)
25	28.0

50	28.0
75	31.7
100	44.3

Berdasarkan Tabel 3, nilai rata-rata ΔT cenderung meningkat seiring bertambahnya beban generator. Nilai ΔT tertinggi diperoleh pada beban 100% sebesar 44.3°C, sedangkan nilai terendah terjadi pada beban 25% dan 50% sebesar 28.0°C. Peningkatan nilai ΔT menunjukkan bahwa jumlah panas yang harus dilepaskan radiator semakin besar pada kondisi beban yang lebih tinggi. Nilai rata-rata ΔT radiator pada setiap variasi beban selanjutnya disajikan dalam bentuk grafik untuk menunjukkan kecenderungan perubahan ΔT terhadap peningkatan beban generator sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 3.



Gambar 3.1 Grafik Hubungan Beban Terhadap ΔT

Berdasarkan Gambar 3.1, nilai selisih temperatur (ΔT) radiator menunjukkan kecenderungan meningkat seiring bertambahnya beban generator. Pada beban 25% dan 50%, nilai ΔT relatif konstan sebesar 28°C. Selanjutnya, nilai ΔT meningkat menjadi 31.7°C pada beban 75% dan mencapai 44.3°C pada beban 100%. Peningkatan nilai ΔT menunjukkan bahwa jumlah panas yang harus dilepaskan oleh radiator semakin besar seiring meningkatnya daya keluaran generator. Kondisi ini terjadi karena peningkatan beban menyebabkan proses pembakaran bahan bakar berlangsung lebih intensif sehingga menghasilkan energi panas yang lebih tinggi. Kenaikan ΔT yang lebih signifikan pada beban 100% mengindikasikan bahwa kebutuhan pelepasan panas meningkat lebih besar dibandingkan pada kondisi beban sebelumnya. Meskipun demikian, sistem

pendingin radiator masih mampu menjalankan fungsi pelepasan panas pada seluruh variasi beban yang diuji. Dengan demikian, parameter ΔT dapat digunakan sebagai salah satu indikator dalam mengevaluasi kondisi operasi Engine Generator Wärtsilä 20V34DF pada BMPP.

3.2.2 Perhitungan Efektifitas Radiator

Efektivitas radiator digunakan untuk mengevaluasi kemampuan sistem pendingin dalam menurunkan temperatur fluida pendingin selama proses pelepasan panas ke lingkungan. Semakin tinggi nilai efektivitas radiator, semakin baik kemampuan radiator dalam membuang panas sehingga temperatur operasi *engine* dapat dipertahankan pada kondisi yang aman. Nilai efektivitas radiator dihitung menggunakan Persamaan (2). Perhitungan dilakukan untuk seluruh variasi beban dan waktu pengamatan. Hasil perhitungan efektivitas radiator disajikan pada Tabel 4.

Tabel 4. Hasil Perhitungan Efektivitas

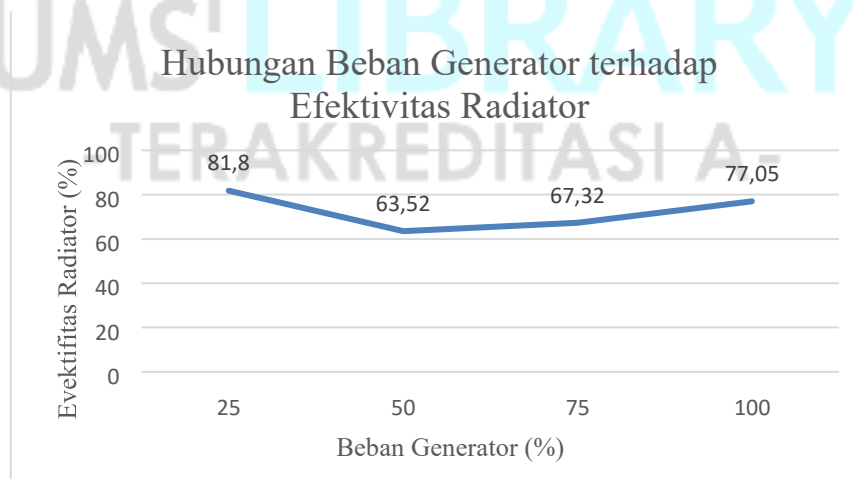
Load (%)	Waktu (menit)	T _{in} (°C)	T _{out} (°C)	T _{amb} (°C)	Efektivitas (%)
25	0	66	38	33.2	85.37
25	30	65	37	30.7	81.16
25	60	65	37	29.3	78.87
50	0	71	42	27.6	66.82
50	30	72	45	27.5	60.67
50	60	72	44	27.6	63.06
75	0	76	45	29.5	66.67
75	30	77	45	29.7	67.65
75	60	77	45	29.7	67.65
100	0	87	43	29.8	76.92
100	30	88	43	29.9	77.45
100	60	86	42	28.7	76.79

Untuk mempermudah analisis, nilai efektivitas radiator pada setiap variasi beban dihitung rata-rata. Hasil perhitungan rata-rata efektivitas radiator ditunjukkan pada Tabel 5.

Tabel 5. Nilai Efektivitas Rata-Rata

Load (%)	Efektivitas Rata-rata (%)
25	81.80
50	63.52
75	67.32
100	77.05

Berdasarkan Tabel 5, nilai efektivitas radiator tertinggi diperoleh pada beban 25% sebesar 81.80%, sedangkan nilai terendah terjadi pada beban 50% sebesar 63.52%. Pada beban 75% dan 100%, efektivitas radiator meningkat menjadi 67.32% dan 77.05%. Hasil tersebut menunjukkan bahwa radiator masih mampu menjalankan fungsi pelepasan panas pada seluruh variasi beban yang diuji. Tingginya efektivitas pada beban 25% menunjukkan bahwa radiator mampu membuang panas secara efektif ketika beban termal engine masih relatif rendah. Sementara itu, peningkatan efektivitas pada beban 100% mengindikasikan bahwa sistem pendingin masih mampu mengimbangi peningkatan panas yang dihasilkan engine generator pada kondisi beban tinggi. Nilai rata-rata efektivitas radiator pada setiap variasi beban selanjutnya disajikan dalam bentuk grafik sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 3.2.



Gambar 3.2 Grafik Hubungan Beban Generator terhadap Efektivitas Radiator

Berdasarkan Gambar 3.2, nilai efektivitas radiator menunjukkan fluktuasi pada setiap variasi beban. Efektivitas radiator tertinggi diperoleh pada beban 25% sebesar 81.80%, kemudian menurun menjadi 63.52% pada beban 50%. Selanjutnya, efektivitas radiator meningkat kembali menjadi 67.32% pada beban 75% dan mencapai 77.05% pada beban 100%. Meskipun terjadi

fluktuasi, nilai efektivitas radiator tetap berada pada rentang 63.52%–81.80% pada seluruh kondisi pembebanan. Hasil tersebut menunjukkan bahwa radiator masih mampu menjalankan fungsi pelepasan panas dengan baik untuk menjaga kondisi operasi Engine Generator Wärtsilä 20V34DF. Peningkatan efektivitas pada beban 75% dan 100% mengindikasikan bahwa sistem pendingin masih mampu mengimbangi peningkatan panas yang dihasilkan engine generator pada kondisi beban yang lebih tinggi. Dengan demikian, parameter efektivitas radiator dapat digunakan sebagai salah satu indikator dalam mengevaluasi kinerja operasi engine generator pada variasi beban yang berbeda.

3.3 Hasil Perhitungan Parameter Konsumsi Bahan Bakar

3.3.1 *Fuel rate*

Fuel Rate merupakan laju konsumsi bahan bakar yang menunjukkan jumlah bahan bakar yang digunakan oleh engine generator dalam satuan waktu tertentu. Parameter ini digunakan untuk mengetahui kebutuhan bahan bakar pada berbagai kondisi operasi serta sebagai dasar dalam perhitungan SFC. Nilai *Fuel Rate* dihitung menggunakan Persamaan (3). Perhitungan dilakukan untuk seluruh variasi beban dan waktu pengamatan. Hasil perhitungan *fuel rate* disajikan pada Tabel 6.

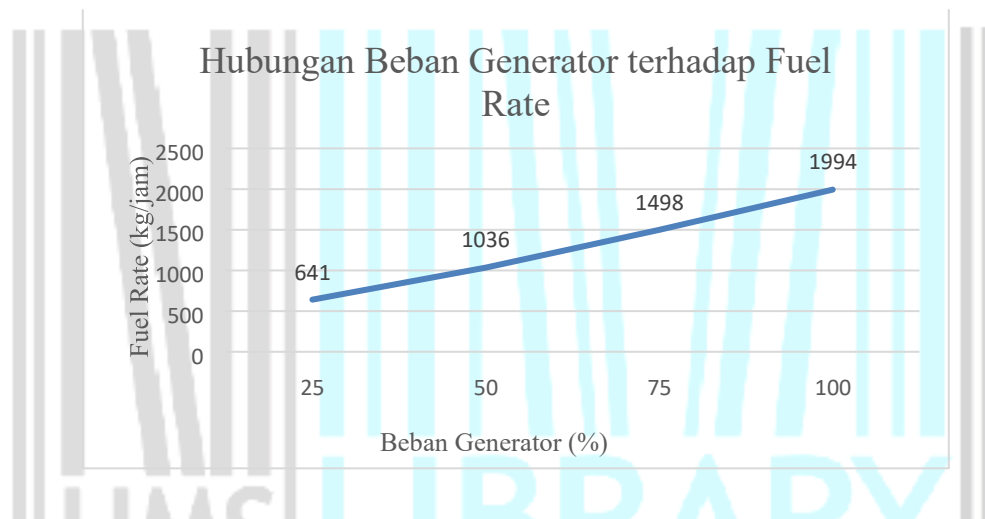
Tabel 6. Hasil Perhitungan Fuel Rate

Load (%)	Interval (menit)	Fuel Awal (kg)	Fuel Akhir (kg)	Δt (jam)	Fuel Rate (kg/jam)
25	0–30	111868	112185	0.5	634
25	30–60	112185	112509	0.5	648
50	0–30	113008	113531	0.5	1046
50	30–60	113531	114044	0.5	1026
75	0–30	117703	118452	0.5	1498
75	30–60	118452	119201	0.5	1498
100	0–30	121760	122711	0.5	1902
100	30–60	122711	123754	0.5	2086

Berdasarkan Tabel 6, nilai fuel rate menunjukkan variasi pada setiap interval waktu dan kondisi beban. Untuk memperoleh nilai yang lebih representatif, dilakukan perhitungan rata-rata fuel rate pada masing-masing variasi beban. Hasil perhitungan rata-rata dapat dilihat pada Tabel 7. Tabel 7. Perhitungan Rata – Rata Fuel Rate

Load (%)	Fuel Rate Rata-rata (kg/jam)
25	641
50	1036
75	1498
100	1994

Berdasarkan Tabel 7, nilai Fuel Rate menunjukkan kecenderungan meningkat seiring bertambahnya beban generator. Nilai Fuel Rate tertinggi diperoleh pada beban 100%, sedangkan nilai terendah terjadi pada beban 25%. Hubungan antara variasi beban dan Fuel Rate selanjutnya disajikan dalam bentuk grafik pada Gambar 3.3.



Gambar 3.3 Grafik Hubungan Beban Generator terhadap Fuel Rate

Berdasarkan Gambar 3.3, *Fuel Rate* mengalami peningkatan secara bertahap seiring kenaikan beban generator dari 25% hingga 100%. Nilai *Fuel Rate* meningkat dari 641 kg/jam menjadi 1994 kg/jam, yang menunjukkan bahwa kebutuhan bahan bakar semakin besar untuk mendukung peningkatan daya keluaran generator. Tren tersebut mengindikasikan adanya penyesuaian konsumsi bahan bakar terhadap kebutuhan operasi pada setiap tingkat pembebanan. Pola kenaikan yang relatif konsisten menunjukkan bahwa sistem pembakaran engine generator masih mampu memenuhi kebutuhan energi pada seluruh variasi beban yang diuji. Oleh karena itu, *Fuel Rate* dapat digunakan sebagai salah satu parameter dalam mengevaluasi karakteristik operasi *Engine Generator* Wärtsilä 20V34DF berdasarkan konsumsi bahan bakar pada berbagai kondisi pembebanan.

3.3.2 Perhitungan *Specific Fuel Consumption* (SFC)

Specific Fuel Consumption (SFC) merupakan parameter yang menunjukkan jumlah bahan bakar yang dibutuhkan untuk menghasilkan satu satuan daya keluaran. Parameter ini digunakan untuk mengevaluasi tingkat konsumsi bahan bakar engine generator pada berbagai kondisi operasi. Menurut (Popa et al., 2020) SFC didefinisikan sebagai perbandingan antara laju konsumsi bahan bakar dan daya yang dihasilkan engine, sehingga dapat digunakan sebagai indikator konsumsi bahan bakar spesifik dan efisiensi penggunaan bahan bakar. Nilai SFC dihitung menggunakan Persamaan (4). Perhitungan dilakukan untuk seluruh variasi beban dan waktu pengamatan. Hasil perhitungan SFC disajikan pada Tabel

Tabel 8. Hasil Perhitungan SFC

Load (%)	Interval (menit)	Fuel Rate (kg/jam)	Power (kW)	SFC (kg/kWh)
25	0–30	634	2444	0.259
25	30–60	648	2448	0.265
50	0–30	1046	4873	0.215
50	30–60	1026	4887	0.210
75	0–30	1498	7235	0.205
75	30–60	1498	7332	0.204
100	0–30	1902	9736	0.195
100	30–60	2086	9737	0.214

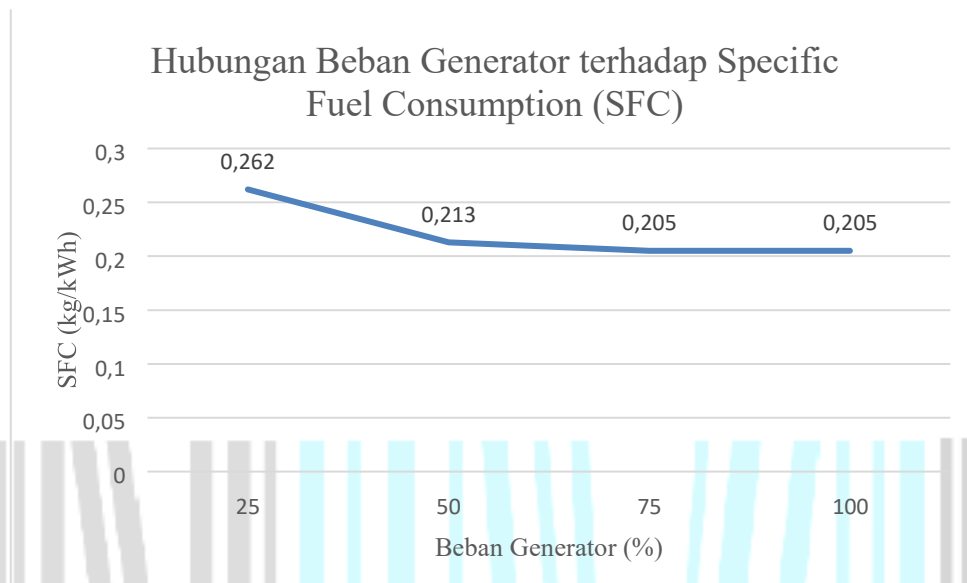
Berdasarkan Tabel 8, nilai SFC menunjukkan variasi pada setiap interval waktu dan kondisi beban. Untuk memperoleh nilai yang lebih representatif, dilakukan perhitungan rata-rata SFC pada masing-masing variasi beban. Hasil perhitungan rata rata dari SFC dapat dilihat pada Tabel 9.

Tabel 9. Perhitungan Rata- Rata SFC

Load (%)	SFC Rata-rata (kg/kWh)
25	0.262
50	0.213
75	0.205
100	0.205

Berdasarkan Tabel 9, nilai SFC menunjukkan kecenderungan menurun seiring peningkatan beban generator. Nilai SFC tertinggi diperoleh pada beban 25% sebesar 0.262 kg/kWh, sedangkan nilai

terendah terjadi pada beban 75% dan 100% sebesar 0.205 kg/kWh. Untuk memperjelas perubahan nilai SFC pada setiap variasi beban, hasil tersebut disajikan dalam bentuk grafik pada Gambar 3.4.



Gambar 3.4 Grafik Hubungan Beban Generator terhadap SFC

Berdasarkan Gambar 3.4, nilai SFC menunjukkan kecenderungan menurun seiring bertambahnya beban generator. Nilai SFC mengalami penurunan dari 0.262 kg/kWh pada beban 25% menjadi 0.205 kg/kWh pada beban 75% dan 100%. Kondisi ini menunjukkan bahwa penggunaan bahan bakar menjadi lebih efisien pada tingkat pembebanan yang lebih tinggi. Pada beban rendah, sebagian energi hasil pembakaran masih digunakan untuk mengatasi rugi-rugi operasi engine sehingga konsumsi bahan bakar per satuan daya relatif lebih besar. Sebaliknya, pada beban yang lebih tinggi, peningkatan daya keluaran generator berlangsung lebih cepat dibandingkan peningkatan konsumsi bahan bakar, sehingga nilai SFC menjadi lebih rendah. Hasil tersebut menunjukkan bahwa efisiensi penggunaan bahan bakar Engine Generator Wärtsilä 20V34DF cenderung meningkat pada kondisi pembebanan menengah hingga tinggi. Oleh karena itu, parameter SFC dapat digunakan sebagai salah satu indikator dalam mengevaluasi karakteristik operasi engine generator berdasarkan konsumsi bahan bakar spesifik pada berbagai variasi beban.

3.4 Evaluasi Kinerja Operasi Engine Generator Wärtsilä 20V34DF.

Evaluasi kinerja operasi Engine Generator Wärtsilä 20V34DF dilakukan dengan mengintegrasikan parameter sistem pendingin radiator dan konsumsi bahan bakar spesifik yang telah diperoleh pada tahap analisis sebelumnya. Pendekatan ini bertujuan untuk memberikan gambaran yang lebih komprehensif mengenai karakteristik operasi engine generator pada berbagai tingkat pembebanan. Parameter yang digunakan meliputi selisih temperatur (ΔT),

efektivitas radiator, Fuel Rate, Specific Fuel Consumption (SFC), putaran fan, dan arus fan. Rekapitulasi hasil perhitungan parameter-parameter tersebut disajikan pada Tabel 10 sebagai dasar dalam mengevaluasi kondisi operasi Engine Generator Wärtsilä 20V34DF pada variasi beban 25%, 50%, 75%, dan 100%.

Tabel 10. Rekapitulasi Parameter Operasi Engine Generator

Load (%)	Power Output (kW)	ΔT (°C)	Efektivitas Radiator (%)	Fuel Rate (kg/jam)	SFC (kg/kWh)	Fan RPM	Fan Current (A)
25	2446	28.0	81.80	641	0,262	289	164,8
50	4874	28.0	63.52	1036	0,213	289	165,6
75	7332	31.7	67.32	1498	0,205	538	182,2
100	9738	44.3	77.05	1994	0,205	714	220,0

Berdasarkan Tabel 10, peningkatan beban generator menyebabkan kenaikan daya keluaran (power output) dari 2446 kW pada beban 25% menjadi 9738 kW pada beban 100%. Peningkatan daya keluaran tersebut diikuti oleh kenaikan Fuel Rate dari 641 kg/jam menjadi 1994 kg/jam, yang menunjukkan bahwa kebutuhan bahan bakar bertambah seiring meningkatnya daya yang dihasilkan generator. Pada saat yang sama, nilai selisih temperatur (ΔT) meningkat dari 28.0°C menjadi 44.3°C, yang mengindikasikan bahwa jumlah panas yang harus dilepaskan radiator semakin besar pada kondisi pembebanan yang lebih tinggi. Kondisi tersebut juga diikuti oleh peningkatan putaran fan dari 289 rpm menjadi 714 rpm serta kenaikan arus fan dari 164.8 A menjadi 220.0 A. Hal ini menunjukkan bahwa sistem pendingin meningkatkan kapasitas kerjanya untuk menjaga temperatur operasi engine generator pada berbagai tingkat pembebanan.

Nilai efektivitas radiator berada pada rentang 63.52%–81.80%, yang menunjukkan bahwa radiator masih mampu menjalankan fungsi pelepasan panas pada seluruh variasi beban yang diuji. Meskipun terjadi fluktuasi efektivitas pada setiap tingkat pembebanan, sistem pendingin tetap mampu mendukung kestabilan temperatur operasi engine generator. Hasil ini sejalan dengan penelitian (Amin et al., 2023) yang menyatakan bahwa sistem pendingin berperan dalam menjaga temperatur air pendingin sehingga mendukung kestabilan operasi generator. Di sisi lain, nilai SFC mengalami penurunan dari 0.262 kg/kWh pada beban 25% menjadi 0.205 kg/kWh pada beban 75% dan 100%. Penurunan nilai SFC menunjukkan bahwa penggunaan bahan bakar menjadi lebih efisien pada beban menengah hingga tinggi. Temuan ini sejalan dengan penelitian (Hartono et al., 2022) yang menunjukkan bahwa nilai SFC dipengaruhi oleh kondisi operasi dan tingkat

pembebanan mesin. Kondisi ini mengindikasikan bahwa peningkatan daya keluaran generator berlangsung lebih besar dibandingkan peningkatan konsumsi bahan bakar yang digunakan.

Secara keseluruhan, hasil evaluasi menunjukkan bahwa peningkatan beban generator menyebabkan perubahan pada parameter sistem pendingin radiator dan konsumsi bahan bakar spesifik. Kenaikan nilai ΔT , *Fuel Rate*, putaran fan, dan arus fan menunjukkan meningkatnya kebutuhan operasi engine generator pada beban yang lebih tinggi, sedangkan nilai efektivitas radiator yang tetap berada pada rentang yang baik serta nilai SFC yang cenderung menurun menunjukkan bahwa sistem pendingin dan penggunaan bahan bakar masih bekerja secara efektif. Hasil tersebut sejalan dengan penelitian (Saputra et al., 2022) yang menggunakan *performance test* untuk mengevaluasi performa operasi mesin Wärtsilä W20V34DF pada berbagai kondisi pembebanan. Dengan demikian, Engine Generator Wärtsilä 20V34DF masih mampu beroperasi dengan baik pada variasi beban 25%, 50%, 75%, dan 100%, sehingga parameter sistem pendingin radiator dan konsumsi bahan bakar spesifik dapat digunakan sebagai indikator dalam mengevaluasi kinerja operasi unit pembangkit.

4. PENUTUP

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa peningkatan beban generator dari 25% hingga 100% menyebabkan kenaikan nilai selisih temperatur (ΔT) radiator dari 28.0°C menjadi 44.3°C, yang menunjukkan bahwa jumlah panas yang harus dilepaskan oleh radiator semakin besar seiring meningkatnya beban operasi engine generator. Meskipun demikian, nilai efektivitas radiator tetap berada pada rentang 63.52%–81.80%, yang menunjukkan bahwa sistem pendingin masih mampu menjalankan fungsi pelepasan panas pada seluruh variasi beban yang diuji. Peningkatan beban juga diikuti oleh kenaikan putaran fan dari 289 rpm menjadi 714 rpm serta arus fan dari 164.8 A menjadi 220.0 A, yang mengindikasikan bahwa sistem pendingin menyesuaikan kapasitas kerjanya untuk mendukung kebutuhan pendinginan pada beban yang lebih tinggi. Dari aspek konsumsi bahan bakar, nilai *Fuel Rate* meningkat dari 641 kg/jam menjadi 1994 kg/jam seiring bertambahnya daya keluaran generator, sedangkan nilai *Specific Fuel Consumption* (SFC) menurun dari 0.262 kg/kWh menjadi 0.205 kg/kWh pada beban 75% dan 100%, yang menunjukkan bahwa efisiensi penggunaan bahan bakar cenderung meningkat pada kondisi pembebanan yang lebih tinggi. Berdasarkan parameter ΔT , efektivitas radiator, *Fuel Rate*, *Specific Fuel Consumption* (SFC), putaran fan, dan arus fan, hasil evaluasi menunjukkan bahwa Engine Generator Wärtsilä 20V34DF masih mampu beroperasi dengan baik pada variasi beban 25%, 50%, 75%, dan 100%. Hal tersebut ditunjukkan oleh kemampuan sistem pendingin dalam melakukan pelepasan panas pada seluruh tingkat pembebanan serta kecenderungan peningkatan efisiensi penggunaan bahan bakar pada beban

menengah hingga tinggi. Dengan demikian, parameter sistem pendingin dan konsumsi bahan bakar dapat digunakan sebagai indikator dalam mengevaluasi kondisi operasi *Engine Generator Wärtsilä 20V34DF* pada *Barge Mounted Power Plant (BMPP)*.

PERSANTUNAN

Assalamu'alaikum Wr. Wb.

Puji syukur kehadirat Allah SWT atas segala rahmat, karunia, dan ridho-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan naskah publikasi ini dengan baik sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Elektro Universitas Muhammadiyah Surakarta. Dalam proses penyusunan naskah publikasi ini, penulis menyadari bahwa banyak pihak telah memberikan bantuan, dukungan, doa, serta motivasi yang sangat berarti. Oleh karena itu, penulis menyampaikan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada kedua orang tua dan keluarga tercinta yang senantiasa memberikan kasih sayang, doa, dukungan moral maupun material selama masa perkuliahan hingga penyelesaian tugas akhir ini. Penulis juga mengucapkan terima kasih kepada Ibu Ratnasari Nur Rohmah, S.T., M.T. selaku dosen pembimbing yang telah meluangkan waktu, tenaga, dan pikiran untuk memberikan arahan, masukan, serta bimbingan selama proses penelitian dan penyusunan naskah publikasi ini. Ucapan terima kasih juga penulis sampaikan kepada seluruh dosen Program Studi Teknik Elektro Universitas Muhammadiyah Surakarta yang telah memberikan ilmu dan pengalaman selama masa perkuliahan. Selain itu, penulis mengucapkan terima kasih kepada pihak perusahaan yang telah memberikan kesempatan dan dukungan selama pelaksanaan penelitian. Tidak lupa, penulis juga berterima kasih kepada sahabat dan teman-teman seperjuangan, khususnya Eksa Dewi Rengganis dan Dikki Nur Akhwan, yang telah memberikan bantuan, semangat, motivasi, serta menemani penulis dalam menghadapi berbagai tantangan selama masa perkuliahan hingga penyelesaian tugas akhir ini. Terakhir, penulis mengucapkan terima kasih kepada seluruh pihak yang tidak dapat disebutkan satu per satu yang telah memberikan kontribusi baik secara langsung maupun tidak langsung dalam penyusunan naskah publikasi ini. Semoga segala kebaikan, bantuan, dan dukungan yang telah diberikan mendapatkan balasan yang berlipat ganda dari Allah SWT.

Wassalamu'alaikum Wr. Wb.

DAFTAR PUSTAKA

- Amin, T. M., Situmeang, U., & Tanjung, A. (2023). *Analisis Kinerja Cooling Fan Terhadap Temperatur Air Untuk Meningkatkan Kinerja Generator Di PLTG Balai Pungut*. 7(2), 56–63. doi: 10.31849/sainetin.v7i2.
- Hartono, R., & Saputra, D. A. (2022). Biodiesel B30 Terhadap Spesific Fuel Consumsion (SFC) Mesin Wartsila PLTGD 30 MW. *DINAMIKA: Jurnal Teknik Mesin*, 7, 27–30. doi: 10.33387/dinamik.v7i2.6051
- Lewis, P., & Rasdorf, W. (2016). Fuel Use and Pollutant Emissions Taxonomy for Heavy Duty Diesel Construction Equipment. *Journal of Management in Engineering*, 33, 4016038. doi: 10.1061/(ASCE)ME.1943-5479.0000484
- Muzammil, M., Seraj, Z., Faizan, M., Anas, M., & Mohd, S. (2021). Experimental study on heat transfer of an engine radiator with - T i O 2 / EG - water nano - coolant. *SN Applied Sciences*, 3(4), 1–9. doi: 10.1007/s42452-021-04441-7
- Popa, G., & Alin, M. (2020). Locomotive Diesel Engine Operation with Optimal Specific Fuel Consumption. *Procedia Manufacturing*, 46, 440–444. doi: 10.1016/j.promfg.2020.03.064
- PT PAL Indonesia. (2020). *Proyek dual fuel barge mounted power plant untuk elektrifikasi Indonesia Timur masuki tahapan first steel cutting*. PT PAL Indonesia. Retrieved from <https://www.pal.co.id/proyek-dual-fuel-barge-mounted-power-plant-untuk-elektrifikasiindonesia-timur-masuki-tahapan-first-steel-cutting/>
- Saputra, R. A., & Aribowo, D. (2022). Analisis Efektivitas Mesin Diesel Wartsila W20V34DF Berbasis Performance Test (PT) pada Pembangkit Listrik Tenaga Mesin Gas (PLTMG) Ambon. *Jurnal Sains Dan Teknologi*, 1(2), 71–80. Retrieved from <https://doi.org/10.58169/saintek.v1i2.79>
- Sukri, Syamsuddin, U., Musthofa, I., Artika, K. D., & Merpatih. (2025). PENGARUH TEMPERATUR WATER COOLANT DAN AIR BIASA TERHADAP KONSUMSI BAHAN BAKAR PADA MESIN BENSIN DAIHATSU TARUNA EFI 1.6. *ELEMEN: Jurnal Teknik Mesin*, 12(1), 60–67. doi: doi.org/10.34128/je.v12i1.320
- Wärtsilä Corporation. (2022). *Wärtsilä 34DF Multi-Fuel Engine Generating Set*. Retrieved from https://www.wartsila.com/docs/default-source/energy-docs/technology-products/productleaflets/wartsila-34df.pdf?sfvrsn=add2a345_19
- Xie, H., Wang, Y., & Liu, J. (2021). applied sciences An Economical and Precise Cooling Model and Its Application in a Single-Cylinder Diesel Engine. *Applied Thermal Engineering*, 11. doi: 10.3390/app11156749