

Performa *Ducting* pada Sistem Pengkondisian Udara Kamar Mesin Kapal Ferry Ro-Ro Lintas Lembar – Padang Bai

Andi Husni Sitepu¹, Muhammad Iqbal Nikmatullah^{1,*}, Andi Haris Muhammad¹, Surya Hariyanto¹, Rachmat Zakaria Ilyas¹

¹Departemen Teknik Sistem Perkapalan, Fakultas Teknik, Universitas Hasanuddin, Makassar, Indonesia

*Email: lakibbal@unhas.ac.id

Abstrak

Sistem *ducting* merupakan sistem yang bertugas untuk mengkondisikan udara pada suatu ruangan dan merupakan salah satu sistem yang sangat vital untuk direncanakan pada kamar mesin kapal, bukan hanya berfungsi untuk suplai udara namun juga untuk menjaga suhu pada kamar mesin, merujuk pada *rules* BKI volume 3 tentang permesinan, suhu udara di kamar mesin tidak boleh melebihi 45 °C, pada penelitian ini, kamar mesin yang dijadikan objek penelitian yaitu kamar mesin pada kapal ferry ro-ro lintas Lembar - Padang Bai. Objek ini dipilih karena sistem *ducting* di kamar mesin kapal ini sudah direncanakan akan tetapi belum dipasang karena kapal ini masih dalam tahap pembangunan, maka dari itu penelitian ini hadir untuk menganalisis performa dari sistem *ducting* yang telah direncanakan dengan menggunakan *Computational Fluids Dynamic* (CFD). Hasil penelitian ini yaitu sistem *ducting* yang sudah direncanakan dapat menjaga suhu kamar mesin di 38,9 °C pada kondisi beban panas maksimum, 37,4 °C pada kondisi berlayar dengan luaran daya mesin utama sebesar 100 %, 37,1 °C pada kondisi berlayar dengan daya mesin utama 75 %, 36,7 °C pada kondisi berlayar dengan daya mesin utama 50 % dan 37,2 °C pada kondisi masuk-keluar pelabuhan, 36,06 °C pada kondisi bongkar muat serta 35,92 °C pada kondisi kapal berlabuh.

Abstract

Performance of Ducting in the Air Conditioning System of the Engine Room of Ro-Ro Ferry Ship Crossing Lembar - Padang Bai. The ducting system is a system that is responsible for conditioning the air in a room and is one of the crucial systems to be planned in the engine room of a ship. It not only functions to supply air but also to maintain the temperature in the engine room. Referring to the BKI (Biro Klasifikasi Indonesia) rules volume 3 on machinery, the air temperature in the engine room should not exceed 45 °C. In this research, the engine room of a ferry ship traveling between Lembar and Padang Bai is the object of study. This object was chosen because the ducting system in the ship's engine room has been planned but not yet installed as the ship is still under construction. Therefore, this research aims to analyze the performance of the planned ducting system using Computational Fluid Dynamics (CFD). The results of this research show that the planned ducting system can maintain the temperature of the engine room at 38.9 °C under maximum heat load conditions, 37.4 °C under sailing conditions with the main engine power output at 100%, 37.1 °C under sailing conditions with the main engine power at 75%, 36.7 °C under sailing conditions with the main engine power at 50%, and 37.2 °C during port entry-exit conditions, 36.06 °C during loading-unloading conditions, and 35.92 °C when the ship is docked.

Keywords: Sistem ducting; pengkondisian udara; computational fluid dynamic, kapal ferry Ro-Ro

1. Pendahuluan

Kapal ferry ro-ro lintas Lembar – Padang Bai memiliki ruangan untuk menyimpan komponen-komponen permesinan yang disebut kamar mesin [1]. Pada kamar mesin ini terdapat mesin penggerak kapal yang disebut Main Engine (mesin induk) dan auxiliary engine (generator set) [1], [2], pompa-pompa dan peralatan kerja lainnya untuk menunjang beroperasinya kapal [1], [3].

Pada saat mesin dan peralatan-peralatan lainnya beroperasi, temperatur di dalam kamar mesin akan meningkat [4]. Hal ini disebabkan karena mesin dan

peralatan-peralatan tersebut membebaskan atau melepas kalor ke lingkungan [5]. Jika tidak dikondisikan maka di dalam kamar mesin akan terasa sangat panas [5], [6]. Ini menyebabkan kenyamanan di dalam kamar mesin berkurang [7] dan bahkan dapat membahayakan ABK atau membuat peralatan pada kamar mesin menjadi overheat [4], [5]. Sistem pengkondisian udara pada kamar mesin merupakan sistem yang sangat dibutuhkan untuk menjaga suhu udara di kamar mesin dan juga untuk supply fresh air untuk Main Engine [6].

Sistem ventilasi yang digunakan di kamar mesin kapal untuk mensuplai udara yaitu sistem ventilasi udara mekanikal dimana terdapat blower dan saluran udara [6]. Saluran udara untuk kamar mesin tersebut selalu bekerja bersamaan saat udara dari luar masuk untuk mensuplai kebutuhan udara dalam kamar mesin dan untuk membuang udara panas dari dalam kamar mesin [7]. Peletakan ventilasi juga diperlukan agar optimal dalam menyuplai udara masuk ke dalam kamar mesin sehingga kamar mesin dapat bersirkulasi dengan baik dan suhu kamar mesin dapat sesuai dengan standar yang ditetapkan [8].

Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi performa sistem ducting yang direncanakan pada kamar mesin kapal ferry ro-ro lintas Lembar – Padang Bai.

2. Beban Panas pada Kamar Mesin

2.1. Mesin Utama dan Generator

Persamaan matematis beban panas yang dibebaskan oleh mesin dan peralatan yang ada di kamar mesin dapat menggunakan formula dari ISO 8861:1998 yang diratifikasi ke dalam IS 14909:2001 sebagai berikut.

$$Q = (0,02 \times Ne \times gc \times Qf) \times 1,163 \quad (1)$$

Dimana, Ne adalah daya mesin utama (Watt), gc adalah konsumsi bahan bakar spesifik (kg/Watt.jam) dan Qf adalah nilai kalor dari bahan bakar (kkal/kg), serta Q adalah beban panas dari mesin utama atau generator (Watt) [9].

2.2. Motor Listrik

Untuk menghitung beban panas pada motor listrik, digunakan rumus sebagai berikut:

$$Q = 846 \times N \times \left(\frac{1 - \eta}{\eta} \right) \quad (2)$$

Dimana N adalah daya motor listrik (Watt), η adalah efisiensi motor listrik serta Q adalah beban panas motor listrik (Watt) [9].

3. Metodologi

Langkah awal yang dilakukan pada penelitian ini yaitu mengumpulkan data komponen-komponen yang ada di kamar mesin serta memperhitungkan beban panas yang ditimbulkan akibat kerja dari komponen-komponen tersebut.

Perhitungan beban panas pada kamar mesin disimulasikan dengan memvariasikan kerja dari komponen-komponen, yaitu bekerja 100% (beban maksimum), kondisi berlayar (mesin bekerja pada kondisi 100%, 75% dan 50% dari daya maksimum),

manuver masuk-keluar pelabuhan, bongkar-muat serta berlabuh.

3.1. Data Komponen di Kamar Mesin

Adapun data dari masing-masing komponen yang ada pada kamar mesin dapat dilihat pada Tabel 1-3.

Tabel 1. Data mesin utama

Item	Keterangan
Merk	Yanmar
Tipe	6EY26W
Jumlah silinder	6 silinder
Daya	1953 HP
SFoC	0,144 kg/HP.jam
Putaran	750 rpm

Tabel 2. Data generator

Item	Keterangan
Merk	Baudouin
Tipe	6M26.2
Jumlah silinder	6 silinder
Daya	541 HP
SFoC	0,157 kg/HP.jam
Putaran	750 rpm

Tabel 3. Data motor listrik

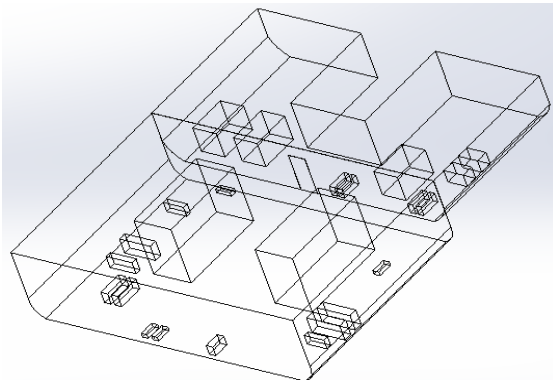
Item	Keterangan
Pompa pemadam kebakaran & dinas umum	1 x 22 kW
Pompa pemadam kebakaran (water deluge)	2 x 30 kW
Pompa bilga	1 x 7,5 kW
Pompa ballast	1 x 7,5 kW
Pompa hydrophore air tawar panas & tangki	2 x 4 kW
Pompa hydrophore air tawar & tangki	2 x 4 kW
Pompa hydrophore air laut & tangki	1 x 4 kW
Pompa air kotor (sewage)	1 x 4 kW
Pompa minyak kotor (dirty oil)	1 x 4 kW
Pompa transfer bahan bakar	2 x 4 kW
Pompa transfer minyak lumas	1 x 4 kW
Compressor udara	2 x 5,5 kW
Pompa pendingin udara (ahu)	2 x 11 kW

Lampu-lampu dan peralatan listrik lain pada kamar mesin selain yang tertuang dalam Tabel 3 diabaikan.

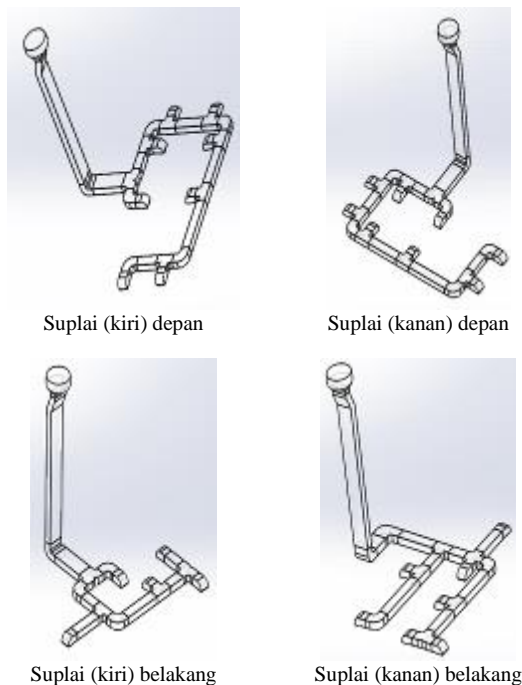
3.2. Pemodelan

Pemodelan kamar mesin, komponen-komponen serta sistem ducting ke dalam software CFD dapat dilihat pada Gambar 1 dan Gambar 2. Pada Gambar 1 terlihat bahwa posisi mesin utama dan generator

dipisahkan oleh dinding dengan bukaan permanen pada bagian tengah.



Gambar 1. Pemodelan kamar mesin



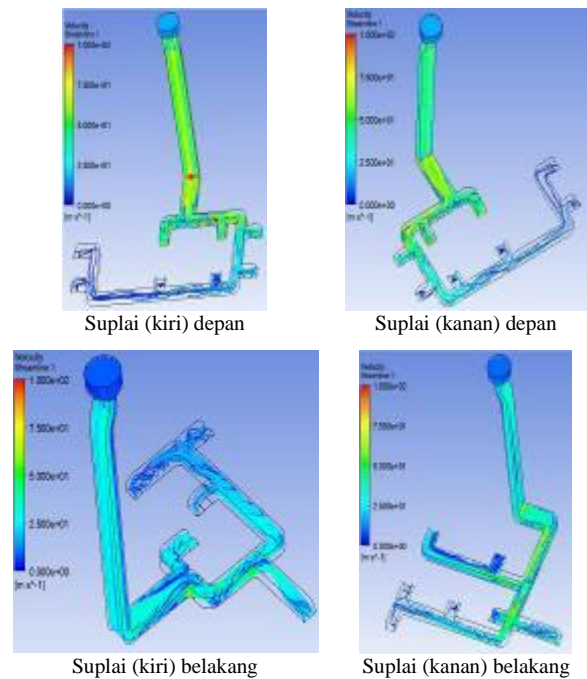
Gambar 2. Pemodelan sistem ducting

Pada objek kapal yang diteliti, terdapat 4 (empat) saluran udara masuk, 2 (dua) pada bagian depan untuk ruang mesin utama dan 2 (dua) pada bagian belakang untuk ruang generator. Selain itu, terdapat 2 (dua) saluran udara keluar yang terletak di ruang mesin utama.

4. Pembahasan

Simulasi yang dilakukan menggunakan software Ansys Fluent, dapat diperoleh karakter kecepatan aliran fluida pada saluran udara masuk sebagaimana yang terlihat pada Gambar 3. Dari Gambar 3 dapat dilihat bahwa terjadi perbedaan laju aliran fluida yang masuk ke kamar mesin khususnya pada ruangan generator. Hal ini disebabkan oleh perbedaan jumlah belokan dan jumlah outlet pada bagian tersebut.

Perbedaan laju aliran ini tentu akan berpengaruh terhadap performa pengkondisian udara pada kamar mesin secara keseluruhan.



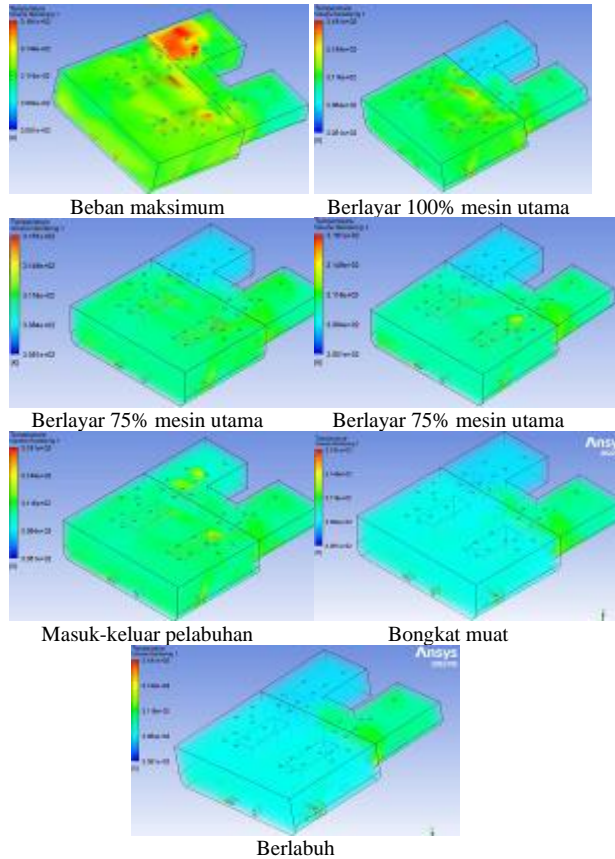
Gambar 3. Karakter aliran pada sistem ducting

Hasil simulasi pengkondisian udara pada kamar mesin kapal ferry ro-ro lintas Lembar – Padang Bai ditampilkan dalam bentuk *volume render* seperti yang terlihat pada Gambar 4 dan suhu rata-rata pada kamar mesin disajikan pada Gambar 5.

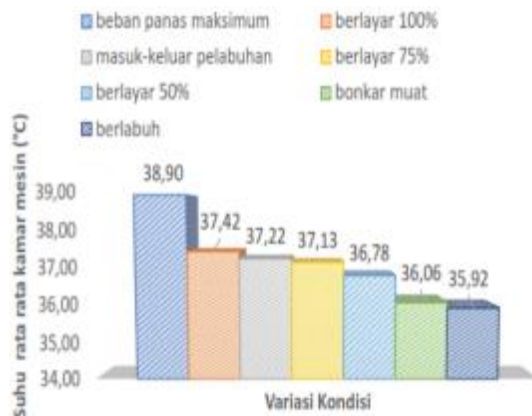
Dari Gambar 4 dapat diamati perbedaan kondisi suhu udara di kamar mesin ketika simulasi dilakukan dalam beberapa variasi beban panas. Kondisi paling rawan diperoleh pada saat simulasi dilakukan dengan beban panas maksimum (semua peralatan di kamar mesin bekerja). Suhu udara di bagian atas mesin bantu diperoleh lebih dari 45 °C (melebihi ambang batas suhu maksimum [9]). Hal ini terjadi karena pada titik tersebut, terdapat 2 mesin bantu yang posisinya berdekatan, sedangkan saluran *outlet* hanya terletak di bagian depan dari kamar mesin, sehingga udara panas yang dihasilkan akibat radiasi dari 2 mesin bantu tidak dapat bersirkulasi (dikeluarkan) dengan baik pada saluran *outlet*. Namun pada kenyataannya kondisi ini mungkin tidak akan terjadi, mengingat pada umumnya kapal beroperasi tidak dalam kondisi semua peralatan bekerja bersamaan. Seperti yang terlihat pada variasi kondisi berlayar (hanya 1 mesin bantu yang beroperasi) dan variasi lainnya, suhu udara di kamar mesin secara keseluruhan masih dapat dikondisikan oleh sistem *ducting* yang terpasang pada kamar mesin kapal ferry ro-ro objek penelitian.

Dari hasil simulasi yang disajikan pada Gambar 4 dan Gambar 5 dapat diamati bahwa suhu rata-rata

kamar mesin pada kondisi beban panas maksimum menunjukkan angka paling tinggi dan suhu kamar mesin paling rendah terjadi pada kondisi berlabuh, ini dipengaruhi oleh jumlah peralatan yang bekerja di setiap kondisi.

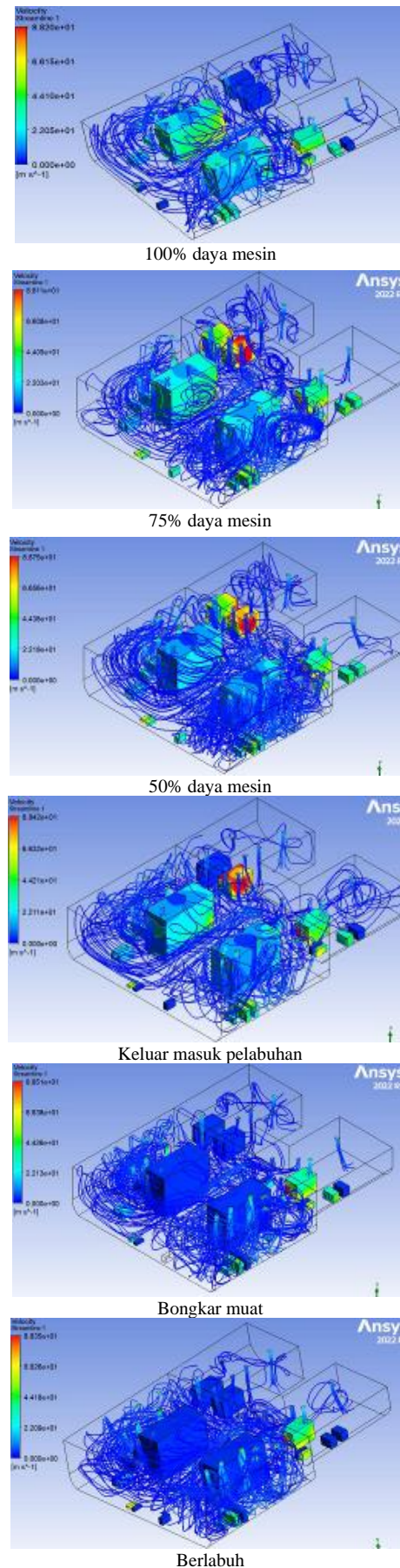


Gambar 4. Hasil simulasi pengkondisian udara



Gambar 5. Suhu rata-rata pada kamar mesin

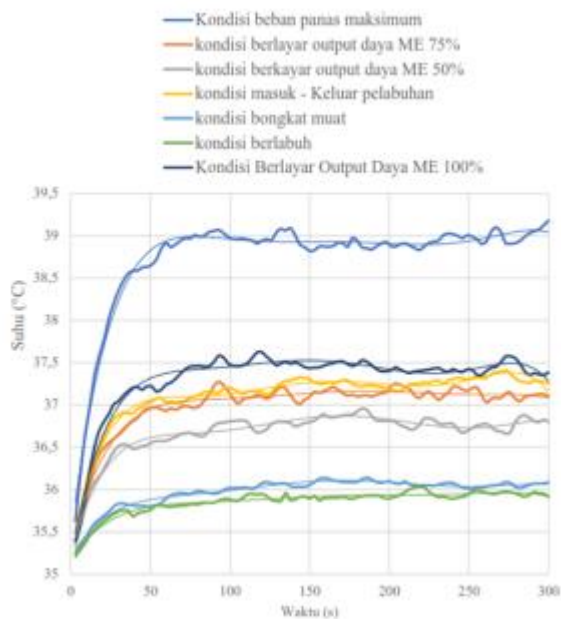
Pada tiap-tiap variasi kondisi beban panas yang disimulasikan diperoleh perbedaan kontur suhu pada sistem permesinan yang mengakibatkan perbedaan suhu rata-rata seperti yang terlihat pada Gambar 6.



Gambar 6. Hasil simulasi pengkondisian udara

Pada Gambar 6 dapat dilihat bentuk aliran udara yang mengalir dari sistem *ducting* masuk ke dalam kamar mesin dan bersirkulasi sebelum dikeluarkan melalui jalur *outlet*. Turbulensi aliran yang diperoleh relatif sama pada setiap variasi kondisi beban panas pada kamar mesin.

Salah satu komponen penting dari sistem pengkondisian udara adalah seberapa lama udara di dalam ruangan bisa dikondisikan serta seberapa besar suhunya. Pada penelitian ini diperoleh grafik perubahan suhu terhadap waktu sebagaimana ditampilkan pada Gambar 7.



Gambar 7. Hasil simulasi perubahan suhu di kamar mesin

Dari Gambar 7 dapat dilihat bahwa pada awal simulasi dilakukan, terjadi peningkatan suhu yang cukup signifikan, kondisi ini terjadi pada semua variasi. Hal ini diakibatkan oleh beban panas yang dikeluarkan oleh masing-masing komponen yang bekerja belum disirkulasikan oleh sistem *ducting*. Pada detik ke-50 simulasi dan seterusnya diperoleh suhu pada kamar mesin yang relatif konstan. Hal ini menunjukkan bahwa sistem *ducting* yang direncanakan pada kamar mesin kapal ferry ro-ro lintas Lembar – Padang Bai butuh waktu sekitar ± 50 detik untuk mengkondisikan udara.

Adapun kapasitas beban panas total untuk sebuah sistem *ducting* dapat dihitung dengan rumus [9],

$$q = P\Delta xh(T_i - T_o) \quad (3)$$

Dimana P adalah perimeter sistem *ducting* (m), Δx adalah panjang sistem *ducting* (m), h adalah koefisien perpindahan panas konveksi dari udara ($W/m^2\text{°C}$), T_i adalah suhu masuk (°C) serta T_o adalah

suhu yang keluar dari sistem *ducting* (°C). Diperoleh kapasitas beban panas total sebesar 211,61 kW.

Jika dibandingkan dengan nilai beban panas total yang diperoleh dari hasil simulasi pada *software Ansys*, terdapat selisih 1,02%. Perbedaan ini wajar terjadi mengingat batasan-batasan yang digunakan dalam perhitungan menggunakan rumus empiris berbeda dengan simulasi menggunakan *software*.

5. Kesimpulan

Dari hasil simulasi yang dilakukan pada penelitian ini, didapatkan bahwa suhu konstan rata-rata pada kondisi beban panas maksimal, suhu kamar mesin meningkat sebesar 11,11% dari suhu awal, yaitu 38,89 °C , kondisi berlayar dengan output daya main engine 100% suhu kamar mesin naik 6,81% dari suhu awal, yaitu 37,41 °C , kondisi berlayar dengan output daya main engine 75% suhu kamar mesin naik 6,01% dari suhu awal, yaitu 37,10 °C , pada kondisi berlayar dengan output daya main engine 50% suhu kamar mesin naik 5,14% dari suhu awal, yaitu 36,77 °C , pada kondisi masuk-keluar pelabuhan suhu kamar mesin naik 6,44% dari suhu awal, yaitu 37,25 °C , pada kondisi bongkar muat suhu kamar mesin naik 3,11% dari suhu awal, yaitu 36,089 °C , pada kondisi berlabuh suhu kamar mesin naik 2,62% dari suhu awal, yaitu 35,91 °C .

Referensi

- [1] M. Santoso, "Studi Perancangan Kapal Ferry Tipe Catamaran 1000GT," *Kapal J. Ilmu Pengetah. dan Teknol.*, vol. 12, pp. 69–77, 2015.
- [2] B. Goksu and K. Bayramoğlu, "Effect of Electric Vehicle Transportation and Carbon Capture System on Concept Ro-Ro ship Stability and EEDI," *Mar. Sci. Technol. Bull.*, vol. 12, pp. 267–281, 2023.
- [3] P. Pitrianiingsih and R. Hermawan, "Analisis Perancangan Pengkondisian Udara dengan Menggunakan AC VRF," in *Seminar Nasional Pakar ke 2*, 2019.
- [4] A. A. D. Santika, H. Wijaksana, and I. K. Astawa, "Analisa Performansi Cooling Pad Tanpa Saluran Udara dan Dengan Saluran Udara," *IPTEKMA J. Mhs. Univ. Udayana*, vol. 8, pp. 81–88, 2019.
- [5] A. Santoso, A. Baheamsyah, and M. R. Nugraha, "Optimize Air Ventilation Arrangement Using CFD Model to Maintain the Engine Room Temperatures of an 8000 DWT General Cargo," *SENTA Mar. Technol. Sustain. Dev.*, pp. 30–35, 2017.
- [6] E. Alizadeh, A. Maleki, and A. Mohamadi, "An Investigation of the Effect of Ventilation Inlet and Outlet Arrangement on Heat Concentration in a Ship Engine Room," *ETASR Eng. Technol. Appl. Sci. Res.*, vol. 7, no. 5, pp. 1996–2004, 2017.
- [7] A. P. Nugroho, M. M. E. Prayitno, and A. Gafur, "Kajian Numerik Tata Letak ventilator Ruang Kamar Mesin Di Kapal Coaster 2000 GT," in *Proceeding 1st Conference on Mechanical Engineering and its Application*, 2021.

- [8] P. Puspitasari, "Analisa Supply Aliran Udara Terhadap Variabel Suhu, Tekanan Dan Kecepatan Udara Pada Kamar Mesin Kapal Tanker 6500 Dwt Menggunakan Computational Fluid Dynamics," Institut Teknologi Surabaya.
- [9] IS 19409, *Shipbuilding — Engine-Room Ventilation in Diesel Engined Ships — Design Requirements and Basis of Calculations*. 2001.