

ANALISA KINERJA OIL COOLER DENGAN PENDEKATAN FINITE ELEMENT ANALYSIS (FEA) PADA BEBAN DAYA YANG DIGUNAKAN GENERATOR DI KM TRANS MITRAMAS 5

Oleh

Teguh Binardi¹, Mustopa Kamal², Ade Hermawan³, Achmad Syarifudin⁴, Doly Andrian Harahap⁵, Marsono⁶, Aprizha Muhammad Fadhil⁷

^{1,2,3,4,5,6,7}Program Studi Permesinan Perikanan, Politeknik Ahli Usaha Perikanan

E-mail: ¹mustopakamal1030@gmail.com

Article History:

Received: 01-09-2025

Revised: 28-09-2025

Accepted: 02-10-2025

Keywords:

Finite Element Analysis (FEA), Oil Cooler Shell and Tube, Ansys Workbench, Steady State Thermal

Abstract: This study analyzes the thermal performance of a shell and tube type oil cooler installed in the generator of the KM Trans Mitramas 5 fishing vessel, located in Samudera Bitung Fishing Port, North Sulawesi. Using the Finite Element Analysis (FEA) method and ANSYS simulation, the study investigates how thermal loads, derived from different power levels (70 kW, 130 kW, and 200 kW), affect heat transfer effectiveness and temperature distribution. The results show increasing Log Mean Temperature Difference (LMTD) and hotspot patterns correlating with higher thermal loads. Simulation findings confirm the oil cooler's capability to stabilize oil temperature under varying loads, with LMTD values of 38.12°C, 53.00°C, and 56.18°C respectively. The system remains efficient, though routine maintenance and proper material selection are recommended for long-term performance.

PENDAHULUAN

Sistem pendinginan merupakan salah satu aspek penting dalam menjaga kinerja dan efisiensi mesin kapal, terutama pada generator yang beroperasi dalam kondisi beban bervariasi. Salah satu komponen utama dalam sistem pendinginan adalah *oil cooler* (Singh et al. 2013). *Oil cooler* merupakan komponen penting dalam sistem pelumasan generator yang berfungsi untuk mengontrol suhu oli agar tetap berada dalam rentang optimal. Komponen utamanya terdiri dari tabung silinder besar di bagian luar (*shell*) dan sejumlah pipa kecil di bagian dalam (*tube*) (Ahmad Husen, Tubagus M. Ichwan Akbar 2020). Di dalam sistem ini, fluida yang mengalir di luar pipa (dalam *shell*) memiliki suhu yang berbeda dengan fluida yang mengalir di dalam pipa. Perbedaan suhu inilah yang memungkinkan terjadinya proses perpindahan panas antara kedua fluida tersebut.

Efisiensi perpindahan panas pada *oil cooler* sangat dipengaruhi oleh faktor-faktor seperti beban termal dari daya yang digunakan, kondisi operasional mesin, dan karakteristik desain dan material. Untuk meningkatkan efisiensi perpindahan panas pada penukar panas tipe *shell and tube*, umumnya dipasang sekat atau *baffle* di dalamnya. Tujuannya adalah untuk menciptakan aliran turbulen dan memperpanjang waktu tinggal fluida di dalam alat tersebut. Namun, keberadaan sekat ini juga dapat menyebabkan peningkatan *pressure drop*, yang

berdampak pada bertambahnya beban kerja pompa. Oleh karena itu, laju aliran fluida perlu diatur dengan cermat agar sistem tetap bekerja secara optimal.

Pada penelitian ini bertujuan untuk menganalisis distribusi pola perpindahan panas pada *oil cooler* generator dengan pendekatan *Finite Element Analysis (FEA)* berdasarkan variasi beban termal yang digunakan. Metode yang digunakan dalam penelitian ini melibatkan pemodelan geometri *oil cooler* menggunakan perangkat lunak SolidWorks, yang kemudian dianalisis menggunakan ANSYS untuk mengevaluasi distribusi suhu, fluks panas, dan efektivitas perpindahan panas. Analisis ini diharapkan dapat memberikan gambaran yang lebih jelas mengenai distribusi panas yang terjadi pada berbagai variasi beban dan efisiensi sistem pendinginan serta potensi perbaikan *oil cooler* untuk meningkatkan performa mesin kapal.

LANDASAN TEORI

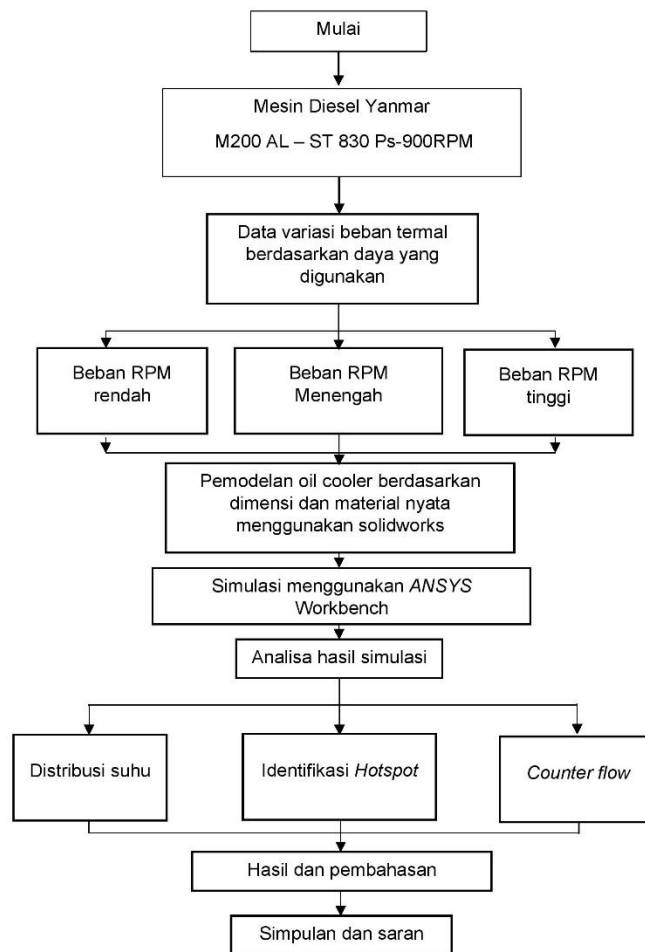
Efisiensi perpindahan panas pada *oil cooler* sangat dipengaruhi oleh faktor-faktor seperti beban termal dari daya yang digunakan, kondisi operasional mesin, dan karakteristik desain dan material tersebut (Ahmad Husen, Tubagus M. Ichwan Akbar 2020). Untuk meningkatkan efisiensi perpindahan panas pada penukar panas tipe *shell and tube*, umumnya dipasang sekat atau *baffle* di dalamnya. Tujuannya adalah untuk menciptakan aliran turbulen dan memperpanjang waktu tinggal fluida di dalam alat tersebut. Namun, keberadaan sekat ini juga dapat menyebabkan peningkatan *pressure drop*, yang berdampak pada bertambahnya beban kerja pompa (Wicaksono and Shell 2017). Oleh karena itu, laju aliran fluida perlu diatur dengan cermat agar sistem tetap bekerja secara optimal (Masyhuri, Puspawan, and Suandi 2022).

Penelitian terdahulu sebelumnya telah menunjukkan bahwa peningkatan beban termal dapat mempengaruhi efektivitas perpindahan panas pada *oil cooler*, yang pada akhirnya berdampak pada performa mesin secara keseluruhan. Agar suhu minyak pelumas tetap berada di tingkat kerja yang ideal, perawatan pada *LO Cooler* harus dilakukan dengan teliti. Selain itu, aliran massa media pendingin, yaitu air laut, juga perlu selalu dipantau dan dikendalikan dengan baik (Patayang, Mesin, and Samarinda 2017). Jika *oil cooler* tidak mampu mentransfer panas secara optimal, suhu oli akan meningkat secara signifikan, yang dapat menyebabkan penurunan viskositas oli, meningkatkan keausan komponen mesin, dan mengurangi efisiensi operasional. Oleh karena itu, Beban termal yang tinggi pada generator kapal akan meningkatkan kebutuhan perpindahan panas pada *oil cooler*. Efektivitas *oil cooler* sangat bergantung pada desain, kondisi operasional, dan perawatan sistem pendingin (Chahyono et al. 2025) (Subekti et al. 2022). Jika *oil cooler* tidak mampu mengimbangi kenaikan beban termal, suhu oli akan naik dan berisiko menyebabkan gangguan pada mesin, sehingga diperlukan analisis yang lebih mendalam untuk memahami bagaimana beban termal dari daya yang digunakan mempengaruhi perpindahan panas pada *oil cooler* di generator kapal (Bhattad et al. 2024).

METODE PENELITIAN

Penelitian dilakukan untuk menganalisis kinerja *oil cooler* pada mesin generator kapal menggunakan pendekatan *Finite Element Analysis (FEA)*. Fokus utama penelitian adalah pada pengaruh beban termal terhadap kinerja sistem pendingin oli, dengan menggunakan

software ANSYS untuk simulasi dan distribusi berupa kontur perpindahan panas. Penelitian ini dilakukan pada kapal KM Transmitramas 5, di mana data suhu dan tekanan yang telah diukur langsung di lapangan akan digunakan untuk mendukung analisis dan membandingkan hasil simulasi. Adapun rancangan penelitian dapat dilihat pada gambar dibawah ini.



Gambar 1. Rancangan Penelitian

Teknik Pengambilan Data

Teknik pengambilan data pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Observasi

Menurut (Siti Romdona, Silvia Senja Junista 2025) Observasi merupakan metode pengumpulan data yang dilakukan dengan mengamati objek secara langsung ataupun tidak langsung, lalu mencatat setiap informasi penting yang muncul menggunakan instrumen atau lembar observasi yang telah disiapkan. Pada kegiatan penelitian ini penulis melakukan observasi di KM. Trans Mitramas 5 dengan sasaran penelitian yaitu pada sistem pelumasan mesin diesel penggerak generator pada KM. Trans Mitramas 5 tentang kinerja oil cooler, perpindahan panas dan pengaruh daya yang digunakan terhadap peningkatan suhu oil cooler.

2. Dokumentasi

Pengumpulan data menggunakan metode dokumentasi yang dimaksudkan supaya

kegiatan selama melaksanakan penelitian dapat didokumentasikan sesuai dengan prosedur sebagai bukti bahwa penulis melaksanakan penelitian. Dokumentasi ini dilakukan untuk mengambil beberapa gambar seperti: jenis kapal, komponen permesinan di atas kapal, dan model nyata oil cooler untuk menunjang data yang diperlukan dalam penulisan laporan Karya Ilmiah Penelitian.

3. Studi Pustaka

Studi pustaka atau literatur review adalah sebuah proses membaca, mempelajari kembali, dan menganalisis berbagai literatur, hasil penelitian atau studi yang berhubungan dengan penelitian yang akan dilakukan (Ridwan et al. 2021). Metode kepustakaan ini digunakan juga sebagai pelengkap data apabila terdapat kesulitan dalam pemecahan-pemecahan masalah didalam penelitian dengan mempelajari teori-teori yang berhubungan dengan pokok permasalahan (Abdussamad 2021). Studi pustaka pada penelitian ini dilakukan dengan mencari e-journal, e-book, serta laporan dari sebuah penelitian yang dimaksudkan sebagai referensi pada penyusunan Karya Ilmiah Penelitian ini. Literatur yang dimaksud yaitu mengenai teori tentang mesin diesel penggerak generator kapal, teknik pemeliharaan dan monitoring kinerja oil cooler, perpindahan panas akibat beban termal dari daya yang digunakan, dan literatur tentang finite element analysis.

4. Pengukuran dan Simulasi

Dalam penelitian ini, pengumpulan data dilakukan melalui dua pendekatan utama: pengukuran langsung di lapangan dan simulasi numerik menggunakan metode *Finite Element Analysis (FEA)*.

- a. Pengukuran Lapangan: Data operasional oil cooler pada kapal KM Trans Mitramas 5 dikumpulkan dengan mengukur suhu dan tekanan oli pada sisi masuk dan keluar oil cooler. Pengukuran ini bertujuan untuk mengevaluasi efektivitas perpindahan panas dan mendeteksi potensi penurunan kinerja sistem pendingin.
- b. Simulasi FEA: Model geometri oil cooler dibuat menggunakan perangkat lunak pemodelan 3D, kemudian dianalisis menggunakan perangkat lunak FEA seperti ANSYS. Simulasi ini memungkinkan analisis distribusi suhu dan tegangan termal pada komponen oil cooler, serta identifikasi area kritis yang berpotensi mengalami kegagalan struktural akibat beban termal.

Pendekatan kombinasi antara pengukuran lapangan dan simulasi numerik ini sejalan dengan praktik yang diterapkan dalam industri untuk memastikan keandalan dan efisiensi sistem pendingin.

Metode Analisa Data

Metode analisis data dalam penelitian ini menggunakan pendekatan analisis deskriptif kuantitatif yang bertujuan untuk menggambarkan dan mengevaluasi kinerja oil cooler generator berdasarkan beban termal yang dihitung dari daya mesin dan karakteristik perpindahan panas. Analisis dilakukan dengan menggabungkan perhitungan teoritis dan simulasi numerik berbasis metode elemen hingga *Finite Element Analysis (FEA)* untuk mendapatkan gambaran menyeluruh mengenai distribusi suhu dan efisiensi pendinginan pada *oil cooler*. Langkah-langkah analisa data dilakukan sebagai berikut:

1. Pengumpulan Data Lapangan

Data diambil langsung dari kapal KM Trans Mitramas 5 yang sedang beroperasi di Pelabuhan Perikanan Samudera Bitung, meliputi:

- a. Spesifikasi geometri *oil cooler* (diameter shell, panjang tube, jumlah tube, jumlah baffle, dan lainnya),
- b. Data suhu dan tekanan pada sisi oli dan air laut saat mesin bantu beroperasi pada beban rendah, sedang, dan tinggi,
- c. Daya mesin bantu (dalam satuan kW) yang digunakan untuk menghitung beban termal.
- d. Perhitungan Beban Termal Berdasarkan Daya Mesin. Beban termal yang ditransfer ke *oil cooler* dihitung berdasarkan daya yang digunakan oleh mesin bantu. Daya tersebut dikonversi menjadi energi panas menggunakan pendekatan efisiensi termal mesin dan perkiraan beban panas yang dibuang melalui oli. Hasil perhitungan ini digunakan sebagai input untuk simulasi dan sebagai dasar analisa efisiensi pendinginan.
- e. Perhitungan Teoritis Perpindahan Panas. Menggunakan pendekatan *LMTD (Log Mean Temperature Difference)*, dilakukan perhitungan laju perpindahan panas dengan rumus:

$$\Delta LMTD = ((T_{h,in} - T_{c,out}) - (T_{h,out} - T_{c,in})) / \ln \left(\frac{(T_{h,in} - T_{c,out})}{(T_{h,out} - T_{c,in})} \right)$$

Keterangan :

$T_{h,in}$: Suhu fluida panas masuk (oli)

$T_{h,out}$: Suhu fluida panas keluar (oli)

$T_{c,in}$: Suhu fluida dingin masuk (air pendingin)

$T_{c,out}$: Suhu fluida dingin keluar (air pendingin)

$\Delta LMTD$: Log Mean Temperature Difference ($^{\circ}\text{C}$)

2. Simulasi Numerik dengan Finite Element Analysis (FEA)

Model 3D *oil cooler* dibuat menggunakan CAD sesuai data geometris aktual, lalu disimulasikan pada software berbasis FEA seperti ANSYS atau SimScale. Simulasi dilakukan dalam kondisi steady-state thermal untuk tiga variasi beban termal (rendah, sedang, tinggi) sesuai data daya mesin. Hasil simulasi berupa distribusi suhu dan estimasi laju perpindahan panas digunakan untuk mengevaluasi efisiensi kerja *oil cooler*.

3. Penyajian Data dan Interpretasi Hasil

Data hasil pengukuran, perhitungan teoritis, dan simulasi disajikan dalam bentuk tabel dan grafik. Grafik digunakan untuk menampilkan: Tren distribusi suhu terhadap variasi beban termal, Efisiensi perpindahan panas pada masing-masing kondisi, dan Perbandingan antara hasil teoritis dan numerik. Melalui tahapan ini, dapat diperoleh pemahaman menyeluruh mengenai kinerja aktual *oil cooler* generator, serta efektivitasnya dalam merespons perubahan beban termal berdasarkan daya mesin yang digunakan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Simulasi menunjukkan bahwa pada beban rendah, suhu oli menurun dari $71,91^{\circ}\text{C}$ menjadi $66,90^{\circ}\text{C}$ dengan LMTD sebesar $38,12^{\circ}\text{C}$. Beban sedang menghasilkan penurunan suhu dari $84,73^{\circ}\text{C}$ ke $78,00^{\circ}\text{C}$ dengan LMTD sebesar $53,00^{\circ}\text{C}$. Pada beban tinggi, suhu menurun dari $87,53^{\circ}\text{C}$ ke $83,00^{\circ}\text{C}$ dan menghasilkan LMTD sebesar $56,18^{\circ}\text{C}$. Distribusi suhu pada visualisasi simulasi menunjukkan gradien panas yang stabil dan tidak terdapat titik panas ekstrem (*hotspot*), yang menandakan desain sistem *oil cooler* mampu merespon variasi beban secara efektif. Efisiensi sistem tetap tinggi karena perpindahan panas berlangsung merata, didukung oleh konfigurasi 59 *tube* dan 9 *baffle*.

1. Perhitungan Log Mean Temperature Difference (LMTD)

Perhitungan Log Mean Temperature Difference (LMTD) digunakan untuk mengetahui

rata-rata beda suhu efektif antara dua fluida yang tidak bersentuhan langsung di dalam heat exchanger seperti *oil cooler*. LMTD penting karena beda suhu tidak konstan di sepanjang panjang penukar panas, melainkan berubah secara bertahap (Herman Ade, Kamal Mustopa, Anshori M Alfian, Nababan Sakti P, Marsono, Mustono eddy 2024) (Cui et al. 2014). Pada sistem *oil cooler* jenis *shell and tube*, LMTD digunakan untuk menentukan efisiensi perpindahan panas berdasarkan perbedaan suhu oli dan air pendingin pada masukan dan keluaran.

Rumus LMTD Untuk konfigurasi *counter flow* (aliran berlawanan arah), rumus LMTD adalah:

$$\Delta T_{lm} = \frac{(T_{h,in} - T_{c,out}) - (T_{h,out} - T_{c,in})}{\ln\left(\frac{T_{h,in} - T_{c,out}}{T_{h,out} - T_{c,in}}\right)}$$

Keterangan :

$T_{h,in}$: Suhu fluida panas masuk (oli)

$T_{h,out}$: Suhu fluida panas keluar (oli)

$T_{c,in}$: Suhu fluida dingin masuk (air pendingin)

$T_{c,out}$: Suhu fluida dingin keluar (air pendingin)

ΔT_{lm} : Log Mean Temperature Difference (°C)

Tabel 1. Variasi Beban

Beban (kW)	Suhu Oli Masuk (°C)	Suhu Oli Keluar (°C)	Suhu Air Masuk (°C)	Suhu Air Keluar (°C)	LMTD Teoritis (°C)
Rendah (70)	71	66	28	30	38.12
Menengah (130)	84	78	28	30	53.00
Tinggi (200)	87	83	28	30	56.18

Perhitungan LMTD merupakan metode yang digunakan untuk menentukan rata-rata perbedaan suhu antara dua fluida yang mengalir dalam penukar panas, dalam hal ini antara oli mesin generator dan air laut sebagai media pendingin pada *oil cooler*. Data yang diperoleh menunjukkan variasi beban termal dari 50 kW hingga 200 kW, dengan masing-masing beban disertai temperatur inlet dan outlet dari oli serta air laut. Menurut pendapat (Dai et al. 2015), tujuan utama dari perhitungan LMTD adalah untuk mengevaluasi performa termal oil cooler, di mana semakin tinggi nilai LMTD, maka semakin besar pula perbedaan suhu yang terjadi, yang mengindikasikan efektivitas proses pendinginan.

Dari data yang tersedia, suhu masuk (*inlet*) oli meningkat seiring dengan meningkatnya beban termal, dari 65°C pada beban 50 kW hingga mencapai 87°C pada beban 200 kW. Sementara itu, suhu keluar (*outlet*) oli menunjukkan peningkatan bertahap, namun lebih lambat dibanding inlet, menandakan terjadinya proses pendinginan. Di sisi lain, suhu air laut sebagai fluida pendingin relatif konstan pada nilai 28°C untuk inlet dan sedikit meningkat di outlet hingga 33°C pada beban tertinggi.

Dari hasil perhitungan LMTD dan simulasi ANSYS, dapat dilihat bahwa nilai LMTD meningkat seiring kenaikan suhu inlet oli, yang mengindikasikan peningkatan laju perpindahan panas. Hal ini sejalan dengan kontur suhu dari ANSYS yang menunjukkan gradasi suhu lebih tajam pada kondisi beban tinggi.

Pada beban rendah, distribusi panas masih merata dan tidak terdapat hotspot yang signifikan. Sedangkan pada beban sedang dan tinggi, terjadi peningkatan gradien suhu, yang menandakan peningkatan efisiensi transfer panas namun juga menunjukkan beban termal

yang lebih tinggi di sisi shell.

Secara umum, tidak ditemukan anomali dalam pola distribusi panas. Namun, jika dibiarkan beroperasi dalam kondisi beban tinggi secara terus-menerus tanpa pengendalian, terdapat potensi overheating di titik-titik tertentu, terutama pada baffle pertama dan terakhir.

2. Data *Oil Cooler* Berdasarkan Pengoperian Mesin Generator Sesuai Dengan Daya Yang Digunakan

Tabel 2. Variasi Beban Mesin, Temperatur dan Tekanan

Beban (kW)	Temperature (°C)				Tekanan (psi)		LMTD (°C)
	oli		air laut		oli	air laut	
	in	out	in	out			
70	71	66	28	30	45	41	38.12
90	76	71	28	31	45	43	43
100	78	72	28	31	47	44	45.47
110	80	74	28	31	49	46	47.21
120	82	76	28	31	51	48	48.79
130	84	78	28	31	53	50	50.24
140	86	79	28	31	55	51	52
150	86	80	28	31	55	52	52.48
160	87	81	28	31	56	53	53.05
170	87	82	28	33	54	54	54
180	87	82	28	33	54	54	54
190	87	83	28	33	54	55	54.5
200	87	83	28	33	54	55	54.5

Tabel di atas menunjukkan hasil pengamatan dan perhitungan terhadap *kinerja oil cooler* generator KM Trans Mitramas 5 berdasarkan variasi beban termal (dalam kW), yang meliputi data suhu (temperatur) dan tekanan fluida oli dan air laut, serta nilai LMTD. Dari sisi temperatur oli, terlihat bahwa suhu masuk oli meningkat seiring naiknya beban, dari 71°C pada beban 70 kW hingga mencapai 87°C pada beban 160 kW ke atas. Sementara itu, suhu keluar oli juga meningkat bertahap, dari 66°C menjadi 83°C. Hal ini menunjukkan bahwa oli membawa lebih banyak panas saat beban mesin meningkat, sehingga membutuhkan performa pendinginan yang lebih tinggi dari *oil cooler*.

Suhu air laut masuk tetap konstan pada 28°C untuk seluruh rentang beban, sedangkan suhu keluar meningkat dari 30°C menjadi 31°C pada beban menengah (90–160 kW), dan naik lagi menjadi 33°C pada beban tinggi (170–200 kW). Ini menunjukkan bahwa semakin besar beban, semakin banyak panas yang ditransfer dari oli ke air laut. Dari sisi tekanan, baik pada sisi oli maupun air laut, terdapat peningkatan seiring kenaikan beban. Tekanan oli meningkat dari 45 psi menjadi 56 psi, sementara tekanan air laut naik dari 41 psi menjadi 55 psi. Kenaikan tekanan ini dapat dikaitkan dengan peningkatan viskositas oli pada suhu tinggi dan juga kebutuhan sirkulasi yang lebih intensif dalam sistem pendingin.

Nilai LMTD yang dihitung juga menunjukkan tren meningkat, dari 38,12°C pada beban 70 kW menjadi 54,5°C pada beban 190–200 kW. Peningkatan ini mengindikasikan bahwa semakin besar perbedaan suhu antara oli dan air laut, semakin besar pula kemampuan sistem untuk melakukan perpindahan panas. Nilai LMTD yang tinggi pada beban besar

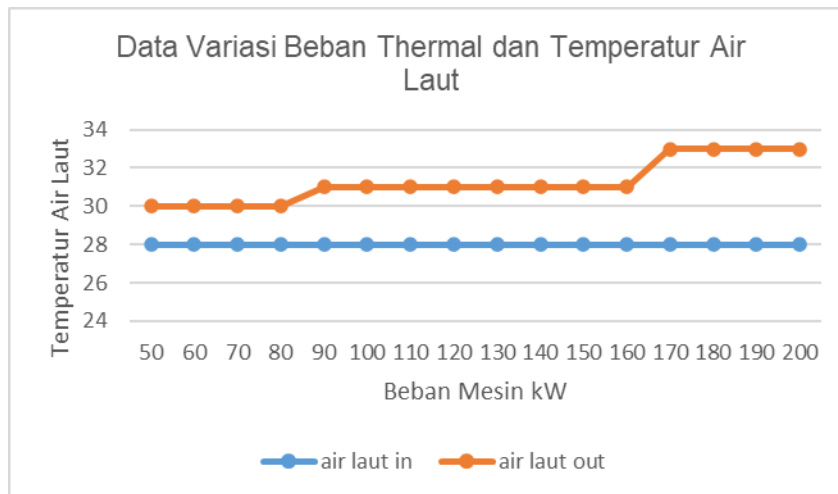
menunjukkan bahwa oil cooler masih mampu menjalankan fungsinya secara efektif hingga batas atas operasi mesin.

Secara keseluruhan, tren kenaikan temperatur, tekanan, dan LMTD menunjukkan bahwa oil cooler bekerja optimal dalam mentransfer panas dari oli ke air laut, bahkan saat mesin beroperasi dalam beban tinggi. Namun, kondisi mendekati maksimal ini menjadi indikasi perlunya evaluasi rutin terhadap sistem pendingin, guna menghindari risiko kegagalan termal dalam jangka Panjang.

a. Grafik Variasi Beban Thermal dan Temperatur Air Laut

Grafik di dibawah menunjukkan hubungan antara variasi beban mesin bantu (dalam satuan kW) terhadap suhu air laut masuk dan keluar pada oil cooler KM Trans Mitramas5. Data yang disajikan memperlihatkan tren suhu air laut sebagai media pendingin saat terjadi peningkatan beban termal dari mesin generator.

Dari grafik, terlihat bahwa suhu air laut masuk (air laut in) bersifat konstan di angka 28°C pada seluruh rentang beban mesin, mulai dari 50 kW hingga 200 kW. Hal ini mencerminkan bahwa suhu air pendingin yang masuk ke sistem tidak mengalami fluktuasi signifikan dan cenderung stabil karena berasal dari sumber yang sama (lingkungan laut sekitar kapal).



Gambar 2. Grafik Data Variasi Beban Thermal dan Temperatur Air Laut

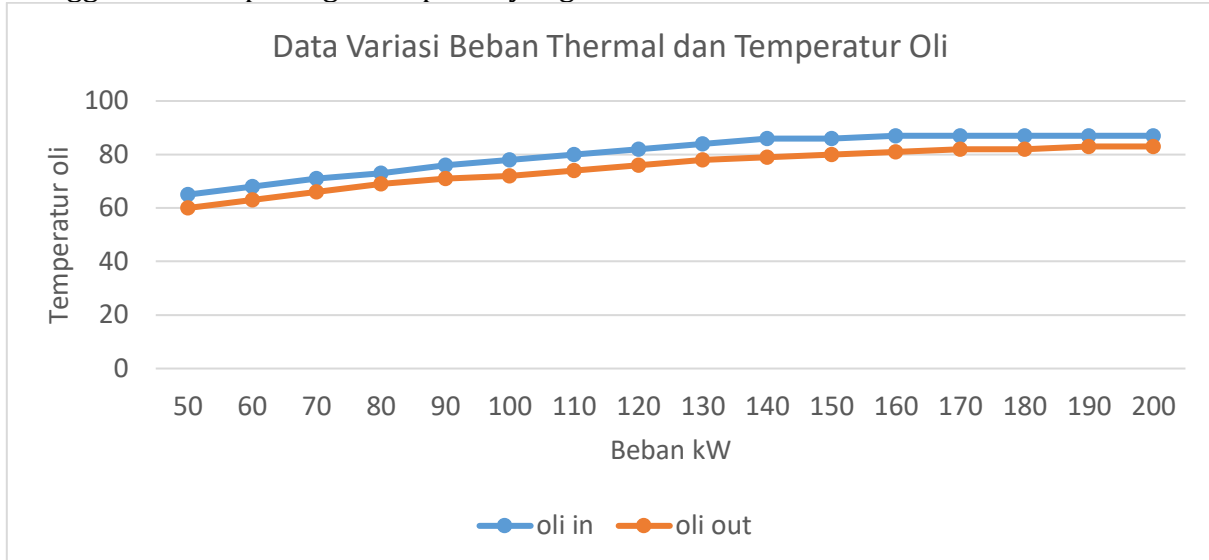
Sebaliknya, suhu air laut keluar (air laut out) menunjukkan peningkatan bertahap seiring meningkatnya beban mesin. Pada beban 50–80 kW, suhu air laut keluar tercatat konstan di angka 30°C, menunjukkan beban termal yang masih ringan dan mudah diatasi oleh oil cooler. Namun, pada beban 90–160 kW, terjadi sedikit peningkatan menjadi 31°C, yang kemudian naik signifikan menjadi 33°C pada beban 170 kW hingga 200 kW.

Kenaikan suhu air laut keluar ini menandakan adanya peningkatan jumlah panas yang diserap dari oli mesin, sesuai dengan meningkatnya beban termal dari daya mesin bantu [5]. Hal ini memperkuat bukti bahwa proses perpindahan panas dari oli ke air laut berjalan dengan baik, namun sistem pendingin bekerja lebih keras saat beban mesin meningkat.

Secara keseluruhan, grafik ini mendukung kesimpulan bahwa efektivitas perpindahan panas meningkat seiring bertambahnya beban, dan menunjukkan bahwa oil cooler mampu merespon beban termal yang lebih tinggi dengan baik, selama sistem masih berada dalam batas operasional optimal.

b. Grafik Variasi Beban Thermal dan Temperatur Oli

Grafik dibawah menggambarkan hubungan antara beban mesin bantu (dalam kW) terhadap temperatur oli masuk (*oli in*) dan oli keluar (*oli out*) pada sistem oil cooler generator KM Trans Mitramas 5. Dari data grafik, terlihat bahwa temperatur oli masuk (*oli in*) mengalami kenaikan bertahap seiring dengan meningkatnya beban mesin, dari sekitar 71°C pada beban 70 kW hingga mencapai 87°C pada beban 160 kW ke atas. Tren ini menggambarkan peningkatan panas yang dibawa oleh oli saat beban mesin bertambah.



Gambar 3. Grafik Data Variasi Beban Thermal dan Temperatur Oli

Demikian pula, temperatur oli keluar (*oli out*) juga menunjukkan pola yang serupa, yaitu naik dari 66°C pada beban 70 kW hingga 83°C pada beban 190–200 kW. Meskipun demikian, perbedaan antara suhu masuk dan keluar relatif konstan di kisaran 4–6°C, yang menunjukkan bahwa sistem *oil cooler* masih mampu menurunkan suhu oli secara konsisten di seluruh rentang beban.

Peningkatan suhu ini mengindikasikan bahwa semakin besar beban mesin, maka beban termal yang harus diserap oil cooler juga meningkat. Namun, performa oil cooler masih efektif dalam mengendalikan suhu oli, terbukti dari tidak terlalu lebarnya gap suhu antara inlet dan outlet meskipun beban mesin terus meningkat.

Secara keseluruhan, grafik ini memperlihatkan bahwa sistem oil cooler bekerja dengan efisien dan stabil, menjaga suhu oli tetap dalam batas aman pada seluruh tingkat beban. Namun, kondisi datar yang mulai tampak pada beban 160 kW ke atas bisa menjadi sinyal bahwa oil cooler mulai mendekati kapasitas maksimalnya dalam melepas panas, sehingga perlu dilakukan pengawasan dan pemeliharaan rutin agar performa pendinginan tetap optimal dalam jangka Panjang.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis kinerja oil cooler generator KM Trans Mitramas 5 menggunakan pendekatan *Finite Element Analysis (FEA)*, diperoleh beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Performa Perpindahan Panas Meningkat Seiring Beban Termal, Variasi suhu inlet oli yang

meningkat pada kondisi beban rendah, sedang, hingga tinggi secara signifikan mempengaruhi performa perpindahan panas. Semakin tinggi suhu inlet oli dan beban termal yang diterima, maka kapasitas oil cooler dalam mentransfer panas ke air laut menjadi lebih besar, namun hal ini juga meningkatkan stres termal pada struktur.

2. Perhitungan nilai *Log Mean Temperature Difference (LMTD)* pada setiap kondisi menunjukkan adanya peningkatan selisih temperatur logaritmik yang sebanding dengan beban. Nilai LMTD tertinggi terjadi pada kondisi beban tinggi, yang mengindikasikan efisiensi perpindahan panas yang optimal, meskipun harus diimbangi dengan pengawasan terhadap potensi degradasi material akibat perbedaan suhu ekstrem.
3. Simulasi numerik menggunakan ANSYS, diperoleh visualisasi kontur suhu dan distribusi gradien panas yang menggambarkan bagaimana aliran panas terjadi di dalam oil cooler. Hasil simulasi ini menunjukkan area konsentrasi panas (*hot spot*) dan pendinginan yang efektif, sesuai dengan arah aliran dan geometri aktual dari sistem.

Pengakuan/Acknowledgements

Peneliti mengucapkan terima kasih ke Nahkoda, Kepala Kamar Mesin, masinis serta crew kapal KM Trans Mitramas 5 dalam pengambilan data. Selain itu peneliti berterima kasih kepada PT. Mitramas yang telah mengizinkan kegiatan penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Abdussamad, Zuchri. 2021. 11 Syakir Media Press *Metode Penelitian Kuantitatif*. ed. Patta Rappana. Makasar. http://scioteca.caf.com/bitstream/handle/123456789/1091/RED2017-Eng-8ene.pdf?sequence=12&isAllowed=y%0Ahttp://dx.doi.org/10.1016/j.regsciurbeco.2008.06.005%0Ahttps://www.researchgate.net/publication/305320484_SISTEM_PEMBETUNGAN_TERPUSAT_STRATEGI_MELESTARI.
- [2] Ahmad Husen, Tubagus M. Ichwan Akbar, Nur Cholis. 2020. "Analisis Pengaruh Kecepatan Aliran Fluida Dingin Terhadap Efektivitas Shell and Tube Heat Exchanger." 16(1): 1-10.
- [3] Bhattad, Atul, Vinay Atgur, B Nageswara Rao, N R Banapurmath, G Manavendra, Ashok M Sajjan, Irfan Anjum Badruddin, et al. 2024. "A Simplified LMTD Approach to Assess the Effectiveness of a Chevron-Type Plate Heat Exchanger A Simplified LMTD Approach to Assess the Effectiveness of a Chevron - Type Plate Heat Exchanger." *Journal of Thermal Analysis and Calorimetry* (September). doi:10.1007/s10973-024-13573-y.
- [4] Chahyono, Muhammad, Indah Ayu, Johanda Putri, Shofa Dai Robbi, and Antonius Edy Kristiyono. 2025. "Analisis Kerusakan Impeller Pada Sea Water Cooling Pump Mesin Induk Yanmar Di Kapal Self-Propelled Oil Barge Seroja XXI." 4(2): 2897-2902.
- [5] Cui, X., K. J. Chua, M. R. Islam, and W. M. Yang. 2014. "Fundamental Formulation of a Modified LMTD Method to Study Indirect Evaporative Heat Exchangers." *Energy Conversion and Management* 88: 372-81. doi:10.1016/j.enconman.2014.08.056.
- [6] Dai, Baomin, Minxia Li, Chaobin Dang, Wenfang Yu, and Yitai Ma. 2015. "Effects of Lubricating Oil on Thermal Performance of Water-Cooled Carbon Dioxide Gas Cooler." *Applied Thermal Engineering* 80: 288-300. doi:10.1016/j.applthermaleng.2015.01.071.
- [7] Herman Ade, Kamal Mustopa, Anshori M Alfian, Nababan Sakti P, Marsono, Mustono eddy, Subiantor Raedy A. 2024. "ANALISIS KINERJA HEAT EXCHANGER MESIN INDUK

- KM. MADIDIHANG 03: KOLABORASI PT AMMAN MINERAL NUSA TENGGARA DAN POLITEKNIK AUP PADA DEEP SEA SURVEY.” *Journal of Innovation Research and Knowledge* 4(Table 10): 4–6.
- [8] Masyhuri, Aziz, Angky Puspawan, and Agus Suandi. 2022. “ANALISA EFEKTIVITAS HEAT EXCHANGER OIL COOLER SEBELUM DAN SESUDAH MAINTENANCE The Effectiveness of Heat Exchanger Oil Cooler Before and After Maintenance.” 6(1): 23–30.
- [9] Patayang, Mika, Jurusan Teknik Mesin, and Politeknik Negeri Samarinda. 2017. “ANALISA LAJU PERPINDAHAN PANAS LOCOOLER TIPE SHELL AND TUBE ALIRAN BERLAWANAN ARAH PADA KM PANTOKRATOR ANALYZE THE RATE OF HEAT TRANSFER LO COOLER TYPE SHELL AND TUBE Alat Penukar Kalor Adalah Alat Yang Hingga Mencapai Temperatur Tertentu Yang Diinginkan .” : 26–32.
- [10] Ridwan, Muannif, Bahrul Ulum, Fauzi Muhammad, and Universitas Islam Indragiri. 2021. “Jurnal Masohi.” 02.
- [11] Singh, O P, M Garg, V Kumar, and Y V Chaudhary. 2013. “Effect of Cooling System Design on Engine Oil Temperature *.” 6(1): 61–71. doi:10.36884/jafm.6.01.19493.
- [12] Siti Romdona, Silvia Senja Junista, Ahmad Gunawan. 2025. “TEKNIK PENGUMPULAN DATA : OBSERVASI ,” *JURNAL ILMU SOSIAL EKONOMI DAN POLITIK* 3(1): 39–47.
- [13] Subekti, Joko, Waris Wibowo, Ningrum Astriawati, and Muhammad Hamzah. 2022. “Optimalisasi Perawatan Sistem Pendingin Mesin Utama Tipe Hansin GLU28AG Pada Kapal.” 3(1): 60–68.
- [14] Wicaksono, Chandra, and Type Shell. 2017. “PERANCANGAN ECO HEAT EXCHANGER AND Suatu TUBE.” 01(1): 27–30.

HALAMAN INI SENGAJA DIKOSONGKAN