

LAPORAN TUGAS AKHIR

PROTOTYPE

**DESAIN SISTEM PENDINGIN *PROTOTYPE HEAT*
EXCHANGER V2 BERBASIS MODUL PELTIER PADA MESIN
DIESEL GENERATOR KAPAL**



WIJANANDRA ALFAHIMI WIKUASA

NIT 22.36.306.2.048

disusun sebagai salah satu syarat
menyelesaikan Program Pendidikan Sarjana Terapan

POLITEKNIK PELAYARAN SURABAYA
PROGRAM STUDI SARJANA TERAPAN
TEKNOLOGI REKAYASA PERMESINAN KAPAL
TAHUN 2026

LAPORAN TUGAS AKHIR
PROTOTYPE

**DESAIN SISTEM PENDINGIN *PROTOTYPE HEAT*
EXCHANGER V2 BERBASIS MODUL PELTIER PADA MESIN
DIESEL GENERATOR KAPAL**



WIJANANDRA ALFAHIMI WIKUASA
NIT 22.36.306.2.048

disusun sebagai salah satu syarat
menyelesaikan Program Pendidikan Sarjana Terapan

POLITEKNIK PELAYARAN SURABAYA
PROGRAM STUDI SARJANA TERAPAN
TEKNOLOGI REKAYASA PERMESINAN KAPAL
TAHUN 2026

PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : WIJANANDRA ALFAHIMI WIKUASA

Nomor Induk Taruna : 22 36 306 2 048

Program Studi : Diploma IV Teknologi Rekayasa Permesinan Kapal

Menyatakan bahwa KIT yang saya tulis dengan judul :

DESAIN SISTEM PENDINGIN *PROTOTYPE HEAT EXCHANGER V2* BERBASIS MODUL PELTIER PADA MESIN DIESEL GENERATOR KAPAL

Dalam proses penelitian ini, Saya menggali beberapa sumber ide secara mendalam dalam berbagai aspek yang relevan dengan topik, menggabungkan pengalaman, wawasan, serta metodologi yang unik untuk mengembangkan penelitian sebelumnya. Keaslian penelitian ini tercermin dalam pendekatan yang inovatif dan analisa yang mendalam, yang menandai kontribusi pribadi dalam menciptakan pemahaman baru dan solusi yang orisinal dalam bidang teknologi permesinan pada kapal.

Surabaya, 10 Maret 2026



Wijanandra Alfahimi Wikuasa

PERSETUJUAN UJI KELAYAKAN

PROPOSAL TUGAS AKHIR

Judul : **DESAIN SISTEM PENDINGIN *PROTOTYPE HEAT EXCHANGER V2* BERBASIS MODUL PELTIER PADA MESIN DIESEL GENERATOR KAPAL**

Program Studi : **DIV TEKNOLOGI REKAYASA PERMESINAN KAPAL**

Nama : **WIJANANDRA ALFAHIMI WIKUASA**

NIT : **22 36 306 2 048**

Jenis Tugas Akhir : **Prototype / Proyek / Karya Ilmiah Terapan***

Keterangan: ***(coret yang tidak perlu)**

Dengan ini dinyatakan bahwa telah memenuhi syarat dan disetujui untuk dilaksanakan Uji Kelayakan Proposal

Surabaya, 2026

Dosen Pembimbing I

Dosen Pembimbing II



Dr. ANTONIUS EDY K., M.Pd., M.Mar.E.
NIP. 196905312003121001

PRIMA YUDHA Y., S.E., M.M.
NIP. 197807172005021001

Ketua Program Studi
Sarjana Terapan Teknologi Rekayasa Permesinan Kapal



Dr. ANTONIUS EDY KRISTIYONO, M.Pd., M.Mar.E.
NIP. 196905312003121001

PERSETUJUAN SEMINAR

HASIL TUGAS AKHIR

Judul : **DESAIN SISTEM PENDINGIN *PROTOTYPE HEAT EXCHANGER V2* BERBASIS MODUL PELTIER PADA MESIN DIESEL GENERATOR KAPAL**

Program Studi : **DIV TEKNOLOGI REKAYASA PERMESINAN KAPAL**

Nama : **WIJANANDRA ALFAHIMI WIKUASA**

NIT : **22 36 306 2048**

Jenis Tugas Akhir : **Prototype / Karya Ilmiah Terapan / Karya Tulis Ilmiah**

Keterangan: *(Coret yang tidak perlu)

Dengan ini dinyatakan bahwa telah memenuhi syarat dan disetujui untuk dilaksanakan Seminah Hasil Tugas Akhir

Surabaya, 2026

Menyetujui,

Dosen Pembimbing I



Dr. ANTONIUS EDY K., M.Pd., M.Mar.E.
NIP. 196905312003121001

Dosen Pembimbing II



PRIMA YUDHA Y., S.E., M.M.
NIP. 197807172005021001

Mengetahui,
Ketua Program Studi
Sarjana Terapan Teknologi Rekayasa Permesinan Kapal



Dr. ANTONIUS EDY KRISTIYONO, M.Pd., M.Mar.E.
NIP. 196905312003121001

PENGESAHAN
PROPOSAL TUGAS AKHIR
PROTOTYPE
DESAIN SISTEM PENDINGIN *PROTOTYPE HEAT EXCHANGER V2*
BERBASIS MODUL PELTIER PADA MESIN DIESEL
GENERATOR KAPAL



Disusun Oleh :

WIJANANDRA ALFAHIMI WIKUASA
NIT. 22 36 306 2 048

Telah Dipertahankan di depan tim penguji Hasil Tugas Akhir
Politeknik Pelayaran Surabaya

Surabaya, 2024

Dosen Penguji I

Agus Prawoto, S.Si.T., MM
NIP. 197808172009121001

Mengesahkan,
Dosen Penguji II

Antonius Edy K., M.Pd.
NIP.196905312003121001

Dosen Penguji III

Prima Yudha Y., S.E., M.M.
NIP.197817200521001

Mengerahui,
Ketua Program Studi

Sarjana Terapan Teknologi Rekayasa Permesinan Kapal

Monika Retno Gunarti, M.Pd., M.Mar.E.
NIP.197605282009122002

PENGESAHAN LAPORAN TUGAS AKHIR KARYA ILMIAH TERAPAN

**DESAIN SISTEM PENDINGIN *PROTOTYPE HEAT EXCHANGER V2*
BERBASIS MODUL PELTIER PADA MESIN DIESEL
GENERATOR KAPAL**

Disusun oleh :

WIJANANDRA ALFAHIMI WIKUASA

NIT/22 36 306 2 048

Telah dipertahankan di depan Tim Penguji Hasil Tugas Akhir
Politeknik Pelayaran Surabaya

Surabaya, 10 Maret 2026

Mengesahkan,

Dosen Penguji I

Dosen Penguji II

Dosen Penguji III



Agus Prawoto, S.Si.T., M.M.
NIP.196905312003121001



Dr. Antonius Edy K., M.Pd. M.Mar.E.
NIP. 197808172009121001



Prima Yudha.Y., S.E., M.M.
NIP. 197817200521001

Mengetahui,

Ketua Program Studi

Sarjana Terapan Teknologi Rekayasa Permesinan Kapal



Dr. ANTONIUS EDY KRISTIYONO, M.Pd., M.Mar.E.
NIP. 196905312003121001

ABSTRAK

WIJANANDRA ALFAHIMI WIKUASA, Desain Sistem Pendingin *Prototype Heat Exchanger V2* Berbasis Modul Peltier Pada Mesin Diesel Generator Kapal. Dibimbing oleh Bapak Antonius edy Kristiyono dan Bapak Prima Yudha Yudianto.

Mesin diesel generator kapal menghasilkan panas selama pengoperasian yang harus dikendalikan agar suhu kerja mesin tetap berada pada batas aman, sehingga diperlukan sistem pendingin yang dirancang dengan baik. Penelitian ini bertujuan untuk mendesain sistem pendingin *Prototype Heat Exchanger V2* berbasis modul Peltier sebagai simulasi sistem pendingin mesin diesel generator kapal. Metode yang digunakan adalah rancang bangun dengan pendekatan eksperimental terbatas, meliputi perancangan, perakitan, dan pengujian *prototype* menggunakan sirkulasi tertutup dan terbuka air tawar. Pengujian dilakukan dengan mengukur suhu air pendingin sebelum dan sesudah melewati sistem pendingin. Hasil pengujian menunjukkan bahwa desain sistem pendingin *Prototype Heat Exchanger V2* berbasis modul Peltier mampu menurunkan suhu air pendingin secara bertahap sesuai dengan prinsip kerja yang dirancang, sehingga dapat digunakan sebagai media simulasi dan referensi pengembangan desain sistem pendingin mesin diesel generator kapal.

Kata Kunci: Sistem Pendingin, *Heat Exchanger*, Modul Peltier, Mesin Diesel Generator kapal

ABSTRACT

WIJANANDRA ALFAHIMI WIKUASA, *DESIGN OF A PELTIER MODULE-BASED PROTOTYPE HEAT EXCHANGER V2 COOLING SYSTEM FOR A SHIP DIESEL*. Supervised by Mr. Antonius Edy Kristiyono and Mr. Prima Yudha Yudianto.

A ship diesel generator produces heat during operation that must be controlled to maintain the engine operating temperature within safe limits; therefore, a properly designed cooling system is required. This study aims to design a cooling system for a Peltier module-based Prototype Heat Exchanger V2 as a simulation of a ship diesel generator cooling system. The research method employed is design and development with a limited experimental approach, including the design, assembly, and testing of the prototype using a closed-loop and open-loop fresh water circulation. The testing was conducted by measuring the cooling water temperature before and after passing through the cooling system. The results indicate that the designed Peltier-based Prototype Heat Exchanger V2 cooling system is capable of gradually reducing the cooling water temperature in accordance with the intended operating principles, making it suitable as a simulation medium and a reference for further development of ship diesel generator cooling system designs.

Keywords: *Heat Exchanger, Peltier module, Closed and Open Cooling System, Diesel Generator*

KATA PENGANTAR

Dengan mengucapkan syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa atas semua rahmat dan anugerah-Nya, saya berhasil menyelesaikan penulisan karya ilmiah ini dengan judul "**DESAIN SISTEM PENDINGIN *PROTOTYPE HEAT EXCHANGER V2* BERBASIS MODUL PELTIER PADA MESIN DIESEL GENERATOR KAPAL**". Karya ilmiah ini disusun sebagai salah satu persyaratan untuk menyelesaikan Program Pendidikan Diploma IV di Politeknik Pelayaran Surabaya.

Penulis menyadari bahwa penulisan Karya Ilmiah Terapan ini masih belum mendekati kata sempurna dikarenakan adanya keterbatasan waktu, kemampuan, pikiran, serta pengalaman peneliti dalam penulisan Karya Ilmiah Terapan ini. Oleh karena itu, penulis sangat berterima kasih dan berharap apabila ada saran maupun masukan dari pembimbing, penguji, serta pembaca Karya Ilmiah Terapan ini.

Penulisan karya ilmiah ini dapat terselesaikan karena tersedia bantuan dari berbagai pihak, sehingga penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu, membimbing, dan mendukung selama proses penulisan karya ilmiah ini, kepada :

1. Kepada Bapak Moejiono, M.T., M.Mar.E., Direktur Politeknik Pelayaran Surabaya, atas kesempatan dan fasilitas yang diberikan selama saya menempuh pendidikan di institusi tersebut.
2. Kepada Bapak Antonius Edy Kristiyono, M.Pd., dosen pembimbing pertama, yang dengan sabar dan penuh perhatian memberikan bimbingan, saran, dan masukan yang sangat berharga
3. Kepada Bapak Prima Yudha Yudianto, S.E., M.M., dosen pembimbing kedua, yang memberikan bimbingan dan koreksi yang sangat berguna.
4. Kepada para dosen Teknologi Rekayasa Permesinan Kapal yang memberikan ilmu dan pengalaman berharga selama studi saya.
5. Kepada kedua orang tua saya, Yudo Gunarto dan Rini Hanifah, yang selalu memberikan doa, dukungan moral, dan finansial tanpa henti, sehingga saya bisa menyelesaikan Karya Ilmiah Terapan ini dengan baik.
6. Kakak dan adik penulis yang senantiasa memberikan dukungan, keceriaan, semangat, serta motivasi dalam setiap proses yang penulis lalui. Terima kasih atas kebersamaan, canda tawa, dan perhatian yang diberikan, yang mampu menjadi penguat di saat penulis merasa lelah dan menghadapi berbagai tantangan selama penyusunan laporan ilmiah ini.
7. Kepada teman-teman yang memberikan dukungan, semangat, dan bantuan dalam berbagai bentuk untuk menyelesaikan penelitian yang dibuat.
8. Dan secara khusus, penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada Vasco, motor kesayangan penulis, yang tidak hanya menjadi alat transportasi, tetapi juga sahabat setia dalam setiap perjalanan, menembus panas dan hujan demi menghadiri bimbingan, mengumpulkan data, hingga menyelesaikan laporan ilmiah ini. Tanpa kehadirannya, banyak proses yang mungkin akan terasa lebih sulit dan penuh hambatan.

Saya menyadari bahwa Karya Ilmiah Terapan ini masih memerlukan banyak penyempurnaan. Oleh karena itu, saya sangat mengharapkan kritik dan saran yang membangun dari semua pihak untuk meningkatkan kualitas Karya Ilmiah Terapan ini di masa depan. Semoga penelitian ini dapat memberikan manfaat bagi semua yang membacanya, terutama dalam bidang pengembangan ilmu pengetahuan dan teknologi di bidang permesinan kapal.

Surabaya, 1 Maret 2026

Wijanandra Alfahimi Wikuasa

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
PERNYATAAN KEASLIAN	ii
PERSETUJUAN UJI KELAYAKAN PROPOSAL TUGAS AKHIR	iii
PERSETUJUAN SEMINAR HASIL TUGAS AKHIR.....	iv
PENGESAHAN PROPOSAL TUGAS AKHIR.....	v
PENGESAHAN LAPORAN TUGAS AKHIR PROTOTYPE	vi
ABSTRAK.....	vii
<i>ABSTRACT</i>.....	viii
KATA PENGANTAR.....	ix
DAFTAR ISI	xi
DAFTAR TABEL.....	xiii
DAFTAR GAMBAR.....	xiv
DAFTAR LAMPIRAN	xv
BAB I PENDAHULUAN	1
A. Latar Belakang	1
B. Rumusan Masalah	2
C. Batasan Masalah.....	3
D. Tujuan Penelitian.....	3
E. Manfaat Penelitian.....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	5
A. Review Penelitian Sebelumnya.....	5
B. Landasan Teori	7

BAB III METODE PENELITIAN	20
A. Perancangan Sistem	20
B. Desain	23
D. Perhitungan Penurunan Suhu Air	26
E. Desain Uji Coba Produk.....	27
BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN	28
A. Uji Coba Produk.....	28
B. Penyajian Data.....	31
C. Analisis data.....	37
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	56
A. Kesimpulan	56
B. Saran	56
DAFTAR PUSTAKA	58
LAMPIRAN.....	59

DAFTAR TABEL

Tabel 3. 1 Particular Module Peltier.....	24
Tabel 4. 1 Tabel Pengamatan Skenario Pertama.....	29
Tabel 4. 2 Tabel Pengamatan Skenario Kedua.....	30
Tabel 4. 3 Tabel Pengamatan Skenario Ketiga	30
Tabel 4. 4 Hasil Pengamatan Skenario Pertama	33
Tabel 4. 5 Hasil Pengamatan Skenario Kedua	35
Tabel 4. 6 Tabel Hasil Pengamatan Skenario Ketiga	36
Tabel 4. 7 Hasil Perhitungan ΔT Skenario pertama	39
Tabel 4. 8 Hasil Perhitungan ΔT Skenario Kedua	41
Tabel 4. 9 Perhitungan ΔT Skenario Ketiga	42
Tabel 4. 10 Perhitungan Laju Pendinginan Skenario Pertama.....	43
Tabel 4. 11 Laju pendinginan Skenario Kedua	46
Tabel 4. 12 Laju Pendinginan Skenario Ketiga	47
Tabel 4. 13 Perhitungan Kalor Skenario Pertama	49
Tabel 4. 14 Perhitungan Kalor Skenario Kedua.....	50
Tabel 4. 15 Perhitungan Kalor Skenario ketiga	51

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Mesin Diesel Generator	9
Gambar 2. 2 Sistem Pendinginan Tertutup	11
Gambar 2. 3 Sistem pendinginan terbuka.....	11
Gambar 2. 4 Peltier.....	13
Gambar 2. 5 Heat Exchanger	14
Gambar 2. 6 Heatsink dengan kipas	15
Gambar 2. 7 Arduino Uno.....	16
Gambar 2. 8 Water Block.....	17
Gambar 2. 9 Pompa Air 12 V.....	18
Gambar 4. 1 Desain Skematik Sistem Pendinginan	31
Gambar 4. 2 Desain Skematik Sistem Kelistrikan	32
Gambar 4. 3 Grafik Pengamatan Skenario pertama	34
Gambar 4. 4 Grafik pengamatan skenario kedua	35
Gambar 4. 5 Grafik Pengamatan Skenario Ketiga	37
Gambar 4. 6 Grafik Perhitungan ΔT Skenario Pertama	40
Gambar 4. 7 Grafik Perhitungan ΔT Skenario Kedua.....	41
Gambar 4. 8 Grafik Perhitungan ΔT Skenario Ketiga.....	43
Gambar 4. 9 Grafik Penghitungan Laju Pendinginan	45
Gambar 4. 10 Grafik Laju Pendinginan Skenario Kedua	46
Gambar 4. 11 Grafik Laju Pendinginan Skenario Ketiga	48
Gambar 4. 12 Penghitungan Kalor Skenario Pertama.....	50
Gambar 4. 13 Grafik Perhtingan Kalor Skenario Kedua	51
Gambar 4. 14 Grafik Perhitungan Kalor Skenario Ketiga.....	52

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Dokumentasi Penelitian Skenario Pertama.....	59
Lampiran 2 Dokumentasi Penelitian Skenario Kedua	60
Lampiran 3 Dokumentasi Penelitian Skenario Ketiga	61

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Kapal adalah alat transportasi di laut yang berperan penting dalam mendukung kegiatan perdagangan dan kebebasan bergerak di sektor maritim. Kapal tersebut memiliki berbagai mesin bantu selama beroperasi, salah satunya adalah mesin diesel generator yang bertugas memberikan tenaga listrik untuk keperluan operasional di atas kapal. Mesin diesel generator menghasilkan panas yang sangat besar saat bekerja, sehingga dibutuhkan sistem pendingin yang baik untuk memastikan suhu mesin tetap dalam batas yang aman.

Sistem pendingin pada mesin diesel generator di kapal biasanya menggunakan sistem pendingin berupa air tawar yang dilengkapi dengan *heat exchanger* sebagai bagian utama dalam proses mengalirkan panas. *Heat exchanger* digunakan untuk mengurangi suhu air pendingin mesin dengan cara memindahkan panas ke zat pendingin yang lain. Jika sistem pendingin tidak dirancang dan beroperasi dengan baik, maka bisa menyebabkan mesin mengalami *overheating*, menurunkan performa mesin, mempercepat keausan komponen, serta berpotensi merusak mesin generator diesel.

Perkembangan teknologi memaksa kita untuk terus berinovasi dalam merancang sistem pendingin yang tidak hanya mampu menurunkan suhu dengan baik, tetapi juga memiliki desain yang sederhana, mudah dioperasikan, serta ramah terhadap lingkungan. Salah satu teknologi yang bisa dikembangkan adalah modul Peltier atau teknologi termoelektrik. Modul Peltier bisa membuat

suhu dingin ketika dialiri listrik, tanpa memakai bahan pendingin dan tanpa bagian yang bergerak, sehingga lebih mudah dirawat dan sistemnya lebih stabil.

Dalam penelitian ini, modul Peltier ini digunakan sebagai komponen dalam sistem pendingin pada *prototype Heat Exchanger V2* yang diciptakan sebagai alat simulasi untuk sistem pendingin mesin generator diesel di kapal. *Prototype* ini digunakan untuk mempelajari cara desain sistem pendingin, pengaturan aliran fluida, serta proses penurunan suhu air pendingin sebelum dan setelah melewati modul Peltier. Fokus utama penelitian ini adalah pada bagian desain sistem pendingin, bukan pada penerapan langsung di kapal.

Modul Peltier digunakan dalam penelitian ini sebagai komponen tambahan untuk mendinginkan air pendingin secara bertahap dalam sistem pendingin *prototype Heat Exchanger V2*. Oleh karena itu, penelitian ini diberi nama “Desain Sistem Pendingin *Prototype Heat Exchanger V2* Berbasis Modul Peltier pada Mesin Diesel Generator Kapal.”

B. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang sudah disajikan, maka perumusan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana desain sistem pendingin *prototype Heat Exchanger V2* yang menggunakan modul Peltier pada mesin diesel generator kapal?
2. Bagaimana kemampuan sistem pendingin *prototype Heat Exchanger V2* dalam menurunkan suhu air pendingin?

C. Batasan Masalah

Agar penelitian ini lebih fokus dan tidak menyimpang dari rumusan masalah yang sudah ditentukan, maka ada beberapa batasan dalam masalah yang akan dibahas dalam penelitian ini meliputi :

1. Penelitian ini berfokus pada pembuatan sistem pendingin dengan menggunakan modul Peltier.
2. Objek penelitian adalah prototype Heat Exchanger V2, bukan sistem pendingin yang digunakan langsung pada kapal.

Menggunakan *Power Supply* dengan spesifikasi *Input Voltage* 110 – 240 V AC.

3. *Set Point* yang ditentukan yaitu konstan 30°C.
4. Tidak mengjitung secara mendalam tentang pengaruh dari suhu ruangan sekitar
5. Sistem pendingin yang diteliti adalah simulasi dari sistem pendingin mesin generator diesel pada kapal.
6. Penelitian tersebut tidak melibatkan pengujian atau analisis mengenai kinerja mesin diesel generator secara menyeluruh.

D. Tujuan Penelitian

Setelah menentukan rumusan dan batasan masalah maka dapat ditentukan tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Membuat desain sistem pendingin *prototype Heat Exchanger V2* yang menggunakan modul peltier.

2. Menganalisis kinerja sistem pendingin berdasarkan penurunan suhu air pada sisi masuk dan keluar *prototype*.

E. Manfaat Penelitian

Adapun manfaat yang di harapkan dari penelitian ini meliputi :

1. Memberikan referensi desain sistem pendinginan yang berbasis pada modul peltier untuk mesin diesel generator kapal
2. Menjadikan bahan kajian dan inovasi lebih lanjut sistem pendinginan pada bidang teknik permesinan kapal.
3. Memberikan Gambaran penerapan teknologi termoelektrik peltier pada *Prototype heat exchanger* sebagai sistem pendinginan alternatif.
4. Menambah wawasan dan pengetahuan di bidang desain sistem pendingin mesin diesel generator kapal

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Review Penelitian Sebelumnya

Pada saat akan melakukan penelitian ini, tentunya peneliti memiliki referensi dari penelitian yang terdahulu untuk dijadikan acuan perbandingan antara penelitian yang saat ini dengan sebelumnya, sehingga dapat memodifikasi dan menciptakan sebuah inovasi penelitian yang lebih baik di masa yang akan datang. Pada penelitian ini, peneliti melakukan *review* pada 3 penelitian seperti pada table 2.1

Table 2. 1 Review penelitian sebelumnya

NO.	JUDUL JURNAL	KESIMPULAN	PERBEDAAN PENELITIAN
1	PEMANFAATAN PELTIER SEBAGAI SISTEM PENDINGINAN UNTUK MEDICINE COOLER BOX	<p>Penelitian ini untuk mengembangkan dari prototype medicine cooler box menggunakan modul Peltier sebagai sistem pendingin ramah lingkungan tanpa freon, dengan volume ruang 10x20x30 cm dan tiga elemen TEC. Pengujian eksperimental ini dapat menunjukkan bahwa pendinginan yang optimal yaitu bergantung pada pengendalian suhu sisi panas Peltier melalui radiator dan waterblock, di mana penurunan suhu terjadi secara eksponensial cepat hingga mencapai titik stabil.</p> <p>Tanpa pendingin sisi panas, suhu ruang pendingin justru naik hingga 15°C akibat akumulasi panas; dengan sirkulasi air tertutup, suhu stabil di 1-2°C; dan dengan radiator, mencapai -3 hingga -4°C, bahkan -6°C jika menggunakan air dingin eksternal 18°C. Hal ini untuk membuktikan pentingnya radiator untuk mempertahankan performa pendinginan Peltier.</p> <p>Secara keseluruhan, Peltier terbukti efektif sebagai energi alternatif bersih untuk cooler box medis, dengan saran utama</p>	Penelitian ini tidak menggunakan box, melainkan prototype Heat Exchanger V2 dan difokuskan pada desain sistem pendingin mesin diesel generator kapal.

NO.	JUDUL JURNAL	KESIMPULAN	PERBEDAAN PENELITIAN
		menempatkan sisi dingin dekat objek dan mendinginkan sisi panas secara maksimal agar proses pemindahan panas efisien.	
2	Rancang Bangun Pengendalian Katup Tiga Arah pada Sistem Pendingin Air Tawar Mesin Penggerak Utama berbasis Mikrokontroler Arduino Uno	<p>Jurnal ini menjelaskan cara membuat dan mengatur katup tiga arah dalam sistem pendingin air tawar untuk diesel generator pada kapal, yang dikendalikan oleh mikrokontroler Arduino Uno. Tujuan penelitian ini adalah memastikan suhu air pendingin tetap dalam batas yang tepat untuk membuat mesin berjalan dengan baik, dengan cara mengendalikan aliran air pendingin melalui katup tiga arah secara otomatis. Sistem ini menggunakan sensor suhu untuk mengukur suhu air pendingin, lalu data dari sensor tersebut diproses oleh Arduino Uno untuk mengatur keadaan katup.</p> <p>Uji coba menunjukkan bahwa sistem pengendalian katup tiga arah yang menggunakan Arduino Uno mampu berjalan dengan baik dalam menjaga suhu air pendingin mesin tetap stabil. Sistem kontrol otomatis ini dinilai lebih baik daripada cara manual karena bisa langsung merespons perubahan suhu secara langsung. Penelitian ini membantu membuat sistem pendingin mesin kapal yang lebih hemat energi dan bisa dijadikan contoh dalam merancang sistem pendingin menggunakan kontrol elektronik.</p>	<p>penelitian yang saya lakukan berfokus pada desain sistem pendingin Prototype Heat Exchanger V2 berbasis modul Peltier, yang berperan langsung sebagai elemen pendingin aktif. Pendinginan tidak hanya bergantung pada pengaturan aliran fluida, tetapi juga memanfaatkan efek termoelektrik modul Peltier untuk menurunkan suhu air pendingin pada skala prototipe.</p>
3	<i>Performance Analysis of Liquid-Cooled Panel System for Air Conditioner Using Peltier Effect</i>	<p>Jurnal ini membahas analisis kinerja sistem panel berpendingin cairan untuk pendingin ruangan (air conditioner) berbasis efek Peltier sebagai alternatif pengganti unit kompresor konvensional. Sistem yang diusulkan menggunakan modul termoelektrik Peltier yang dikombinasikan dengan water block, pompa air, dan panel pendingin cair untuk menghasilkan udara dingin tanpa refrigeran. Penelitian ini bertujuan mengevaluasi kemampuan sistem dalam menurunkan suhu ruangan serta efisiensi konsumsi arus listrik dibandingkan dengan pendingin ruangan konvensional</p> <p>Hasil pengujian eksperimental menunjukkan bahwa sistem pendingin berbasis Modul Peltier mampu menurunkan suhu ruangan dari 34 °C</p>	<p>Penelitian ini menggunakan prototype Heat Exchanger V2 berbasis modul Peltier, bukan heat exchanger konvensional</p>

NO.	JUDUL JURNAL	KESIMPULAN	PERBEDAAN PENELITIAN
		<p>hingga mencapai sekitar 20,2 °C dalam waktu 100 menit, dengan selisih temperatur maksimum mencapai 13,8 °C. Selain itu, sistem ini hanya membutuhkan arus listrik sebesar 1,3 A, jauh lebih rendah dibandingkan pendingin ruangan konvensional berdaya 1 HP yang memerlukan arus sekitar 5,67 A. Hal ini menunjukkan bahwa sistem panel berpendingin cairan memiliki efisiensi energi yang lebih baik serta tingkat kebisingan yang lebih rendah karena tidak menggunakan kompresor</p> <p>Berdasarkan hasil tersebut, dapat disimpulkan bahwa sistem pendingin ruangan berbasis efek Peltier dengan pendinginan cairan berpotensi menjadi solusi pendinginan yang hemat energi, ramah lingkungan, dan berbiaya perawatan rendah. Meskipun waktu pencapaian suhu dingin relatif lebih lama dibandingkan sistem konvensional, keunggulan dalam pengurangan konsumsi energi, eliminasi refrigeran, serta umur pakai sistem yang lebih panjang menjadikan teknologi ini layak untuk dikembangkan lebih lanjut sebagai alternatif pendingin ruangan masa depan</p>	

Sumber : Dokumentasi Pribadi, 2026

B. Landasan Teori

Landasan teori disusun sebagai dasar konseptual yang memperkuat proses perancangan dan analisis sistem pendingin dalam penelitian ini. Pembahasan teori meliputi cara kerja mesin diesel generator pada kapal, sistem pendingin mesin, serta konsep transfer panas yang terjadi di dalam heat exchanger. Selain itu, juga dijelaskan penggunaan modul Peltier sebagai elemen pendingin tambahan dalam sistem pendingin prototype tersebut. Penyusunan landasan teori ini bertujuan agar penelitian ini dapat dimengerti secara menyeluruh bagaimana komponen-komponen dalam sistem pendingin

saling terhubung dan cara kerja sistem yang telah dirancang. Sehingga, teori-teori tersebut bisa dijadikan dasar dalam merancang, melakukan uji coba, dan membahas hasil penelitian.

1. Mesin Diesel Generator

Motor diesel adalah pembakaran dalam yang beroperasi dengan menggunakan minyak gas atau minyak berat sebagai bahan bakar dengan suatu prinsip bahan bakar tersebut disemprotkan (diinjeksikan) ke dalam silinder yang di dalamnya sudah terdapat udara dengan tekanan dan suhu yang tinggi sebagai bahan bakar tersebut secara spontan terbakar. (Fuazen, 2022). Mesin diesel ini biasanya untuk menghasilkan tenaga sebagai penggerak kapal, tenaga yang dihasilkan dari mesin induk diperoleh dari hasil pembakaran bahan bakar yang terjadi dalam ruang bakar motor. (P-issn et al., 2024) Mesin Diesel yang beroperasi menghasilkan panas dengan suhu Sistem pendingin ini terdiri dari beberapa komponen penyusun yang utamanya untuk mendinginkan blok mesin, selain mendinginkan blok mesin, sistem pendingin juga mendinginkan pelumas, scavange air dan water jacket . Menurut (Boby & mula 2021, n.d.) jika pendinginan tidak dapat dilakukan dengan sebaik-baiknya, maka temperatur dari setiap bagian silinder akan naik. keadaan tersebut akan mengakibatkan kerusakan dinding silinder karena terjadinya tegangan normal atau kerusakan katup-katup, puncak torak dan kemacetan cincin torak, di samping itu minyak pelumas akan menguap dan terbakar sehingga terjadi kerusakan cepat pada torak dinding silinder, tetapi juga mengakibatkan gangguan kerja mesin, oleh karna itu mesin harus didinginkan dengan baik. Berdasarkan pemikiran di

atas, terlihat bahwa peranan sistem pendingin bagi mesin induk sangat penting. Dengan adanya sistem pendingin ini maka umur mesin induk dapat diperpanjang. Konsep ini digunakan sebagai acuan sistem pendingin pada prototype yang dirancang dalam penelitian ini



Gambar 2. 1 Mesin Diesel Generator
Sumber : Dokumentasi Pribadi 2025

2. Sistem Pendingin (*Cooling System*)

Sistem pendingin kapal adalah bagian vital dari infrastruktur kapal yang bertugas untuk menjaga suhu optimal pada berbagai komponen mesin dan peralatan di kapal. Pada lingkungan maritim yang keras, suhu yang stabil dan terkendali sangat penting untuk menjaga kinerja mesin dan mencegah *overheating* yang dapat menyebabkan kerusakan atau kegagalan sistem. Komponen utama dari sistem pendingin kapal adalah *heat exchanger*, yang berfungsi sebagai perantara dalam mengirimkan panas dari fluida yang akan didinginkan ke fluida pendingin, seperti air laut atau air tawar.

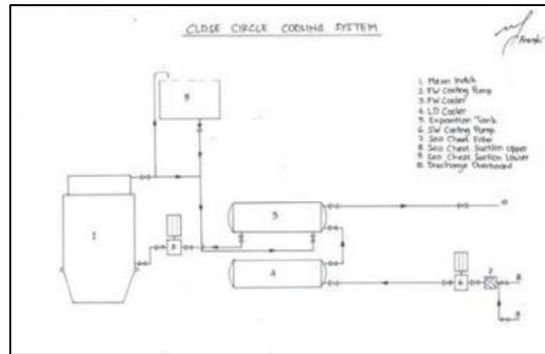
Menurut (Merdekawati et al., n.d.) Pendekatan konvensional dalam sistem pendingin kapal biasanya menggunakan metode pendinginan air atau air laut yang mengalir melalui *heat exchanger* untuk menyerap panas dari komponen mesin. Namun, teknologi pendinginan semakin berkembang, dan inovasi seperti penggunaan teknologi Peltier menjadi

fokus penelitian yang menjanjikan. Teknologi Peltier memanfaatkan efek termoelektrik untuk menghasilkan pendinginan atau pemanasan saat diberikan tegangan listrik, menawarkan potensi untuk meningkatkan efisiensi dan kontrol suhu yang presisi dalam sistem pendingin kapal.

a. Sistem Pendinginan Tertutup

Sistem pendinginan tertutup, atau *closed-loop cooling system*, pada kapal adalah jenis sistem di mana cairan pendingin (biasanya air atau campuran air-glikol) disirkulasikan dalam rangkaian tertutup antara komponen mesin dan *heat exchanger*. Pada sistem ini, cairan pendingin tidak berhubungan langsung dengan lingkungan laut. Panas yang dihasilkan oleh mesin atau peralatan dipindahkan ke cairan pendingin melalui *heat exchanger*, di mana panas tersebut kemudian diserap. Cairan pendingin yang telah dipanaskan kemudian kembali ke komponen mesin untuk mendinginkan lagi (Jati Sumarah, 2023).

Di dalam sistem pendingin tertutup, pompa menjadi satu dengan sistem pendinginan *jacket*. Untuk memisahkan minyak dari *cooler* yang menahan permukaan air dari pendingin digunakan *tank* pemisah minyak sehingga mengakibatkan hambatan besar pada transmisi panas (Pratama *et al.*, 2022). Diperlukan bahan senyawa kimia untuk memisahkan seluruh jumlah minyak dari permukaan pendingin (Subekti *et al.*, 2022)

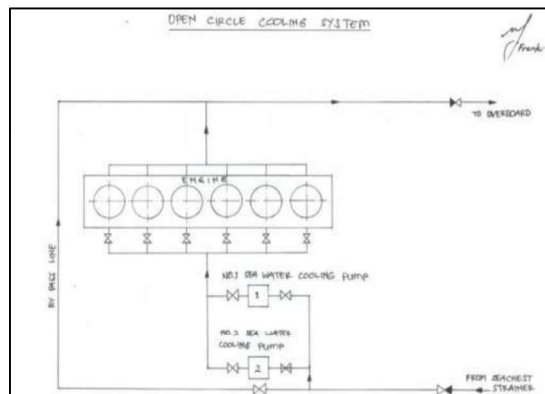


Gambar 2. 2 Sistem Pendinginan Tertutup

Sumber : <https://frenki-sistempendingin.blogspot.com/>

b. Sistem Pendinginan Terbuka

Sistem pendinginan terbuka merupakan sistem pendinginan yang langsung menggunakan media air laut yang media pendinginan air laut itu sendiri langsung di buang ke laut setelah mengalami proses dalam *cooler*. (Subekti et al., 2022)



Gambar 2. 3 Sistem pendinginan terbuka

Sumber : <https://frenki-sistempendingin.blogspot.com/>

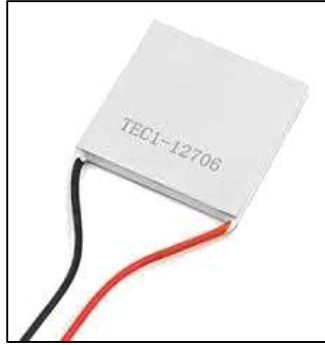
3. Modul Peltier

Modul Peltier merupakan perangkat termoelektrik yang bekerja berdasarkan efek Peltier, yaitu fenomena di mana terjadi perpindahan panas ketika arus listrik searah dialirkan melalui sambungan dua material semikonduktor yang berbeda. Ketika arus listrik diberikan, salah satu sisi modul akan menyerap panas (sisi dingin), sedangkan sisi lainnya akan

melepaskan panas (sisi panas)(Umboh et al., n.d.). Prinsip kerja ini memungkinkan modul Peltier digunakan sebagai elemen pendingin tanpa memerlukan refrigeran maupun komponen mekanik bergerak.

Pada penelitian ini, modul Peltier yang digunakan adalah tipe TEC1-12706. Dari penelitian (Rokhim et al., n.d 2023.)Modul ini memiliki tegangan kerja nominal sebesar 12 V DC dengan arus kerja maksimum sekitar 6 A, sehingga daya listrik yang digunakan berada pada kisaran 60–72 W per modul. Kapasitas pendinginan maksimum modul Peltier TEC1-12706 berkisar 50–60 W, tergantung pada kondisi lingkungan dan kemampuan pembuangan panas pada sisi panas modul. Modul ini memiliki dimensi sekitar $40 \times 40 \times 3,6$ mm dan jumlah pasangan termokopel sebanyak 127 pasang, yang memungkinkan tercapainya perbedaan suhu maksimum (ΔT_{max}) hingga sekitar 65–68 °C antara sisi panas dan sisi dingin.

Pemilihan modul Peltier tipe TEC1-12706 didasarkan pada beberapa pertimbangan, antara lain kemudahan ketersediaan di pasaran, kesesuaian dengan sumber daya DC 12 V, serta kemampuan pendinginan yang memadai untuk skala prototype (Merdekawati et al., n.d 2021.). Dalam penelitian ini digunakan empat modul Peltier yang dirangkai secara paralel untuk meningkatkan kapasitas penyerapan panas pada sistem pendingin. Modul-modul tersebut dipasang pada water block sehingga panas dari air pendingin dapat diserap secara efektif.



Gambar 2. 4 Peltier

Sumber : [Mengenal Peltier sebagai Modul Kulkas Mini dan AC Mini - NN Digital | Belajar Arduino, ESP8266 / NodeMCU, STM32, Raspberry Pi, Mikrokontroler dan Teknologi Informasi Lainnya](#)

Agar modul Peltier dapat bekerja secara optimal dan tidak mengalami kerusakan akibat akumulasi panas, sisi panas modul dilengkapi dengan heatsink dan kipas pendingin sebagai media pembuangan panas ke lingkungan. Dengan konfigurasi tersebut, modul Peltier pada Prototype Heat Exchanger V2 berfungsi sebagai elemen pendingin tambahan dalam sistem pendingin yang dirancang sebagai simulasi sistem pendingin mesin diesel generator kapal.

4. *Heat Exchanger*

Heat exchanger adalah alat yang digunakan untuk mentransfer panas dari satu zat cair ke zat cair lainnya tanpa menyebabkan kedua zat cair tersebut bercampur. Lalu dari penelitian (Yaqin et al., 2022) *Heat exchanger* merupakan bagian komponen sistem pendingin mesin diesel generator yang sangat berperan dalam proses menurunkan temperatur fluida. .Dalam sistem pendingin mesin kapal, heat exchanger berfungsi sebagai bagian penting yang membantu membuang panas dari air yang digunakan untuk mendinginkan mesin.

Dalam penelitian ini, heat exchanger digambarkan dalam bentuk *prototype Heat Exchanger V2* yang dibuat khusus untuk mempelajari desain sistem pendingin. *Prototype* ini berfungsi sebagai alat simulasi untuk sistem pendingin mesin generator diesel di kapal, dengan menggunakan modul Peltier sebagai komponen pendingin tambahan. Pada penelitian ini, *heat exchanger* direpresentasikan dalam bentuk *prototype Heat Exchanger V2* sebagai media simulasi.



Gambar 2. 5 Heat Exchanger

Sumber : <https://adpboilerparts.com/product/heat-exchanger/>

5. *Heatsink* Dan Kipas

Heatsink berperan untuk menyerap dan membuang panas dari sisi panas modul Peltier ke lingkungan sekitar. Dari penelitian (Faizal et al., 2022) *Heatsink* adalah material yang dapat menyerap dan mendisipasi panas dari suatu tempat yang bersentuhan dengan sumber panas dan membuangnya. Kipas pendingin dipakai untuk mempercepat proses pemindahan panas dengan cara menggerakkan udara. Kombinasi heatsink dan kipas sangat berpengaruh terhadap kinerja sistem pendingin berbasis modul Peltier, karena suhu pada bagian yang panas terlalu tinggi dapat mengurangi kemampuan mendinginkan secara efektif.



Gambar 2. 6 Heatsink dengan kipas

Sumber: <https://id.sindathermal.com/info/cpu-heatsink-selection-advice-79709405.html>

6. Sistem Kontrol *Arduino – Uno*

Arduino Uno adalah papan mikrokontroler yang sering digunakan dalam kegiatan belajar, penelitian, serta pembuatan model sistem elektronika. Papan ini menggunakan mikrokontroler ATmega328P sebagai bagian utama yang mengatur semua kegiatan dalam sistem tertanam. Arduino Uno dibuat agar pengguna lebih mudah membuat perangkat elektronik yang bisa membaca sinyal dari sensor, memproses data, dan menghasilkan output untuk mengontrol perangkat seperti LED, motor, relay, atau layar LCD. Secara teknis, Arduino Uno memiliki 14 pin yang bisa digunakan untuk input atau output digital, dari mana 6 di antaranya mendukung teknologi *Pulse Width Modulation (PWM)*. Selain itu, terdapat 6 pin input analog yang digunakan untuk menangkap sinyal analog dengan rentang tegangan 0 hingga 5 volt. Papan ini juga memiliki pin untuk menghubungkan daya seperti 5V, 3.3V, yang memungkinkan Arduino Uno digunakan dengan sumber daya dari luar. Kecepatan kerja sistem dikendalikan oleh osilator kristal 16 MHz, sehingga mikrokontroler bisa menjalankan perintah dengan cara yang konsisten dan akurat.



Gambar 2. 7 *Arduino Uno*

Sumber: <https://henduino.github.io/library/board/mengenal-arduino-uno/>

Kelebihan Arduino ini adalah penulis tidak perlu lagi mengkhawatirkan sistem dan rangkaian pemrograman minimal karena sudah terintegrasi dalam satu board (Arba'I Yusuf, Asni Tafrikhatin, Jati Sumarah, 2023). Pada tahap mikrokontroler, Anda dapat menggunakan project board atau dengan kata lain *breadboard* dan beberapa kabel jumper untuk menghubungkan komputer dan Arduino. Dengan menggunakan project board, kita tidak perlu menyolder rangkaiannya sehingga proses perakitan menjadi relatif sederhana dan cepat. Project Board memungkinkan kita membongkar dan merakit dengan mudah dan cepat, cocok untuk eksperimen.

7. *Water Block*

Water block adalah bagian dari sistem pendingin yang menggunakan cairan, bertugas sebagai alat untuk mentransfer panas dari komponen yang menghasilkan panas ke fluida pendingin. Fungsi *Water block* ialah sebagai penyalur temperatur dingin yang nanti akan di salurkan pada alat yang akan mentransfer temperatur rendah(Huri, 2024). Komponen ini biasanya ditempatkan langsung di permukaan yang menghasilkan panas, seperti prosesor, modul peltier, atau komponen elektronika berdaya tinggi, sehingga panas bisa diserap dengan baik. Prinsip utama kerja *water block*

adalah mengalirkan panas dari permukaan yang panas ke bagian utama water block, lalu panas itu dibawa ke air yang mengalir di dalamnya dengan cara konveksi.

Secara umum, *water block* biasanya dibuat dari bahan yang memiliki kemampuan menghantarkan panas yang baik, seperti tembaga atau aluminium. Di dalam *water block* terdapat saluran atau kanal air yang dirancang agar bisa meningkatkan area kontak antara cairan pendingin dan permukaan logam. Desain saluran ini sangat memengaruhi efisiensi dalam mengalirkan panas, karena aliran air yang kacau biasanya membuat panas dilepaskan lebih cepat dibandingkan aliran air yang tenang.



Gambar 2. 8 *Water Block*

Sumber : <https://botland.store/aluminium-heat-sinks/23491-water-block-for-cooling-40x80mm-aluminum-heat-sink-for-peltier-cells.html>

Dalam sistem pendingin, *water block* berperan sebagai bagian dari suatu lingkaran tertutup yang terdiri dari pompa, selang, *Heatsink*, dan *reservoir*. Pompa bekerja untuk mengalirkan air terus-menerus melalui *water block*, sehingga panas yang tertangkap tidak terkumpul di satu tempat saja. Air yang sudah mendapat panas dari *water block* kemudian dibawa ke *heat exchanger* untuk melepaskan panas ke udara sebelum kembali lagi ke *water block*.

8. Pompa 12 V

Pompa DC 12 volt adalah bagian penting dalam penelitian ini yang digunakan untuk mengalirkan cairan pendingin terus-menerus di dalam sistem pendingin yang menggunakan sirkulasi air. Pompa air adalah suatu alat yang berfungsi untuk mengalirkan, memindahkan dan mensirkulasikan zat cair dengan cara menaikkan tekanan dan kecepatan dari suatu tempat ke tempat lain, atau dengan kata lain pompa air adalah alat yang merubah energi mekanik dari suatu alat penggerak (Siwi, 2023) Pompa ini berfungsi agar air bisa mengalir dari reservoir ke water block dan kembali ke sistem pembuangan panas, sehingga panas yang diambil dari sumber panas dapat ditransfer dengan baik. Tanpa pompa, proses pengalihan panas tidak akan berjalan dengan baik karena fluida pendingin tidak bisa mengalir.



Gambar 2. 9 Pompa Air 12 V

Sumber: <https://siplah.eurekabookhouse.co.id/satdik/product/6975/1883283-micro-water-pump-12v-pompa-air-elektrik-365b-7->

Dalam penelitian ini, pompa 12 volt berfungsi sebagai penggerak utama aliran air dengan menggunakan sumber tegangan searah. Pemilihan pompa DC 12 volt dilakukan karena pertimbangan efisiensi energi yang lebih baik, kemudahan dalam dihubungkan ke sistem elektronik, serta tingkat keselamatan yang lebih tinggi dibandingkan pompa yang

menggunakan tegangan tinggi. Pompa ini dihidupkan dan dimatikan melalui sistem kontrol, seperti relay atau driver MOSFET, yang diatur oleh mikrokontroler sesuai dengan kondisi operasi yang sudah ditentukan.

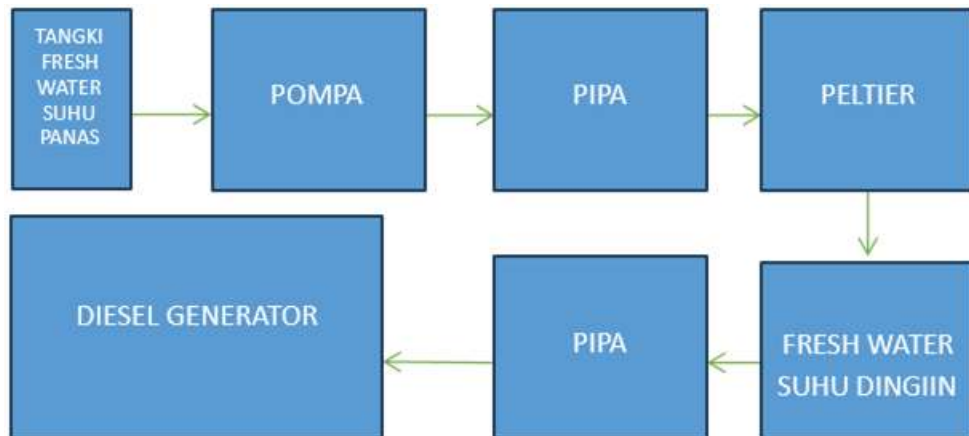
BAB III

METODE PENELITIAN

A. Perancangan Sistem

Agar Penulis dapat mencapai hasil yang sesuai dengan desain perencanaan maka penelitian ini dilakukan secara bertahap, terstruktur dan sistematis berdasarkan struktur rumusan masalah dan batasan masalah yang di cantumkan. Perancangan sistem pada penelitian ini menggunakan metode *Research an Development*.

Untuk memahami desain Sistem pendingin *Prototype modul Peltier*, peneliti telah membuat blok diagram pada berikut ini :



Gambar 3. 1 Blok diagram sistem kerja rangkaian modul peltier

Sumber : Dokumentasi Pribadi, 2024

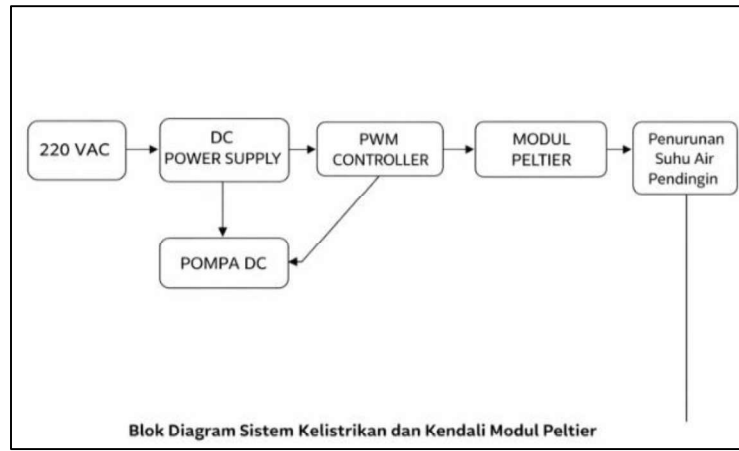
Adapun sistem kerja dari rangkaian modul Peltier dari *Prototype Heat Exchanger V2* Peltier yang dapat dilihat pada gambar 3.1 dapat dijelaskan sebagai berikut :

1. Sistem pendingin dimulai dengan air tawar bersuhu tinggi yang berasal dari proses pendinginan mesin diesel generator. Air pendingin panas dialirkan

dan ditampung pada tangki *Fresh Water* sebagai media awal sebelum proses pendinginan.

2. *Fresh Water* dialirkan ke dalam tangki, kemudian dipanaskan dan diarahkan menggunakan pompa sirkulasi ke modul Peltier melalui saluran pipa. Pompa berfungsi untuk mempertahankan kelangsungan aliran air agar proses pendinginan dapat berjalan secara stabil dan terkendali. sebagai sarana pendingin air yang telah melewati dalam alat tersebut.
3. Panas mengalir melalui modul Peltier, mengakibatkan penurunan suhu karena proses perpindahan panas yang terjadi pada modul termoelektrik. Pada tahap ini, modul Peltier berfungsi sebagai heat exchanger aktif yang menyerap panas dari air pendingin yang melintasi permukaan modul tersebut. Air yang masuk Mesin diesel generator kapal yang bersuhu dingin dari alat tersebut akan mendinginkan mesin diesel generator kapal, dan air tersebut keluar dengan kondisi panas.
4. Sirkulasi air dari tangki air bersih, pompa, pipa, dan modul Peltier membentuk sistem sirkulasi tertutup selama proses pendinginan berlangsung.
5. Setelah melewati modul Peltier dan mengalami penurunan suhu, air pendingin selanjutnya dialirkan keluar dari sistem sirkulasi ke tangki air segar setelah didinginkan. Pada tahap ini, aliran air berubah menjadi sistem aliran terbuka (open loop), di mana air pendingin hasil proses pendinginan disimpan sebelum digunakan kembali sebagai media pendingin mesin diesel generator.

Pada Gambar 3.2 Peneliti menyajikan sistem kelistrikan yang digunakan pada Rangkaian *Prototype Heat Exchanger V2*



Gambar 3. 2 Blok Diagram Kelistrikan Prototype Heat Exchanger V2
Sumber : Dokumentasi Pribadi, 2026

Berdasarkan blok diagram sistem kelistrikan dan kendali modul Peltier, alur kerja sistem dapat dijelaskan sebagai berikut :

1. Sistem listrik pada Prototype Heat Exchanger V2 menggunakan tegangan 220 VAC sebagai sumber daya utama untuk semua komponen pendingin.
2. Tegangan 220 VAC kemudian dikonversi menjadi tegangan searah (DC) oleh DC power supply agar sesuai dengan kebutuhan kerja pompa DC dan modul Peltier.
3. Daya keluaran dari power supply DC selanjutnya dialirkan ke pompa DC yang berfungsi untuk mengalirkan air pendingin secara kontinu dalam sistem.
4. Selain itu, daya DC juga dialirkan ke kontroler PWM yang berfungsi sebagai pengatur besarnya daya listrik yang diberikan ke modul Peltier.
5. Keluaran dari PWM controller kemudian dialirkan ke modul Peltier, sehingga modul dapat berfungsi sebagai heat exchanger aktif dalam sistem

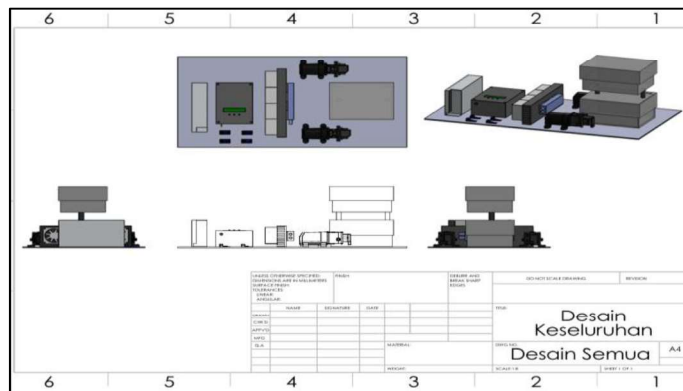
pendinginan.

6. Modul Peltier beroperasi melalui proses penyerapan panas dari air pendingin yang mengalir, sehingga menyebabkan penurunan suhu air pendingin sebagai keluaran sistem.
7. Air pendingin yang telah mengalami penurunan suhu selanjutnya siap digunakan kembali dalam proses pendinginan mesin diesel generator.

B. Desain

1. Desain Konstruksi

Dalam Karya Ilmiah Terapan ini penulis menggunakan Tanki yang bervolume 2,5L dan menggunakan rangkaian modul peltier yang terdiri dari *Water block*, *heatsink*, dan *fan*. Desain bentuk dari *Prototype Heat Exchanger V2* Peltier yang akan dibuat dapat dilihat pada gambar berikut :



Gambar 3. 3 Desain Kontruksi Prototype Heat Exchanger V2
Sumber : Dokumentasi Pribadi, 2026

Spesifikasi Piranti kelistrikan dan Ukuran Volume Tanki Reservoir pada Rangkaian *Prototype* peltier yang akan di rancang ini dapat dilihat pada table 3.1 sebagai berikut :

Tabel 3. 1 *Particular Module Peltier*

Panjang	25 cm
Lebar	10 cm
Tinggi	10 cm
Diameter Pipa Selang	0,5 Inch
Peltier	Model TEC1-12706 x 4, 12V - 15.4V DC x 4, Arus 6A - 6.4A x 4, Daya 50W - 70W x 4.
Sumber Daya	<i>Power Supply</i> 110 – 240V AC x 2, Tegangan output 12V, Daya : 10A
<i>Pulse Width Modulation</i>	15A 400W 5-36V
<i>Relay</i>	5v
<i>Fan + Heatsink</i>	12v 0.83 Ampere
Pompa	Pompa DC 12 Volt

Sumber : Dokumentasi Pribadi, 2026

Untuk desain dari peletakan peltier dari rangkaian *Prototype Heat Exchanger V2* Peltier ini akan dibuat sedemikian rupa agar sesuai dengan kebutuhan proporsi sistem pendinginan kapal yang memerhatikan sistem kelistrikan dan sistem pendinginan yang stabil.

C. Perhitungan Beban Daya Sistem Kelistrikan

Perhitungan daya dilakukan untuk memastikan bahwa unit pasokan daya (PSU) yang digunakan mampu memenuhi kebutuhan daya seluruh perangkat elektrik pada *Prototype Heat Exchanger V2* secara aman dan stabil. Perhitungan ini bertujuan sebagai dasar dalam memilih kapasitas PSU agar sistem dapat beroperasi tanpa mengalami kekurangan daya atau kerja berlebih.

Sumber daya listrik pada penelitian ini berasal dari beberapa komponen utama, yaitu modul Peltier, pompa DC, dan controller PWM. Setiap komponen

memiliki kebutuhan daya yang berbeda sesuai dengan spesifikasi teknisnya.

Dalam umumnya, daya listrik masing-masing komponen dihitung menggunakan persamaan dasar hubungan antara tegangan dan arus, yaitu:

$$P = V \times I$$

di mana:

- P adalah daya listrik (Watt),
- V adalah tegangan kerja (Volt),
- I adalah arus listrik (Ampere).

Daya total yang diperoleh dari penjumlahan daya seluruh komponen elektrik yang terhubung ke PSU, dapat dinyatakan dengan persamaan:

$$P_{total} = P_{Peltier} + P_{Pompa} + P_{PWM}$$

Untuk memastikan keandalan sistem, kapasitas PSU yang dipilih harus lebih besar dari total beban daya yang dihitung. Oleh karena itu, faktor keamanan digunakan untuk mengantisipasi fluktuasi beban dan kerugian pada sistem. Secara umum, kapasitas minimum PSU dapat ditentukan dengan persamaan:

$$P_{PSU} = P_{total} \times (1 + SF)$$

Sebagaimana SF merupakan faktor keamanan yang biasanya berada dalam rentang 20–30%. Dengan demikian, PSU yang digunakan diharapkan mampu menyuplai daya secara stabil selama sistem pendingin beroperasi.

D. Perhitungan Penurunan Suhu Air

Perhitungan penurunan suhu air pendingin dilakukan untuk mengevaluasi kinerja sistem pendingin berbasis modul Peltier dalam menurunkan suhu air pendingin. Parameter utama yang digunakan dalam evaluasi ini adalah perbedaan suhu air sebelum dan setelah melewati modul Peltier.

Suhu air sebelum proses pendingin dianggap sebagai suhu masuk (incoming air temperature).

$$\Delta T = T_{in} - T_{out}$$

Yang dimana :

- ΔT adalah penurunan suhu air pendingin ($^{\circ}\text{C}$),
- T_{in} adalah suhu air pendingin sebelum pendinginan ($^{\circ}\text{C}$),
- T_{out} adalah suhu air pendingin setelah pendinginan ($^{\circ}\text{C}$).

suhu air pendingin setelah melewati modul Peltier dinyatakan sebagai suhu keluar, sedangkan suhu air pendingin sebelum melewati modul Peltier dinyatakan sebagai suhu masuk.

Pengukuran suhu dilakukan pada titik masuk dan keluar modul Peltier menggunakan sensor suhu yang dipasang pada saluran air pendingin. Pengambilan data suhu dilakukan dalam interval waktu tertentu selama proses pengujian berlangsung untuk mendapatkan gambaran perubahan suhu pendingin air pendingin terhadap waktu.

Nilai penurunan suhu (ΔT) Hasil perhitungan ΔT yang diperoleh kemudian digunakan sebagai parameter utama dalam analisis kinerja sistem pendingin pada Bab IV. Dengan metode perhitungan ini, modul Peltier sebagai

heat exchanger dalam sistem pendinginan dapat dievaluasi secara kuantitatif.

E. Desain Uji Coba Produk

Uji coba dilakukan pada produk untuk mendapatkan data performa dari Prototype Heat Exchanger V2 yang berbasis modul Peltier dalam menurunkan suhu air pendingin (fresh water). Diawali dengan pengisian air pendingin ke reservoir awal dengan volume kerja $\pm 2,5$ liter, kemudian air dialirkan menggunakan pompa DC menuju modul Peltier melalui sistem perpipaan. Proses pendinginan terjadi saat air melewati modul Peltier, kemudian air hasil pendinginan dialirkan ke tangki air bersih setelah didinginkan, sehingga sistem bekerja dalam konfigurasi kombinasi *closed loop* dan *open loop*. Modul Peltier dioperasikan dengan sumber daya listrik dari PSU yang dikontrol melalui PWM, sementara suhu air masuk (*T_{in}*) dan suhu air keluar (*T_{out}*) diamati sebagai parameter utama dalam pengujian.

Beberapa item yang akan dijadikan poin pengujian pada penelitian ini yaitu:

1. Penurunan suhu air pendingin (ΔT) yang dihasilkan setelah melewati modul Peltier.
2. Daya listrik yang diberikan ke modul Peltier melalui pengaturan PWM controller.
3. Volume air pendingin ($\pm 2,5$ liter), Skala waktu pendinginan, konfigurasi sistem pendingin, serta kondisi lingkungan selama pengujian.
4. Pra Uji coba akan dilaksanakan di dalam Laboratorium Politeknik Pelayaran Surabaya.
5. Pengujian akan dilakukan sebanyak 5 kali dalam laboratorium.