

LAPORAN TUGAS AKHIR

PROTOTYPE

**RANCANG BANGUN SISTEM PENDINGINAN TERTUTUP  
BERBASIS *PELTIER* SEBAGAI PENDINGIN MESIN *DIESEL*  
*GENERATOR* DENGAN METODE PERANCANGAN SISTEM**



MUHAMMAD RAFI'UL WAFIE

NIT : 22.36.306.2.047

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

**RANCANG BANGUN SISTEM PENDINGINAN TERTUTUP  
BERBASIS *PELTIER* SEBAGAI PENDINGIN MESIN *DIESEL*  
*GENERATOR* DENGAN METODE PERANCANGAN SISTEM**



MUHAMMAD RAFI'UL WAFIE

NIT : 22.36.306.2.047

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 dibawah ini :

Nama : Muhammad Rafi'ul Wafie

Nomor Induk Taruna : 22 36 306 2 047

Program Studi : Diploma IV TRPK

Menyatakan bahwa KIT yang saya tulis dengan judul :

**“ RANCANG BANGUN SISTEM PENDINGINAN TERTUTUP BERBASIS  
PELTIER SEBAGAI PENDINGIN MESIN DIESEL GENERATOR  
DENGAN METODE PERANCANGAN SISTEM ”**

Merupakan karya asli seluruh ide yang ada dalam KIT tersebut, kecuali tema yang saya nyatakan sebagai kutipan, merupakan ide saya sendiri.

Jika pernyataan diatas terbukti tidak benar, maka saya bersedia menerima sanksi yang ditetapkan oleh Politeknik Pelayaran Surabaya.

Surabaya, 16 APRIL 2026



**MUHAMMAD RAFI'UL WAFIE**  
**NIT. 22363062047**

**PERSETUJUAN SEMINAR PROPOSAL  
KARYA ILMIAH TERAPAN**

Judul Karya : **RANCANG BANGUN SISTEM PENDINGINAN  
TERTUTUP BERBASIS PELTIER UNTUK MESIN  
DIESEL PENGGERAK UTAMA DI KAPAL DENGAN  
METODE PERANCANGAN SISTEM**

Nama Taruna : **MUHAMMAD RAFT'UL WAFIE**

Nomor Induk Taruna : **22.36.306.2.047**

Program Studi : **Diploma IV Teknologi Rekayasa Permesinan Kapal**

Dengan ini dinyatakan telah memenuhi syarat untuk diseminarkan

Surabaya, 10 Juni 2024

Menyetujui,

Pembimbing I



**MONIKA RETNO GUNARTI,**

**M.Pd.,M.Mar.E.**

Penata Tk. I (III/d)

NIP. 197605282009122002

Pembimbing II



**WULAN MARLIA SANDI,**

**M.Pd.**

NIP. 198903262023212017

Mengetahui,  
Kepala Program Studi Teknologi Rekayasa Permesinan Kapal  
Politeknik Pelayaran Surabaya



**MONIKA RETNO GUNARTI, M.Pd.,M.Mar.E.**

Penata Tk. I (III/d)

NIP. 197605282009122002

**PERSETUJUAN SEMINAR HASIL  
TUGAS AKHIR**

Judul : Rancang Bangun Sistem Pendinginan Tertutup Berbasis  
*Peltier* Sebagai Pendingin Mesin *Diesel Generator*  
Dengan Metode Perancangan Sistem

Program Studi : Diploma IV Teknologi Rekayasa Permesinan Kapal

Nama : Muhammad Rafi'ul Wafie

NIT : 22 36 306 2 047

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 Seminar Hasil Tugas Akhir



Dosen Pembimbing I

Dosen Pembimbing II

(Dr. NASRI, M.T., M.Mar.E.)  
NIP. 197111241999031001

(WULAN MARLIA SANDI, M.Pd.)  
NIP. 198903262023212017

Mengetahui,

Ketua Program Studi  
Teknologi Rekayasa Permesinan Kapal

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

**PENGESAHAN SEMINAR PROPOSAL  
KARYA ILMIAH TERAPAN**

**RANCANG BANGUN SISTEM PENDINGINAN TERTUTUP  
BERBASIS PELTIER UNTUK MESIN DIESEL PENGGERAK UTAMA  
DI KAPAL DENGAN METODE PERANCANGAN SISTEM**

Disusun dan Diajukan Oleh :

MUHAMMAD RAFI'UL WAFIE

NIT. 22 36 306 2 047

Teknologi Rekayasa Permesinan Kapal

Telah dipertahankan di depan Panitia Ujian KIT

Pada Tanggal 2024

Menyetujui,

Penguji I



RAMA SYAHPUTRA SIMATUPANG,  
SST,PeI, M.T.

Penata Muda Tk. I(III/b)  
NIP.198803292019021002

Penguji II



NASRI, M.T., M.Mar.E

Penata Muda Tk. I(III/d)  
NIP.197111241999031001

Penguji III



WULAN MARLIA SANDI, M.Pd.

NIP.198903262023212017

Mengetahui,  
Kepala Program Studi D4 Teknologi Rekayasa Permesinan  
Kapal  
Politeknik Pelayaran Surabaya



MONIKA RETNO GUNARTI M.Pd., M.Mar.E.

Penata Tk. I (III/d)  
NIP. 197605282009122002

**PENGESAHAN  
PROPOSAL TUGAS AKHIR  
KARYA ILMIAH TERAPAN**

**RANCANG BANGUN SISTEM PENDINGINAN TERTUTUP BERBASIS  
PELTIER SEBAGAI PENDINGIN MESIN DIESEL GENERATOR  
DENGAN METODE PERANCANGAN SISTEM**



Surabaya, 10 Maret 2026

Penguji I



**AGUS PRAWOTO, M.M., M.Mar.E**  
Penata Tk. I (III/d)  
NIP. 197808172009121001

Penguji II



**Dr. NASRI, M.T., M.Mar.E**  
Penata Tk. I (III/d)  
NIP. 197111241999031001

Penguji III



**Ir. SHOFA DAI ROBBI, S.T., M.T.**  
Penata Tk. I (III/c)  
NIP. 198203022006041001

Mengetahui  
Ketua Program Studi  
Sarjana Terapan Teknologi Rekayasa Permesinan Kapal



**Dr. Antonius Edy Kristiyono, M.Mar.E**  
Penata TK. I (III/d)  
NIP. 19690531200312001

## ABSTRAK

Muhammad Rafi'ul Wafie. Rancang Bangun Sistem Pendinginan Tertutup Berbasis Peltier Sebagai Pendingin Mesin *Diesel Generator* Dengan Metode Perancangan Sistem. Dibimbing oleh Dr. Nasri, M.T., M.Mar.E dan Wulan Marlia Sandi, M.Pd.

Mesin *diesel generator* memiliki peranan penting dalam sistem kelistrikan kapal dan beroperasi secara terus menerus selama pelayaran. Kondisi kerja tersebut menyebabkan peningkatan suhu mesin yang berpotensi menimbulkan *overheat* apabila tidak didukung oleh sistem pendinginan yang optimal. Umumnya, mesin diesel generator kapal menggunakan sistem pendinginan tertutup dengan media air laut sebagai pendingin. Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan menguji prototipe sistem pendinginan tertutup berbasis peltier sebagai alternatif media pendinginan pada mesin diesel generator utama kapal. Metode penelitian yang digunakan adalah *Research and Development (R&D)*, meliputi tahap perancangan, pembuatan prototipe, dan pengujian alat. Pengujian dilakukan sebanyak lima kali untuk memperoleh data temperature yang akurat dan konsisten dengan. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem pendinginan berbasis peltier mampu menurunkan suhu secara stabil dalam bekerja sesuai dengan rancangan yang dibuat. Pengujian maksimal alat dilakukan pada suhu 70°C dengan *set point* 30°C, dan menghasilkan nilai *error* kurang dari 5%.

**Kata kunci** : mesin *diesel generator*, sistem pendinginan, *peltier*

## ABSTRACT

*Muhammad Rafi'ul Wafie. Design and Development of a Peltier-Based Closed Cooling System as a Cooling Method for Diesel Generator Engines Using a System Design Approach. Supervised by Dr. Nasri, M.T., M.Mar.E and Wulan Marlia Sandi, M.Pd.*

*Diesel generator engines play an important role in ship electrical systems and operate continuously during voyages. These operating conditions cause an increase in engine temperature, which may lead to overheating if not supported by an optimal cooling system. Generally, ship diesel generators use a closed cooling system with seawater as the cooling medium. This research aims to design and test a Peltier based closed cooling system prototype as an alternative cooling medium for ship main diesel generator engines. The research method applied is Research and Development (R&D), which includes the stages of system design, prototype fabrication, and system testing. The testing was conducted five times to obtain accurate and consistent temperature data error under 5%. The test results show that the Peltier-based cooling system is capable of reducing temperature stably and operates in accordance with the designed system. Therefore, the Peltier-based closed cooling system has the potential to be an alternative cooling solution for ship diesel generator engines. The system was tested at a maximum temperature of 70 °C with a set point of 30 °C, resulting in an error value of less than 5%.*

**Keywords:** *Diesel Generator, Cooling system, Peltier*

## KATA PENGANTAR

Kami memanjatkan puji syukur kehadirat Allah Yang Maha Kuasa, karena atas penelitian tentang “ **RANCANG BANGUN SISTEM PENDINGINAN TERTUTUP BERBASIS PELTIER SEBAGAI PENDINGIN MESIN DIESEL GENERATOR DENGAN METODE PERANCANGAN SISTEM** ” dapat dilaksanakan. Penelitian tugas akhir ini bertujuan untuk menyelesaikan program studi Sarjana Terapan di Politeknik Pelayaran Surabaya.

Peneliti menyadari bahwa terdapat kekurangan dalam penyajian materi dan teknik penelitian dalam penelitian tugas akhir. Karena itu, peneliti sangat mengharapkan masukan dan saran untuk meningkatkan kualitas penelitian tugas akhir ini.

Peneliti ingin mengucapkan terima kasih kepada:

1. Bapak Moejiono, M.T.,M.Mar.E selaku Direktur Politeknik Pelayaran Surabaya yang telah menyediakan sarana dan prasarana untuk kelancaran penyelesaian KIT.
2. Dr. NASRI, M.T., M.Mar.E dan WULAN MARLIA SANDI, M.Pd. selaku dosen pembimbing yang telah mendidik dengan baik dan sabar.
3. Dr. Antonius Edy Kristiyono, M.Pd.,M.Mar.E. selaku Ketua Prodi TRPK yang telah membantu membimbing dan mendidik secara sabar.
4. Kedua orang tua tercinta, terima kasih atas setiap doa yang tak pernah putus, kasih sayang yang tak pernah berkurang, serta pengorbanan yang sering kali tak terlihat namun selalu terasa. Dalam setiap langkah yang peneliti tempuh hingga sampai pada titik ini, peneliti menyadari bahwa semua tidak pernah lepas dari doa dan harapan kalian yang selalu mengiringi. Semoga setiap usaha kecil yang peneliti capai hari ini dapat menjadi sedikit kebahagiaan dan kebanggaan bagi kalian, yang selama ini selalu menjadi rumah, tempat kembali, dan alasan terbesar peneliti untuk terus melangkah.
5. Kepada seseorang yang pernah singgah dalam perjalanan hidup peneliti, meskipun namamu kini tak lagi dapat dituliskan, terima kasih atas kebersamaan, kenangan, dan pelajaran yang pernah tertinggal dalam setiap proses yang telah dilalui. Kepergianmu perlahan mengajarkan peneliti arti kedewasaan, kesabaran, dan keikhlasan dalam menjalani hidup. Segala yang terjadi menjadi bagian dari perjalanan yang membentuk peneliti hingga sampai pada titik ini, menjadikan peneliti pribadi yang lebih kuat dan mampu memandang kehidupan dengan sudut pandang yang berbeda.
6. Dan untuk seseorang yang tetap memilih bertahan dan menemani peneliti hingga peneliti dapat menyelesaikan tugas akhir ini, terima kasih telah hadir dan menjadi bagian dari perjalanan yang tidak selalu mudah ini. Terima kasih telah menjadi tempat berbagi dalam duka maupun bahagia, serta menjadi penguat di setiap langkah yang terkadang terasa berat. Kehadiranmu bukan hanya sekadar

menemani, tetapi juga menjadi alasan mengapa peneliti mampu terus melangkah hingga sampai pada akhir dari perjuangan ini. Semoga setiap kebaikan, kesabaran, dan dukungan yang telah diberikan akan selalu kembali kepadamu dalam bentuk kebahagiaan yang tak terhingga.

7. Terakhir, kepada diri peneliti sendiri, terima kasih telah bertahan sejauh ini. Terima kasih karena tidak menyerah di setiap proses yang tidak selalu mudah, tetap melangkah meski sering kali merasa lelah, ragu, dan hampir menyerah. Semua perjalanan, luka, dan pelajaran yang telah dilewati menjadi bukti bahwa peneliti mampu sampai pada titik ini. Semoga langkah kecil hari ini menjadi pengingat bahwa segala perjuangan tidak pernah sia-sia.

Saya menyadari bahwa masih terdapat kekurangan dalam penyusunan tugas akhir ini. Saya sangat mengharapkan kritik dan saran. Demikian, semoga penelitian ini bermanfaat bagi semua pihak.

Surabaya,.....2026

**MUHAMMAD RAFI'UL WAFIE**  
**NIT. 22363062047**

## DAFTAR ISI

<b>HALAMAN JUDUL .....</b>	<b>i</b>
<b>PERNYATAAN KEASLIAN.....</b>	<b>ii</b>
<b>PERSETUJUAN SEMINAR PROPOSAL.....</b>	<b>iii</b>
<b>PERSETUJUAN SEMINAR PROPOSAL KARYA ILMIAH TERAPAN ...</b>	<b>iv</b>
<b>PENGESAHAN SEMINAR PROPOSAL KARYA ILMIAH TERAPAN.....</b>	<b>v</b>
<b>ABSTRAK .....</b>	<b>vii</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>viii</b>
<b>KATA PENGANTAR.....</b>	<b>ix</b>
<b>DAFTAR ISI.....</b>	<b>xi</b>
<b>DAFTAR TABEL .....</b>	<b>xiii</b>
<b>DAFTAR GAMBAR.....</b>	<b>xiv</b>
<b>DAFTAR LAMPIRAN .....</b>	<b>xv</b>
<b>BAB I PENDAHULUAN.....</b>	<b>1</b>
A. Latar Belakang .....	1
B. Rumusan Masalah.....	4
C. Batasan Masalah .....	4
D. Tujuan Penelitian .....	5
E. Manfaat Penelitian .....	5
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....</b>	<b>6</b>
A. <i>Review</i> Penelitian Sebelumnya .....	6
B. Landasan Teori.....	7
1. Mesin <i>Diesel Generator</i> .....	8
2. Sistem Pendingin.....	8

3. Korosi.....	10
4. <i>Peltier</i> .....	11
C. Kerangka Pikir.....	13
<b>BAB III METODOLOGI PENELITIAN .....</b>	<b>15</b>
A. Perancangan Sistem.....	15
B. Model Perancangan Alat.....	20
1. Skema Perancangan Alat.....	20
2. Desain Tampilan Alat.....	22
C. Rencana Pengujian.....	24
D. Waktu Penelitian.....	26
<b>BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN.....</b>	<b>27</b>
A. Uji Coba Produk.....	27
1. Uji Coba Statis .....	27
2. Uji Coba Dinamis.....	30
B. Analisis Data.....	32
C. Kajian Produk Akhir.....	40
<b>BAB V PENUTUP.....</b>	<b>43</b>
A. Kesimpulan .....	43
B. Saran .....	44
<b>DAFTAR PUSTAKA.....</b>	<b>45</b>
<b>LAMPIRAN.....</b>	<b>47</b>

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 <i>Review</i> penelitian sebelumnya .....	6
Tabel 3.1 Rencana Pengujian.....	24
Tabel 3.2 Rencana Pengujian.....	25
Tabel 3.3 Rencana Pengujian.....	25
Tabel 3.4 Rencana Pengujian.....	25
Tabel 4.1 Data Uji Coba Pertama .....	30
Tabel 4.2 Data Uji Coba Kedua .....	31
Tabel 4.3 Data Uji Coba Ketiga.....	31
Tabel 4.4 Data Interval.....	32

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Mesin Diesel Generator.....	8
Gambar 2.2 Sistem Pendinginan Tertutup .....	9
Gambar 2.3 Sistem Pendinginan Terbuka.....	10
Gambar 2.4 Korosi .....	10
Gambar 2.5 Peltier .....	12
Gambar 2.6 Kerangka Pikir.....	13
Gambar 3.1 Blok Diagram Perancangan Sistem.....	17
Gambar 3.2 Diagram Pemasangan Peltier .....	18
Gambar 3.3 Flowchart Alat Peltier .....	19
Gambar 3.4 Skema Perancangan Alat.....	20
Gambar 3.5 Perancangan Alat.....	22

## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Uji Coba Pertama.....	47
Lampiran 2 Uji Coba Kedua .....	47
Lampiran 3 Uji Coba Ketiga .....	47

# BAB I

## PENDAHULUAN

### A. Latar Belakang

Dalam industri perkapalan, mesin generator memegang peran sentral sebagai pembangkit listrik diatas kapal. Mesin ini bertanggung jawab sebagai mesin pembangkit listrik diatas kapal dan juga untuk *supply* seluruh kebutuhan daya listrik. Ada 2 jenis mesin diesel generator yaitu *Rotating Arm Generator and Rotating Field Generator*, tergantung pada ukuran, jenis, dan kebutuhan kapal. Dalam konteks ini, mesin diesel generator jenis *Rotating Field Generator* umumnya menjadi pilihan yang paling umum digunakan untuk kapal-kapal besar, karena efisiensi, keandalan, dan daya tahan yang ditawarkannya. Mesin diesel generator merupakan komponen kunci dalam operasi kapal laut yang bertanggung jawab atas pembangkit listrik pada kapal.

Mesin diesel generator akan bekerja secara terus menerus , maka dari itu mesin diesel generator kapal memerlukan pendinginan agar kinerja mesin utama tetap stabil. Sistem pendingin adalah sebuah sistem yang memiliki fungsi untuk menjaga temperatur mesin pada suhu yang diinginkan agar mesin diesel dapat beroperasi secara berkelanjutan. Mesin diesel generator yang terus beroperasi akan menghasilkan panas dengan suhu, maka dari itu diperlukannya sistem pendinginan pada kapal terhadap mesin diesel generator kapal. Sistem pendinginan yang digunakan pada mesin diesel generator adalah sistem pendinginan tertutup. Sistem pendinginan tertutup merupakan sistem pendinginan yang menggunakan air tawar sebagai media pendingin yang

bersirkulasi didalam mesin. Air tawar yang bersirkulasi didalam mesin akan menuju ke heat exchanger lalu didinginkan oleh air laut. Maka dari itu para awak kapal lebih memilih menggunakan sistem pendinginan tertutup.

Panas yang berlebih pada mesin akan mengakibatkan rusaknya mesin yang berakibat *overheat*. Salah satu komponen yang bertugas untuk mendinginkan mesin diesel generator kapal adalah *heat exchanger*. Pada sistem pendinginan tertutup dengan menggunakan *heat exchanger* atau mesin penukar kalor, seringkali masalah muncul terkait dengan endapan endapan lumpur yang terbawa oleh air laut dan juga terjadinya korosi yang disebabkan oleh air laut sebagai media pendingin. Hasil penelitian yang dilakukan oleh (Sroyer et al., 2019) dengan judul “PERAWATAN *FRESH WATER COOLER* PADA SISTEM PENDINGINAN MESIN DIESEL PENGGERAK GENERATOR LISTRIK DI KAPAL NAVIGASI MILIK DISTRIK NAVIGASI KELAS I AMBON” menunjukkan bahwa kegagalan *heat exchanger* dalam mendinginkan air tawar yang digunakan sebagai media pendingin mesin dapat menyebabkan kerusakan pada mesin. Temperatur yang terlalu tinggi di luar batas yang direkomendasikan dapat menyebabkan kerusakan mesin yang lebih serius jika tidak segera diperbaiki. Perawatan bertujuan untuk mengembalikan performa optimalnya dalam mendinginkan air tawar, serta mencegah kegagalan mesin akibat suhu yang melebihi batas yang ditentukan selama operasi mesin. Selain kegagalan dan suhu melebihi batas pada mesin endapan endapan yang terbawa dari *sea water* juga mempengaruhi kinerja *heat exchanger* dalam pengoperasiannya. Endapan lumpur yang terbawa dan korosi dapat mengganggu aliran fluida pendingin dan mempengaruhi kinerja keseluruhan sistem

pendinginan. Endapan mineral dan lumpur yang terbawa dapat menyebabkan penyumbatan pada jalur aliran fluida serta dapat mengurangi efisiensi pendinginan, adapun sifat air laut yakni bersifat korosif yang dapat menyebabkan kerusakan pada komponen *heat exchanger*.

Dalam mengatasi tantangan yang dihadapi oleh *heat exchanger* dalam sistem pendinginan tertutup, inovasi diperlukan untuk meningkatkan efisiensi dan keandalan. Inovasi pada sistem pendinginan dengan memanfaatkan teknologi peltier. Peltier adalah arus listrik searah yang melalui sambungan dua bahan termoelektrik dapat menghasilkan perbedaan temperatur di ujung sambungan (Agus Salim & Indarto, 2018) dapat menjadikan peningkatan efisiensi dan keandalan dalam pengaturan suhu mesin diesel generator kapal, serta dapat mengurangi ketergantungan pada air laut sebagai media pendingin pada sistem pendinginan tertutup. Untuk mengatasi permasalahan diatas peneliti mempunyai sebuah inovasi, yaitu merancang sebuah sistem pendinginan tertutup dengan menggunakan peltier.

Alat ini dirancang untuk mendinginkan suhu air yang bersikulasi dalam pendinginan tertutup pada mesin utama kapal. Pada alat ini menggunakan peltier yang nantinya akan berfungsi sebagai media perpindahan kalor yang baik dan juga bisa mendinginkan suhu yang berpotensi menjadi pendinginan alternatif pada sistem pendinginan tertutup. Alat ini dapat memberikan pendinginan yang efektif untuk pipa besi dan air dalam sistem pendinginan tertutup. Penggunaan teknologi peltier dapat memberikan control suhu yang akurat dan responsif. Berdasarkan latar belakang tersebut, maka peneliti mempunyai rencana penelitian dengan judul **“Rancang Bangun Sistem**

## **Pendinginan Tertutup Berbasis Peltier Sebagai Pendingin Mesin Diesel Generator di Kapal Dengan Metode Perancangan Sistem“**

### **B. Rumusan Masalah**

Berdasarkan latar belakang diatas, peneliti menyusun rumusan masalah sebagai berikut :

1. Bagaimana merancang prototipe dari sistem pendinginan tertutup berbasis peltier ?
2. Bagaimana cara kerja sistem pendinginan tertutup berbasis peltier ?

### **C. Batasan Masalah**

Berdasarkan rumusan masalah diatas peneliti memiliki batasan masalah sebagai berikut :

1. Pada penelitian ini hanya menggunakan Peltier sebagai media pendingin dengan kapasitas kecil (*prototype*).
2. Parameter yang diamati dalam penelitian ini meliputi suhu *fresh water* yang masuk dan keluar dari alat, serta waktu yang dibutuhkan selama proses pendinginan hingga mencapai suhu yang ditentukan. Suhu maksimum yang digunakan dalam pengujian adalah 70°C, mengingat keterbatasan material dan komponen yang digunakan pada prototipe. Pengujian tidak dilakukan pada suhu di atas 70°C untuk menghindari potensi kerusakan komponen akibat suhu yang terlalu tinggi.
3. Faktor lingkungan, seperti suhu ruangan, tidak dianalisis secara mendalam. Oleh karena itu, penelitian dilakukan pada kondisi suhu ruang yang relatif

stabil untuk meminimalkan pengaruh variabel eksternal.

4. Sistem pengendalian yang digunakan adalah metode *on-off* berbasis PWM sederhana, tanpa menggunakan sistem kontrol lanjutan seperti PID atau integrasi berbasis IoT.

#### **D. Tujuan Penelitian**

Tujuan dari penelitian ini adalah :

1. Penelitian ini bertujuan untuk merancang prototipe sistem pendinginan tertutup berbasis peltier yang dapat meningkatkan kualitas pendinginan pada mesin diesel generator kapal.
2. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui cara kerja sistem pendingin kapal berbasis peltier ini dapat meningkatkan suhu pendinginan pada *fresh water* yang bersirkulasi pada mesin diesel generator kapal.

#### **E. Manfaat Penelitian**

Manfaat dari penelitian ini adalah :

1. Prototipe sistem pendingin berbasis peltier ini dapat dijadikan alternatif operasional pendinginan tertutup pada kapal.
2. Informasi yang diperoleh melalui sistem pendinginan ini dapat digunakan untuk memaksimalkan fungsi peltier yang bisa diaplikasikan dalam mesin pada kapal.

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### A. *Review* Penelitian Sebelumnya

Setiap penelitian pasti memiliki penelitian sebelumnya . Pada bab ini penelitian sebelumnya memiliki peran penting sebagai perbandingan penelitian saat ini dengan penelitian sebelumnya. Oleh karena itu, peneliti memerlukan informasi sebagai referensi untuk mendukung temuan dalam penelitiannya,

Tabel 2.1 *Review* Penelitian Sebelumnya

No	Judul	Hasil	Perbedaan
1.	EFEKTIVITAS <i>KEEL COOLER</i> PADA SISTEM PENDINGIN MESIN PENGGERAK UTAMA KAPAL (Klara et al., 2022)	Metode yang digunakan dalam modifikasi sistem pendingin mesin diesel untuk kapal motor nelayan menggunakan heat exchanger mengikuti prosedur yang telah disepakati oleh TEMA (Tubular Exchanger Manufacturers Association). Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem yang dimodifikasi mampu menjaga temperatur air tawar pada water jacket sebesar 74°C, sesuai dengan standar yang disarankan untuk motor bakar. Efisiensi sistem tertinggi tercapai pada putaran mesin 1900 Rpm sebesar 37%. Keunggulan sistem yang dimodifikasi antara lain berkurangnya tingkat korosifitas pada water jacket, menjaga temperatur air sesuai dengan standar, dan konstruksi yang lebih baik.	Perbedaan antara jurnal ini dengan penelitian peneliti terletak pada penggunaan sistem pendingin. Pada jurnal ini sistem pendingin yang digunakan yaitu heat exchanger yang dimana heat exchanger tersebut menggunakan air laut sebagai media pendingin mesin penggerak utama kapal , sedangkan pada penelitian peneliti menggunakan peltier dalam sistem pendinginan tertutup terhadap mesin penggerak utama kapal
2	PERAWATAN FRESH WATER COOLER PADA SISTEM PENDINGINAN MESIN DIESEL PENGGERAK GENERATOR LISTRIK DI	Hasil penelitian dari jurnal tersebut menunjukkan bahwa perawatan fresh water cooler (FWC) pada kapal navigasi dilakukan dengan baik dan sesuai dengan instruksi kerja yang ada. Perawatan tersebut meliputi langkah-langkah seperti pemeriksaan volume air pendingin, penambahan coolant, pembersihan	Perbedaan jurnal ini dengan penelitian peneliti terletak pada perawatan sistem pendingin pada kapal. Pada penelitian peneliti perawatan tersebut meliputi perawatan pada pemeriksaan peltier
2	KAPAL NAVIGASI MILIK DISTRIK	shell and tube FWC, pembersihan tube dengan mencelupkan ke dalam air tawar dengan detergen dan flush	secara teratur dari debu, kotoran, atau residu lainnya yang dapat

No	Judul	Hasil	Perbedaan
	NAVIGASI KELAS I AMBON (Sroyer et al., 2019)	tube dengan air bertekanan tinggi, serta pembersihan shell dengan solar dan kuas. Setelah perawatan dilakukan, kondisi temperatur coolant meningkat sesuai dengan standar, dan hasil perawatan FWC sesuai dengan harapan untuk mencegah kerusakan mesin akibat overheating.	mengganggu kinerja peltier. Pemeriksaan secara visual dengan memastikan tidak ada kerusakan fisik pada peltier dan juga diperhatikan apakah ada kerak yang terbentuk di sekitar elemen peltier. Serta pengukuran suhu yang dihasilkan peltier berjalan sesuai dengan spesifikasi yang diinginkan
3	RANCANG BANGUN PENGENDALIAN KATUP TIGA ARAH PADA SISTEM PENDINGIN AIR TAWAR MESIN PENGGERAK UTAMA BERBASIS MIKROKONTROLER ARDUINO UNO (Budiyuansyah Sakti et al., 2024)	Hasil uji kelayakan dari penelitian tersebut menunjukkan presentase sebesar 96%, yang dapat digolongkan sebagai sangat layak. Prototype sistem pendingin pengendali katup tiga arah berbasis Arduino Uno layak untuk dikembangkan dan efektif dalam mencegah overheating pada mesin penggerak utama kapal. Kesimpulannya, pembuatan prototype ini dilakukan dengan baik dan terintegrasi dengan handphone untuk mempermudah pemantauan suhu pada main engine kapal.	Perbedaan antara jurnal ini dan penelitian peneliti terletak pada metode pendinginan air tawar. Pada jurnal ini menggunakan katup tiga arah untuk mengoptimalkan air tawar. Pada penelitian peneliti menggunakan metode pendinginan dengan menggunakan peltier.

## B. Landasan Teori

Dalam proses penelitian, landasan teori memiliki peran sebagai pondasi intelektual yang memberikan arah dan kejelasan bagi peneliti. Dengan membangun definisi yang kokoh dan menguraikan konsep yang relevan, landasan teori membentuk sebuah kerangka pemikiran yang penting untuk memahami sebuah penelitian. Dalam bab ini, pembaca akan dibimbing melalui penguraian mendalam mengenai definisi variabel penelitian, dengan menggunakan literatur terkait untuk memperkaya pemahaman terhadap topik penelitian. Landasan teori yang disajikan dalam bab ini adalah penyelidikan yang mendalam terhadap topik yang relevan. Dengan landasan teori yang kokoh

ini penelitian dapat diarahkan lebih fokus dan memberikan kontribusi pada pemahaman ilmiah di bidang yang diteliti. Berikut ini merupakan landasan teori yang diterapkan dalam penelitian ini :

### 1. Mesin *Diesel Generator*

Mesin diesel generator merupakan komponen utama pada kapal yang bertanggung jawab sebagai pembangkit listrik di atas kapal. Mesin diesel generator adalah sebuah perangkat mesin yang mengubah energi mekanik menjadi energi listrik. Mesin diesel generator memiliki peran penting dalam sistem pembangkit listrik dan menyalurkan listrik ke dalam sistem tenaga listrik (Hasiah et al., 2020). Mesin diesel generator menggunakan bahan bakar seperti minyak bakar, diesel, atau gas untuk menghasilkan tenaga mekanis tersebut.



Gambar 2.1 Mesin Diesel Generator  
Sumber : Dokumen pribadi

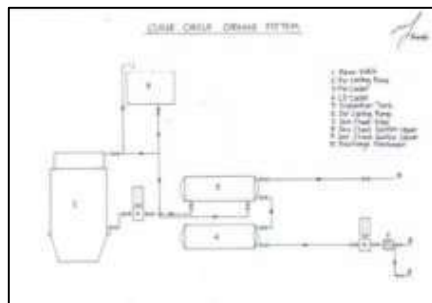
### 2. Sistem Pendingin

Sistem pendingin adalah sebuah sistem yang bertugas untuk mempertahankan suhu mesin pada tingkat yang telah ditetapkan dalam desainnya, sehingga mesin diesel generator dapat beroperasi secara terus-menerus. Mesin diesel yang beroperasi menghasilkan panas yang tinggi, dan sistem pendingin ini terdiri dari berbagai komponen penting yang bertujuan untuk mendinginkan blok mesin. Selain berfungsi untuk

mendinginkan blok mesin, sistem pendingin juga bertanggung jawab untuk mendinginkan pelumas, air scavange, dan water jacket. (Wibowo, Astriawati, & Jamaluddin, 2021)

a. Sistem Pendingin Tertutup

Sistem pendingin tertutup adalah sistem pendinginan yang memanfaatkan air tawar yang mengalir secara sirkulasi dari tangki ekspansi. Air ini dipompa melalui main engine dengan suhu sekitar 66°C, kemudian didinginkan dalam *cooler* menjadi sekitar 46°C sebelum kembali untuk mendinginkan main engine. Proses ini melibatkan pemompaan air laut hanya untuk mendinginkan air tawar melalui *cooler*, sebelum kemudian air tersebut dibuang ke laut melalui *overboard*. (Pratama, Astriawati, Waluyo, & Wahyudiyana, 2022)

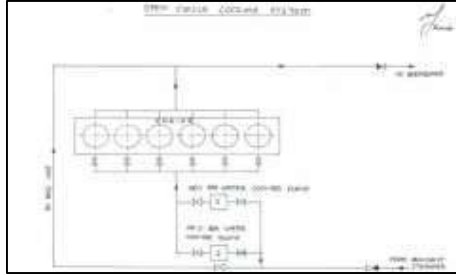


Gambar 2.2 Sistem Pendinginan Tertutup

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

b. Sistem Pendingin Terbuka

Sistem pendinginan terbuka merupakan sistem pendingin yang terhubung langsung dengan air laut. Dalam sistem ini, air laut langsung digunakan untuk menurunkan suhu komponen yang memerlukan pendinginan, sebelum kemudian kembali dialirkan kembali ke laut. (Mustain, Abdurrohman, & Abdullah, 2020)



Gambar 2.3 Sistem Pendinginan Terbuka

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

### 3. Korosi

Korosi adalah proses penghancuran secara paksa bahan seperti logam dan material bangunan mineral oleh agen korosif, yang umumnya berbentuk cair. Proses ini biasanya dimulai pada permukaan dan dipicu oleh reaksi kimia atau elektrokimia pada logam. Kerusakan kemudian dapat menyebar ke bagian dalam material tersebut. Kerusakan utama pada kapal laut dan peralatan apung lainnya sering disebabkan oleh korosi air laut. Secara umum, korosi dapat diklasifikasikan berdasarkan penampilannya, tingkat keseragaman, atau variasinya, baik pada tingkat mikroskopis maupun makroskopis. (Husodo, 2023)



Gambar 2.4 Korosi

Sumber : <https://www.aeroengineering.co.id/2021/08/korosi-pada-heat-exchanger/>

Terlihat pada gambar 2.4 merupakan korosi pada *heat exchanger* kapal akibat air laut yang bersirkulasi pada *heat exchanger*.

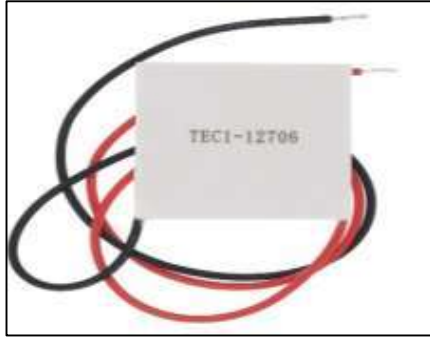
#### 4. *Peltier*

(Purba, 2025) mengatakan “TEC 12706 Merupakan salah satu modul dari termoelektrik dimana pada nama tersebut memiliki arti pada TEC mengartikan Termoelektrik Cooler dan 127 merupakan jumlah PN Junction dan 06 merupakan ampere maksimal dari termoelektrik“. Peltier merupakan perangkat termoelektrik yang mampu menciptakan perbedaan suhu antara dua sisi ketika diberi tegangan listrik.

Fenomena di mana arus listrik searah melalui sambungan dua bahan termoelektrik dapat menciptakan perbedaan suhu di kedua ujungnya. Dalam proses ini, energi listrik yang mengalir menghasilkan transfer panas antara dua bahan, menyebabkan salah satu sisi menjadi lebih panas sementara yang lainnya menjadi lebih dingin (Hasdiana, 2018). Saat arus listrik mengalir melalui modul Peltier, energi panas diserap dari sisi dingin perangkat dan dipindahkan ke sisi panas. Akibatnya, bagian yang semula dingin akan menjadi semakin dingin, sedangkan bagian yang semula panas akan mengalami peningkatan suhu.

Prinsip kerja Peltier terjadi ketika dua material konduktor yang memiliki perbedaan ikatan elektron dihubungkan, sehingga elektron berpindah dari material dengan ikatan lebih lemah ke material dengan ikatan lebih kuat. Fenomena ini banyak dimanfaatkan dalam sistem pendingin, seperti pada pendingin termoelektrik untuk kotak makanan atau minuman portabel, yang mampu menghasilkan suhu rendah tanpa memerlukan sistem pendingin konvensional maupun sumber daya eksternal yang kompleks.. (Agus Salim & Indarto, 2018).

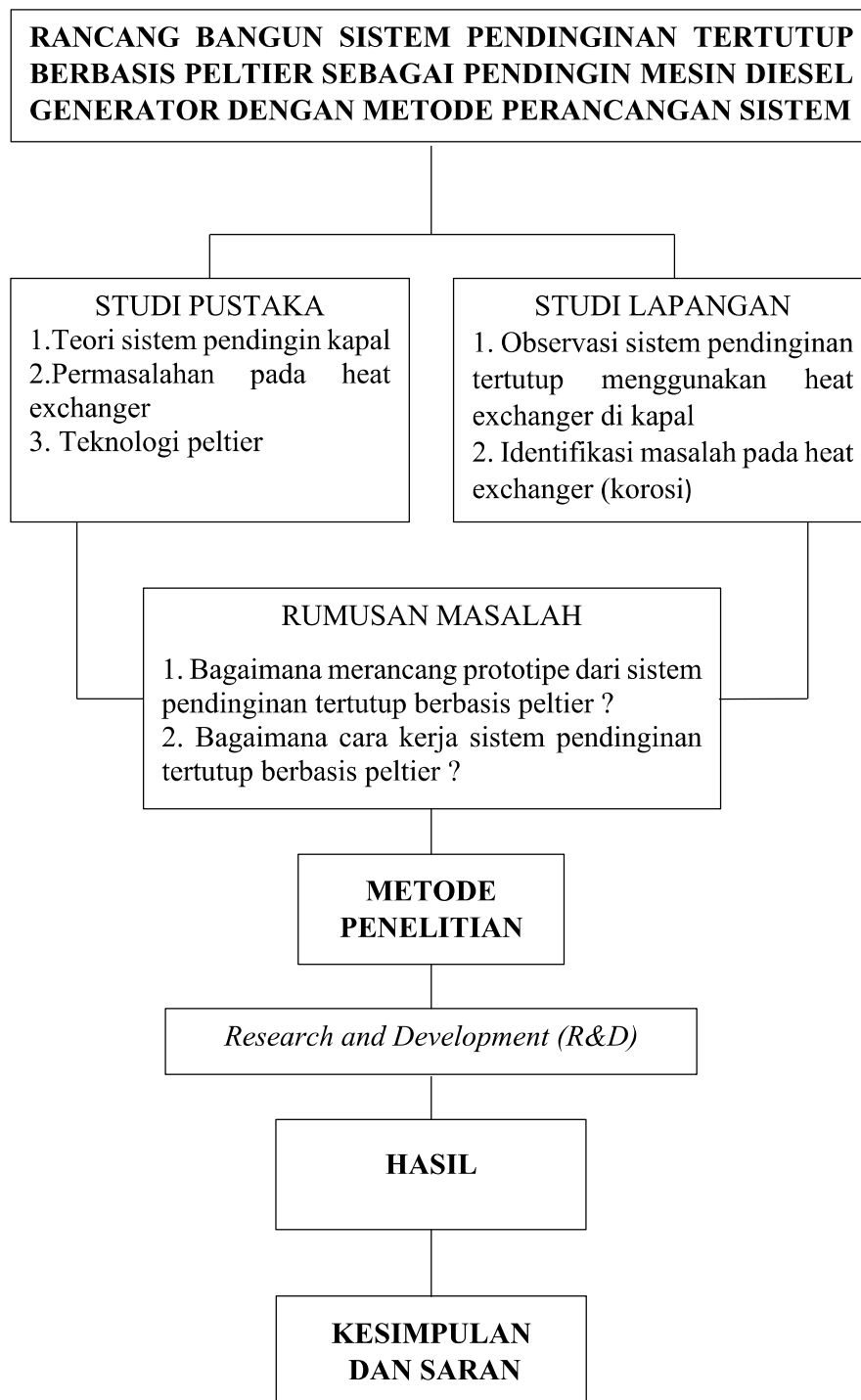
Modul Peltier yang digunakan dalam penelitian ini adalah tipe TEC1-12706, dengan spesifikasi tegangan sekitar 12 V dan arus kerja berkisar antara 4 hingga 6 A..



Gambar 2.5 Peltier

Sumber : <https://roseelectronics.pk/product/thermoelectric-cooler-peltier-module-tec1-12706-12vdc-6a/>

### C. Kerangka Pikir



Gambar 2.6 Kerangka Pikir  
Sumber : Data Peneliti (2026)

Pada gambar 2.6 merupakan kerangka pikir yang disusun oleh peneliti sebagai dasar alur penelitian. Kerangka pikir penelitian ini berawal dari identifikasi permasalahan pada sistem pendingin konvensional, kemudian dilanjutkan dengan perancangan dan pembuatan prototipe sistem pendingin alternatif berbasis Peltier. Selanjutnya, dilakukan pengujian terhadap prototipe untuk mengetahui kemampuan sistem dalam menurunkan suhu air pada berbagai kondisi pengujian. Hasil pengujian kemudian dianalisis untuk mengevaluasi kinerja sistem serta menilai potensi penerapannya sebagai alternatif sistem pendingin tertutup pada kapal.

Dengan demikian, alur berpikir penelitian ini menekankan pada hubungan antara permasalahan sistem pendingin konvensional, penerapan teknologi Peltier sebagai solusi inovatif, serta pengujian kinerja sistem untuk mengetahui efektivitasnya dalam aplikasi pendinginan mesin diesel generator kapal.

## BAB III

### METODOLOGI PENELITIAN

#### A. Perancangan Sistem

Metode pengembangan sistem yang digunakan dalam penelitian ini adalah *Research and Development (R&D)*, karena mampu menghasilkan suatu produk sekaligus menguji tingkat keefektifannya. Selain itu, metode ini juga berfokus pada proses penemuan serta pengembangan produk secara berkelanjutan (Rumetna et al., 2020). Dengan demikian, hasil akhir dari produk yang dibuat dapat digunakan dengan baik dan efektif untuk sistem pendinginan pada *heat exchanger*.

Menurut Rumetna et al., (2020) pada jurnalnya dengan judul “Rancang Bangun Aplikasi Koperasi Simpan Pinjam Menggunakan Metode Research and Development” Menunjukkan bahwa metode R&D diterapkan dalam penelitian untuk pengembangan sistem, dengan tahapan-tahapannya sebagai berikut:

##### 1. *Research and Information Collecting*

Tahap awal ini mencakup proses pengumpulan informasi terkait permasalahan yang dihadapi serta kebutuhan yang diperlukan.

##### 2. *Planning*

Pada tahap kedua, disusun rencana penelitian yang memuat langkah-langkah pelaksanaan hingga tahap akhir, sekaligus menetapkan tujuan yang ingin dicapai.

### 3. *Develop Preliminary Form of Product*

Tahap ketiga meliputi persiapan komponen serta pengumpulan data pendukung yang diperlukan dalam proses pembuatan produk.

### 4. *Preliminary Field Testing*

Tahap keempat melibatkan uji coba program dalam skala terbatas.

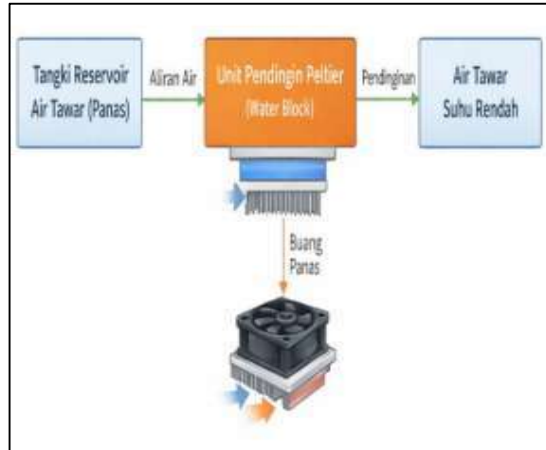
### 5. *Main Product Revision*

Pada tahap kelima, dilakukan penyempurnaan terhadap produk berdasarkan hasil uji coba sebelumnya. Perbaikan ini juga mempertimbangkan masukan dari lokasi penelitian, sehingga menghasilkan rancangan produk yang siap untuk diuji pada skala yang lebih luas.

### 6. *Main Field Testing*

Tahap keenam merupakan uji coba utama yang dilakukan berdasarkan hasil revisi dari uji coba awal pada tahap keempat. Tahap ini menghasilkan evaluasi terhadap tingkat keberhasilan serta pencapaian kinerja produk yang diuji.

Dari tahapan penelitian tersebut, penelitian ini akan menghasilkan sebuah produk. Produk yang dihasilkan adalah *heat exchanger* atau mesin perpindahan kalor, di mana pendingin dari *heat exchanger* ini menggunakan mikrokontroler peltier. Mikrokontroler ini mengubah suhu *fresh water* yang awalnya panas menjadi dingin. Penelitian ini digambarkan dalam bentuk diagram blok pada gambar 3.1 berikut.

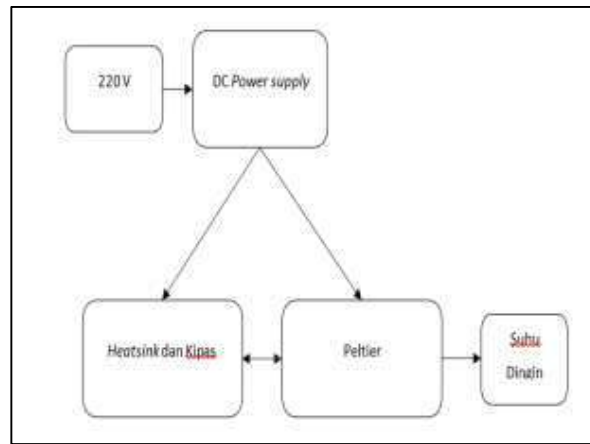


Gambar 3.1 Blok Diagram Perancangan Sistem  
Sumber : Data Peneliti (2026)

Pada Gambar 3.1 dapat dijelaskan bahwa sistem pendinginan diawali dari tanki reservoir *fresh water* yang berada pada kondisi suhu tinggi sebagai simulasi panas mesin. *Fresh water* tersebut dialirkan melalui pipa menuju pendingin peltier *water block*. *Fresh water* yang mengalir ke dalam pendingin akan mengalami proses penurunan suhu akibat adanya proses pendingin menggunakan peltier, dimana sisi dingin peltier yang berfungsi sebagai media pendingin *fresh water*. Dengan bantuan pembuangan panas menggunakan *heat sink and fan* dari sisi panas peltier dapat dilepaskan ke lingkungan sehingga proses pendinginan dapat berlangsung secara optimal. Setelah melalui proses pendinginan, *fresh water* akan dialirkan kembali melalui pipa dengan menggunakan pompa. Siklus ini akan terus berulang hingga *fresh water* mengalami penurunan suhu sesuai yang diinginkan. *Fresh water* yang telah mencapai suhu dingin tersebut selanjutnya akan digunakan untuk mensimulasikan proses pendinginan pada mesin diesel generator pada kapal. Setelah menyerap panas dari beban simulasi, *fresh water* keluar dalam kondisi suhu yang lebih tinggi dan dialirkan kembali ke tanki reservoir. Proses ini serupa

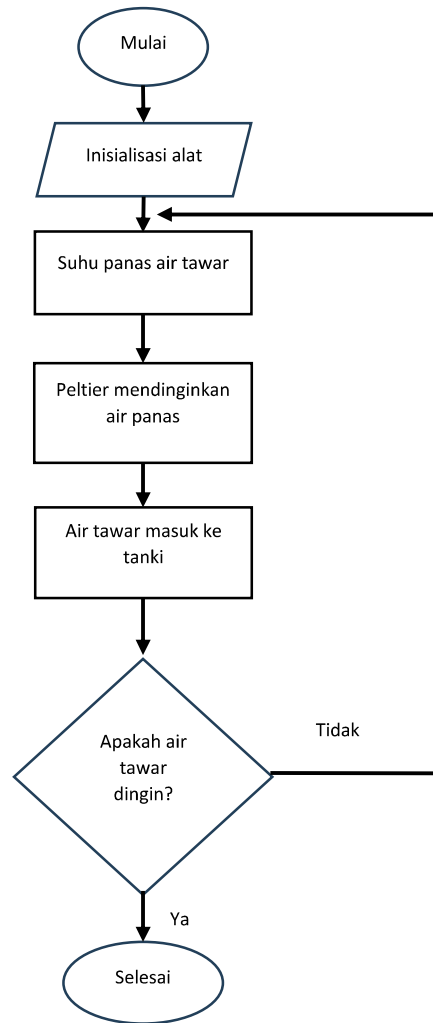
dengan proses pendinginan tertutup pada kapal sehingga sistem ini bekerja secara berkelanjutan.

Tujuan dari penelitian peneliti adalah memanfaatkan fungsi peltier sebagai media pendingin kapal pengganti air laut yang menyebabkan beberapa kerusakan pada heat exchanger seperti korosi dan endapan yang terbawa oleh air laut.



Gambar 3.2 Diagram Pemasangan Peltier  
Sumber : Data Peneliti (2026)

Pada Gambar 3.2 tersebut menjelaskan bahwa *power supply* berfungsi sebagai daya untuk menghidupkan peltier, heat sink dan kipas yang disambungkan oleh kabel secara paralel. Dijelaskan bahwa heatsink dan kipas ini bekerja untuk membuang udara panas yang dihasilkan dari sisi panas peltier. Dengan cara ini *heat sink dan fan* bekerja untuk membuang sisi panas peltier dan beberapa saat kemudian sisi dingin peltier akan bekerja. Apabila dinyalakan lebih lama maka suhu dingin dari sisi peltier akan meningkat menjadi lebih dingin. Dalam melakukan perancangan alat ini, memerlukan alur kerja sebagai berikut.

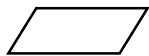


Gambar 3.3 Flowchart Alat Peltier  
Sumber : Data Peneliti (2026)

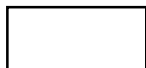
Keterangan bagan :



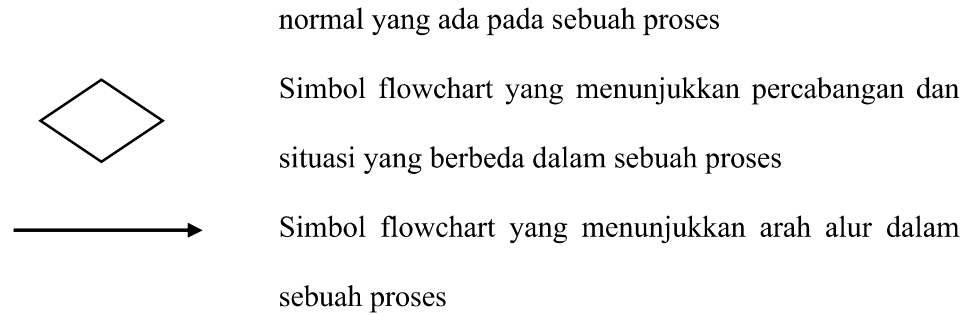
Simbol flowchart yang menunjukkan awal atau akhir sebuah proses



Simbol flowchart yang menunjukkan input atau output dalam suatu proses



Simbol flowchart yang menunjukkan langkah aliran

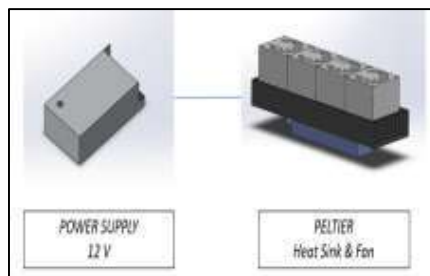


Pada *flowchart* alat diatas, ketika alat mulai dihidupkan akan ada inisialisasi dahulu sebelum menjalankan sistem operasi alat tersebut. Peltier memiliki fungsi sebagai pendinginan *fresh water*. Jika *fresh water* yang memiliki suhu panas telah memasuki alat tersebut suhu *fresh water* akan menurun karena peltier tersebut akan menghantarkan suhu dingin ke *fresh water*.

## B. Model Perancangan Alat

Perancangan alat pada penelitian ini adalah perancangan sistem pendinginan tertutup terhadap mesin diesel generator di kapal berbasis peltier sebagai berikut :

### 1. Skema Perancangan Alat



Gambar 3.4 Skema Perancangan Alat  
Sumber : Data Peneliti (2026)

a. *Power Supply*

Power supply merupakan rangkaian komponen elektronik yang berfungsi untuk menyuplai energi listrik ke satu atau lebih perangkat. Perangkat ini menerima daya dari sumber utama, kemudian umumnya mengubah arus bolak-balik (AC) menjadi arus searah (DC) agar sesuai dengan kebutuhan perangkat elektronik. Fungsi lainnya termasuk mengatur jumlah energi yang disalurkan ke perangkat agar sesuai dengan kebutuhan tanpa risiko *overheat* (Nanotube, 2024). Oleh sebab itu, power supply DC yang digunakan setidaknya harus memiliki spesifikasi yang sama atau lebih besar. Sebagai contoh, pada kondisi ini digunakan power supply 12 V dengan kapasitas arus sebesar 10 A.. Pada penelitian ini power supply berfungsi sebagai pemasok listrik untuk dialirkan ke peltier dan *fan*.

b. *Peltier*

Peltier adalah perangkat termoelektrik yang dapat menghasilkan perbedaan suhu antara dua sisinya ketika dialiri tegangan listrik. Fenomena ini terjadi karena aliran arus searah melalui sambungan dua material termoelektrik mampu menimbulkan perbedaan temperatur pada kedua ujungnya. Dalam proses ini, energi listrik yang mengalir menghasilkan transfer panas antara dua bahan, menyebabkan salah satu sisi menjadi lebih panas sementara yang lainnya menjadi lebih dingin (Hasdiana, 2018). Saat arus listrik mengalir melalui modul Peltier, panas diserap dari sisi dingin dan dipindahkan ke sisi panas. Akibatnya, bagian yang semula dingin akan semakin menurun suhunya, sedangkan bagian

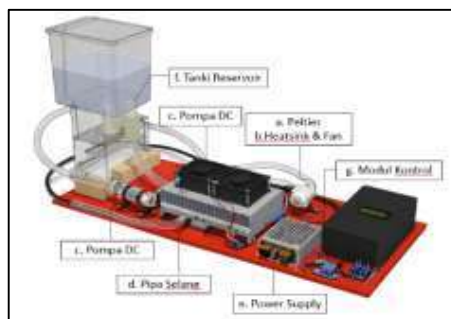
yang semula panas akan menjadi semakin tinggi temperaturnya..

### c. *Heat Sink & Fan*

Pengujian dilakukan dengan merangkai seluruh komponen yang diperlukan sehingga peltier & *fan* akan disusun secara serial, dan *Heatsink* yang dilengkapi dengan *fan* akan mendinginkan sisi panas peltier. Jika proses pelepasan kalor berlangsung optimal, maka suhu pada sisi panas dapat dipertahankan, sementara suhu pada sisi dingin akan semakin menurun. *Heatsink & fan* memiliki fungsi sebagai penyebar udara panas yang dikeluarkan peltier, karena peltier memiliki sisi dingin dan sisi panas. Sisi panas ini yang harus disebar agar sisi pendingin peltier bekerja secara maksimal.

## 2. Desain Tampilan Alat

Desain tampilan alat pada penelitian rancang bangun sistem pendinginan tertutup berbasis peltier untuk mesin diesel generator di kapal dengan metode perancangan sistem bisa dilihat pada gambar dibawah ini.



Gambar 3.5 Perancangan Alat  
Sumber : Data Peneliti (2026)

Keterangan :

### 1. *Peltier*

*Peltier* merupakan komponen utama pada alat ini yang berfungsi

sebagai media pendingin pada sistem. Peltier bekerja berdasarkan efek termoelektrik yang Dimana satu sisi akan menyerap panas (sisi dingin) dan sisi yang lain akan melepaskan panas ( sisi panas). Pada penelitian ini peltier digunakan untuk menurunkan suhu *fresh water* yang akan mengalir melalui sistem pendinginan.

## 2. *Heat sink & Fan*

*Heat sink & Fan* berfungsi sebagai media pembuangan panas dari sisi panas peltier. Dimana *heat sink* akan menyerap panas dari modul peltier dan *fan* akan membantu mempercepat proses pelepasan suhu panas ke lingkungan sehingga kinerja pendingin dapat berlangsung secara optimal.

## 3. Pompa DC

Pompa DC ini digunakan untuk mensirkulasikan *fresh water* yang bersuhu panas menuju ke sistem pendinginan peltier yang akan menurunkan suhu *fresh water*. Pompa DC ini memastikan aliran *fresh water* dapat berjalan secara berkelanjutan dalam sistem pendinginan tertutup.

## 4. Pipa selang

Pipa selang berfungsi sebagai media penghubung aliran *fluida* dari tanki reservoir menuju ke sistem pendingin, dan kembali ke tanki reservoir.

## 5. Power Supply

*Power Supply* memiliki peran penting sebagai sumber daya listrik bagi seluruh komponen elektronik dalam sistem. *Power supply*

mengubah tegangan AC menjadi tegangan DC yang dibutuhkan oleh peltier, pompa dc, *fan* dan modul kontrol.

#### 6. Tanki Reservoir

Tanki reservoir digunakan untuk wadah penampung *fresh water* sekaligus tempat terjadinya sirkulasi *fluida*. Tanki ini menampung *fresh water* sebelum dan sesudah proses pendinginan berlangsung.

#### 7. Modul Kontrol

Modul kontrol berfungsi sebagai pusat pengendalian sistem, yang mengatur kerja pompa, peltier dan komponen lainnya. Modul ini menerima input dari sensor suhu, menampilkan data suhu pada layer LCD serta mengendalikan kondisi suhu yang telah ditentukan.

### C. Rencana Pengujian

Pengujian dilakukan untuk mengevaluasi kinerja sistem pendingin berbasis Peltier melalui beberapa skenario, yaitu pengaruh variasi volume air terhadap waktu pendinginan, pengaruh suhu awal terhadap kemampuan penurunan suhu, serta analisis karakteristik pendinginan berdasarkan grafik suhu terhadap waktu.

Tabel 3.1 Rencana Pengujian

No	Volume Air	Suhu Awal	<i>Set point</i>	Suhu Akhir	Waktu
1	1000 ml	40°C	30°C		
2	1000 ml	50°C	30°C		
3	1000 ml	60°C	30°C		

Pada Tabel 3.1, pengujian dilakukan dengan volume *fresh water* tetap dan variasi suhu awal, dengan *set point* yang telah ditentukan. Pengujian ini

bertujuan untuk mengetahui kemampuan sistem dalam mencapai suhu target serta waktu yang dibutuhkan untuk menurunkan suhu hingga *set point*.

Tabel 3.2 Rencana Pengujian

No	Volume Air	Suhu Awal	<i>Set point</i>	Suhu Akhir	Waktu
1	500 ml	50°C	30°C		
2	1000 ml	50°C	30°C		
3	1500 ml	50°C	30°C		

Pada Tabel 3.2 pengujian dilakukan dengan variasi volume air menggunakan suhu awal dan *set point* sama. Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh volume terhadap kemampuan sistem mencapai suhu target serta waktu pendinginan yang dibutuhkan.

Tabel 3.3 Rencana Pengujian

No	Volume Max	Suhu Tinggi	<i>Set point</i>	Suhu Akhir	Waktu
1	3000 ml	70°C	30°C		

Tabel 3.4 Rencana Pengujian

Interval	Waktu (menit)	Suhu Awal (°C)	Suhu Akhir (°C)	Penurunan (°C)
1	0 – 5	70°C		
2	5 – 10			
3	10 – 15			
4	15 – 20			
5	20 – 25			
6	25 – 30			
7	30 – 35			
8	35 – 40			
9	40 – 45			
10	45 – 50			
11	50 – 55			
12	55 – 60			
13	60 – 65			
14	65 – 70			
15	70 – 75			

Pada Tabel 3.3 pengujian dilakukan dengan memaksimalkan kapasitas yang bisa ditampung oleh tanki reservoir dan juga menggunakan suhu tinggi 70°C. Diharapkan *set point* dan juga suhu akhir dalam proses pendinginan ini tetap sama, serta menganalisis suhu yang turun setiap 5 menit. Menganalisis suhu yang turun setiap 5 menit bertujuan untuk kestabilan penurunan suhu hingga menuju *set point* yang telah ditentukan.

#### **D. Waktu Penelitian**

Penelitian pada KIT akan dilaksanakan setelah peneliti menyelesaikan praktik layar di kapal selama 12 bulan dan kembali ke kampus Politeknik Pelayaran Surabaya untuk merancang prototipe serta mengolah data hasil analisis yang telah dilakukan.

Dengan demikian, peneliti dapat menyusun kesimpulan yang lebih kuat terkait permasalahan yang diidentifikasi dalam KIT ini. Penelitian ini tidak hanya didasarkan pada data kuantitatif, tetapi juga mengintegrasikan pengalaman praktis dan wawasan yang diperoleh selama praktik layar di kapal maupun di lingkungan kampus. Hal ini memungkinkan pemahaman yang lebih menyeluruh terhadap permasalahan, sehingga kesimpulan yang dihasilkan menjadi lebih komprehensif dan akurat.