

SKRIPSI

ANALISIS PENGARUH ALIRAN FREON PADA KONDESOR MESIN PENDINGIN BAHAN MAKANAN TERHADAP EFEKTIVITAS KONDENSOR DIKAPAL MT. PARIGI



MUHAMMAD RIDWAN NATSIR

NIT. 20.42.118

TEKNIKA

PROGRAM PENDIDIKAN DIPLOMA IV PELAYARAN

POLITEKNIK ILMU PELAYARAN MAKASSAR

TAHUN 2024

**ANALISIS PENGARUH ALIRAN FREON PADA KONDESOR MESIN
PENDINGIN BAHAN MAKANAN TERHADAP EFEKTIVITAS
KONDENSOR DIKAPAL MT. PARIGI**

Skripsi

Sebagai Salah Satu Syarat untuk Menyelesaikan Program
Pendidikan Diploma IV Pelayaran

Program Studi Teknika

Disusun dan Diajukan Oleh

MUH. RIDWAN NATSIR

NIT. 20.42.118

**PROGRAM PENDIDIKAN DIPLOMA IV PELAYARAN
POLITEKNIK ILMU PELAYARAN MAKASSAR
TAHUN 2024**

SKRIPSI

ANALISIS PENGARUH ALIRAN FREON PADA KONDESOR MESIN PENDINGIN BAHAN MAKANAN TERHADAP EFEKTIVITAS KONDENSOR DIKAPAL MT. PARIGI

Disusun dan diajukan oleh :

MUH.RIDWAN NATSIR

NIT : 20.42.113

Telah Dipertahankan Di Depan Panitia Ujian Skripsi Pada Tanggal, 2024

Pembimbing I
Menyetujui :

Jamaluddin, SH., M.M

NIP.

Pembimbing II
Menyetujui :

Mahadir sirman, S.T., M.T

NIP.

Mengetahui :

An. Direktur
Politeknik Ilmu Pelayaran Makassar
Pembantu Direktur I

Capt. Faisal Saransi M.T., M.Mar

NIP. 197503291999031002

Ketua Program Studi Teknika

Ir. ALBERTO, S.S.T., M.Mar.E., M.A.P

NIP. 197604092006041001

PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Saya : MUH. RIDWAN NATSIR
Nomor Induk Taruna : 20.42.118
Program Studi : Teknika

Menyatakan bahwa skripsi dengan judul :

**ANALISIS PENGARUH ALIRAN FREON PADA KONDESOR MESIN
PENDINGIN BAHAN MAKANAN TERHADAP EFEKTIVITAS
KONDENSOR DIKAPAL MT. PARIGI.**

Karya asli saya sendiri. Seluruh ide, analisis, dan kesimpulan dalam skripsi ini, kecuali tema dan yang saya nyatakan sebagai kutipan merupakan hasil pemikiran dan penulisan saya sendiri. Saya membuat pernyataan ini dengan penuh kesadaran dan tanggung jawab atas keaslian karya skripsi ini.

Makassar, 20 DESEMBER 2024



MUH. RIDWAN NATSIR

NIT : 20.42.118

PRAKATA

Dengan ini penulis panjatkan puji Syukur kehadiran ALLAH SWT yang telah memberikan taufik hidayahnya kepada penulis untuk menyelesaikan skripsi tentang profesi kepelautan dengan judul “ Analisis pengaruh aliran freon pada kondesor mesin pendingin bahan makanan terhadap efektivitas proses kondensor dikapal MT.PARIGI”

Pengarang (penulis) mengakui bahwa penelitian tersebut masih memiliki banyak kekurangan baik dalam Bahasa, struktur kalimat, penulisan dan pembahasan materi dikarenakan penulis memiliki kekurangan dalam penguasaan materi, waktu dan juga data-data yang didapatkan. Selama penyusunan skripsi taruna mendapat berlimpah petunjuk juga bantuan langsung ataupun tidak langsung oleh beberapa sumber hingga selesainya penulisan.

Pada momen tersebut tidak lupa sang penulis menyuarakan banyak berterima kasih dan ucapan Syukur kepada semua pihak terkait terutama:

1. Bapak Capt. Rudy Susanto, M.Pd selaku Direktur Politeknik Ilmu Pelayaran Makassar.
2. Bapak Ir. Alberto, S.Si.T., M.Mar.E., M.A.P selaku ketua program studi Teknik Politeknik Ilmu Pelayaran Makassar.
3. Bapak Jamaluddin, SH., M.M selaku dosen pembimbing I.
4. Bapak Mahadir sirman, S.T., M.T selaku dosen pembimbing II.
5. Seluruh Staff Pengajar Politeknik Ilmu Pelayaran Makassar atas bimbingan yang diberikan kepada penulis selama mengikuti proses Pendidikan diPIP Makassar.
6. Semua Civitas Akademik Politeknik Ilmu Pelayaran Makassar.
7. Orang tua penulis. Bapak Muhammad Nasir atas kesabaran, ketulusan dan kasih sayangnya dalam memberikan motivation juga semangat dalam keadaan sulit dan membuat saya selalu bangga menjadi anaknya penyemangat saya untuk menyelesaikan Pendidikan di PIP Makassar.

8. Perusahaan pelayaran PERTAMINA SHIPPING INTERNASIONAL yang telah memberi kesempatan kepada penulis untuk meneliti dikapal.
9. Seluruh kru kapal MT.PARIGI 2023-2024 atas inspirasinya dan bantuan dalam menyelesaikan skripsi ini.
10. Rekan-rekan taruna-taruni senior, angkatan XLI dan juga junior yang memberikan bantuan dalam menyelesaikan skripsi ini.
11. Dan semua pihak yang memberikan bantuan dalam menyelesaikan skripsi ini yang tidak bisa saya sebutkan satu persatu.

Selama penulisan skripsi ini penulis menemukan bahwa masih banyak kekurangan dalam segala aspek. Tentu saja hal ini tidak bisa lepas dari kemungkinan terdapat ungkapan kata-kata menyinggung yang harus diperhatikan. Namun, penulis dengan rendah hati meminta masukan yang menimbulkan minat pembaca untuk penyempurnaan juga dapat berguna bagi dunia kemaritiman, khususnya untuk pribadi penulis agar pembaca dapat menerapkan dalam melaksanakan tugas dan tanggung jawab diatas kapal.

Makassar, 20 DESEMBER 2024



MUH. RIDWAN NATSIR

NIT : 20.42.118

ABSTRAK

Oleh karena itu, Analisis Pengaruh Aliran Freon Pada Kondensor Mesin Pendingin Bahan Makanan Terhadap Efektivitas Kondensor Dikapal MT. PARIGI. Selama penulis melakukan praktek laut (PRALA) di bulan Oktober 2022 hingga bulan Oktober 2023.

Dengan penelitian-penelitian tersebut diharapkan dapat meningkatkan pemahaman tentang Pengaruh Laju Aliran Freon Pada Kondensor Mesin Pendingin Bahan Makanan Terhadap Efektivitas Kondensor.

Kata kunci : Mesin pendingin makanan perlu dicek suhu atau temperatur untuk menjaga performa mesin dan suhu pada ruangan mesin pendingin makanan.

DAFTAR ISI

DAFTAR ISI.....	2
DAFTAR GAMBAR	4
DAFTAR TABEL.....	5
BAB I	6
PENDAHULUAN	6
A. Latar Belakang	6
B. Rumusan Masalah	8
C. Batasan Masalah	9
D. Tujuan Penelitian	9
E. Manfaat Penelitian	16
BAB II	17
TINJAUAN PUSTAKA	17
A. Pengertian Mesin Pendingin.....	17
B. Proses Yang Berlangsung Di Dalam Mesin Pendingin	18
C. Satu Siklus Refrigrasi Kompresi Uap Adalah Sebagai Berikut:	18
D. Bagian dan Fungsi Instalasi Mesin Pendingin	19
E. Kerangka Pikir	28
BAB III	29
METODE PENELITIAN	29
A. Tempat Dan Waktu Penelitian	29
B. Metode Penelitian	29
C. Jenis Dan Sumber Data	31
D. Metode Analisis	32
BAB IV	33

HASIL PENELITIAN	33
BAB V.....	54
KESIMPULAN DAN SARAN	54
DAFTAR PUSTAKA	55

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Siklus refrigerant sistem AC	17
Gambar 2.2 Kondensor	20
Gambar 2.3 Evaporator	21
Gambar 2.4 Katup Ekspansi.....	22
Gambar 2.5 Selenoid valve	23
Gambar 4.1 siklus refrigerasi.....	34
Gambar 4.2 Ship particular Compressor	37
Gambar 4.3 Manifold Gauge	38
Gambar 4.4 Thermogun	38
Gambar 4.5 Tang Ampere.....	38
Gambar 4.6 Pompa Vakum	39
Gambar 4.7 Moiler diagram R-134a	42
Gambar 4.8 pengaruh tekanan freon terhadap COP.....	48
Gambar 4.9 Pengaruh tekanan fron terhadap efek refrigerasi	49
Gambar 4.10 Pengaruh tekanan freon terhadap Arus Listrik	49
Gambar 4.11Pengaruh tekanan freon terhadap daya kompresi.....	49

DAFTAR TABEL

Table 4.1Running Hours AC COMPRESSOR NO.1	34
Table 4.2 Running Hours AC COMPRESSOR NO.2	35
Table 4.3 Hasil pengukuran pada variasi tekanan freon 8psi	40
Table 4.4 Hasil pengukuran pada variasi tekanan freon 10psi	41
Table 4.5 Hasil pengukuran pada variasi tekanan freon 12psi	41
Table 4.6 Entalpi (h) dari masing-masing variasi tekanan freon.....	42

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Salah satu bentuk transportasi alternatif yang tersedia saat ini adalah pengiriman komersial. Pengiriman komersial memainkan peran penting dalam industri perdagangan, terutama dalam perdagangan internasional. Sebanyak 80% barang yang diimpor dan diekspor dikirim melalui jalur laut.

Jika semua persyaratan pendukung terpenuhi, pengiriman melalui laut akan dapat mencapai tujuannya dengan sukses, tepat waktu, aman, dan terjamin. Elemen-elemen pendukung ini dapat berupa infrastruktur yang berhubungan langsung dengan navigasi, mesin kapal, peralatan bongkar muat operasional, atau dapat berupa dukungan kesejahteraan dan kesehatan awak kapal. Mesin pendingin refrigeran kapal merupakan salah satu komponen yang mendukung sistem pengiriman.

Mesin pendingin bahan makanan adalah salah satu contoh bagaimana refrigeran harus mempertahankan kualitasnya yang tinggi bahkan setelah penggunaan dalam jangka waktu lama. Makanan merupakan kebutuhan penting bagi semua awak kapal, baik makanan basah maupun makanan kering. Makanan basah, seperti daging, sayuran, dan buah-buahan, memerlukan perlakuan khusus untuk memperpanjang masa simpannya; dalam hal ini, proses pendinginan adalah metode yang lebih tepat untuk memperlambat laju pembusukan dan memperpanjang masa simpan. Jika kebutuhan makanan awak kapal terpenuhi, mereka tidak perlu khawatir akan kelaparan saat berada di laut, dan jika persediaan makanan mencukupi, mereka akan memiliki energi dan kapasitas untuk terus bekerja secara efisien.

Awak kapal membutuhkan peralatan pendukung agar makanan tetap segar selama penyimpanan. Mesin pendingin yang memenuhi standar kerja harus tersedia bagi awak kapal. Secara alami, buah dan sayuran segar tidak

akan layu atau menyusut, dan rasanya tetap konsisten ketika kualitasnya baik. Begitu juga dengan daging dan ikan yang baik, tidak lembek atau busuk. Kondisi bahan makanan tersebut dapat ditingkatkan dengan bantuan sistem pendingin, yang telah banyak digunakan di kapal. Komponennya identik dengan sistem pendingin multi-evaporator, yang sering ditemukan di kapal dan berfungsi untuk menyimpan makanan pada suhu yang tepat. Suhu penyimpanan ideal untuk buah dan sayuran berkisar antara 10 hingga 12 derajat Celsius, dan jika diperlukan, dapat serendah 4 derajat Celsius. "Kami membutuhkan suhu kerja antara -12°C hingga -10°C untuk menyimpan daging dan ikan," kata Hara Supratman.

Agar mesin pendingin dapat beroperasi pada suhu yang diperlukan, maka komponen utama dan pendukung seperti kompresor, kondensor, pemisah oli, pengering, katup ekspansi, evaporator, sistem perpipaan refrigeran, serta sistem kontrol listrik dan komponen elektronik utama harus dirawat dengan baik.

Pemeliharaan rutin terhadap peralatan ini harus dilakukan sesuai dengan panduan yang ada, dan jika terjadi anomali, tindakan cepat harus diambil untuk mencegah kerusakan fatal dengan memantau jam kerja peralatan. Jika terjadi kerusakan fatal, hal ini akan merugikan awak kapal dan perusahaan, menyebabkan jam kerja tambahan bagi awak kapal serta meningkatkan biaya perawatan operasional kapal.

Kurangnya pendinginan pada kondensor secara terus-menerus menyebabkan kondensor mengalami panas berlebih, sehingga kompresor sering mati karena suhu air pendingin yang tidak mencukupi. Masalah lain pada mesin pendingin termasuk freon yang cepat habis, katup kompresor mengalami kerusakan fatal, katup ekspansi termo yang tidak berfungsi secara optimal, komponen elektronik yang bermasalah, sistem kontrol yang terganggu, serta poros engkol yang patah Seperti halnya yang terjadi pada

kapal, pada tanggal 11 Desember 2018 MT. PARIGI P.10.30 berada di Perairan Makassar. Saat itu pada jam 10.00 Chief Cook akan mengambil bahan makanan di provision room untuk membuat makan siang, chief cook menemukan salah satu ruangan pendingin bahan makanan suhunya tidak stabil atau tidak sesuai dengan setting point, setelah itu chief cook melaporkan hal tersebut kepada salah satu cadet dan cadet tersebut melanjutkan laporannya kepada Elect kapal.

Akibat yang terjadi dari rusaknya mesin pendingin tersebut adalah hampir dari separuh bahan persediaan makanan membusuk, kenyamanan awak kapal yang berkurang. Semua permasalahan tadi berawal dari kurangnya rasa tanggung jawab masinis yang berwenang. Dan juga, akibat kurang kompetennya masinis dalam menangani setiap masalah yang ada. Faktor-faktor yang menyebabkan rusaknya sistem pendingin antara lain diakibatkan karena kurangnya perawatan serta kurangnya kepedulian awak kapal terhadap kinerja komponen-komponen sistem pendingin tersebut berdasarkan uraian diatas penulis merencanakan melakukan penelitian dengan mengambil judul : **“ANALISIS PENGARUH ALIRAN FREON PADA KONDENSOR MESIN PENDINGIN BAHAN MAKANAN DIKAPAL MT PARIGI”**

B.Rumusan Masalah

Dalam hal ini penulis merumuskan beberapa masalah yang akan diuraikan dalam bab selanjutnya yaitu :

1. Untuk mengenal atau mengetahui tekanan freon pada mesin pendingin makanan?
2. Langkah apa yang dilakukan untuk mengukur tekanan freon mesin pendingin makanan?

C. Batasan Masalah

Mengingat luasnya permasalahan pada sistem pendingin, penulis menganggap perlunya mengambil batasan-batasan dengan maksud agar tidak terjadi penyimpangan dalam pembahasan.

Dari sekian banyak faktor yang mengakibatkan turunnya tekanan refrigerant pada system pendingin khususnya pada komponen-komponen utama yang dialiri refrigerant seperti evaporator, condensor, expansion valve, Dryer, accumulator dan sensor suhu, serta sistem kontrolnya. Maka penulis hanya menganalisa pada bagian utama sistem pendingin yang ada di kapal, yaitu mesin pendingin bahan makanan sampai pada sensor suhu serta komponen-komponen sistem pendingin makanan tersebut.

D. Tujuan Penelitian

1. Untuk mengetahui tekanan freon pada mesin pendingin makanan.

Untuk mengetahui tekanan freon pada mesin pendingin makanan, Anda perlu memahami beberapa konsep dasar terkait sistem refrigerasi dan cara mengukurnya. Tekanan freon (atau refrigeran) dalam sistem pendingin seperti kulkas atau freezer dapat diukur di dua titik utama: tekanan kondensasi dan tekanan evaporasi. Berikut adalah cara untuk mengetahui tekanan freon dalam sistem pendingin makanan:

1. Menggunakan Manometer atau Gauge Tekanan

Cara yang paling umum untuk mengetahui tekanan freon pada mesin pendingin makanan adalah dengan menggunakan manometer atau gauge tekanan. Alat ini akan memberikan pembacaan tekanan pada sistem refrigerasi.

- Manometer pada sisi tinggi (high side): Ini adalah sisi kompresor yang lebih tinggi tekanannya, biasanya terkait dengan kondensor.

- Manometer pada sisi rendah (low side): Ini adalah sisi yang lebih rendah tekanannya, biasanya terkait dengan evaporator di dalam ruang pendingin.

2. Langkah-langkah untuk Mengukur Tekanan Freon

Berikut adalah langkah-langkah umum untuk mengukur tekanan freon pada mesin pendingin makanan:

a. Menyiapkan Manometer atau Pressure Gauge

- Pastikan manometer atau gauge tekanan yang digunakan cocok untuk refrigeran yang digunakan (misalnya R-134a, R-600a, atau R-22).
- Pastikan alat pengukur dalam keadaan baik dan kalibrasi sesuai standar.

b. Menempatkan Manometer pada Titik Pengukuran

- Untuk sisi rendah (low side): Pasang manometer pada pipa hisap evaporator, yang biasanya berada pada sisi kompresor yang lebih dingin (suhu lebih rendah).
- Untuk sisi tinggi (high side): Pasang manometer pada pipa buang kondensator, di sisi kompresor yang lebih panas (suhu lebih tinggi).

c. Mengoperasikan Mesin Pendingin

- Nyalakan mesin pendingin dan biarkan beroperasi dalam kondisi normal selama beberapa menit hingga mencapai keseimbangan suhu dan tekanan.
- Pastikan unit dalam keadaan stabil dan tidak ada kebocoran.

d. Membaca Pembacaan Tekanan

- Baca pembacaan tekanan pada manometer di kedua sisi (high side dan low side).
- Tekanan low side biasanya berada di kisaran 1,5 hingga 3,0 bar (atau 22 hingga 44 psi) tergantung pada jenis refrigeran dan suhu ruang pendingin.

- Tekanan high side bisa berada di kisaran 8 hingga 12 bar (atau 116 hingga 174 psi), tetapi ini juga tergantung pada jenis refrigeran dan suhu kondensor.

3. Menentukan Kondisi Kerja Sistem Berdasarkan Tekanan

Berdasarkan pembacaan tekanan, Anda dapat menentukan apakah sistem pendingin bekerja dalam kondisi yang benar, atau apakah ada masalah yang perlu diperbaiki. Berikut adalah beberapa hal yang bisa Anda identifikasi:

- Tekanan rendah (low side) yang lebih tinggi dari normal dapat mengindikasikan adanya kelebihan refrigeran atau kebocoran yang memperlambat proses evaporasi.
- Tekanan tinggi (high side) yang lebih rendah dari normal bisa menunjukkan adanya kekurangan refrigeran atau masalah pada kondensor (misalnya kotor atau tersumbat).
- Tekanan tinggi (high side) yang terlalu tinggi bisa menunjukkan adanya masalah dengan kompresor atau pemampatan yang berlebihan.

4. Menggunakan Tabel atau Diagram Tekanan-Suhu (P-T Diagram)

Untuk mendapatkan pemahaman yang lebih akurat tentang kondisi sistem pendingin, Anda bisa menggunakan diagram tekanan-suhu (P-T diagram) untuk refrigeran yang digunakan. Dari diagram ini, Anda dapat memetakan tekanan yang terukur dengan suhu refrigeran pada titik tersebut untuk memastikan apakah sistem berada dalam kondisi normal.

- Misalnya, jika Anda mengukur tekanan di sisi rendah dan mendapatkan nilai tertentu, Anda dapat menggunakan diagram P-T untuk mengetahui suhu refrigeran pada tekanan tersebut. Begitu juga di sisi tinggi, untuk memastikan bahwa suhu kondensor atau evaporator dalam kisaran yang benar.

5. Penyebab Umum Perubahan Tekanan

Berikut adalah beberapa faktor yang mempengaruhi tekanan freon dalam sistem pendingin:

- Kebocoran refrigeran: Kebocoran akan menurunkan tekanan pada kedua sisi sistem.
- Suhu lingkungan: Perubahan suhu lingkungan (misalnya, suhu udara luar) dapat mempengaruhi tekanan pada sisi kondensator.
- Kotoran pada kondensor atau evaporator: Jika kondensor atau evaporator kotor atau tersumbat, tekanan di sisi tinggi bisa meningkat, dan tekanan di sisi rendah bisa menurun.
- Kondisi kompresor: Kompresor yang tidak berfungsi dengan baik dapat mempengaruhi tekanan, menyebabkan tekanan tinggi atau rendah yang tidak normal.

6. Perawatan dan Penyesuaian Tekanan

Jika tekanan freon yang terukur tidak sesuai dengan rentang yang diharapkan untuk jenis refrigeran tertentu, mungkin perlu dilakukan tindakan perbaikan, seperti:

- Menambah atau mengurangi jumlah refrigeran (jika kekurangan atau kelebihan).
- Memeriksa komponen sistem seperti kompresor, kondensor, atau evaporator untuk memastikan tidak ada kebocoran atau kerusakan.

2. Untuk mengetahui langkah apa yang dilakukan apabila suhu pada mesin pendingin makanan tidak stabil.

Mengukur tekanan freon dalam sistem pendingin makanan adalah bagian penting untuk memastikan sistem beroperasi dengan efisien. Berikut adalah langkah-langkah untuk mengukur tekanan freon pada sistem pendingin:

1. Persiapkan Alat yang Dibutuhkan

Sebelum mulai mengukur tekanan freon, pastikan Anda memiliki alat yang diperlukan:

- Manometer tekanan (gauge) atau pressure gauge yang cocok untuk refrigeran yang digunakan (seperti R-134a, R-410A, R-22, dsb).
- Alat penghubung (hos manifold) jika menggunakan set manifold untuk sistem pendingin yang lebih besar.
- Kunci pas atau alat lain untuk membuka valve pada pipa refrigeran (jika diperlukan).
- Alat pengukur suhu (optional, jika perlu untuk analisis lebih lanjut).

2. Matikan Mesin Pendingin

Sebelum memulai pengukuran, matikan sistem pendingin dan biarkan komponen-komponen seperti kompresor dan kondensor sedikit dingin agar Anda dapat melakukan pengukuran dengan aman.

3. Tentukan Titik Pengukuran

Anda akan mengukur tekanan pada dua titik dalam sistem:

- Sisi Rendah (Low Side) Biasanya terdapat pada pipa hisap evaporator, yang terhubung ke kompresor. Ini adalah bagian dengan tekanan yang lebih rendah.
- Sisi Tinggi (High Side) Biasanya terdapat pada pipa buang kondensator. Ini adalah bagian dengan tekanan yang lebih tinggi.

4. Pasang Manometer atau Gauge Tekanan

- Pada Sisi Rendah (Low Side)
 - Sambungkan manometer tekanan ke port low-side. Port ini biasanya lebih besar daripada port high-side dan sering diberi label dengan warna biru.

- Pastikan koneksi manometer ke sistem benar-benar rapat untuk menghindari kebocoran.
- Pada Sisi Tinggi (High Side)
 - Sambungkan manometer tekanan ke port high-side. Port ini biasanya lebih kecil daripada port low-side dan sering diberi label dengan warna merah.
 - Pastikan juga koneksi pada sisi ini rapat untuk menghindari kebocoran refrigeran.

5. Nyalakan Sistem Pendingin

Setelah manometer terpasang, hidupkan kembali sistem pendingin dan biarkan sistem bekerja dalam keadaan normal selama beberapa menit untuk mencapai kondisi stabil. Proses ini akan memungkinkan tekanan stabil tercatat.

6. Baca Pembacaan Tekanan

Setelah sistem beroperasi dengan stabil, baca nilai tekanan yang tercatat pada manometer.

- Tekanan Low Side (Low Pressure) biasanya berkisar antara 1,5 hingga 3 bar (22 hingga 44 psi) untuk kebanyakan sistem pendingin, tergantung pada jenis refrigeran dan suhu ruang.
- Tekanan High Side (High Pressure) dapat berkisar antara 8 hingga 12 bar (116 hingga 174 psi), tergantung pada jenis refrigeran dan suhu kondensor.

7. Periksa dengan Diagram P-T (Tekanan-Suhu)

Untuk memastikan tekanan yang terbaca berada dalam rentang normal, Anda bisa menggunakan diagram tekanan-suhu (P-T diagram) untuk refrigeran yang digunakan. Diagram ini menunjukkan hubungan antara tekanan dan suhu refrigeran pada titik tertentu

dalam siklus pendinginan. Anda bisa memeriksa apakah tekanan yang terukur sesuai dengan suhu pada titik tertentu (misalnya, suhu evaporator dan kondensator).

8. Identifikasi Masalah atau Anomali

Berdasarkan pembacaan tekanan yang diukur, Anda dapat mengetahui apakah sistem bekerja dengan baik atau ada masalah:

- Tekanan Low Side terlalu tinggi: Bisa menunjukkan kelebihan refrigeran, atau adanya masalah dengan kompresor.
- Tekanan High Side terlalu rendah: Menunjukkan kemungkinan kekurangan refrigeran atau masalah pada kondensor (termasuk kotor atau tersumbat).
- Tekanan Low Side terlalu rendah: Bisa menunjukkan kekurangan refrigeran, kebocoran, atau masalah pada evaporator.
- Tekanan High Side terlalu tinggi: Bisa menunjukkan kondensor kotor atau kompresor yang bermasalah.

9. Matikan Sistem Pendingin dan Lepaskan Manometer

Setelah pengukuran selesai, matikan sistem pendingin untuk memastikan tidak ada kerusakan lebih lanjut atau kebocoran refrigeran. Lepaskan manometer atau gauge dengan hati-hati, pastikan untuk menutup valve agar tidak ada refrigeran yang terbuang.

10. Perawatan Sistem (Jika Diperlukan)

Jika Anda menemukan masalah berdasarkan pembacaan tekanan, misalnya tekanan yang terlalu tinggi atau rendah, Anda mungkin perlu:

- Menambah atau mengurangi refrigeran sesuai dengan kebutuhan.

- Memeriksa sistem untuk kebocoran refrigeran.
- Memastikan kondensor, evaporator, dan kompresor berfungsi dengan baik.

E. Manfaat Penelitian

Pada penelitian ini, penulis berharap akan beberapa manfaat yang akan dicapai yaitu:

1. Manfaat theorist
 - a. Bagi peneliti dapat menambah ilmu pengetahuan tentang tekanan freon pada mesin pendingin makanan di kapal.
 - b. Bagi akademisi merupakan suatu proses kemajuan dalam pembelajaran secara ilmiah agar lebih maju dan berkualitas.
2. Manfaat praktis
 - a. Bagi peneliti dan pembaca, karya ilmiah ini merupakan pengetahuan yang sangat berguna dan tentunya sebagai bahan pembelajaran lebih lanjut.
 - b. Bagi akademisi merupakan suatu proses kemajuan dalam pembelajaran secara ilmiah agar lebih maju dan berkualitas.

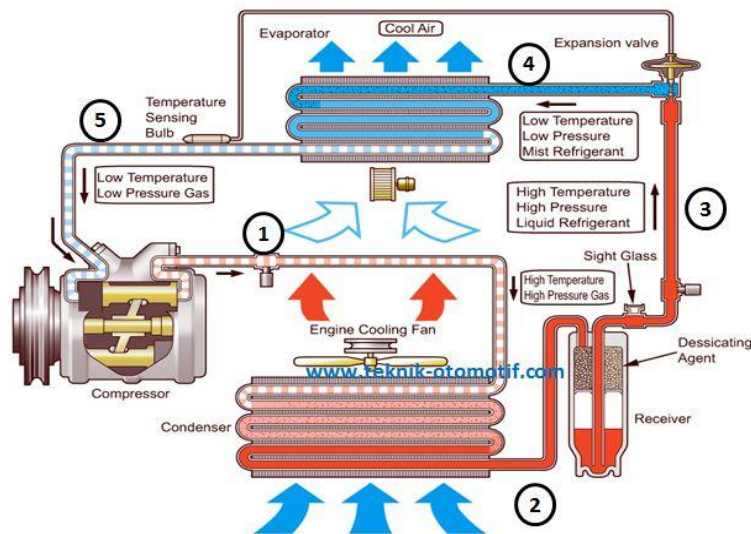
BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Pengertian Mesin Pendingin

Mesin pendingin adalah perangkat yang digunakan untuk mendinginkan air, makanan, barang kering, atau peralatan, menurut Edward Samalle (2002). Tujuan utamanya adalah mentransfer panas dari area dengan suhu lebih tinggi ke area dengan suhu lebih rendah. Untuk menjaga suhu rendah dalam suatu sistem pendingin, panas harus diekstraksi dari produk pada suhu rendah dan dipindahkan ke tempat pembuangan panas dengan suhu lebih tinggi. Ilustrasi sistem pendingin di kapal dapat ditemukan di bawah ini:

Gambar 2.1 Siklus refrigerant sistem AC
Siklus Refrigerant Sistem AC



Sumber: Edward Samalle, (2002)

Siklus yang paling umum digunakan dalam sistem pendingin adalah siklus kompresi uap. Dalam siklus ini, refrigeran dikompresi dan kemudian dikondensasikan menjadi cairan. Tekanan cairan kemudian dikurangi, sehingga memungkinkan refrigeran menguap kembali.

B. Proses Yang Berlangsung Di Dalam Mesin Pendingin

Sistem pendingin mekanis melibatkan beberapa proses fisika dasar. Menurut ilmu termodinamika, energi panas—yang terbagi menjadi panas sensibel, panas laten kondensasi, panas laten penguapan, dan kategori lainnya—berperan dalam setiap perubahan yang terjadi. Siklus pendinginan dimulai dengan kompresi, dilanjutkan dengan kondensasi, pengaturan ekspansi, dan diakhiri dengan evaporasi, menurut Sofyan Ilyas (1993).

C. Satu Siklus Refrigerasi Kompresi Uap Adalah Sebagai Berikut:

1. *Pemampatan (kompresi)*

Proses ini dimulai ketika refrigeran dalam bentuk uap dengan tekanan dan suhu rendah yang keluar dari evaporator masuk ke dalam kompresor. Kompresor kemudian bekerja dengan meningkatkan tekanan dan suhu refrigeran hingga mencapai tingkat yang lebih tinggi. Hasil dari proses ini adalah uap superheated bertekanan tinggi yang akan diteruskan ke kondensor. Proses kompresi ini sangat penting karena menentukan efisiensi keseluruhan sistem pendingin.

2. *Pengembunan (kondensasi)*

Setelah meninggalkan kompresor, uap refrigeran bersuhu tinggi dialirkan ke kondensor. Di dalam kondensor, uap ini akan melepaskan panasnya ke lingkungan atau ke media pendingin seperti air laut atau udara, tergantung pada jenis sistem pendingin yang digunakan. Ketika panas dilepaskan, refrigeran mengalami perubahan fase dari uap menjadi cair. Proses ini memastikan refrigeran siap untuk masuk ke tahap berikutnya, yaitu ekspansi.

3. *Pemuatan*

Pada tahap ini, refrigeran cair yang telah mengalami kondensasi masih berada dalam kondisi bertekanan tinggi. Untuk dapat digunakan kembali dalam proses pendinginan, tekanan refrigeran harus diturunkan. Hal ini dilakukan melalui katup ekspansi atau alat ekspansi lainnya. Ketika

tekanan berkurang, temperatur refrigeran juga ikut turun, sehingga memungkinkan refrigeran memasuki evaporator dalam kondisi optimal untuk menyerap panas.

4. Penguapan (evaporasi)

Evaporasi adalah tahap akhir dalam siklus pendinginan, di mana refrigeran yang telah melewati proses ekspansi mulai menyerap panas dari lingkungan sekitarnya. Refrigeran yang berada dalam pipa evaporator akan menyerap panas dari barang yang ingin didinginkan, seperti makanan, minuman, atau ruang yang dikondisikan. Selama proses ini, refrigeran mengalami perubahan fase dari cair menjadi uap. Panas yang diambil dari lingkungan disebut sebagai "panas laten penguapan." Uap refrigeran yang terbentuk kemudian akan kembali masuk ke kompresor untuk memulai siklus baru.

Siklus ini terus berulang secara otomatis, menjaga suhu tetap rendah dan memastikan efisiensi sistem pendingin dalam menjaga kestabilan lingkungan yang dikondisikan.

D. Bagian dan Fungsi Instalasi Mesin Pendingin

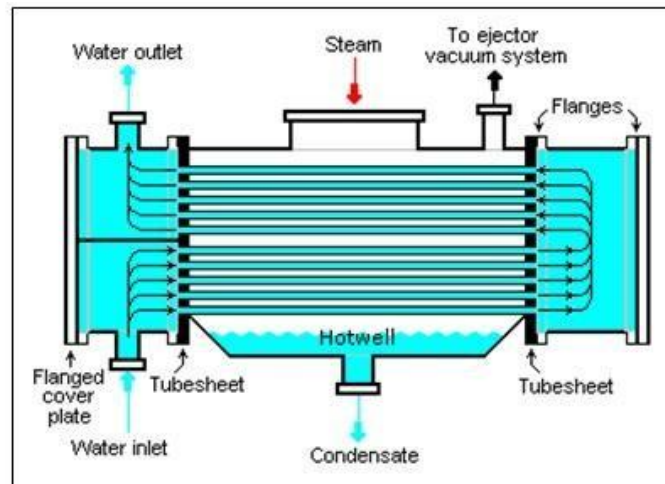
Beberapa peralatan yang membantu sistem mesin pendingin makanan berfungsi adalah sebagai berikut:

1) Kondensor

Kondensor berfungsi untuk mendinginkan dan mengubah media pendingin (refrigeran) bertekanan tinggi dan bersuhu tinggi yang berasal dari kompresor menjadi cairan. Panas yang terkandung dalam refrigeran dipindahkan ke media pendingin (air atau udara) di luar kondensor. Dalam proses ini, refrigeran dalam bentuk gas mengalir di dalam pipa tembaga, sedangkan air pendingin mengalir melewati pipa tersebut. Air pendingin menyerap panas dari refrigeran sehingga refrigeran berubah menjadi cair. Untuk melepaskan panas laten kondensasi dan mencairkannya, diperlukan upaya mendinginkan gas refrigeran bertekanan dan bersuhu tinggi dari

kompresor. Jumlah panas yang dilepaskan ke air pendingin di dalam kondensor ditentukan oleh perbedaan entalpi gas refrigeran saat masuk dan keluar dari kondensor.

Gambar 2.2 Kondensor



Sumber: Sumarno,(1990)

2) Evaporator

Evaporator berfungsi untuk menyerap panas dari makanan dalam ruang pendingin melalui media pendingin (refrigeran) yang berada pada suhu dan tekanan sangat rendah. Proses ini menyebabkan refrigeran berubah menjadi gas melalui penguapan. Agar sistem pendingin berfungsi optimal, pipa-pipa evaporator tidak boleh terhalang oleh kristal es atau kotoran yang dapat menghambat penguapan refrigeran. Dalam evaporator, refrigeran cair diuapkan dan pendinginan terjadi akibat penyerapan panas dari lingkungan di sekitar ruang pendingin. Evaporator dapat dibuat dalam berbagai bentuk sesuai kebutuhan pengguna, tetapi secara umum ada tiga jenis utama: plat, plat bersirip, dan pipa polos.

Gambar 2.3 Evaporator



Sumber: Sujanto,(1982)

1. Pipa bersirip digunakan untuk mendinginkan udara.
2. Evaporator berbentuk plat digunakan untuk membekukan daging atau ikan.
3. Pipa evaporator umumnya digunakan untuk mendinginkan cairan atau udara.

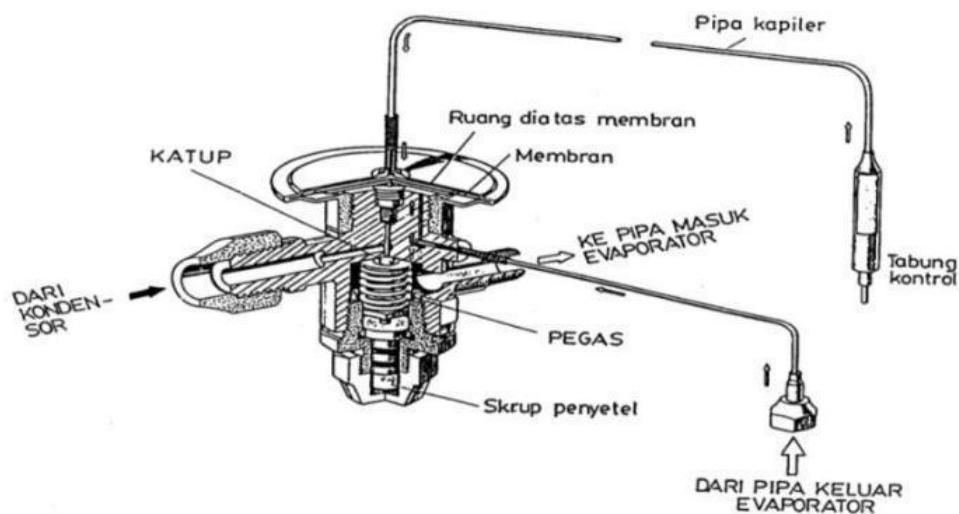
Proses penguapan dalam evaporator terjadi ketika refrigeran menyerap panas dari lingkungan sekitarnya. Refrigeran yang telah dikondensasikan dalam kondensor berubah menjadi gas dingin di dalam evaporator. Oleh karena itu, tugas utama evaporator adalah menyerap panas dari makanan atau ruang pendingin yang ada di sekitarnya, sehingga suhu di dalam ruang pendingin menurun.

3) Katup Ekspansi

Katup ekspansi berfungsi untuk menurunkan tekanan refrigeran yang berasal dari kondensor secara signifikan. Berdasarkan prinsip termodinamika, penurunan tekanan yang tajam akan menyebabkan penurunan suhu yang drastis. Refrigeran dingin ini kemudian masuk ke evaporator untuk menyerap panas dari makanan. Katup ekspansi yang

digunakan dalam sistem pendingin umumnya adalah katup ekspansi termostatik yang bekerja secara otomatis berdasarkan beban pendinginan. Katup ekspansi ini bertindak sebagai pengontrol aliran refrigeran, menjaga tekanan dan aliran tetap stabil saat melewati sistem.

Gambar 2.4 Katup Ekspansi



Sumber:Daryanto (2010)

4) Dehydrator / Filter Dryer (Pengering)

Dehydrator atau filter dryer adalah alat yang berisi silica gel untuk menyerap kelembaban dan menyaring kotoran dalam refrigeran. Filter ini dipasang antara kondensor dan katup ekspansi untuk mencegah aliran kotoran selama operasi mesin pendingin. Jika kotoran tidak tersaring dan masuk ke dalam katup solenoid atau katup ekspansi, maka aliran refrigeran akan terhambat dan tekanan cairan yang melewatinya akan menurun. Jika motor mengalami kerusakan akibat penyumbatan ini, maka filter baru harus segera dipasang.

Karakteristik agen pengering yang baik meliputi:

- a) Tidak mengoksidasi material instalasi.
- b) Tidak mudah hancur menjadi serbuk.

c) Tidak menyerap refrigeran.

d) Tidak menyerap pelumas.

5) *Solenoid Valve / Katup Solenoid*

Katup solenoid berfungsi untuk mengatur jumlah aliran refrigeran cair secara otomatis berdasarkan suhu ruang pendingin. Katup ini digunakan untuk menghentikan aliran refrigeran saat suhu ruang pendingin mencapai batas terendah dan membukanya kembali saat suhu naik ke batas tertinggi. Saat suhu mencapai batas terendah, katup solenoid menutup karena tidak ada aliran listrik. Sebaliknya, jika suhu meningkat hingga batas tertinggi, arus listrik akan mengalir ke katup solenoid, sehingga katup terbuka dan memungkinkan aliran refrigeran kembali. Katup solenoid juga terhubung secara elektrik dengan kompresor, motor kipas, dan defrost timer.

Gambar 2.5 Solenoid valve



Sumber: Sujanto, (1982)

6) *Oil Separator*

Pemisah oli berfungsi untuk menahan gas refrigeran panas dari kompresi yang masih bercampur dengan oli pelumas sebelum dilakukan pemisahan. Jika terlalu banyak oli yang terbawa dalam aliran gas refrigeran dari kompresor, maka pelumasan pada kompresor akan berkurang, menyebabkan kerusakan akibat gesekan. Oleh karena itu, pemisah oli harus dipasang antara kompresor dan kondensor agar oli

pelumas tidak masuk ke kondensor dan evaporator, yang dapat mengganggu proses perpindahan panas. Setelah dipisahkan dari refrigeran, oli pelumas akan dikembalikan ke bak engkol (crankcase) kompresor.

7) Thermostat

Termostat adalah perangkat otomatis yang mengontrol hidup dan matinya kompresor berdasarkan suhu yang diinginkan dalam ruang pendingin evaporator.

8) Komponen-komponen Bantu

a) Manometer

Manometer digunakan untuk mengukur tekanan dalam sistem pendingin. Biasanya, terdapat beberapa jenis manometer dalam mesin pendingin:

- (1) High-Pressure Control (HPC): Berfungsi sebagai sakelar yang aktif berdasarkan tekanan keluaran kompresor.
- (2) Low-Pressure Control (LPC): Selalu terhubung dengan saluran hisap kompresor dan bekerja berdasarkan tekanan hisap kompresor.
- (3) Oil Pressure Control (OPC): Berfungsi sebagai sakelar yang dipengaruhi oleh perbedaan tekanan antara saluran hisap dan saluran pelumasan kompresor.

b) Thermometer

Termometer digunakan untuk mengukur suhu di berbagai titik dalam sistem pendingin, termasuk suhu keluaran dan hisapan kompresor, suhu ruang pendingin, serta suhu media pendingin di kondensor (air laut atau udara).

1. Sensor Suhu

Sensor suhu adalah elemen yang mendeteksi perubahan suhu dengan mengubah besaran panas menjadi besaran listrik. Sensor ini memungkinkan pendeteksian perubahan suhu melalui output analog atau digital. Sensor suhu banyak digunakan dalam berbagai perangkat elektronik seperti termometer ruangan, termometer tubuh, rice cooker, kulkas, dan AC.

2. Jenis-jenis Sensor Suhu (*Temperature Sensors*)

Sensor suhu kontak yang bekerja berdasarkan prinsip elektromechanical. Terdiri dari dua jenis logam yang berbeda (nikel, tembaga, tungsten, atau aluminium) yang disatukan menjadi strip bimetalik. Strip ini akan melengkung pada suhu tertentu, menyebabkan sirkuit terhubung atau terputus (ON/OFF).

3. Thermostat

Komponen elektronik yang nilai resistansinya dipengaruhi oleh suhu. Ada dua jenis thermistor:

- a) PTC (Positive Temperature Coefficient): Resistansinya meningkat dengan suhu tinggi.
- b) NTC (Negative Temperature Coefficient): Resistansinya menurun dengan suhu tinggi.

Thermistor umumnya digunakan dalam regulator tegangan, sensor suhu kulkas, detektor kebakaran, sensor di kendaraan, komputer, dan baterai elektronik.

4. Thermistor

Suhu memengaruhi nilai resistansi dari sebuah komponen elektronik yang disebut termistor. Dua jenis utama termistor, yang merupakan singkatan dari "thermal resistor," adalah PTC (positive temperature

coefficient) dan NTC (negative temperature coefficient). PTC memiliki nilai resistansi yang meningkat seiring dengan kenaikan suhu, sedangkan NTC memiliki nilai resistansi yang menurun.

Termistor terbuat dari bahan keramik semikonduktor, seperti kobalt, mangan, atau nikel oksida yang dilapisi kaca, yang memiliki kemampuan untuk mengubah energi listrik menjadi resistansi. Berikut beberapa manfaat termistor:

- a. Respon cepat terhadap perubahan suhu.
- b. Lebih murah dibandingkan sensor suhu jenis resistive temperature detector (RTD).
- c. Memiliki rentang nilai resistansi yang luas, mulai dari 2.000 hingga 10.000 ohm.
- d. Sensitivitas suhu yang tinggi..

Perangkat elektronik seperti regulator tegangan, sensor suhu pada lemari es, detektor kebakaran, sensor suhu pada kendaraan, sensor suhu komputer, dan sensor pemantau pengisian ulang baterai pada laptop, ponsel, serta kamera, semuanya menggunakan termistor PTC/NTC.

5. Resistive Temperature Detector (RTD)

Seperti termistor jenis PTC, resistive temperature detector (RTD) mengubah energi listrik menjadi resistansi listrik yang berbanding lurus dengan perubahan suhu. Berbeda dengan termistor PTC, RTD lebih akurat dan presisi. Resistive Temperature Detector juga dikenal sebagai Platinum Resistance Thermometer (PRT) karena umumnya terbuat dari platinum. Berikut beberapa keunggulan RTD:

- a. Memiliki rentang suhu yang luas, mampu beroperasi pada suhu -200°C hingga $+650^{\circ}\text{C}$.
- b. Lebih linear dibandingkan dengan termistor dan termokopel.
- c. Lebih presisi, akurat, dan stabil.

6. Thermocouple (Termokopel)

Termokopel adalah salah satu jenis sensor suhu yang paling umum digunakan karena memiliki rentang suhu operasi yang luas, dari -200°C hingga lebih dari 2000°C , serta harga yang terjangkau. Pada dasarnya, termokopel adalah sensor suhu termoelektrik yang terdiri dari dua sambungan logam. Salah satu logam berada pada suhu konstan sebagai referensi, sementara logam lainnya terkena suhu panas yang akan diukur.

Perbedaan suhu pada kedua sambungan ini menghasilkan tegangan listrik tertentu, yang nilainya sebanding dengan suhu sumber panas. Keunggulan termokopel adalah sebagai berikut:

- a. Rentang suhu yang luas.
- b. Tahan terhadap guncangan dan getaran.
- c. Memberikan respons langsung terhadap perubahan suhu.

7. Sensor Tekanan

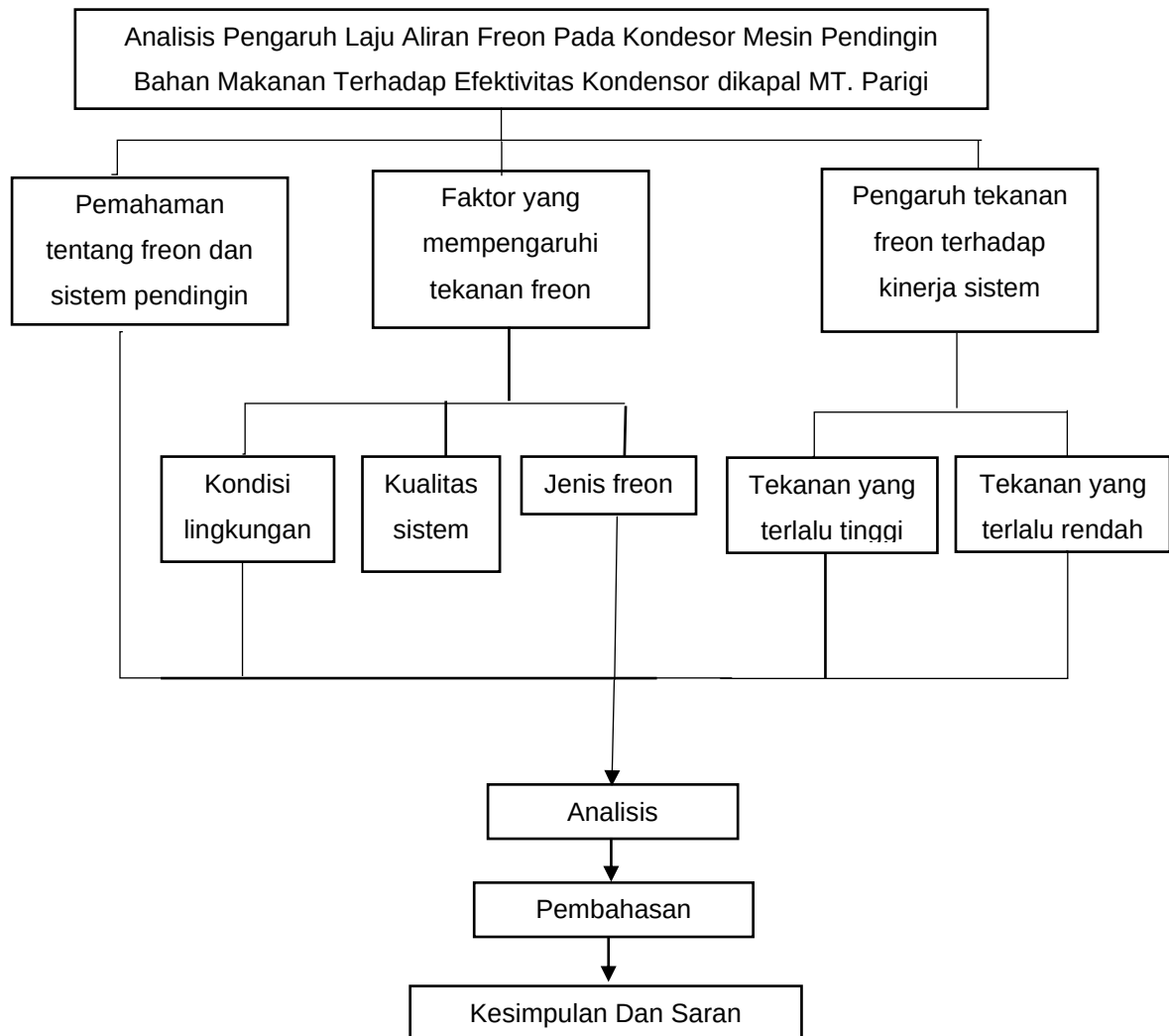
Sensor tekanan yang paling umum digunakan, termasuk dalam sistem mesin pendingin refrigeran, adalah:

- a. HLPstat

HLPstat (high-low pressure stat) adalah perangkat kontrol yang menjaga sistem pendingin tetap beroperasi pada tekanan yang sesuai. Alat ini mendeteksi tekanan rendah yang disebabkan oleh kegagalan kipas kondensor, kebocoran atau penyumbatan refrigeran, atau kesalahan pengisian refrigeran. Selain memantau tekanan rendah, alat ini juga memantau tekanan tinggi yang dapat menghasilkan panas berlebih dan menyebabkan perubahan pada refrigeran, yang berpotensi merusak motor.

E. Kerangka Pikir

Dalam hal ini, penulis akan menyajikan kerangka konseptual dalam bentuk bagan alir untuk menangani atau menyelesaikan permasalahan utama berikut.



BAB III

METODE PENELITIAN

A. Tempat Dan Waktu Penelitian

Lokasi penelitian ini akan dilakukan di atas kapal tempat penulis melaksanakan praktik laut (PRALA) selama dua belas bulan (satu tahun). Praktik laut merupakan bagian dari kurikulum yang harus diselesaikan oleh taruna Politeknik Ilmu Pelayaran Makassar sebagai syarat kelulusan.

Selama periode praktik laut, penulis akan melakukan pengamatan langsung terhadap sistem dan peralatan di kapal, khususnya yang berkaitan dengan penelitian ini. Data yang diperoleh akan dikumpulkan secara sistematis selama periode penelitian agar dapat digunakan untuk menganalisis masalah yang terjadi serta mencari solusi yang tepat.

Pemilihan kapal sebagai lokasi penelitian didasarkan pada alasan bahwa kapal merupakan lingkungan kerja utama bagi seorang perwira mesin kapal. Dengan berada di kapal selama periode praktik laut, penulis dapat mengamati secara langsung bagaimana sistem bekerja dalam kondisi nyata, mencatat permasalahan yang muncul, serta melakukan analisis yang mendalam berdasarkan data yang diperoleh.

B. Metode Penelitian

Untuk mendapatkan data yang valid dan dapat dipertanggungjawabkan, penelitian ini menggunakan dua metode utama, yaitu:

1. Metode Lapangan (Field Research)

Metode penelitian lapangan dilakukan dengan cara mengamati langsung sistem dan peralatan di kapal, mencatat kondisi operasional, serta mencermati setiap perubahan yang terjadi selama pengoperasian.

Dalam praktiknya, metode ini melibatkan:

- a. Observasi langsung terhadap mesin dan peralatan yang berkaitan dengan penelitian.
- b. Pencatatan data operasional dari sistem yang diteliti, termasuk suhu, tekanan, konsumsi bahan bakar, dan parameter lainnya.
- c. Wawancara dengan kru kapal, khususnya perwira mesin dan teknisi yang bertanggung jawab atas perawatan dan pengoperasian peralatan yang diteliti.

Dengan metode ini, penulis dapat memahami bagaimana sistem bekerja dalam kondisi nyata serta mendapatkan data yang diperlukan untuk analisis lebih lanjut.

2. Metode Kepustakaan (Library Research)

Metode penelitian kepustakaan dilakukan dengan cara mengumpulkan informasi dari berbagai sumber literatur, baik buku, jurnal, maupun dokumen resmi yang berkaitan dengan topik penelitian.

Dalam praktiknya, metode ini mencakup:

- a. Studi literatur mengenai teori-teori yang relevan dengan penelitian, seperti prinsip kerja mesin, perawatan sistem, dan faktor-faktor yang mempengaruhi kinerja peralatan.
- b. Analisis referensi teknis, seperti manual perawatan mesin, standar operasional kapal, dan regulasi terkait yang dikeluarkan oleh badan klasifikasi atau organisasi maritim.
- c. Evaluasi data sekunder dari laporan atau dokumentasi yang sudah tersedia, seperti catatan perawatan, hasil inspeksi, dan riwayat perbaikan peralatan yang diteliti.

Dengan metode ini, penulis dapat memperoleh pemahaman yang lebih komprehensif mengenai permasalahan yang diteliti serta membandingkan data yang diperoleh di lapangan dengan teori yang ada.

C. Jenis Dan Sumber Data

Dalam penelitian ini, data yang dikumpulkan dapat dibagi menjadi dua jenis utama, yaitu:

1. Jenis Data

a. Data Kualitatif

Data kualitatif mencakup informasi yang dikumpulkan dalam bentuk deskripsi atau narasi, baik secara lisan maupun tertulis. Data ini dapat berupa hasil wawancara dengan kru kapal, laporan kondisi operasional mesin, serta catatan teknis mengenai permasalahan yang terjadi selama penelitian.

b. Data Kuantitatif

Data kuantitatif mencakup data numerik yang dikumpulkan dari hasil pengamatan dan pencatatan di lapangan. Data ini meliputi parameter teknis seperti suhu, tekanan, kecepatan putaran mesin, konsumsi bahan bakar, dan lain sebagainya. Data ini kemudian dianalisis menggunakan metode statistik untuk mendapatkan hasil yang lebih objektif dan dapat diuji validitasnya.

2. Sumber Data

Adapun sumber data yang penulis gunakan terdiri atas:

a. Data primer

Data primer adalah data yang diperoleh langsung dari sumber pertama atau objek penelitian. Dalam penelitian ini, data primer diperoleh dari:

- 1) Observasi langsung terhadap sistem dan peralatan di kapal.
- 2) Wawancara dengan kru kapal, terutama Chief Engineer, kepala kamar mesin, dan engineer jaga lainnya.
- 3) Pencatatan data operasional selama periode penelitian.

b. Data Sekunder

Data sekunder adalah data yang diperoleh dari sumber tidak langsung, seperti dokumen atau arsip yang telah ada sebelumnya.

Dalam penelitian ini, data sekunder diperoleh dari:

- 1) Manual perawatan mesin yang dikeluarkan oleh pabrikan.
- 2) Laporan inspeksi dan perawatan yang telah dilakukan sebelumnya.
- 3) Dokumentasi teknis dari perusahaan pelayaran atau badan klasifikasi.

D. Metode Analisis

Metode analisis yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode deskriptif, yang bertujuan untuk menggambarkan, menganalisis, dan menginterpretasikan data yang diperoleh selama penelitian. Data dikumpulkan melalui observasi langsung, wawancara dengan kru kapal, serta pencatatan parameter teknis mesin dan peralatan terkait. Setelah data terkumpul, langkah selanjutnya adalah melakukan pengolahan dan analisis berdasarkan teori yang relevan, sehingga dapat ditemukan pola atau hubungan yang menjelaskan permasalahan yang terjadi.

Setelah data dianalisis, hasilnya akan dibandingkan dengan referensi teknis seperti manual perawatan, standar operasional, serta penelitian sebelumnya yang memiliki kesamaan kasus. Jika diperlukan, metode statistik juga akan diterapkan untuk mengolah data kuantitatif guna mendapatkan hasil yang lebih objektif dan terukur. Dari hasil analisis ini, dapat diidentifikasi faktor-faktor penyebab utama dari permasalahan yang terjadi serta evaluasi terhadap efektivitas sistem yang digunakan di kapal.

Interpretasi hasil analisis kemudian digunakan untuk menyusun kesimpulan dan rekomendasi yang dapat diimplementasikan dalam praktik operasional. Rekomendasi yang diberikan bertujuan untuk mengatasi atau meminimalkan permasalahan yang ditemukan, serta meningkatkan efisiensi dan keandalan sistem di kapal. Dengan demikian, penelitian ini tidak hanya memberikan pemahaman teoritis, tetapi juga solusi praktis yang dapat digunakan oleh kru kapal dan perwira mesin dalam menjalankan tugasnya.