

ANALISA PENYEBAB MENURUNNYA KINERJA SISTEM REFRIGERATOR GANDROOM KAPAL MV. TANTO BAGUS

Berlian Dwi C. A¹, M. Darwis², Rika Fitriani³
Program Studi Diploma IV TRPK, Politeknik Pelayaran Surabaya
Email: berliandca@gmail.com

ABSTRAK

Refrigerator merupakan sebuah komponen yang berfungsi untuk memindahkan panas menjadi dingin. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui penyebab menurunnya kinerja sistem pendingin pada *gandroom*. Dalam pembuatan karya ilmiah terapan ini, jenis metode penelitian yang penulis gunakan adalah dengan metode penelitian kualitatif deskriptif. Metode penelitian kualitatif deskriptif merupakan metode penelitian yang berfungsi untuk meneliti masalah secara aktual yang sedang dihadapi serta mengumpulkan data maupun informasi untuk selanjutnya dianalisis. Penggunaan metode kualitatif dipilih karena penelitian menitik beratkan pada data dan hasil observasi secara langsung selama melakukan praktek. Sistem pendingin dapat menurun kinerjanya disebabkan oleh beberapa faktor mulai dari kurangnya refrigerant, bekerjanya kompresor secara terus menerus, bocornya pipa kapiler, rusaknya seal pada pintu, kotornya kondensor, dan banyaknya bahan makanan yang disimpan sehingga menyebabkan meningkatnya kelembaban udara. Berdasarkan dari hasil penelitian yang telah penulis amati dapat diambil kesimpulan bahwa menurunnya kinerja sistem pendingin disebabkan oleh beberapa faktor yaitu: 1) Tidak berjalannya perawatan sesuai dengan PMS. 2) Adanya penumpukan kotoran pada oil separator. 3) Penyumbatan pada pipa air laut kondensor. Upaya yang dilakukan untuk mengatasi masalah tersebut diantaranya melakukan perawatan sesuai dengan manual book, membersihkan oil separator, dan membersihkan kerak yang menempel di pipa air laut kondensor.

Kata kunci: *refrigerator*, *oil separator*, kondensor, kualitatif deskriptif

I. Pendahuluan

Kapal merupakan suatu moda transportasi yang berperan sangat penting dalam menghubungkan daerah satu dengan lainnya baik dalam maupun luar negeri, tak jarang kapal berlayar dengan waktu yang tidak sebentar bisa berminggu-minggu hingga berbulan-bulan.

Karena waktu pelayaran yang cukup lama, maka kapal dilengkapi dengan mesin pendingin yang digunakan untuk mendinginkan ruangan maupun mengawetkan makanan. Untuk tetap menjaga kualitas bahan makanan, maka makanan perlu disimpan pada ruangan khusus yang disebut dengan *gandroom* agar makanan tetap awet dan tidak mudah busuk.

Dengan demikian walaupun kapal berlayar dalam jangka waktu yang cukup lama, kualitas dari bahan makanan akan tetap terjaga dengan baik dan aman untuk

dikonsumsi. Sehingga awak kapal tidak perlu mengkhawatirkan masalah makanan di atas kapal. Selain itu, pada perusahaan sendiri mereka juga dapat menekan biaya pengeluaran karena mereka tidak perlu membeli kebutuhan makanan tiap sandar yang mana harga pangan tiap daerah tentunya berbeda, bisa jadi lebih mahal.

Bahan pangan akan tetap terjaga walaupun dalam penyimpanan, apabila kita memiliki mesin pendingin atau *refrigerator* yang berfungsi dengan normal. Untuk daging dan ikan tidak akan busuk apabila dibekukan. Pada sayur dan buah sendiri membutuhkan suhu penyimpanan $\pm 2^{\circ}\text{C}$ dan untuk daging ataupun ikan membutuhkan suhu penyimpanan -18°C agar tetap dalam kondisi yang baik dan aman untuk dikonsumsi. Pada suhu tersebut, bakteri tidak dapat berkembang biak dan merusak bahan makanan seperti pada sayur, daging, maupun ikan.

Agar kualitas dari persediaan bahan makanan tetap sehat, segar, dan higienis maka persediaan bahan makanan harus disimpan di dalam ruangan yang dilengkapi dengan mesin pendingin yang mana suhu ruangan tersebut telah memenuhi standar penyimpanan makanan sehingga bahan makanan dapat bertahan lama dan dapat terjaga mutu maupun kualitasnya. Seperti yang kita ketahui bahwa pada sistem pendingin udara terdapat empat komponen penting, yaitu: *Evaporator*, *Compressor*, *Condensor*, dan *Expansion Valve*.

Menurut Jatmiko (2017) menurunnya kinerja *refrigerator* (mesin pendingin makanan) di atas kapal dapat disebabkan oleh kerusakan *evaporator* dan kompresor. Kerusakan pada *evaporator* akibat kebocoran dan kebuntuan yang disebabkan adanya pipa *evaporator* yang gepeng dan sedikit sobek, dan kerusakan pada kompresor yang sedang berjalan namun suara dari kompresor tersebut sangat keras dikarenakan ada pegas kompresor yang patah.

Menurut Suhaimi (2016) *refrigerant* adalah *liquid* atau cairan pendingin yang digunakan dalam sistem pendingin *refrigerator* maupun *air conditioner*. Refrigerasi adalah suatu sistem yang memungkinkan untuk mengatur suhu sampai mencapai suhu di bawah suhu lingkungan. Penggunaan refrigerasi sangat dikenal pada sistem pendingin udara pada bangunan, transportasi, dan pengawetan suatu bahan makanan dan minuman.

Menurut Jatmiko (2017) dalam penelitiannya di atas KM. JHONI XXXVII ada beberapa permasalahan pada mesin pendingin makanan, yaitu: kompresor jalan tapi tiba-tiba

berhenti karena *low press*, rusaknya *oil press cut*, kerusakan pada *valve*, bahan pendingin (*freon*) kurang dalam *circuit*, baut pondasi longgar, dan oli berbusa karena adanya kebocoran di *suction line* sehingga oli berkurang di dalam kompresor (busa pada oli bisa terjadi karena *freon* masuk ke *crank case*).

Dari pengalaman penulis sendiri pada saat melakukan penelitian di atas kapal selama 1 tahun, keadaan mesin *refrigerator* mengalami beberapa permasalahan. Contohnya saja munculnya bunga es pada pipa *evaporator* dan buntunya pipa air laut pada kondensor. Masalah tersebut tentunya harus cepat diatasi karena jika terlambat tentu dapat mengurangi bahkan merusak kualitas dari bahan makanan.

Jika dari penelitian sebelumnya dapat diambil kesimpulan mengenai upaya untuk merawat sistem *refrigerator* agar berjalan dengan lancar dan juga dampak adanya bunga es di *evaporator*. Pada penelitian sebelumnya peneliti terdahulu melakukan penelitian pada seluruh sistem *refrigerator* sedangkan pada penelitian kali ini memfokuskan pada bagian kondensor dan juga pada bagian *oil separator*. Selain itu metode yang digunakan penulis dalam melakukan penelitian kali ini menggunakan metode kualitatif deskriptif dengan teknik analisis data menggunakan metode RCA (*Root cause analysis*).

II. Tinjauan Pustaka

A. Penelitian Terdahulu

| NO | NAMA | JUDUL | HASIL | PERBEDAAN |
|----|--|--|--|---|
| 1 | Yanu Suryanan dan Darul Prayogo (Tahun 2018) | Optimalisasi Kinerja Mesin Pendingin Guna Menjaga Kualitas Bahan Makanan. | Penyebab menurunnya kinerja sistem pendingin disebabkan oleh berbagai hal misalnya saja gagalnya proses kondensasi <i>freon</i> , menumpuknya bunga es pada <i>evaporator</i> , kebocoran <i>freon</i> pada pipa <i>coil evaporator</i> , terlalu banyak minyak lumpas pada <i>compressor</i> , dan juga kurangnya air pendingin pada kondensator dengan metode USG. | Penelitian terdahulu membahas tentang sistem <i>refrigerator</i> secara keseluruhan sedangkan penelitian memfokuskan pada kondensator, selain itu metode yang digunakan pada penelitian kali ini menggunakan metode RCA berbeda dengan penelitian yang dahulu menggunakan metode USG dan FTA. |
| 2 | Akbar Rivani Insanul Widiatmaka F Pambudi, Ndori Akhmad (Tahun 2020) | Efek Bunga Es Terhadap Kerja <i>Evaporator Refrigerator</i> dengan metode FTA. | Terjadinya penumpukan bunga es pada pipa <i>coil evaporator</i> dikarenakan <i>silica gel</i> pada <i>filter dryer</i> yang sudah lama tidak diganti sehingga terjadi lolosnya kotoran dan air kedalam sistem. <i>Oil separator</i> tidak bekerja dengan baik dikarenakan saluran minyak lumpas menuju ke ruang engkol tersumbat. | |

B. Pengertian mesin pendingin

Menurut Hendrayana Taufik (2013) suhu pendingin adalah suatu metode untuk mengawetkan bahan makanan pada suhu rendah dimana hal itu dapat menambah masa penyimpanan bahan makanan seperti sayur, ikan, daging dan bahan makanan lainnya hingga beberapa minggu atau bulan.

Secara umum mesin pendingin merupakan sebuah pesawat yang dapat digunakan untuk menurunkan suhu suatu ruangan baik untuk ruang akomodasi, menyimpan es, maupun untuk mengawetkan bahan makanan agar dapat bertahan lebih lama dari masa kadaluarsa. Mesin pendingin dapat menghasilkan dingin dengan cara menyerap panas yang ada di sekitar ruangan kemudian dengan bantuan *refrigerant* panas tersebut di konveksikan sehingga dapat mengalir bersama dengan cairan pendingin untuk kemudian dibuang.

Dari teori di atas dapat diambil kesimpulan bahwa *refrigerator* merupakan sebuah mesin yang dapat mengubah suhu dari temperatur tinggi ke temperatur rendah. Suhu pendingin sendiri berfungsi untuk menjaga bahan makanan agar dapat bertahan lebih awet dalam jangka waktu yang

cukup lama dan memiliki kualitas yang masih layak konsumsi.

Di atas kapal sendiri mesin *refrigerator* difungsikan sebagai mesin pendingin untuk akomodasi kapal maupun sebagai mesin pendingin makanan yang disebut dengan *gandroom*. *Gandroom* merupakan sebuah ruangan khusus yang diatur suhunya sedemikian rupa untuk menyimpan persediaan bahan makanan yang ada di atas kapal agar tetap awet dan layak untuk konsumsi. *Gandroom* dirancang sedemikian rupa untuk dapat menyimpan berbagai jenis bahan makanan mulai dari bahan kering hingga basah. Ruangan *gandroom* terbagi atas beberapa bagian dan masing-masing ruangan memiliki suhu yang berbeda-beda menyesuaikan dengan bahan makanan yang disimpan. Pada ruangan ikan (*fish room*) memiliki suhu -20°C , ruangan daging (*meat room*) memiliki suhu -18°C , ruangan sayur dan buah (*vegetable room*) memiliki suhu $+2^{\circ}\text{C}$ dan *lobby* memiliki suhu ruangan $+8^{\circ}\text{C}$ sesuai dengan *manual book*.

C. Jenis-jenis mesin pendingin

Untuk penginstalasian *refrigerator* pada suatu bangunan baik di kapal maupun di darat terdapat dua jenis sistem *refrigerator*, yaitu:

a. *Direct expansion system*

Untuk jenis ini merupakan suatu metode instalasi mesin pendingin yang umum digunakan. Suatu cairan pendingin akan langsung menyerap panas dari udara sekitar ruang *evaporator* melalui perantara pipa *coil evaporator* kemudian *refrigerant* langsung bersirkulasi kembali ke kompresor untuk diedarkan kembali.

b. *Indirect expansion system*

Pada jenis ini, cairan *refrigerant* akan menjadi gas pada *evaporator* yang mana pipa *coil evaporator* berada pada *brine tank* yang berisi cairan air garam sehingga panas dari air garam akan terserap kemudian cairan akan dialirkan melalui pipa kapiler ke dalam ruang pendingin dan kembali lagi ke *brine tank*.

D. prinsip kerja mesin pendingin

Cara kerja *refrigerator* sangat dipengaruhi oleh kompresor. Pada prinsipnya, *refrigerator* memiliki 2 sistem kerja yang utama untuk mendinginkan ruangan, yaitu:

- a) *cooling* (mendinginkan)
- b) *defrost* (mencairkan)

Kedua sistem kerja tersebut (*cooling* dan *defrost*) haruslah bekerja secara berkesinambungan agar proses pendinginan berjalan secara normal sebagaimana mestinya. Bila terjadi masalah pada salah satu atau kedua proses kerja, maka kinerja dari *refrigerator* dapat menurun sehingga menyebabkan suhu ruangan menjadi panas.

a) Kerja Mendinginkan (*cooling*)

Refrigerator atau mesin pendingin selama bekerja memanfaatkan beberapa hukum fisika yang menjadi dasar proses kerja sistem pendingin, yang paling terlihat adalah penerapan hukum termodinamika kedua. Pernyataan hukum termodinamika kedua ini dicetuskan oleh Mr. Clausius, yang mengatakan bahwa kalor (panas) berpindah sendirinya dari benda bersuhu tinggi ke benda bersuhu rendah. Hukum fisika ini ternyata dapat bekerja dengan baik pada

sistem pendingin, karena dijalankan oleh bagian yang bernama '*evaporator*'. Proses yang terjadi di *evaporator* dapat kita pahami secara mudah, sebagai contoh:

Pada saat tubuh kita basah terkena air, maka bagian yang terkena air tersebut akan terasa dingin walaupun suhu sekitar lebih panas. Sensasi dingin bertambah apabila terkena hembusan angin. Sensasi dingin tersebut terjadi akibat dari air yang menguap pada saat bersamaan mengambil panas dari tubuh kita.

Permisalan tersebut dapat diuraikan seperti ini, kulit tubuh dapat diibaratkan sebagai *evaporator* pada sistem *refrigerator*, udara luar diibaratkan sebagai ruang pada bagian dalam *evaporator*, jaringan di bawah kulit disamakan dengan bagian dalam atau isi dari mesin pendingin, sedangkan sisa air di kulit diibaratkan sebagai bahan pendingin (*refrigerant*) yang sedang menguap di dalam pipa *evaporator*. Pada sistem pendingin kita tahu bahwa proses pendinginan terjadi karena di dalamnya terdapat *refrigerant* yang mengalir ke bagian-bagian sistem pendingin.

Pada *evaporator*, *refrigerant* diubah bentuknya menjadi gas dan bergerak pada pipa kapiler yang berkelok-kelok sehingga dapat menyerap panas sekitar *evaporator* dan secara bersamaan *blower*/kipas membantu untuk menghembuskan udara dingin yang berasal dari ruangan sekitar *evaporator* sehingga suhu udara sekitar mesin pendingin dapat menurun.

b) Kerja mencairkan (*Defrost*)

Selain mendinginkan, sistem kerja *defrosting* sangatlah berpengaruh pada kelancaran kinerja sistem *refrigerator*. Apabila *defrosting* tidak dapat berjalan maka penumpukan bunga es dapat terjadi pada *evaporator* dan dapat menghambat proses perpindahan kalor sehingga suhu udara tidak bisa berkurang sebagaimana yang kita inginkan.

Pada sistem kelistrikan *refrigerator* terdapat alat yang bernama *defrost timer*, *defrost heater*, dan *defrost thermo*. Ketiga alat ini memiliki fungsi masing-masing dan saling berkesinambungan. *Defrost timer* berfungsi untuk mengatur lama kerja kompresor dan juga lama waktu pencairan bunga es di *evaporator*, dan *defrost thermo* berfungsi untuk mendeteksi temperatur sekitar *evaporator* sehingga bisa mengatur apakah proses pencairan es perlu dilakukan atau tidak. *Defrost timer* akan bekerja ketika kompresor berjalan selama 6 jam.

Maka kontak kompresor akan berpindah dari *cooling process* ke posisi *defrosting process*/atau proses pencairan bunga es. Proses pencairan dimulai. Pada kondisi ini timer motor akan mati, kemudian akan ada dua heater yang menyala (*defrost heater* akan mencairkan es di sekitar *evaporator* dan *plate heater* yang akan mencairkan es di bak penampungan di bawah *evaporator*).

Aktifnya *defrost heater* menyebabkan temperatur sekitar *evaporator* meningkat. Dengan demikian bunga es yang ada pada *evaporator* akan

mencair. Ketika *defrost thermo* mendeteksi bahwa suhu telah mencapai $\pm 4^{\circ}\text{C}$, maka kontak *defrost thermo* akan memutuskan *defrost heater* sehingga proses pencairan akan berhenti dan kembali pada proses pendinginan.

Di kapal, pembersihan pipa *coil evaporator* dilakukan 3 bulan sekali dengan tujuan membersihkan *coil evaporator* dari timbunan es. Selain dengan *defrost* otomatis, dapat juga dilakukan secara manual dengan cara menyiram pipa *evaporator* dengan air dan melakukan *bypass* dengan *freon* panas agar es dapat cepat mencair.

Untuk mengaktifkan sistem *defrost* manual dapat dilakukan dengan cara mengatur posisi *switch* dari *timer defrost* ke posisi *defrost*. Kemudian tunggu selama setengah hingga satu jam. Berikutnya dapat dilakukan pengecekan pada *coil evaporator*, apakah masih terdapat bunga es atau sudah mencair.

E. Siklus Perjalanan Freon

Refrigerator dapat bekerja menyerap panas dikarenakan adanya cairan *refrigerant* yang berfungsi untuk menyerap kalor di sekitar ruang pendingin. Kalor tersebut kemudian dibuang melalui kondensor sekaligus mengubah *refrigerant* yang semula berbentuk gas menjadi cair.

Pertama, *freon* dimampatkan oleh kompresor, dan ketika *freon* masuk ke dalam kompresor harus berwujud gas, karena apabila *freon* masih berwujud cairan maka sesuai

dengan sifatnya, cairan sebagai zat yang tidak bisa dikompresikan apabila masuk ke dalam ruang kompresi maka akan menyebabkan *liquid hammer* yang dapat menimbulkan kerusakan komponen pada kompresor. Setelah melalui proses pemampatan, gas *freon* bertekanan tinggi akan masuk ke dalam kondensor yang kemudian akan terjadi proses kondensasi dimana temperatur *freon* akan menurun dikarenakan terjadinya penyerapan kalor yang ada pada *freon* dengan air pendingin sehingga terjadi perubahan wujud gas *Freon* menjadi cairan *Freon* secara konveksi yaitu panas dari gas *freon* dibuang oleh media air pendingin dalam hal ini air laut.

Setelah itu cairan *Freon* akan berkumpul di *receiver* (penampung), *Receiver* ini pada instalasi mesin pendingin konstruksinya menjadi satu bagian dengan kondensor. Setelah proses kondensasi terjadi, *freon* yang telah menjadi *liquid* tertampung di *receiver* kemudian *Freon* akan melewati *Drier* yang fungsinya menyerap uap air apabila pada *Freon* terdapat kandungan udara, kemungkinan ini biasa terjadi karena pada saat pengintalasian pertama dari sistem tersebut maupun pada saat pengisian ulang atau penambahan *Freon*, oleh karena itu untuk mencegah terjadinya hal-hal tersebut maka pada instalasi mesin pendingin ini dipasang *filter drier*.

Untuk kelanjutan dari proses pendinginan ini setelah *Freon* melewati *Dehydrator Freon* akan masuk ke dalam pipa penguap dengan melewati katup *Solenoid*

sebagai pengatur otomatis untuk menghentikan dan meneruskan aliran *Freon* ke dalam *Evaporator*. Setelah itu *Freon* melewati katup ekspansi, pada katup ini cairan *Freon* ini seakan-akan dicekik sehingga terjadi penurunan tekanan secara mendadak, katup ini berfungsi juga sebagai alat kontrol yang mengatur banyak sedikitnya *Freon* yang akan masuk kedalam *Evaporator* dengan bantuan *Thermo Bulb*, sebagai alat sensor yang dipasang di pipa keluaran *Evaporator*, setelah *Freon* di ekspansikan, *Freon* masuk ke dalam *evaporator* dalam bentuk partikel-partikel kecil yang menguap sehingga akan lebih mudah menyerap panas disekitar ruang pendingin, setelah melakukan proses penyerapan panas *Freon* berubah wujud menjadi gas, lalu *Freon* kembali lagi dihisap oleh kompresor.

Sedangkan *Thermostatik Switch* sebagai alat kontrol temperatur berfungsi mempertahankan suhu di dalam ruang pendingin pada batas yang telah ditentukan. Alat ini bekerja berdasarkan sensor yang akan memberi tanda kepada saklar untuk memutus atau menghubungkan arus listrik ke katup *Solenoid*. Dalam hal ini *Thermo Bulb* dipasang dalam tiap-tiap ruangan pendingin. *High and Low Pressure Swich* berfungsi sebagai saklar pemutus arus ke elektro molar apabila tekanan hisap terlalu rendah dan tekanan keluar kompresor terlalu tinggi.

F. Komponen Mesin Pendingin

a. Kompresor

Suatu pesawat bantu yang berfungsi menghisap dan menekan *Freon*, dari tekanan rendah dari *evaporator* dan menekannya ke katup ekspansi melalui kondensor dengan tekanan tinggi. Dan juga kompresor dapat bekerja secara otomatis, dan akan berhenti bila ruang pendingin telah mencapai suhu yang diinginkan, yaitu bisa tekanan terlalu rendah ataupun tekanan terlalu tinggi.

Kompresor yang digunakan pada *refrigerator* terdiri dari beberapa jenis mulai dari kompresor *hermetic* (dimana *electro motor* berada pada satu ruang dengan komponen yang lain seperti piston), semi *hermetic* (merupakan tipe kompresor yang berbentuk menyerupai kompresor *hermetic* hanya saja pada tipe ini bagian penutup dapat dibuka), dan yang terakhir ada kompresor *open type* dimana bagian *electro motor* terletak terpisah dengan komponen piston.

b. Oil separator

Oil separator mesin pendingin, *oil separator* digunakan untuk memisahkan gas *freon* panas hasil dari kompresi dari kompresor yang masih bercampur dengan minyak lumas dan kemudian dipisahkan. *Oil separator* yang bermasalah dapat menyebabkan banyaknya minyak lumas yang ikut bersirkulasi ke dalam sistem, sehingga pada kompresor akan terjadi kekurangan minyak lumas yang mana hal itu dapat menyebabkan kurangnya pelumasan.

Di dalam *oil separator* terdapat *filter* atau saringan yang

berfungsi untuk menyaring kotoran yang biasanya berupa gram-gram hasil gesekan antara komponen kompresor. komponen yang berukuran besar akan tertahan di bagian filter atas sedangkan komponen yang halus akan menempel di bagian bawah yang mana terdapat sebuah magnet. minyak lumas yang memiliki massa lebih besar dari gas akan mengumpul di bagian bawah dan akan kembali ke karter kompresor apabila volume telah mencapai batas ditandai dengan terangkatnya pelampung dan gas yang memiliki massa lebih ringan dapat langsung keluar melalui pipa *outlet*.

c. Kondensor

Merupakan bagian dari mesin pendingin yang berfungsi untuk mengubah gas *freon* menjadi *freon* berbentuk cair yang berasal dari kompresor. Gas *freon* yang memasuki kondensor memiliki tekanan dan temperatur yang tinggi. Gas *freon* dari kompresor masuk melalui bagian atas kondensor (di luar pipa) keluar berupa cairan (di dalam pipa). Aliran air laut masuk ke dalam kondensor melalui sekat dan bersirkulasi sehingga terjadi proses konveksi dimana perpindahan panas dari *freon* akan dibuang ke dalam media pendingin (air laut) sehingga terjadi penyerapan kalor oleh air laut, serta mengubah gas *Freon* menjadi *Freon* cair. Bila penurunan suhu mencapai pada titik jenuh uap air maka akan terjadi proses pengembunan atau kondensasi. Wujud gas berubah menjadi cair dengan suhu yang rendah, sedangkan tekanannya tetap tinggi, lalu mengalir ke *Dehydrator*.

Dalam hal ini, tekanan *freon* yang meninggalkan kondensor haruslah cukup tinggi agar tidak terjadi tahanan pada katup ekspansi, sebaliknya jika *freon* memiliki tekanan yang kurang maka *freon* tidak dapat mengalir melewati ekspansi.

d. *Dehydrator*

Suatu alat pengering yang berfungsi menyerap kadar air yang terbawa oleh *freon*. *Dehydrator*, berupa saringan yang berisikan bahan pengering (*silica gel*) yang digunakan untuk menyerap uap air maupun menyaring kotoran di dalam sistem, saringan ini berupa kawat. Selain itu, penggunaan *silica gel* dipilih karena tidak menyerap *freon*. Alat ini dipasang pada saluran udara *receiver* dengan *evaporator*.

e. Katup Ekspansi

Disebut sebagai *thermo* karena, kerjanya atas perbedaan suhu (katup terbuka bila adanya perbedaan suhu yang diatur oleh diafragma). Katup ini memiliki fungsi untuk mengatur jumlah *Freon* yang mengalir ke dalam *evaporator* dan sekaligus menurunkan tekanan. Katup ini ada 2 jenis yaitu katup ekspansi otomatis dan katup *thermostatis*.

Pada katup ekspansi *thermostatis* jumlah aliran *Freon* yang keluar dari katup ekspansi dikontrol oleh temperatur pada sensor *bulb*, sedangkan pada katup otomatis jumlah aliran *Freon* yang keluar dikontrol dengan tekanan pada *evaporator*. Jika katup ekspansi buntu ataupun rusak pada saat mesin berjalan, tekanan manometer hisap akan di bawah normal atau nol.

f. *Evaporator*

Merupakan sebuah komponen yang berfungsi untuk memisahkan kedua fasa antara liquid gas dan liquid cair. *Freon* cair yang masuk ke *evaporator* akan diubah wujudnya menjadi gas dengan cara menurunkan tekanannya sehingga dapat menyerap panas dengan baik.

g. *Fan*

Blower, yang juga dikenal sebagai kipas, adalah suatu komponen yang berperan dalam mengalirkan udara ke dalam ruangan pendingin. Kipas ini terletak di belakang pelapis dinding kompartemen makanan, berdekatan dengan kontrol damper kulkas.

Blower bekerja dengan cara mengisap udara sekitar ruangan kemudian mengalir melewati *evaporator* dan panas yang terkandung di dalam udara akan terkonveksi oleh *refrigerant* yang mengalir sepanjang pipa *evaporator* sehingga tersisa udara dingin yang keluar melewati *evaporator* dan karena adanya dorongan dari kipas menyebabkan udara tersebut menyebar ke seluruh ruang pendingin.

h. *Thermostatic Switch*

Merupakan suatu saklar pengontrol temperatur yang berfungsi untuk mengontrol atau mempertahankan suhu pada batas yang ditentukan.

i. *High and Low Pressure Switch*

Merupakan suatu saklar pemutus tekanan arus listrik apabila tekanan isap pada kompressor rendah dan tekanan keluar kompressor terlalu tinggi melebihi batas yang telah ditentukan.

j. Media Pendingin

Media pendingin adalah sebuah media berbentuk gas yang mudah berubah menjadi cair atau *refrigerant* untuk menyerap kalor dari *evaporator* dan membuangnya di kondensor. Selama mencapai titik jenuh, uap gas akan berubah menjadi cair.

a) *Thermostat*

Menurut Dickson (2018) *thermostat* adalah suatu komponen pendukung yang banyak dipasang pada sistem pendingin. *Thermostat* ini memiliki fungsi untuk memutuskan dan menyambung arus listrik berdasarkan dengan mendeteksi suhu lingkungan sekitar sesuai dengan pengaturan suhu yang telah disetting sebelumnya. Saat ini termostat yang banyak beredar terbagi menjadi dua jenis yaitu *thermostat* elektronik dan juga *thermostat* mekanikal.

b) *Sight Glass*

Menurut Prasetyadi (2017) *sight glass* berfungsi untuk tempat melihat aliran *refrigerant* di dalam sistem AC. Selain itu *sight glass* juga dapat berfungsi untuk melihat jumlah *refrigerant* yang terdapat di dalam sistem AC. *Refrigerant* yang kurang akan membuat ada banyak udara pada sistem, udara pada dasarnya terdapat kandungan air didalamnya sehingga ketika kondisi dingin maka air yang terdapat atau terkandung pada udara akan mengembun oleh sebab itu akan mengakibatkan adanya air di dalam sistem AC.

c) *Temperature Control*

Menurut Testindo (2013) *temperature control* adalah

sistem otomatisasi yang dapat berfungsi dengan memanfaatkan bantuan berbagai macam sensor sebagai *input*, seperti sensor gerak, sensor suhu, sensor kecepatan, dan masih banyak lagi yang selanjutnya akan diproses oleh *control unit* untuk memberikan perintah kepada sistem selanjutnya.

d) *Solenoid Valve*

Menurut Suprianto (2015) *solenoid valve* merupakan katup yang dikendalikan dengan arus listrik baik AC maupun DC melalui kumparan/*solenoid*. *Solenoid valve* ini merupakan elemen kontrol yang paling sering digunakan dalam sistem *fluida*. Seperti pada sistem pneumatik, sistem hidrolik ataupun pada sistem kontrol mesin yang membutuhkan elemen kontrol otomatis. Contohnya pada sistem pneumatik, *solenoid valve* bertugas untuk mengontrol saluran udara yang bertekanan menuju aktuator *pneumatic (cylinder)*.

e) *Defrost Timer*

Menurut Setiadi (2014) *defrost timer* atau biasa disebut *timer* merupakan sebuah alat pada kulkas yang berfungsi sebagai pengatur kerja kompresor dan proses pencairan bunga es pada *evaporator* atau biasa disebut dengan *defrost cycle*. Umumnya bekerja sekitar 6 jam dari proses kerja pendinginan pertama kali ketika kompresor hidup. Lamanya proses *defrost* tergantung pada ketebalan es di *evaporator*, semakin tebal es

maka semakin lama juga proses pencairannya.

f) *Door switch* (saklar pintu)

Menurut Wijaya (2011) saklar pintu terletak pada dinding bagian dalam mesin pendingin di dekat pintu. Hidup-matinya (*on-off*) saklar pintu digerakkan oleh posisi pintu mesin pendingin. Fungsi saklar pintu untuk *on-off* kipas dan lampu mesin pendingin. Pada mesin pendingin model tertentu, terdapat 2 saklar yaitu saklar pintu atas dan saklar pintu bawah, ada juga mesin pendingin yang hanya memiliki 1 saklar yaitu di pintu bawah.

Ketika pintu atas tertutup maka kipas *on*, bila pintu atas dibuka maka kipas *off*. Ketika pintu bawah tertutup maka lampu mesin pendingin *off* dan kipas *on*, bila pintu bawah dibuka maka lampu mesin pendingin *on* dan kipas *off*.

g) Lampu Mesin Pendingin

Menurut Wijaya (2011) lampu mesin pendingin memiliki fungsi untuk memberikan cahaya pada bagian dalam (tempat penyimpanan makanan dan minuman) pada mesin pendingin. *On-off* lampu mesin pendingin dikendalikan oleh pergerakan pintu mesin pendingin. Bila pintu mesin pendingin dibuka maka lampu *on*, bila pintu ditutup maka lampu *off*.

h) *Overload Motor Protector*

Menurut Santoso (2012) *Overload Motor Protector* pada AC ini merupakan alat pengaman kompresor, yang berfungsi memutus arus yang mengalir ke kompresor pada

saat kompresor mengalami panas. Cara kerja overload ini di kendalikan oleh sensor panas yang terbuat dari campuran bahan logam dan bahan *non* logam (bimetal). Batang bimetal inilah yang membuka dan menutup arus listrik secara otomatis ke motor listrik (kompresor). Ketika bimetal ini di lewati arus tinggi secara terus menerus atau kondisi kompresor yang terlalu panas, bimetal ini akan terbuka sehingga arus listrik menuju kompresor akan terputus, ketika suhu kompresor sudah mulai turun maka bimetal yang terdapat pada *overload* ini akan menutup kembali sehingga kompresor dapat kembali bekerja.

III. METODE PENELITIAN

Dalam pembuatan karya ilmiah terapan ini, jenis metode penelitian yang penulis gunakan dalam melakukan penelitian ini adalah dengan metode penelitian kualitatif deskriptif. Metode penelitian kualitatif deskriptif merupakan metode penelitian yang berfungsi untuk meneliti masalah secara aktual yang sedang dihadapi serta mengumpulkan data maupun informasi untuk selanjutnya dianalisis.

Pada penelitian kali ini teknik analisis yang penulis gunakan adalah dengan teknik RCA (*Root cause analysis*). *Root cause analysis* (RCA) merupakan sebuah metode pendekatan yang lebih terstruktur untuk menemukan faktor penyebab yang berpengaruh pada satu atau lebih peristiwa yang pernah terjadi yang mana hasil dari metode tersebut dapat digunakan untuk meningkatkan sebuah kinerja. Selain itu, seperti

yang dinyatakan oleh Latino dan Kenneth (2006), penggunaan RCA dalam analisis perbaikan kinerja dapat membantu mengawasi komponen yang mempengaruhi kinerja. *Root cause* adalah komponen dari beberapa faktor, seperti peristiwa, kondisi, atau faktor organisasi, yang berkontribusi atau menimbulkan penyebab potensial dan diikuti oleh hasil yang tidak diharapkan.

Menurut Canadian Root Cause Analysis Framework (2005), analisis akar masalah merupakan suatu bagian penting dari pemahaman yang menyeluruh tentang "apa yang terjadi". Ditinjau dari "pemahaman awal" suatu insiden dan menemukan kesenjangan informasi dan pertanyaan yang belum terjawab. Analisis lingkungan masalah, wawancara dengan narasumber secara langsung dan tidak langsung, dan proses observasi adalah beberapa metode atau cara yang dapat digunakan untuk mengumpulkan sebuah informasi. Setelah mengumpulkan data, informasi ini menjadi "garis bawah" yang digunakan untuk menyelidiki "mengapa" masalah itu muncul.

Metode menemukan akar penyebab permasalahan (Dogget, 2005) mengatakan bahwa ada beberapa alat untuk menganalisis akar masalah yang telah banyak digunakan untuk menemukan akar masalah. Adapun beberapa jenis analisis yang telah dikelompokkan diantaranya *Is/Is not comparative analysis*, *5 why analysis*, Diagram Tulang Ikan (*Fish Bone Diagram*), *Cause and effect matrix*, dan *Root Cause Tree*. Dogget mengatakan bahwa *5 why analysis* merupakan sebuah metode analisis

untuk menemukan akar sebuah permasalahan yang paling sederhana dan dapat digunakan untuk mengidentifikasi suatu kerusakan pada sistem dan bekerja dengan sangat baik untuk dapat memahami sebab dan akibat dalam suatu kejadian.

Pada penelitian kali ini teknik analisis yang penulis gunakan adalah dengan teknik RCA (*Root cause analysis*). *Root cause analysis* (RCA) merupakan sebuah metode pendekatan yang lebih terstruktur untuk menemukan faktor penyebab yang berpengaruh pada satu atau lebih peristiwa yang pernah terjadi yang mana hasil dari metode tersebut dapat digunakan untuk meningkatkan sebuah kinerja. Selain itu, seperti yang dinyatakan oleh Latino dan Kenneth (2006), penggunaan RCA dalam analisis perbaikan kinerja dapat membantu mengawasi komponen yang mempengaruhi kinerja. *Root cause* adalah komponen dari beberapa faktor, seperti peristiwa, kondisi, atau faktor organisasi, yang berkontribusi atau menimbulkan penyebab potensial dan diikuti oleh hasil yang tidak diharapkan.

Menurut Canadian Root Cause Analysis Framework (2005), analisis akar masalah merupakan suatu bagian penting dari pemahaman yang menyeluruh tentang "apa yang terjadi". Ditinjau dari "pemahaman awal" suatu insiden dan menemukan kesenjangan informasi dan pertanyaan yang belum terjawab. Analisis lingkungan masalah, wawancara dengan narasumber secara langsung dan tidak langsung, dan proses observasi adalah beberapa metode atau cara yang dapat

digunakan untuk mengumpulkan sebuah informasi. Setelah mengumpulkan data, informasi ini menjadi "garis bawah" yang digunakan untuk menyelidiki "mengapa" masalah itu muncul.

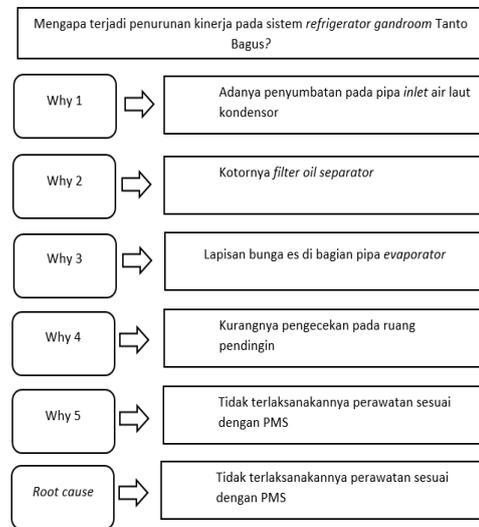
Metode menemukan akar penyebab permasalahan (Dogget, 2005) mengatakan bahwa ada beberapa alat untuk menganalisis akar masalah yang telah banyak digunakan untuk menemukan akar masalah. Adapun beberapa jenis analisis yang telah dikelompokkan diantaranya *Is/Is not comparative analysis*, *5 why analysis*, *Diagram Tulang Ikan (Fish Bone Diagram)*, *Cause and effect matrix*, dan *Root Cause Tree*. Dogget mengatakan bahwa *5 why analysis* merupakan sebuah metode analisis untuk menemukan akar sebuah permasalahan yang paling sederhana dan dapat digunakan untuk mengidentifikasi suatu kerusakan pada sistem dan bekerja dengan sangat baik.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

identifikasi akar permasalahan pada penelitian ini menggunakan teknik *5 why analysis* untuk menemukan lebih dalam akar permasalahan yang terjadi. Akar permasalahan dapat diketahui dengan cara bertanya "mengapa" sebanyak 5 kali hingga jawaban mengerucut pada satu titik permasalahan.

Selama melaksanakan penelitian, peneliti melakukan pengambilan data dari hasil wawancara. Adapun wawancara terhadap narasumber yaitu *electriciant* selaku penanggung jawab terhadap semua mesin pendingin yang ada di kapal KM. Tanto Bagus.

Tujuan wawancara ini adalah untuk mendapatkan hasil dan juga data yang akan digunakan sebagai bahan penelitian. Adapun hasil dari wawancara bersama narasumber sebagai berikut:



Sistem pendingin dapat menurun kinerjanya disebabkan oleh beberapa faktor mulai dari kurangnya *refrigerant*, bekerjanya kompresor secara terus menerus, bocornya pipa kapiler, rusaknya *seal* pada pintu, kotornya kondensor, dan banyaknya bahan makanan yang disimpan sehingga menyebabkan meningkatnya kelembaban udara. Kejadian yang dialami selama melakukan penelitian adalah berkurangnya aliran air laut dikarenakan adanya kerak yang menyumbat pipa sebagian volume pipa, dan adanya bunga es pada *evaporator* yang disebabkan oleh kotornya *filter oil separator*.

Selain itu faktor utama penyebab menurunnya kinerja sistem pendingin adalah karena kurangnya perawatan dan pengecekan komponen secara rutin. Hal itu dapat dilihat pada pipa *inlet* yang tersumbat dan juga ketika kompresor memiliki tekanan rendah yang seharusnya kompresor secara

otomatis akan mati, namun hal itu tidak terjadi karena *pressure switch* tidak berfungsi dengan normal. Jika perawatan dilaksanakan sesuai dengan jam kerjanya maka tidak akan ada permasalahan pada sistem pendingin. Berikut adalah beberapa pembahasan mengenai penurunan kinerja pada sistem pendingin di MV. Tanto Bagus:

1. Terjadinya penyumbatan pada pipa inlet kondensor.

Berdasarkan hasil pengambilan data selama di kapal ditemukan bahwa penyumbatan pipa *inlet* dapat disebabkan oleh beberapa faktor, misalnya saja terkikisnya *zink anode* pada kondensor, laju aliran yang kurang dari pompa, menumpuknya kotoran pada *sea chest* sehingga kotoran ikut terbawa ke dalam aliran air dan tidak berfungsinya *MGPS* pada kapal yang menyebabkan teritip dapat dengan mudah berkembang biak. Kasus yang dialami penulis sendiri terjadi karena kurangnya perawatan pada pipa *inlet* air laut ditambah dengan mulai terkikisnya *zink anode* pada *MGPS* maupun pada kondensor.

Kurangnya media pendingin pada kondensor menyebabkan berkurangnya proses kondensasi yang berdampak pada tidak sempurnanya penyerapan panas yang terjadi di *evaporator* sehingga menyebabkan temperatur ruang pendingin meningkat. Kasus kerusakan pada kondensor sendiri sebenarnya sangat jarang terjadi apabila dilakukan perawatan secara rutin.

Tabel 4. 1 pengaruh kondensasi terhadap suhu ruangan

| Waktu | Suhu Ruangan Dalam °C | | | |
|-----------|-----------------------|--------|-------|-------|
| | Ikan | Daging | Sayur | Lobby |
| Jam 16.00 | -2 | -3 | +7 | +11 |
| Jam 18.00 | -8 | -11 | +6 | +13 |
| Jam 20.00 | -13 | -18 | +2 | +16 |

Beberapa upaya perawatan yang dapat dilakukan agar kondensor dapat bekerja secara normal antara lain:

a. Pembersihan kotoran pada pipa kapiler

Di dalam kondensor terdapat pipa kapiler tempat mengalirnya air pendingin. Apabila pipa ini tersumbat maka proses kondensasi *freon* akan menurun sehingga dapat mengganggu proses kelancaran sistem pendingin. Oleh karena itu diperlukan perawatan agar pipa kapiler tidak tersumbat. Adapun perawatan yang dapat dilakukan untuk mencegah buntunya pipa kapiler yaitu dengan cara menggunakan *wire* yang disogok ke dalam pipa kemudian disemprot dengan air bertekanan tinggi untuk menghilangkan kotoran yang ada pada pipa. Setelah pembersihan dengan *wire*, cek kondisi *zink anode* yang ada pada *cover* kondensor, apabila telah banyak terkikis segera ganti *zink* agar tidak timbul karat di dalam pipa kondensor.

b. Pembersihan kerak pada pipa kondensor.

Pembersihan kerak pada pipa kondensor dikerjakan tidak sesering pembersihan pada pipa kapiler. Pembersihan dapat dilakukan secara tahunan sesuai dengan jadwal perawatan. Pembersihan dapat dilakukan dengan cara melepas keseluruhan pipa yang terhubung ke kondensor lalu dapat disogok menggunakan besi apabila pipa tidak

terlalu panjang. Selain itu dapat juga memanaskan pipa agar kerak yang menempel dapat hancur secara mudah.

2. Adanya bunga es pada evaporator

Adanya lapisan es pada *evaporator* sendiri terbentuk karena adanya beberapa faktor, antara lain kurangnya *freon* pada sistem, kebocoran pada pipa, kotornya *filter drier*. Tingginya kelembaban ruang pendingin, dan kotornya *oil separator*. Setelah dilakukan pengecekan pada sistem pendingin mulai dari kompresor, kondensor, *filter drier*, dan juga pada *oil separator* diketahui bahwa permasalahan ada pada *oil separator*.

Pada *log book* tercatat bahwa terakhir kali *oil separator* dibersihkan 5 bulan yang lalu sehingga kemungkinan yang terjadi adalah adanya penyumbatan pada *oil separator*. Selain itu manometer tekan kompresor juga meningkat menandakan tingginya tekanan pada kompresor.

Tabel 4. 2 Pengaruh kotornya *oil separator* terhadap suhu ruang.

| Waktu | Suhu Ruangan Dalam °C | | | |
|-------|-----------------------|--------|-------|-------|
| | Ikan | Daging | Sayur | Lobby |
| Jam 2 | -9 | -14 | +9 | +12 |
| Jam 3 | -11 | -15 | +6 | +14 |
| Jam 4 | -13 | -18 | +2 | +16 |

Lubang laluan *oil separator* yang kotor menyebabkan minyak lumpur tidak dapat kembali ke dalam karter kompresor sehingga oli akan ikut bersirkulasi ke dalam sistem kemudian dapat menyumbat saluran *evaporator* dan membentuk lapisan bunga es. Lapisan bunga es dapat dihilangkan dengan cara *defrosting*. *Defrosting* dapat dilakukan dengan beberapa cara antara lain:

1. Menyemprotkan air panas pada pipa.

Cara sederhana dapat dilakukan untuk menghilangkan bunga es yang ada pada pipa *evaporator*. Untuk melakukan pembersihan pipa, kompresor terlebih dahulu dimatikan bersamaan dengan *blower* serta menutup *valve* keluaran *freon* dari kondensor. Selanjutnya dapat menyemprotkan air panas pada pipa *evaporator* hingga dirasa lapisan bunga es mulai menghilang.

Jika sudah, kompresor dapat dinyalakan kembali dan *valve* keluaran *freon* dapat dibuka. Jangan lupa untuk mengeringkan dinding ruangan pendingin agar tidak ada uap air yang tersisa.

2. Menggunakan pemanas otomatis dengan timer.

Sistem *refrigerator* saat ini kebanyakan telah menggunakan pemanas secara otomatis. Sistem pemanas dapat diatur lama waktunya untuk dapat melakukan *defrost* agar dalam jangka waktu 24 jam terjadi *defrost* sebanyak tiga hingga empat kali.

3. Menyalurkan *freon* panas langsung ke arah *evaporator*.

Menyalurkan gas *freon* dapat dilakukan secara langsung melalui saluran *bypass*. Tutup katup *suction* kondensor sehingga *freon* yang bersuhu tinggi akan mengalir melalui saluran *bypass* menuju langsung ke *evaporator* dan kembali ke kompresor. Tunggu hingga bunga es mencair. Jika sudah, tutup kembali saluran *bypass* dan buka katup *suction* kondensor.

V. KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan analisis, data-data, permasalahan, serta pembahasan yang telah diuraikan pada bab sebelumnya, maka penulis mampu mengambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Berdasarkan hasil penelitian dapat diketahui bahwa penyebab menurunnya kinerja sistem pendingin di KM. TANTO BAGUS disebabkan oleh kotornya *oil separator* dan juga tersumbatnya pipa air laut kondensor.
2. Upaya yang dapat dilakukan untuk mencegah menurunnya kinerja sistem pendingin adalah dengan melakukan perawatan sesuai dengan jadwal *instruction manual book*.
3. Menurunnya kinerja sistem pendingin jika dibiarkan secara terus-menerus berdampak pada kerusakan bahan makanan, kerugian materil maupun pada kru kapal maupun bagi perusahaan.

Mengingat dampak yang ditimbulkan dari menurunnya kinerja sistem *refrigerator* dapat merugikan kru maupun perusahaan, maka penulis memberikan saran kepada masinis maupun pihak yang bertanggung jawab terhadap permesinan kapal sebagai berikut agar tidak terjadi hal sedemikian rupa:

1. Agar perawatan dapat berjalan dengan baik dan sistematis, maka *electriciant* perlu membuat standard sistem perawatan yang sesuai dengan *instruction manual book*.
2. Perlunya pencatatan pada jurnal tiap kejadian-kejadian yang berhubungan dengan perawatan perbaikan terhadap komponen sistem pendingin.

3. Melakukan pengecekan secara detail pada sistem apabila mesin pendingin telah berjalan agar tidak terjadi kejadian serupa.
4. Jalankan perawatan sesuai dengan petunjuk *manual book*.

V. DAFTAR PUSTAKA

- Amin, R., Pongkessu, P., & Hasiah, H. (2021). *Analisis Menurunnya Proses Kondensasi Freon Pada Kondensor Mesin Pendingin Bahan Makanan di MT. PATRA TANKER* 3. Jurnal Karya Ilmiah Taruna Andromeda, 5(2), 189-198.
- Arfah, M., & Sirman, M. (2019). *Analisa Lambatnya Kondensasi Freon Pada Kondensor Mesin Pendingin Bahan Makanan Di Kapal Mt Agiasma*. Makassar: Jurnal Karya Ilmiah Taruna Andromeda.
- Hartono. (2009). *Faktor Penyebab Tidak Tercapainya Suhu Kamar Pendingin Bahan Makanan Di kapal Mt. Dewi Sri*. Semarang.
- Haryadi, S. (2020). *Analisa Pengaruh Pemeliharaan Terhadap Kinerja Sistem Pendingin Refrigerasi Kapal*. Jurnal Sains Teknologi Transportasi Maritim, 2(1), 30-35.
- Jauhari, Lutfi. (2016). *Bagian-Bagian Mesin Pendingin*. Jakarta: PT. Erlangga.
- Jatmiko, Risky Wahyu. (2017). *Analisis Suhu Pendingin Tidak Tercapai terhadap Kinerja System Refrigerant Plant di atas KM. Jhoni XXXVIII*. Surabaya.
- Karyanto, E dan Emon Paringga. (2005). *Teknik Mesin*

- Pendingin. Vol. 1.* Jakarta : Restu Agung
- Manual Book. (2001). Ref. Provison Plant, Bock GmbH Kaltmaschinen & Co.
- Moleong, Lexy J. (2005). *Metode Penelitian Kualitatif*. Bandung: PT. Remaja Rosdakarya.
- Prasetyo.A. (2018). *Analisa Kurang Optimalnya Temperatur Mesin Pendingin Bahan Makanan DI KAPAL AHTS TRANSKO CELEBES*. Makassar: PIP Makassar.
- Ridwan, M., Tabiah, E., & Jaya, J. P. (2021). *Analisis Performa Mesin Pendingin Makanan Guna Mempertahankan Suhu Ruangan Tetap Terjaga Di Kapal SK Capella*. Jakarta: Meteor STIP Marunda.
- Risky. (2016). *Teknik Analisis Data Kualitatif, Kuantitatif, Menurut Para Ahli* (Lengkap). (<https://pastiguna.com/teknik-analisis-data/>, Diakses 14 Desember 2022).
- Sumanto. (2004). *Dasar-Dasar Mesin Pendingin*. Yogyakarta: PT. Andi Yogyakarta.
- Suryaman, Y., & Prayogo, D. (2018). *Optimalisasi kinerja mesin pendingin guna menjaga kualitas bahan makanan di atas kapal MT. Pujawati*. *Dinamika Bahari*, 9(1), 2165-2171.
- Tim Penyusun Politeknik Pelayaran Surabaya. (2021). *Panduan penulisan karya ilmiah terapan*. Surabaya.