

Penggunaan Rerata Suhu saat Terbentuknya Bunga Es pada Provision Refrigeration Compressor KM Sinabung

Irsyad Roofiif 1, Thaibil Anwar^{2*}

^{1,2}Politeknik Pelayaran Malahayati, Indonesia

E-mail: thaibil@poltekelaceh.ac.id

* *Corresponding Author*

ABSTRAK

Awak kapal KM Sinabung membutuhkan logistik yang disimpan dalam tiga pendingin terpisah : ruang daging, ruang ikan, dan ruang sayur. Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi penyebab, dampak, dan upaya mengatasi terjadinya bunga es pada suatu provision *refrigeration compressor* di KM Sinabung. Data dikumpulkan dengan mengoservasi suhu setiap ruangan pendingin sebelum dan sesudah perawatan data yang didapatkan di cari rata-ratanya, dicari selisih sebelum dan sesudah, kemudian dicari persentase perubahannya. Kondisi suhu pendingin sebelum perawatan rata-rata sebesar -15,7°C, -14,4°C, dan 10°C berturut-turut untuk ruang pendingin daging, ikan, dan sayur. Perawatan dilakukan pada bagian *defrost, refrigerant evaporator, katup ekspansi, dan separator*. Suhu setelah perbaikan suhu -18,4°C, -18,4°C, dan 10°C berturut-turut untuk ruang pendingin daging, ikan, dan sayur. Secara keseluruhan terjadi perbaikan suhu sebesar 17,20% untuk ruang daging, 27,78% untuk ruang ikan, dan tidak terjadi perubahan suhu di ruangan sayur. Dapat disimpulkan bahwa penyebab terjadinya bunga es pada suatu *provision refrigeration compressor* adalah kegagalan pada *filter dryer, tersumbatnya orifice pada expansion valve* akibat adanya kotoran, kondisi *evaporator* yang kotor, uap air dari udara luar yang masuk ke dalam ruang pendingin. adanya kehadiran udara dalam sistem yang dapat meningkatkan suhu meningkat.

Kata Kunci: Matematika, Terapan, Transportasi, Bunga es, Provision refrigeration compressor

PENDAHULUAN

Pada sebuah pelayaran terutama pada kapal penumpang peralatan harus dipasang untuk mendukung kelancaran pengoperasian kapal dan menjalankan fungsi-fungsi penting untuk penumpang serta seluruh *crew-crew* kapal KM Sinabung. Salah satu peralatan terpenting yang mendukung kelancaran dan kenyamanan di atas kapal adalah mesin pendingin bahan makanan. Mesin pendingin bahan makanan adalah sistem atau mesin yang dirancang untuk menstabilkan suhu dan kelembaban disuatu area (digunakan untuk mendinginkan atau memanaskan tergantung kondisi udara pada saat waktu tertentu). Konsep mendinginkan makanan diketahui telah dipraktikkan pada abad ke-11 oleh Ibnu Sina, seorang ilmuwan muslim asal Iran yang menemukan kumpuran pendingin yang mampu mengembunkan uap aromatik menjadi cairan. Teknologi ini dikembangkan oleh para ilmuwan pada tahun 1784 dari pendingin sederhana.

Mesin pendingin (*refrigerator*) penggunaan mesin pendingin pada kapal umumnya digunakan sebagai media pendingin ruangan pada kamar (*cabin room*) dan pengawetan makanan (*cold stroge*). Pengawetan makanan secara signifikan memperpanjang umur simpan makanan tanpa memerlukan proses pemanasan (*Kobayashi et al.,2019*). Contoh penggunaan mesin pendingin sebagai media pengawetan makanan di kapal dapat dilihat pada meet room. Setiap ruang pengawetan memiliki pengaturan suhu yang berbeda-beda disesuaikan dengan kebutuhan dan keperluan setiap ruangan, sehingga menjamin hasil yang optimal.

Dalam suatu sistem pendingin terdapat ada empat komponen utama tersebut *compressor, condensor, expansion valve, dan evaporator (provision refrigeration compressor)*. *Compressor* juga mempunyai kemampuan untuk menurunkan tekanan pada sisi *low-pressure* sistem dan meningkatkan tekanan pada sisi *high-pressure* pada sistem. Dari *compressor refrigerant* suhu tinggi ke *condensor*, media *refrigerant* didinginkan dan diubah dari gas menjadi cair tanpa mengubah tekanannya. Setelah media pendingin menjadi cair, mengalirkan ke *expansion valve*. Didalam katup *expansion valve* zat pendingin cair dialihkan tekanan yang lebih rendah, sehingga zat pendingin dapat berubah dan masuk ke *evaporator (provision refrigeration compressor)*. Ketika *refrigerant* berubah menjadi gas *refrigerant* ia menyerap panas lingkungannya. Sehingga suhu ruangan menjadi turun, dan apabila proses ini berlangsung secara terus menerus maka akan dicapai suhu yang diinginkan.

Mesin pendingin dapat bekerja dengan baik jika semua bagian harus dirawat dan dipelihara dengan benar. Jika perawatan ini terlaksana, maka mesin pendingin bisa berfungsi dengan normal tanpa masalah dalam sistem mesin pendingin makanan. Perawatan yang kurang tepat akan menyebabkan suhu diruang pendinginan tidak sesuai dengan yang diperlukan, sehingga dapat mempengaruhi proses pengawetan makanan di atas kapal.

Ketika melakukan praktek laut, penulis menghadapi masalah dengan mesin pendingin makanan selama kapal beroperasi. Pada tanggal 7 Mei 2024, saat kapal KM Sinabung berlayar dari Pelabuhan Tanjung Perak (Surabaya) ke pelabuhan Angin Mamiri (Makassar), perwira jaga yang bertugas antara pukul 12.00-16.00 menerima laporan dari koki mengenai terjadinya pembekuan es yang tebal pada *evaporator* mesin *cold stroge*. Setelah *frosting* pada permukaan *evaporator* lemari es bebas, resistensi termal perpindahan panas meningkat dan

aliran udara berkurang, yang berakibat pada penurunan kapasitas *evaporator* (Wu et al.,2018).

Ketika dilakukan pemeriksaan, ditemukan bahwa suhu *cold strage* mengalami penurunan dari suhu *fish room* berkisar -15°C , *meat room* -16°C , dan suhu *vegetable room* menjadi 3°C . Jika situasi ini tidak segera diperbaiki, maka bisa menyebabkan kerusakan bahan makanan seperti ikan, daging, dan buah di kapal. Karena kejadian ini, penulis merasa terpicu untuk membahas masalah yang terjadi pada *cold storage*.

METODE PENELITIAN

Bunga es di observasi pada *provision compressor* dengan spesifikasi *refrigerator ABB Stal Marine AB* dengan type 2K372 HB/4 N.2-S BITZER, *Refrigerating capacity* 2x 13 kW at 1295 rpm, refrigerant/freon R 22. Data dikumpulkan dengan mengoservasi suhu setiap ruangan pendinginsebelum dan sesudah perawatan data yang didapatkan di cari rata-ratanya, dicari selisih sebelum dan sesudah, kemudian dicari persentase perubahannya.

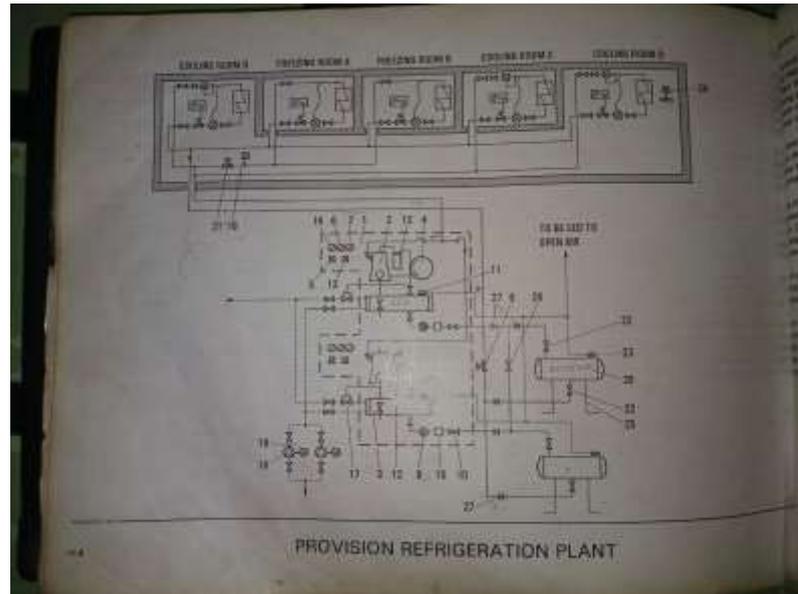
HASIL DAN PEMBAHASAN

Dalam sebuah penjelasan mengenai teori ini, penulis berusaha untuk menjelaskan dasar-dasar teori yang relevan dengan tema penelitian yang diangkat. Mengingat bahwa dalam penjelasannya terdapat banyak elemen yang saling terhubung. Oleh karena itu, penting untuk menerangkan tentang tema yang dibahas serta teori-teori yang dikutip sebagai referensi dalam penelitian ini.

1. *Provision Refrigeration*

Provision merupakan struktur yang menyediakan dimana fasilitas tersedia untuk mendinginkan dan memelihara produk pada tingkat suhu dan kelembapan relatif yang diinginkan dengan mensirkulasikan udara dingin pada kecepatan tertentu (Gopala, 2015: 390). *Refrigerant* menurut (Faozan, 2017) adalah bidang ilmu yang mempelajari sistem pendinginan dengan cara memindahkan panas dari area berkualitas rendah ke area berkualitas tinggi. Secara teknis, pendinginan (*refrigerasi*) berarti menurunkan serta mengurangi suhu suatu zat, mengubah fase bahan dari satu kondisi ke kondisi yang lain, serta menjaga bahan atau ruang dalam keadaan yang berbeda. Teknik *refrigerasi* dapat diterapkan di berbagai sektor, termasuk industri, rumah tangga (*domestic*), dan sistem pendingin udara.

Provision refrigeration dirancang untuk kondisi suhu tertentu yang digunakan untuk menyimpan produk yang berbeda dengan tujuan menjaga dan menjaga kesegarannya. Untuk menjaga kualitas bahan pangan pada saat penyimpanan, maka kita harus mempunyai mesin pendingin yang harus memenuhi standar kerja (Suryaman & Prayogo, 2018). Dalam hal ini dilakukan *provision refrigeration* di kapal, pada wadah yang digunakan sebagai tempat penyimpanan bahan pangan kering dan bahan pangan basa dengan pengaturan suhu yang telah ditentukan sesuai dengan lingkungan penyimpanan.



Sumber : Manual *book* KM Sinabung
Gambar 3.1.1. *Povision refrigeration plan*

a). *Provision refrigeration chiller*

Provision refrigeration chiller (chiller) merupakan lokasi penyimpanan barang pada suhu 10°C sampai 20°C , yang umumnya digunakan untuk menyimpan bahan makanan dengan masa simpan yang tidak terlalu panjang, pada *chiller* seringkali dipakai untuk menyimpan buah-buahan, sayuran, susu, dan produk minuman dalam kemasan kaleng.

b). *Provision refrigeration freezer*

Provision refrigeration freezer (freezer) merupakan tempat penyimpanan barang dengan suhu antara -18°C sampai -20°C , biasanya digunakan untuk menyimpan makanan dalam waktu yang lama atau produk beku. *Freezer* umumnya digunakan untuk menyimpan *forzen food*, daging beku (*meat room*), ikan beku (*fish room*), dengan masa simpan bisa bertahan hingga 2-3 bulan.

2. Komponen Utama

Menurut Daryanto (2010), komponen paling penting adalah alat yang harus tersedia atau sangat diperlukan dalam sistem *provision refrigeration*. Ada empat komponen utama yang harus ada dalam sistem tersebut, yaitu *compressor*, *condensor*, katup *ekspansi*, dan *evaporator*.

Berikut adalah penjelasan masing-masing komponen:

a. Kompresor (*compressor*)

Dalam siklus refrigerasi, *compressor* memiliki dua peran utama. Salah satu perannya adalah untuk memindahkan uap *refrigerant* dari *evaporator*, sehingga suhu dan tekanan yang diinginkan bisa dijaga di dalam *evaporator*. Peran kedua adalah untuk menambah tekanan uap *refrigerant* melalui proses kompresi, sekaligus juga meningkatkan suhu

pada uap *refrigerant*. Dengan perubahan tekanan ini, *refrigerant* yang panas mengalir melalui sistem. (Dincer & Kanoglu., 2010: 109).

Oleh karena itu, sistem kerja kompresor adalah menghisap, kompresi dan memompa uap *refrigerant* sehingga tekanannya meningkat sesuai kebutuhan proses kondensasi. Beberapa jenis kompresor berdasarkan konstruksinya antara lain *hermetic compressor*, *semihermetic compressors*, dan *open compressors*.



Sumber : Manual *book* KM Sinabung
Gambar 3.1.2 *Type Compressor cool merk sabro*



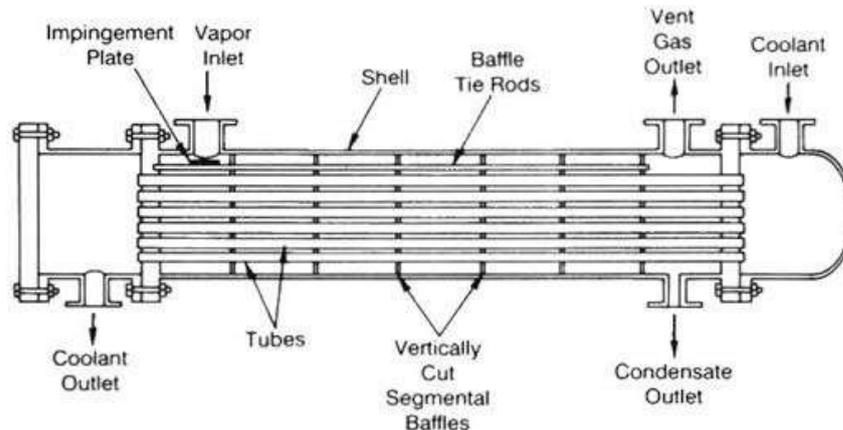
Sumber : KM Sinabung
Gambar 3.1.3. *Compressor Provision Cool KM. Sinabung*

b. Kondensor (*condensor*)

Tujuan kondensor dalam siklus kompresi uap adalah untuk menerima gas yang panas pada tekanan yang cukup tinggi dari *compressor* dan mendinginkannya untuk menghilangkan panas *superheat* berlebih terlebih dahulu dan kemudian menghilangkan panas laten untuk mengembunkan zat pendingin kembali menjadi cair. Selain itu, cairan biasanya sedikit didinginkan (Cabeza et al., 2008: 74).

Kondensor, juga disebut penukar panas (*heat exchanger*), adalah alat penukar panas yang menghilangkan panas zat pendingin yang diserap oleh *evaporator* dan panas yang diterima oleh *compressor*, mengubahnya dari uap menjadi cair. *Refrigerant* yang mengalir melalui kondensor harus

bersentuhan dengan permukaan pipa tempat *refrigerant* mengalir. Permukaan pipa-pipa ini harus tetap sejuk. Tergantung pada jenis *refrigerant* yang digunakan, kondensor diklasifikasikan menjadi tiga jenis: *water cooled condensers*, *water collerd condensers*, dan *evaporative condensers*.



Sumber: *Ebook boilers, evaporators, and condensers* (Kakac, 1991: 574)
Gambar 3.1.4. *Water cooled condensers type shell and tube*

c. Katup ekspansi (*ekspansion valves*)

Katup ekspansi (*ekspansion valves*) atau katup pelambatan, untuk mengurangi laju aliran cairan *refrigerant* ke *evaporator* tergantung pada peralatan dan karakteristik beban (Hundy et al., 2008: 140). Fungsi katup ekspansi adalah untuk memampatkan jumlah *refrigerant* yang mengalir dari *kondensor* ke *evaporator* sehingga meningkatkan tekanannya. Selain itu katup ekspansi memiliki fungsi yang dapat mengatur laju penguapan *refrigerant* cair dari sisi bertekanan tinggi ke sisi bertekanan rendah tergantung pada jumlah panas yang dikeluarkan dari kompartemen ruang pendingin. Ada beberapa jenis katup ekspansi, antara lain *thermostatic expansion valve*, *constant pressure expansion valves*, dan *capillary tubes*.



Sumber : KM Sinabung

Gambar 3.1.5. *Thermostatic expansion valves*

d. *Evaporator*

Sistem kerja pada evaporator adalah menerima fluida bertekanan dan bersuhu rendah dari katup ekspansi dan membawanya dalam kontak termal yang erat dengan beban. Refrigeran mengambil panas laten dari beban dan keluar dari *evaporator* sebagai gas kering. (Hundy et al., 2008: 91).

Menurut Ega (2013), tugas dari *evaporator* adalah untuk mengambil panas dari udara atau objek yang terdapat di dalam ruangan yang diinginkan. Selanjutnya, panas tersebut dibuang melalui kondensor di area yang tidak didinginkan. *Kompresor* yang sedang beroperasi menarik gas *refrigerant* dari *evaporator*, sehingga tekanan dalam *evaporator* menjadi rendah. Fungsi *evaporator* adalah kebalikan dari *kondensor*. Bukan untuk melepaskan panas ke udara sekitar, tetapi untuk menyerap panas dari udara di sekitarnya. *Kondensor* ditempatkan di area luar yang sedang didinginkan, sedangkan *evaporator* ditempatkan di dalam area yang sedang didinginkan. *Kondensor* terletak di antara alat *ekspansi* dan *kompresor*, jadi pada sisi tekanan rendah dari sistem. *Evaporator* terbuat dari berbagai jenis logam, tergantung pada *refrigerant* yang digunakan dan fungsi dari *evaporator* itu sendiri.



Sumber: KM Sinabung

Gambar 3.1.6. *evaporator* ruang ikan KM Sinabung

3. Komponen Bantu (*Auxiliary Devices*)

Komponen bantu (*auxiliary device*) merupakan suatu alat bantu yang digunakan untuk menunjang pengoperasian sistem pendingin sehingga keberadaannya tidak perlu ada atau digunakan. Jenis alat bantu yang digunakan tergantung pada kapasitas dan jenis mesin pendingin. Ada beberapa komponen *provision refrigeration* adalah:

a) *Receivers*

Beberapa unit *refrigerasi* memiliki ruang *kondensor* yang cukup untuk menampung seluruh muatan zat pendingin dalam sistem. Fungsi *receivers* adalah untuk menampung cairan refrigerant selama proses sirkulasi dan juga untuk menyimpan cairan pendingin ketika sistem ditutup untuk keperluan perbaikan. Menurut (M. Ridwan et al., 2021) merupakan wadah yang menyimpan refrigerant dalam bentuk cair, di mana terdapat serat dan bahan pengering (desiccant) sebagai penyaring beberapa komponen asing serta uap air dari sirkulasi refrigeran.



Sumber: KM Sinabung (Althouse, 2004: 496)

Gambar 3.1.7. *Receivers*

b) *Dryer*

Dryer adalah sebuah perangkat yang membantu dalam sistem pendingin, yang berperan dalam menyaring *refrigerant* yang mengalir di dalam sistem pendingin dari kotoran dan udara, serta menghilangkan kelembaban yang terdapat dalam sistem. Terdapat dalam *dryer* itu ada bahan seperti mutiara yaitu bernama *molecular sieve dryer* atau *electrion* bilang seal kagek. Pengering saringan molekuler adalah peralatan yang digunakan untuk mengeringkan gas dan cairan serta untuk memisahkan molekul berdasarkan ukuran dan bentuknya.



Sumber: KM Sinabung
Gambar 3.1.8. *Dryer*

c) *Oil Separator*

Oil Separator adalah sebuah alat untuk berfungsi menyaring minyak lumpur dengan *refrigerant* sehingga minyak lumpur tersebut kembali ke dalam *oil carter* (penampung minyak), dan *refrigerant* terus di alirkan ke *condensor*.



Sumber: KM Sinabung
Gambar 3.1.9. *Oil Separators*

d) *Solenoid Valves*

Katup *solenoid* pada sistem *provision refrigeration* beroperasi untuk menutup atau aliran *refrigerant* ketika suhu ruangan yang didinginkan mencapai titik terendah dan membuka kembali aliran refrigeran ketika suhu ruangan yang didinginkan naik kembali. Ketika solenoid rusak cara ngecek suhunya menggunakan alat yang bernama thermometer.



Gambar 3.2.1. *soloid Valves & Pressure Control*
Sumber : KM Sinabung

e) *Refrigerant*

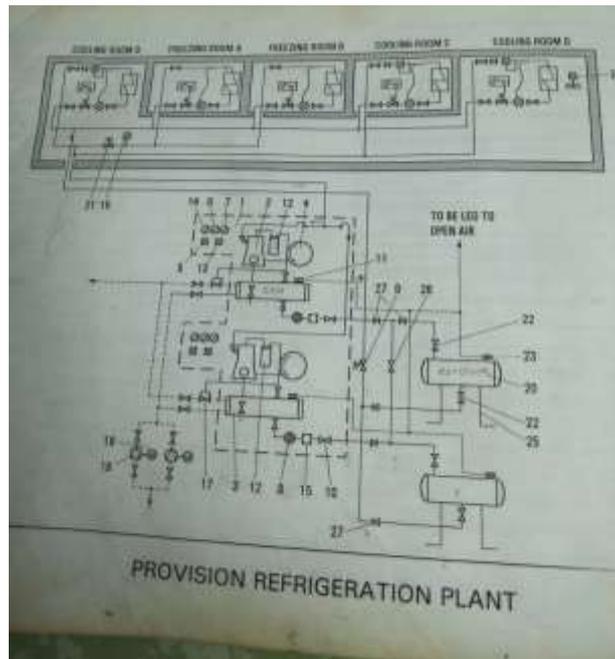
Refrigerant adalah fluida perpindahan panas yang selama siklusnya (*kompresi, kondensasi, ekspansi, dan evaporasi*) dalam sistem *refrigerasi*, menyerap panas dari sistem bersuhu rendah dan membawanya untuk diserap dalam sistem pada suhu lebih tinggi. (Wai., 2012: 73).

Pada siklus *refrigerasi*, *refrigerant* berperan sebagai fluida perpindahan panas dengan cara menyerap panas melalui perubahan fase dari cair menjadi gas (*evaporasi*) dan membuang panas melalui perubahan fase dari gas menjadi cair atau disebut juga dengan (*kondensasi*). *Refrigerant* mempunyai sifat senyawa tertentu yaitu tidak korosif, titik didih rendah, panas laten tinggi, tidak mudah terbakar, dan sulit bercampur dengan minyak pelumas. *Refrigerant* dapat diklasifikasikan menjadi dua kelompok, yaitu *refrigerant primer* dan *refrigerant sekunder*. *Refrigerant primer* adalah cairan pendingin yang berperan langsung dalam sistem *refrigerasi*. Sedangkan *refrigerant* yang didinginkan oleh *refrigerant primer* kemudian digunakan untuk keperluan pendinginan disebut *refrigerant sekunder*. *Refrigerant* adalah suatu zat atau senyawa kimia, dimana setiap *refrigerant* mempunyai sifat, titik didih, dan tekanan yang berbeda-beda. Berbagai jenis *refrigerant* yang banyak digunakan sebagai media pendinginan di pasaran adalah *carbon refrigerants, azeotrope refrigerants, zeotrope refrigerants, inorganic refrigerants, dan hydro-carbon refrigerants*.

4. Sistem Kerja *Provision Refrigeration*

Proses dimulai dari *compressor* ini seperti “jatung” sistem, memompa bahan pendingin (*freon*) ke seluruh sistem. *Kompresor* akan menekan *freon*, mengubahnya menjadi gas panas bertekanan sangat tinggi. Gas panas ini kemudian mengalir ke *kondensor*. Bayangkan *kondensor* seperti radiator di mobil Anda. Gas panas didinginkan oleh air laut dan dicairkan. Cairan *Freon* kemudian masuk ke dalam *receiver*. Ibarat “tangki cadangan” yang menyimpan

freon cair. *Freon* cair mengalir ke katup *ekspansi*. Tekanan akan turun dengan cepat. Proses ini sangat mirip dengan membuka tutup botol soda. Tekanan *atmosfer* turun dan menjadi sangat dingin. *Freon* yang sudah dingin dengan tekanan rendah masuk ke *evaporator* di ruang penyimpanan makanan. *Evaporator* itu seperti "AC" yang mendinginkan ruangan. *Freon* menyerap panas dari ruangan, mendinginkannya. *Solenoid valve* mengatur aliran *freon* ke *evaporator*, seperti keran yang bisa di buka atau di tutup sesuai kebutuhan. Setelah menyerap panas, *freon* akan kembali ke *separator*. Di sini, cairan dan gas di pisahkan. *Freon* melewati *dryer*, yang menghilangkan kelembapan dari sistem. Ini penting untuk menjaga efisiensi sistem akhirnya, *freon* kembali ke *compressor* dan siklus dimulai lagi.



Sumber: KM Sinabung

Gambar 3.2.2. Sistem kerja mesin *provision refrigeration*

Ket dan tipe:

- | | | |
|--------------------------|-------------------------|----------------------|
| 1. Compressor unit. | 12. Oil separator. | 23. Safety valve |
| 2. Compressor. | 13. Oil pressure guard. | 24. Fan |
| 3. Condensor. | 14. Oil pressure gauge. | 25. Support. |
| 4. El motor. | 15. Sight glass. | 26. Stop Valve. |
| 5. High-Low press relay. | 16. Defrosting relay. | 27. Non return valve |
| 6. Low press. Gauge. | 17. Aut. Water valve. | |
| 7. High press. Gauge. | 18. Pump. | |
| 8. Dehydrator. | 19. El. Motor. | |
| 9. Solenoid valve. | 20. Receiver. | |
| 10. Stop valve. | 21. Solenoid valve. | |
| 11. Safety valve. | 22. Stop Valve | |

5. Bunga Es

Pertumbuhan embun beku merupakan masalah utama di banyak sistem pendingin udara dan pendingin. Embun beku dapat menyebabkan dampak

buruk seperti penyumbatan saluran udara dan penurunan *koefisien transfer* penukar panas. (Aviles et al., 2003: 1).

Ketika terjadinya bunga es dapat menghambat kinerja penyerapan panas pada *evaporator*. Hal ini terjadi karena embun beku yang menempel pada pipa akan menghalangi terjadinya penyerapan panas ruangan yang mengakibatkan tidak tercapainya suhu yang diinginkan.

Pembentukan bunga es pada sistem pendingin *provision refrigeration* di KM Sinabung di sebabkan oleh beberapa faktor yang saling berkaitan. Faktor utama adalah suhu *evaporator* yang terlalu rendah, sering kali turun jauh di bawah titik beku air. Kondisi ini menciptakan lingkungan yang ideal bagi uap air di udara untuk langsung mengembun dan membeku saat bersentuhan dengan permukaan *evaporator* yang sangat dingin. Situasi ini diperparah oleh aktivitas buka-tutup pintu ruang penyimpanan yang sering, memungkinkan masuknya udara hangat dan lembab ke dalam area yang diinginkan.

Masalah teknis pada sistem pendingin juga berkontribusi. Kelebihan pada *refrigerant* dalam sistem dapat menyebabkan *evaporator* bekerja pada suhu yang terlalu rendah. Hal ini bisa terjadi akibat pengisian ulang *refrigerant* yang tidak tepat atau kebocoran pada sistem yang menyebabkan ketidak seimbangan. Selain itu, aliran udara yang tidak optimal di sekitar *evaporator*, mungkin akibat penempatan barang yang tidak tepat dalam ruang pendingin atau kotoran yang menumpuk pada sirip *evaporator*, dapat menciptakan area dingin yang stagnan dan mempercepat pembentukan es.

Perawatan yang tidak memadai memperburuk situasi. Pembersihan *evaporator* yang jarang dilakukan membiarkan debu dan kotoran menumpuk, mengurangi efisiensi perpindahan panas dan menciptakan titik-titik dingin yang rentan terhadap pembentukan es. Sistem *defrost* yang tidak berfungsi dengan baik atau jarang diaktifkan juga membiarkan es menumpuk tanpa kendali.

Tabel 3.1 Langkah perbaikan dan perawatan

No	Langkah Perbaikan dan Perawatan
1.	Perbaiki sistem <i>defrost</i> : Pastikan sistem <i>defrost</i> berfungsi dengan baik dan di jalankan secara teratur. Ini bisa melibatkan perbaikan elemen pemanas <i>defrost</i> , <i>timer</i> , atau sensor yang rusak.
2.	Periksa dan sesuaikan <i>refrigerant</i> : Pastikan level <i>refrigerant</i> tepat. Terlalu banyak atau terlalu sedikit <i>refrigerant</i> dapat menyebabkan pembentukan es. Lakukan pemeriksaan dan pengisian ulang jika kalau di perlukan.
3.	Ketidak stabilan suhu : Akumulasi es di <i>evaporator</i> dapat menyebabkan fluktuasi di ruang penyimpanan, yang dapat merusak kualitas bahan makanan yang di simpan.
4.	Bersihkan <i>evaporator</i> : Lakukan pembersihan rutin pada <i>evaporator</i> untuk menghilangkan kotoran dan debu yang dapt menghambat aliran udara dan meningkatkan risiko pembentukan es.

5.	Periksa dan perbaiki komponen : Periksa dan perbaiki atau ganti komponen yang rusak seperti katup <i>ekspansi</i> , <i>separator</i> , atau <i>kontrol</i> suhu yang tidak berfungsi dengan baik.
No	Langkah Perbaikan dan Perawatan
6.	Tingkatkan sirkulasi udara : Pastikan sirkulasi udaranya dengan baik di sekitar <i>evaporator</i> dan dalam ruang penyimpanan. Ini dapat melibatkan penyusunan ulang barang-barang yang disimpan.
7.	Sesuaikan pengaturan suhu : Periksa dan sesuaikan pengaturan suhu sistem. Hindari pengaturan yang terlalu rendah yang dapat menyebabkan pendingin berlebih.
8.	Instalasi pengering (<i>dryer</i>): Ganti pengering <i>refrigeran</i> secara berkala untuk menghilangkan kelembaban dari sistem
9.	Pelatihan kru : Berikan pelatihan kepada kru kapal khususnya koki dan penjaga gandrum tentang pengoperasian yang tepat dan pemantauan sistim pendingin untuk mendeteksi masalah lebih awal.
10.	Pemantauan rutin : Lakukan pemeriksaan dan pemantauan rutin pada sistem untuk mendeteksi tanda-tanda awal pembentukan es atau masalah lainnya.

Bunga es sampai ke *kompresor* salah satu penyebab utama adalah kegagalan *separator* dalam memisahkan cairan *refrigerant* dari uap sebelum memasuki *kompressor* ketika *separator* tidak berfungsi dengan optimal, cairan *refrigerant* dapat masuk ke *kompressor* menyebabkan pendingin berlebih dan membuka peluang untuk terbentuknya es. Masalah ini sering diperparah oleh *overcharging refrigerant*, di mana terlalu banyak *refrigerant* dalam sistem menyebabkan *'liquid flood back'* ke *kompressor*.

Kegagalan pada komponen lain seperti katup *ekspansi* juga berperan penting. Jika katup *ekspansi* tidak berfungsi dengan baik atau terlalu besar, *refrigerant cair bisa melewati evaporator* tanpa sepenuhnya menguap, kemudian masuk ke *kompressor* hal ini, dikombinasikan dengan suhu hisap yang terlalu rendah, dapat menciptakan kondisi ideal bagi pembentukan es di *kompressor*.

Masalah pada komponen-komponen lain seperti katup *kompressor* yang rusak, kegagalan pada *oil separator*, atau masalah pada *receiver* juga dapat berkontribusi pada pembentukan es. Kebocoran pada sistem, meskipun kecil, dapat memungkinkan udara lembab bisa masuk dan bercampur dengan *refrigerant* dan *oil*, menciptakan kondisi yang kondusif bagi pembentukan es.

6. Dampak Yang Dihasilkan Oleh bunga Es

a) Penurunan efisiensi sistem :

Bunga es yang terbentuk di *evaporator* bertindak sebagai isolator, mengurangi transfer panas antara *refrigerant* dan udara di ruang penyimpanan. Ini akan menyebabkan sistem kerja lebih keras untuk mencapai suhu yang diinginkan, meningkatkan konsumsi energi dan menurunkan efisiensi keseluruhan.

b) Kerusakan komponen :

Jika es terbentuk di *compressor*, ini dapat menyebabkan kerusakan pada mekanis yang sangat serius. Es dapat mengganggu pelumasan, menyebabkan gesekan berlebih, dan bahkan bisa membuat kerusakan yang sangat fatal pada *compressor*.

c) Ketidak stabilan suhu :

Akumulasi es di *evaporator* dapat menyebabkan fluktuasi di ruang penyimpanan, yang dapat merusak kualitas bahan makanan yang di simpan.

d) Peningkatan biaya operasional :

Sistem yang bekerja tidak efisien akibat bunga es akan mengonsumsi lebih banyak energi, meningkatkan biaya operasional kapal.

e) Penurunan umur sistem :

Operasi yang terus-menerus dalam kondisi tidak efisien dapat memperpendek umur komponen sistem, menyebabkan kebutuhan penggantian lebih awal.

7. Cara Mengatasi Terjadinya Bunga Es :

a) Perbaiki sistem *defrost* :

Pastikan sistem *defrost* berfungsi dengan baik dan di jalankan secara teratur. Ini bisa melibatkan perbaikan elemen pemanas *defrost*, *timer*, atau sensor yang rusak.

b) Periksa dan sesuaikan *refrigerant* :

Pastikan level *refrigerant* tepat. Terlalu banyak atau terlalu sedikit *refrigerant* dapat menyebabkan pembentukan es. Lakukan pemeriksaan dan pengisian ulang jika kalau di perlukan.

c) Periksa dan perbaiki kebocoran :

Identifikasi dan perbaiki semua kebocoran dalam sistem yang memungkinkan udara lembap masuk. Ini termasuk memeriksa, mengelas dengan menggunakan las kuningan dan mengganti seal pintu yang rusak.

d) Bersihkan *evaporator* :

Lakukan pembersihan rutin pada *evaporator* untuk menghilangkan kotoran dan debu yang dapat menghambat aliran udara dan meningkatkan risiko pembentukan es.

e) Periksa dan perbaiki komponen :

Periksa dan perbaiki atau ganti komponen yang rusak seperti katup *ekspansi*, *separator*, atau *kontrol* suhu yang tidak berfungsi dengan baik.

f) Tingkatkan sirkulasi udara :

Pastikan sirkulasi udaranya dengan baik di sekitar *evaporator* dan dalam ruang penyimpanan. Ini dapat melibatkan penyusunan ulang barang-barang yang disimpan.

g) Sesuaikan pengaturan suhu :

Periksa dan sesuaikan pengaturan suhu sistem. Hindari pengaturan yang terlalu rendah yang dapat menyebabkan pendingin berlebih.

h) Instalasi pengering (*dryer*):

Ganti pengering *refrigeran* secara berkala untuk menghilangkan kelembaban dari sistem

i) Pelatihan kru :

Berikan pelatihan kepada kru kapal khususnya koki dan penjaga gandrum tentang pengoperasian yang tepat dan pemantauan sistim pendingin untuk mendeteksi masalah lebih awal.

j) Pemantauan rutin :

Lakukan pemeriksaan dan pemantauan rutin pada sistem untuk mendeteksi tanda-tanda awal pembentukan es atau masalah lainnya.

8. Alat-alat ketika perawatan

a. Pempesar pipa (*Swaging tool*) dan pengembang pipa (*Flaring tool*)

Pembesar pipa atau Swaging tool ini berfungsi untuk membesarkan ujung pipa. Agar dua pipa yang memiliki diameter sama bisa di sambungkan dengan, las tembaga, dan las perak. Pengembang pipa atau flaring tool ini berfungsi sebagai pengembang ujung pipa agar bisa disambungkan dengan sambungan berulir atau flare fitting.

b. Kunci ring dan pass

Berfungsi kunci ring pas berfungsi untuk mengencangkan atau mengendurkan baut dan mur dengan bentuk yang berbeda. Biasa untuk membuka orifis dengan kuncing ring pas 22, 24, dan di bantu dengan kunci inggris.

c. Lampu kerja

Berfungsi untuk penerangan saat bekerja apa bila penglihatan tampak kurang jelas atau gelap saat berada di ruangan tertutup.

d. Las (Brander)

Las atau brander berfungsi untuk sebagai penambal, melepas atau menyambung sambungan pipa pada sistem refrigerator dan sistem pendingin AC.

e. Gauge Manifold

Merupakan salah satu alat untuk service yang digunakan untuk mengukur tekanan pada refrigerant atau freon di dalam sebuah sistem pendinginan.

f. Pompa vakum

Kegunaan alat ini untuk mengosongkan refrigerant dari sistem pendingin sehingga bisa menghilangkan gas-gas yang tidak terkondensasi seperti uap air atau udara.

g. *Leak detector*

Fungsi leak detector adalah untuk mendeteksi kebocoran gas, cairan, atau zat lain yang berbahaya dan tidak bisa tercium oleh manusia. Leak detector dapat membantu mencegah risiko kebocoran yang dapat menyebabkan kebakaran, ledakan, atau gangguan kesehatan.

B. Pembahasan

Ruang pendingin daging, ikan, dan sayur dilakukan observasi suhu di dapatkan data seperti tabel 3.2 sebagai berikut hasil data sebelum mengalami perawatan

Tabel 3.2 Observasi suhu ruang pendingin sebelum perawatan

No	Jam	Suhu Ruang Pendingin (° C)			Ket
		Daging	Ikan	Sayur	
1	04.00-08.00	-15	-14	10	
2	08.00-12.00	-15	-13	10	
3	12.00-16.00	-16	-14	10	
4	16.00-20.00	-17	-15	10	
5	20.00-24.00	-17	-15	10	
6	04.00-08.00	-15	-14	10	
7	08.00-12.00	-15	-15	10	
8	12.00-16.00	-15	-14	10	
9	16.00-20.00	-16	-15	10	
10	20.00-24.00	-16	-15	10	
	Rerata	-15.7	-14.4	10	

Sumber: KM Sinabung (2024)

Keterangan :

1. Suhu normal ruangan daging dan ikan $-18^{\circ}\text{C}/-20^{\circ}\text{C}$.
2. Suhu normal ruangan sayur $+10^{\circ}\text{C}/+15^{\circ}\text{C}$.

Tabel 3.1 merupakan data suhu ruang pendingin pada saat sebelum perbaikan. Suhu ruang penyimpanan daging, ikan, dan sayur mengalami peristiwa penumpukan bungas es pada *provision refrigeration compressor* dan mengalami penurunan suhu. Faktor utama yang mengakibatkan terbentuknya bungas es pada *provision refrigeration compressor* adalah gangguan pada filter *dryer*, serta tersumbatnya *orifice* pada *expansion valve* karena penumpukan kotoran. Situasi *evaporator* yang kotor membuat kelembaban udara dari luar masuk ke dalam ruang sehingga terdapat udara pada sistem. Masing-masing

ruangan memiliki suhu normal ruangan daging dan ikan $-18^{\circ}\text{C}/-20^{\circ}\text{C}$ dan suhu normal ruangan sayur $+10^{\circ}\text{C}/+15^{\circ}\text{C}$.

Kemudian dilakukan perawatan didapat seperti yang kita lihat pada tabel 3.3 tindakan yang harus segera diperiksa, diperbaiki apa bila kerusakan itu bisa diakali, bila ada komponen yang rusak komponen tersebut ganti yang baru.

Tabel 3.3 Langkah-langkah perawatan mesin es *refrigerant*

No	Bagian di rawat	Langkah Keterangan	Ket
1	Defrost	1. Perbaiki element 2. Perbaiki timer 3. Perbaiki sensor	
2	Refrigerant	Periksa pengisian Ulang jika kalau di perlukan	
3	Evaporator	Lakukan pembersihan rutin	
4	Katup Ekspansi	Periksa dan perbaiki atau ganti komponen	
5	Separator	Periksa dan perbaiki atau ganti komponen	

Sumber : KM Sinabung (2024)

Cara penangan atau perawata ketika terjadinya bunga es dalam hal pertama yaitu, pastikan sistem *defrost* berfungsi dengan baik dan di jalankan secara teratur. Kedua pastikan level *refrigerant* tepat, terlalu banyak atau terlalu sedikit *refrigerant* dapat menyebabkan pembentukan es lakukan pemeriksaan dan pengisian ulang jika kalau di perlukan. Identifikasi dan perbaiki semua kebocoran dalam sistem yang memungkinkan udara lembap masuk. Ketiga lakukan pembersihan rutin pada *evaporator* untuk menghilangkan kotoran dan debu yang dapat menghambat aliran udara dan meningkatkan risiko pembentukan es. Keempat katup *ekspansi* periksalah komponen tersebut selagi masih bisa ditangin dan apa bila komponen itu tidak bisa digunakan lagi maka ganti lah komponen tersebut. Kelima *separator* periksalah komponen tersebut selagi masih bisa ditangin dan apa bila komponen itu tidak bisa digunakan lagi maka ganti lah komponen itu. Suhu di observasi kembali seperti terlihat pada tabel 3.4 berikut setelah perawatan, diperiksa dan dibersihkan komponen pada filter *dryer*, *orifice* pada *expansion valve*.

Tabel 3.4 Observasi suhu ruang pendingin sesudah perawatan

No	Jam	Suhu ° C			Ket
		Daging	Ikan	Sayur	
1	04.00-08.00	-18	-18	10	
2	08.00-12.00	-18	-18	10	
3	12.00-16.00	-18	-18	10	
4	16.00-20.00	-20	-20	10	
5	20.00-24.00	-18	-18	10	
6	04.00-08.00	-18	-18	10	
7	08.00-12.00	-18	-18	10	
8	12.00-16.00	-18	-18	10	
9	16.00-20.00	-19	-19	10	

10	20.00-24.00	-19	-19	10	
	Rerata	-18.4	-18.4	10	

Sumber : KM Sinabung (2024)

Keterangan :

1. Suhu normal ruangan daging dan ikan $-18^{\circ}\text{C}/-20^{\circ}\text{C}$.
2. Suhu normal ruangan sayur $+10^{\circ}\text{C}/+15^{\circ}\text{C}$.

Komponen-komponen sistem pendingin yang sudah tua, aus, atau rusak mungkin tidak dapat beroperasi dengan efisiensi maksimal. Setelah komponen-komponen sistem pendingin melakukan perawatan dapat beroperasi kembali lagi dengan normal. Suhu normal sistem pendingin ruangan daging, ikan ialah -18°C atau -20°C dan suhu ruangan sayur 10°C . Rerata suhu normal ruangan daging, ikan -18.4 , dan sayur itu 10°C atau 15°C . Kenapa rerata suhu sebelum perawatan dan sesudah perawatan sayur tetap sama suhunya 10°C karena filter *dryer*, *orifice* pada *expansion valve* itu masih bersih dan bagus.

Tabel 3.5 penulis berusaha meenyajikan tabel penelitian tentang isu permasalahan yang di ambil untuk mendefinisikan dengan cara yang sederhana tentang faktor penyebab, efek dan usaha dalam mengatasi terjadinya bunga es pada *evaporator* dan ini hasil perbandingan selisih sebelum dan sesudah.

Tabel 3.5 Perbandingan antara sebelum dan sesudah

No	Kondisi Perawatan	Rerata Ruang Pendingin			Ket
		Daging	Ikan	Sayur	
1	Sebelum	-15.7	-14.4	10	
2	Sesudah	-18.4	-18.4	10	
Selisih		2.7	4	0	
Persentase		17.20	27.78	0.00	

Sumber : KM Sinabung (2024)

Hasil dari perbandingan, suhu ruang pendingin antara sebelum dan sesudah memiliki perbedaan yang signifikan dalam peningkatan suhu ruang pendingin daging, ikan, dan sayur. Suhu ruang pendingin sayur tidak memiliki perubahan disebabkan oleh *orifice* pada *expansion valve*. Ditinjau dari suhu sebelum perawatan, suhu ruang pendingin pada ruang penyimpanan mengalami penurunan dari suhu ruang penyimpanan daging sebesar $-15,7^{\circ}\text{C}$ dan suhu ruang penyimpanan ikan $-14,4^{\circ}\text{C}$. Sedangkan suhu sesudah perawatan mengalami kenaikan dari suhu ruang penyimpanan daging sebesar $-18,4$ dan suhu ruang penyimpanan ikan $-18,4^{\circ}\text{C}$. Kedua ruang penyimpanan tersebut memiliki selisih peningkatan $2,7^{\circ}\text{C}$ untuk ruang daging dan 4°C untuk ruang ikan.

KESIMPULAN

Setelah penelitian dilakukan dan permasalahan seputar terbentuknya bunga es pada *provision refrigeration* berhasil diidentifikasi melalui analisis kuantitatif kasual, penulis kemudian sampai pada kesimpulan sebagai berikut:

1. Salah satu penyebab utama terjadinya pembentukan bunga es pada *provision refrigeration compressor* adalah gangguan yang terjadi pada *filter dryer*, penyumbatan *orifice* pada katup *ekspansion valve* akibat kotoran, keadaan *evaporator* yang kotor, serta kelembapan udara dari

luar yang memasuki ruang pendingin dan keberadaan udara dalam sistem.

2. Tindakan yang diambil untuk mengatasi masalah ini dilakukan secara kuantitatif kasual. Misalnya, dengan mengurangi kelemahan untuk menghindari ancaman yang bisa timbul, seperti dengan mengganti *filter dryer* baru, memperbaiki *expansion valve* yang tersumbat dengan *contact cleaner*, membersihkan sirip *evaporator* dengan water jet, serta menjalankan standar perawatan sesuai dengan petunjuk manual di kapal. Semoga dengan langkah-langkah ini, situasi tidak terulang di masa depan.
3. Faktor penyebab menumpuknya bunga es pada *provision refrigeration compressor* KM Sinabung ialah penumpukan bunga es pada suatu sistem pendingin *provision refrigeration* di KM Sinabung. Masalah itu bisa disebabkan oleh sebgaiian faktor yang saling berkaitan. Penyebabnya adalah suhu *evaporator* tidak boleh terlalu rendah, sering mengalami penurunan cukup jauh di bawah titik beku air. Kejadian ini membuat ruang lingkungan yang ideal bagi uap air melalui udara untuk lewat langsung embun tersebut dan mengeras saat bersentuhan dengan permukaan *evaporator* yang sangat dingin. Kegiatan ini sering dilakukan oleh manusia ketika buka-tutup pintu ruang pendingin penyimpanan daging, ikan, dan sayur, kemungkinan ketika seseorang ingin masuk ruang pendingin lupa menutup kembali pintu tersebut maka masuknya udara hangat dan udara lembab ke dalam ruangan pendingin yang kita dinginkan.

DAFTAR PUSTAKA

- Althouse, A. D., & Cari, H. (2004). *Modern and Refrigerator and Air Conditioning*. Aritonang, S., Anwar, T., Nurmala, E., Sultan, S., & Romadhoni, D. (2023). Selisih Persentase ISGOTT pada Analisis Prosedur Keselamatan Kerja Pencucian Tangki di Kapal MT Ratu Ruwaidah. *Points: Jurnal Matematika Dan Sains Pada Pelayaran*, 1(2), 1–9. <https://doi.org/10.5281/zenodo.14545987>
- Aviles, E. A., Miller, N. R., & Newell, T. A. (2003). *Detection of Evaporator Frost*. 61801(217).
- Berman, Ega Taqwali, 2013, Teknik Pendingin, Konsorsium Sertifikasi Guru, Jakarta.
- Cabeza, L., & Mehling, H. (2008). *Heat and cold storage with PCM. An up to date introduction into basics and applications - Publisher:Springer; ISBN:978-3-540-68557-9*. In *Heat and Mass Transfer*. <http://www.springer.com/us/book/9783540685562>.
- Daryanto.(2010). Keselamatan Kerja Peralatan Bengkel dan Perawatan Mesin. Bandung: Alfabeta. <http://library.um.ac.id/freecontents/index.php/buku/detail/keselamatan-kerja-peralatan-bengkel-dan-perawatan-mesin-drs-daryanto-40016.html>
- Dincer, I., & Kanoglu, M. (2010). *Refrigeration systems and applications*. John Wiley & Sons.
- Faozan, I. (2017). Analisis Perbandingan *Evaporator* Kulkas (LEMARI ES) Dengan Menggunakan Refrigerant R-22 Dan R-134A. *Jurnal Teknik Mesin*.

- Gopala Rao, C. (2015). *Engineering for Storage of Fruits and Vegetables: Cold Storage, Controlled Atmosphere Storage, Modified Atmosphere Storage*. In *Engineering for Storage of Fruits and Vegetables: Cold Storage, Controlled Atmosphere Storage, Modified Atmosphere Storage*.
<https://doi.org/10.1016/C2014-0-03394-1>
- Hundy, G. F., Trott, A. R., & Welch, T. C. (2008). *Refrigeration and air-conditioning*. Butterworth-Heinemann.
- Kakaç, S. (Ed.). (1991). *Boilers, evaporators, and condensers*. John Wiley & Sons.
- Kobayashi, R., & Suzuki, T. (2019). *Effect of supercooling accompanying the freezing process on ice crystals and the quality of frozen strawberry tissue*. *International Journal of Refrigeration*, 99, 94–100.
<https://doi.org/10.1016/j.ijrefrig.2018.11.045>.
- M. Ridwan, Eli Tabiah, & Jaya, J. P. (2021). Analisis Performa Mesin Pendingin Makanan Guna Mempertahankan Suhu Ruangan Tetap Terjaga Di Kapal SK Capella. *Meteor STIP Marunda*, 14(2), 83–91.
<https://doi.org/10.36101/msm.v14i2.199>
- Pangestu, F. P., & Anwar, T. (2024). Penggunaan Data Mean Minyak Lumas untuk Optimasi Kinerja Mesin Induk SPB LAIS. *Points: Jurnal Matematika Dan Sains Pada Pelayaran*, 2(2).
<https://doi.org/10.5281/zenodo.14824188>
- Rohman, H. F., Anwar, T., & Sultan, S. (2024). Kalkulasi Persentase Oksigen untuk Mengoptimalkan Kinerja Inert Gas Generator Guna Menunjang Operasional di Kapal MT. *Bull Kangean. Points: Jurnal Matematika Dan Sains Pada Pelayaran*, 2(1), Article 1.
<https://doi.org/10.5281/zenodo.14830969>
- 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. <https://doi.org/10.46484/db.v9i1.84>
- Wai, C. K. (2012). *Refrigeration and air conditioning*. 679, 58–60.
- Wu, S., Zhao, R., Huang, D., Sun, Y., & Wei, X. (2021). *Effect of non-uniform temperature & humidity distribution in the frontal airflow on evaporator frosting performance of a frost-free refrigerator*. *International Journal of Refrigeration*, 123, 150–158.
<https://doi.org/10.1016/j.ijrefrig.2020.12.010>