

RANCANG ULANG SISTEM PENDINGIN PADA MESIN FREEZER MULTIFUNGSI

Mukhammad Zidan N¹, George Endri Kusuma², Projek Prityonggo S.L³

Program Studi D-IV Teknik Permesinan Kapal, Jurusan Teknik Permesinan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Indonesia¹

Program Studi D-IV Teknik Permesinan Kapal, Jurusan Teknik Permesinan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Indonesia²

Program Studi D-IV Teknik Permesinan Kapal, Jurusan Teknik Permesinan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Indonesia³

Email: <mailto:mukhammad.zidan@student.ppns.ac.id>^{1*}; <mailto:kusuma.george@ppns.ac.id>^{2*}; <mailto:projek.privonggo@ppns.ac.id>^{3*};

Abstract - Previous research was the beginning of the manufacture a multifunctional freezer, a machine that has two functions for cooling and drying and is aimed at preserving fish both dried and cooled. The evaporator on the machine is used for cooling the fish in the refrigerator. The cooling process has a weakness in the cooling system where the temperature in the chamber can't reach a temperature below 0°C when the load is given above 0,5kg, and its cooling rate is less efficient so that the process of temperature reduction in a chamber given the load variation has a long enough time, so it can be concluded that the performance of the chiller is less optimal. In this final project, a cooling system redesign is carried out on a multifunctional freezer machine, as well as a capillary tube with a diameter of 0,31 inches and a length of 1,5 meters. Test results were obtained with weight variations of 0,5kg, 2kg, and 3kg. Average cooling speed of 0,255 kJ/s, chill room temperature of 2,7°C to -6°C, and the best coefficient of performance are obtained from the test results at a weight of 3kg with a COP value of 6,609 at 30 minutes and 5,133 at a test time of 60 minutes or 1 hour of operation of the multifunction freezer.

Keywords: Capillary Pipe, Cooler box, Evaporator, Multifunctional Freezer, R134a, R404a.

Nomenclature

T	= Suhu (°C)
P	= Tekanan (bar)
h	= Enthalphy (kJ/kg)
COP	= Coefficient of Performance
Q	= Beban Transmisi(Watt)
Cos φ	= Faktor daya
t	= Waktu(Menit)

1. PENDAHULUAN

Indonesia disebut sebagai negara maritim karena memiliki lebih banyak perairan daripada daratan. Hal ini dapat diamati di garis pantai hampir setiap pulau di Indonesia (± 81.000 Km), memberikan peluang terbaik untuk meningkatkan dan memanfaatkan perikanan Indonesia. Selain memiliki kekayaan alam yang luar biasa, perikanan Indonesia adalah yang terbesar di dunia dalam hal perikanan tangkap dan budidaya karena dominasi wilayah laut. Indonesia menduduki peringkat kedua di dunia dalam produksi ikan. Pada tahun 2014, produksi ikan Indonesia terbesar kedua di dunia setelah China, menurut Sekretaris Jendral Kementerian Kelautan dan Perikanan (KKP). Indonesia memproduksi 7 juta ton perikanan tangkap dan 12 juta ton perikanan budidaya. Sementara itu, total produksi perikanan China pada tahun 2014 mencapai 55 juta ton. [1]

Ikan merupakan jenis bahan pangan yang paling cepat menurun kesegarannya dan cepat

membusuk, hal tersebut penanganan khusus dilakukan terhadap ikan agar tetap menjaga kesegarannya. Saat ini ikan hasil tangkap para nelayan segera disimpan atau dibekukan untuk menjaga kualitas dan kesegaran ikan agar memiliki nilai jual yang layak. Box pendingin ikan menjadi teknologi dengan sistem refrigerasi yang dirancang untuk menyimpan ikan hasil tangkapan maupun ikan yang telah dibersihkan.[2]

Pendinginan adalah salah satu cara untuk mengawetkan ikan yaitu dengan menggunakan suhu rendah untuk menghambat pertumbuhan enzim dan mikroba. Pendinginan ikan untuk suhu (0°C) dapat bertahan 9-14 hari.[3]biji kemiri ini memiliki sifat yang membuatnya mudah terbakar [3]. Pada penelitian sebelumnya pembuatan alat berupa freezer multifungsi dimana terdapat box pendingin serta box pengering, alat yang di buat ini memiliki dimensi box pendingin 500 mm x 500 mm x 500 mm memiliki kelemahan pada proses pendinginannya suhu saat tanpa beban hingga 0,5 kg dapat mencapai kondisi yang sesuai untuk pendinginan ikan (0°C sampai -3°C) dan saat diberikan beban lebih untuk pendinginan produk ikan suhu pada box pendingin tidak dapat mencapai suhu yang tepat. Hal ini menyebabkan pemborosan serta tidak optimalnya pemakaian dari box pendingin.[4]

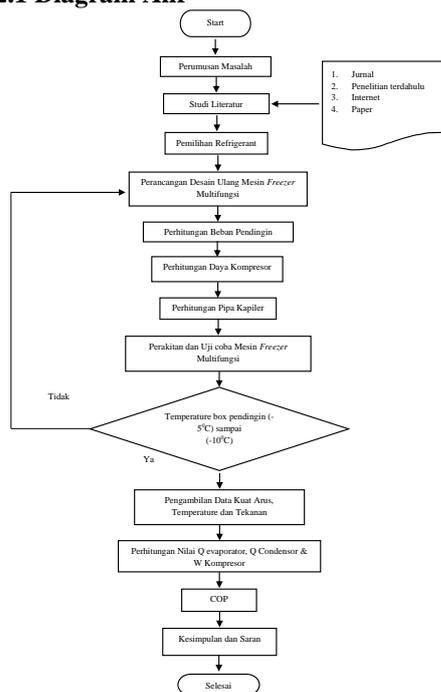
Serta pada desain sebelumnya digunakan

expansion device berupa pipa kapiler yang fungsinya untuk menurunkan tekanan dan mengontrol aliran refrigerant sesuai dengan kondisi yang dibutuhkan. Keuntungan dari pipa kapiler yaitu cukup sederhana dan harga pipa kapiler juga tidak terlalu mahal. Agar efisiensi dapat mencapai maksimum, panjang dan diameter pipa kapiler harus tertentu, kompresor dan alat ekspansi harus mencapai kondisi hisap dan buang, yang memungkinkan kompresor memompa refrigerant dari evaporator yang sama besarnya dengan yang dilewatkan oleh alat ekspansi.[5][6][7] Kurangnya perhitungan untuk penentuan pipa kapiler yang tepat menyebabkan laju pendinginan kurang efisien. Hal ini disebabkan kekurangan pada desain sistem pendinginnya. Maka untuk tugas akhir ini akan dilakukan perancangan ulang freezer multifungsi.

2. METODOLOGI PENELITIAN.

Metode penelitian merupakan sistematis pelaksanaan pada suatu penelitian. Dalam melakukan penelitian ini sebagai berikut :

2.1 Diagram Alir



Gambar 1 Diagram Alir

2.2 Studi Literatur

Pada tahapan ini dilakukan pengumpulan teori dan literasi yang berkaitan dengan sistem pendingin dan teknologi pengolahan ikan yang berhubungan dengan penelitian ini, yang akan digunakan sebagai sumber referensi dan acuan dalam pengerjaan penelitian. Literatur yang dibutuhkan adalah Penelitian terdahulu yang mendapatkan hasil kurang optimal dalam proses pendinginan dengan beban di atas 0,5kg suhu ruang pendingin tidak bisa mencapai suhu

dibawah (0⁰C) , jurnal, buku, dan literatur lainnya yang berisi sistem pendingin, perpindahan panas, serta rumus dan metode yang dapat berguna untuk membantu perhitungan dalam penelitian ini

2.3 Studi Lapangan

Pada tahap ini dilakukan pengujian langsung pada kondisi Mesin Freezer Multifungsi yang sudah dibuat dan dilakukan pengujian pada laboratorium fluida.

2.4 Tahap Pengumpulan Data

Pada tahap ini , dilakukan pengumpulan data dari percobaanyang dilakukan pada mesin freezer multifungsi dengan variasi beban ikan yang diberikan.

1. Data primer yaitu data yang diambil langsung pada pengujian mesin freezer multifungsi. Pada penelitian ini data primer yang didapatkan antara lain ; temperatur, tekanan suction dan discharge kompresor(P1 dan P2), dan kuat arus yang di butuhkan mesin.

2. Data sekunder berupa data yang didapatkan dari pihak lain berupa spesifikasi teknis dari mesin freezer multifungsi yang didapat dari identifikasi pada unit.

2.5 Tahap Pengolahan Data

Setelah pengujian mesin dilakukan dan didapatkan data dari penelitian sebelumnya sehingga dapat terlihat variable apa saja yang dapat dilakukan perbaikan. Adapun isi dari tahap ini sebagai berikut :

1. Perhitungan

Melakukan perhitungan ulang terhadap variable variable yang diperlukan. Seperti perhitungan

1. W_{kompresor},

$$W_{kondensor} = h_2 - h_1 \quad (1)$$

2. Q_{kondensor}

$$Q_{kondensor} = h_2 - h_3 \quad (2)$$

3. Q_{evaporator}

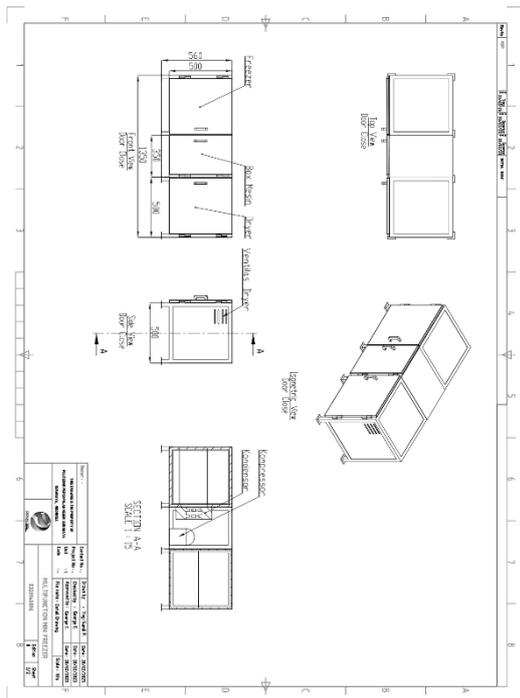
$$Q_{evaporator} = h_1 - h_4 \quad (3)$$

4. COP

$$COP_{ideal} = \frac{Q_{Evaporator}}{W_{Kompresor}} \quad (4)$$

2. Perancangan

Desain baru dari mesin freezer multifungsi agar mendapatkan kinerja alat yang lebih baik dan efisien. Desain rancangan dapat dilihat pada gambar 2



Gambar 2 Desain Freezer Multifungsi

3. Pengujian

Pengujian dilakukan terhadap freezer multifungsi yang telah di redesain dengan perbaikan yang telah dilakukan diharapkan memberikan hasil yang baik pengujian dilakukan dengan memvariasikan beban ikan.

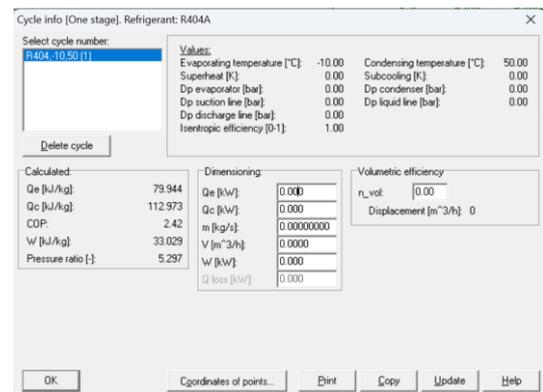
4. Analisis

Melakukan analisis terhadap performa dari hasil desain ulang mesin freezer multifungsi yang telah dilakukan.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Pemilihan Refrigerant

Pada Penelitian ini dilakukan pemilihan Refrigerant dengan melihat rasio Perbandingan Tekanan dari P_2/P_1 pada suhu $T_1 = -100\text{ C}$ dan $T_2 = 500\text{ C}$. Refrigerant yang dibandingkan adalah R134a, R22, R404a. Untuk perbandingan nya dilakukan plot pada p-h diagram dari ketiga refrigerant tersebut menggunakan software Coolpack dimana yang hanya diketahui adalah $T_1 = -100\text{ C}$ dan $T_2 = 500\text{ C}$. Berikut contoh hasil plot p-h diagram pada software coolpack Data hasil perbandingan pressure ratio, $Q_{\text{evaporator}}$, $Q_{\text{kondensor}}$, $W_{\text{kompresor}}$, dan COP dengan menggunakan software Coolpack dapat dilihat pada gambar 1.



Gambar 3 Hasil Plot p-h Diagram R404 pada software coolpack

Dapat dilihat hasil perbandingan pada tabel 1 Tabel 1 Perbandingan Refrigerant dari Hasil Plot pada Software Coolpack

Jenis Refrigerant	Pressure Ratio	$Q_{\text{Evaporator}}$ (kJ/kg)	$Q_{\text{condensor}}$ (kJ/kg)	W_c (kJ/kg)	COP
R134a	6,564	119,903	158,910	39,007	3,07
R22	5,482	138,312	181,761	43,45	3,18
R404a	5,297	79,944	112,973	33,029	2,42

dapat dibandingkan dari ketiga refrigerant R404a, mendapatkan hasil $Pressure\ ratio$ $Q_{\text{evaporator}}$, $Q_{\text{kondensor}}$, $W_{\text{kompresor}}$, dan Nilai COP yang lebih kecil dari R22 dan R134a, maka pada penelitian ini refrigerant R404a akan digunakan sebagai media untuk pendinginan pada mesin freezer multifungsi ini.

3.2 Hasil Pengukuran Pendinginan pada Ruang Pendingin

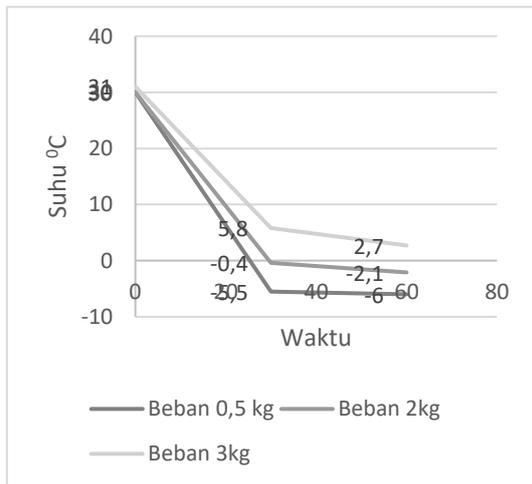
Pengukuran meliputi parameter-parameter sebagai berikut:

Tabel 2 Pengukuran Pendinginan Ruang dan Produk

Beban (kg)	Waktu (menit)	T ruangan (°C)	T ikan (°C)
0.5	0	30	27,9
0.5	30	-5,5	15
0.5	60	-6	8,9
2	0	30	27,9
2	30	-0,4	22,1

2	60	-2,1	13,7
3	0	31	27,6
3	30	5,8	23,4
3	60	2,7	14,8

Tabel 2 menjelaskan tentang pengukuran pendinginan produk dengan variasi beban 0,5kg, 2kg, 3kg dan pendinginan pada *cooling box* dengan lama waktu 60 menit. Dari hasil uji coba ruang pendingin diperoleh grafik perbandingan antara suhu ruang terhadap waktu, dan suhu ikan terhadap waktu. Lama waktu uji coba selama 1 jam dengan variasi beban 0,5kg, 2kg, 3kg. Hasil dari grafik dapat dilihat pada gambar 3



Gambar 4 grafik penurunan suhu ruang pendingin dengan variasi beban

Pada gambar 4 dan pada tabel 2 antara suhu ruang terhadap waktu dapat diketahui penurunan suhu ruang terhadap waktu mengalami penurunan secara drastis pada 30 menit dari suhu awal ruang 30°C ke suhu -5,5°C untuk beban 0,5 kg, Karena perbedaan beban yang di berikan tiap variasi beban memiliki penurunan suhu yang drastis pada 30 menit pertama untuk beban 0,5kg saja yang suhunya sudah mencapai suhu tujuan karena bebannya yang sangat ringan sedangkan untuk beban 2kg suhu ruangan sudah mencapai titik dibawah 0°C, tetapi pada beban 3kg suhu ruangan belum mencapai suhu minus yaitu mencapai suhu ruang 5,8°C penurunan suhu ruang juga dapat di pengaruhi oleh beberapa faktor lain seperti dinding insulasi yang dipakai tidak dapat menerima sebaran bunga es serta evaporator yang digunakan tidak memberikan sirkulasi udara seperti evaporator jenis *fan*.

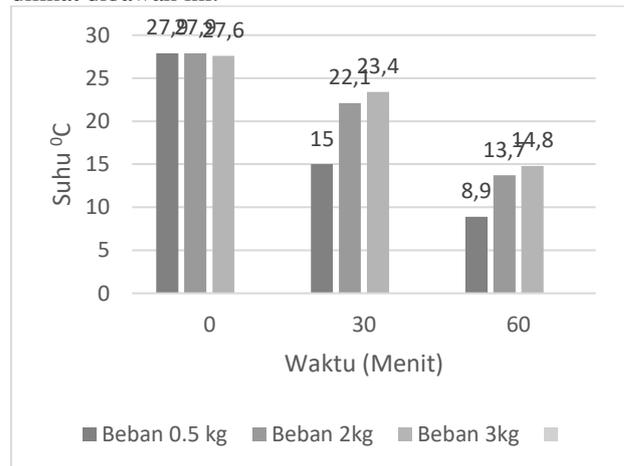
3.3 Hasil data Perhitungan Laju Pendinginan

Pada percobaan ini ruang pendingin diberi variasi beban 0,5kg, 2kg, 3kg pengujian dilakukan dengan lama waktu 1jam. Pengambilan data dilakukan tiap 30 menit, dari data pada tabel 2 dapat dilihat pada tabel 3 hasil perhitungan laju pendinginan.

Tabel 3 Hasil data Perhitungan Laju Pendinginan Beban 0,5kg, 2kg, 3kg

Beban (kg)	0,50	2,00	3,00
Suhu awal (°C)	27,90	27,90	27,60
Suhu akhir (°C)	8,90	13,70	14,80
ΔT ikan	19,00	14,20	12,80
Cp (kJ/kg°C)	3,10	3,10	3,10
QS (kJ)	29,41	87,93	118,89
Qaktual (kJ/s)	0,01	0,02	0,03
Penurunan suhu/menit	0,32	0,24	0,21
Waktu(menit)	88,11	117,89	129,38

Dari hasil uji coba ruang pendingin diperoleh grafik perbandingan antara suhu ruang terhadap waktu, dan suhu ikan terhadap waktu. Lama waktu uji coba selama 1 jam dengan variasi beban 0,5kg, 2kg, 3kg. Hasil dari grafik penurunan suhu Ikan dengan variasi beban terhadap waktu dapat dilihat dibawah ini.

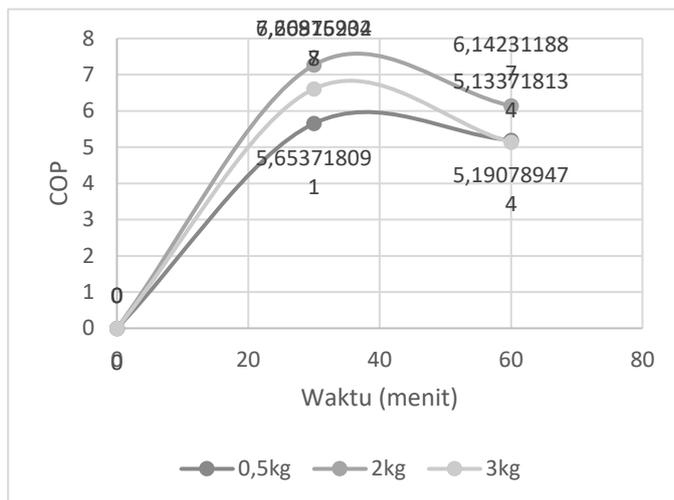


Gambar 5 Grafik Penurunan Suhu Ikan dengan Variasi Beban

Dapat dilihat hasil data pengujian untuk beban 0,5kg suhu ikan dapat 8,9°C dalam waktu 60 menit dengan penurunan kalor 0,00817 kJ/s, Beban 2 kg kalor produk ikan turun 0,024424 kJ/s, Beban 3 kg kalor produk ikan turun 0,033024kJ/s. Sehingga di dapatkan rata-rata laju pendinginan yang terjadi sebesar 0,255 kJ/s. Perbedaan jumlah kalor yang berkurang permenit pada tabel 4.5 dari produk ikan yang sama disebabkan karena variasi pada beban ikan dan juga dikarenakan pada pengujian beban pertama atau mesin start dengan beban 0,5kg sedangkan untuk beban 2kg kompresor sudah melakukan kerja pada saat pengujian beban 0,5 dan brektime(kompresor mati) selama 30 menit untuk menormalkan suhu ruang pendingin. Pada pengujian beban 3kg dilakukan pada hari yang berbeda sehingga kompresor belum melakukan kerja seperti pada pengujian beban 0,5kg.

3.4 Analisa dan Pembahasan dari Nilai COP

Dari hasil pengolahan data didapatkan nilai COP dari variasi beban 0,5kg, 2kg, 3kg. Didapatkan nilai COP dengan beban terbesar yaitu 3kg pada waktu 30 menit mendapat nilai 5,6537 dan mengalami penurunan pada waktu 60 menit menjadi 4,1065, sedangkan dari variasi beban uji coba pada percobaan Dengan Beban 0,5 kg mendapat nilai COP yang paling rendah hal itu disebabkan karena ikan yang di ujicoba memiliki beban yang terlalu rendah yaitu 0,5kg sedangkan kompresor yang digunakan besar sehingga beban yang terlalu rendah juga mempengaruhi COP dari mesin. Serta eror yang terjadi pada alat ukur thermogun juga mempengaruhi pengambilan suhu T1 dan T4, dan ada beberapa hal lagi yang mempengaruhi proses pengambilan data seperti pengambilan suhu T1 dan T4 dilakukan dengan membuka ruang pendingin dahulu. Dapat dilihat dari grafik dibawah ini perbandingan COP dengan lama waktu uji coba.



Gambar 6 Grafik Perbandingan Cop terhadap Waktu

Dari grafik tersebut dapat dilihat beban yang digunakan juga mempengaruhi COP dari mesin, dan COP tertinggi terjadi saat pengujian beban 2 kg dimana mesin hanya melakukan breakeime atau mesin mati dalam selang waktu 30 menit atau lebih untuk menormalkan suhu ruang pendingin setelah mesin kerja untuk beban 0,5kg sebelum melakukan pengujian pada beban 2kg. Hal ini menyebabkan kerja mesin kurang efisien dan menggunakan daya yang berlebihan. Sedangkan untuk beban 3kg dimana pengujian dilakukan di hari yang berbeda, sehingga mesin dalam kondisi normal dan optimal seperti sebelum pengujian pada beban 0,5kg dan di dapat nilai COP pada 60 menit kerja hampir sama dengan beban 0,5kg. Untuk tiap variasi beban Nilai COP menjadi cukup tinggi hingga waktu 40 menit setelah itu nilai COP akan menurun. Jadi dapat disimpulkan kerja mesin mulai efisien secara baik dan

menghabiskan daya yang rendah pada saat mesin telah bekerja selama 40 menit. Dapat dilihat COP aktual lebih tinggi dari COP ideal ini menunjukkan kerja mesin lebih berat dan kurang efisien hal ini mungkin disebabkan karena dinding dan material insulasi yang kurang sesuai. Dinding dari ruang pendingin tidak menerima sebaran bunga es dari evaporator jadi hanya dapat menahan udara dingin agar tidak keluar. serta pintu dari ruang pendingin yang belum tertutup rapat seperti pada kulkas menjadi salah satu penyebab kebocoran udara dingin keluar dari ruang pendingin.

4. KESIMPULAN

1. Pada rancangan desain terbaru Mesin *Freezer* Multifungsi ini dilakukan merubah posisi dari evaporator tube Penggunaan evaporator tube disesuaikan dengan desain box pendingin Panjang 0,5m, Lebar 0,5m, dan tinggi 0,5m, agar evaporator tube dapat berfungsi secara optimal seperti penggunaan evaporator tube pada *freezer* atau kulkas. Serta pada desain kali ini Refrigerant R404a di pilih sebagai media untuk pendinginan. dapat dilihat dari hasil ujicoba mesin mendapatkan hasil yang lebih baik, proses refrigerasi dapat berjalan dengan cukup baik dan sesuai dengan perencanaan dimana desain suhu ruang pendingin yang diinginkan dapat mencapai suhu -5°C sampai -10°C
2. Desain dari pipa kapiler yang digunakan pada penelitian kali ini disesuaikan dengan penggunaan refrigerant R404a, suhu yang diinginkan -5°C sampai -10°C , dan Beban yang dapat ditampung dengan dimensi ruang pendingin. dikalkulasikan untuk mendapatkan flowrate dari refrigerant R404a dan didapatkan Panjang pipa kapiler 1,5m dengan dimensi 0,31 inch dengan desain tersebut hasil redesain dapat dilihat dari hasil uji coba suhu ruang dengan beban variasi 0,5kg, 2kg, dan 3kg dapat mencapai suhu $2,7^{\circ}\text{C}$ sampai -6°C dengan waktu uji coba 60 menit untuk tiap variasi beban sehingga didapat laju pendinginan yang cukup cepat dari penurunan suhu awal ruangan ke suhu akhir ruangan.
3. *Coefficient of Performance* dari *freezer* multifungsi dengan variasi beban 0,5kg, 2kg, dan 3kg, mendapatkan COP aktual untuk beban 0,5kg yaitu 5,654 pada waktu 30 menit dan 5,191 pada waktu 60 menit, Beban 2kg mendapat 7,142 pada waktu 30 menit dan 6,142 pada waktu 60 menit, Beban 3kg mendapat 6,609 pada waktu 30 menit, dan 5,134 pada waktu 60 menit.

5. UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengakui bahwa penyelesaian jurnal ini tidak terlepas dari bimbingan, panduan

dan dorongan dari berbagai pihak, penulis mengucapkan rasa terimakasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Bapak George Endri K, S.T., M.Sc. Eng, selaku Dosen Pembimbing I
2. Bapak Projek Priyonggo S.L, S.T., M.T. selaku Dosen Pembimbing II
3. Kedua orang tua yang telah memberikan dukungan materi, motivasi, kasih sayang, do'a, dan nasehat hidup bagi penulis.
4. Kerabat dan sahabat seperjuangan Teknik Permesinan Kapal-PPNS

Menggunakan Outdoor Ac 2 Pk," *ALE Proceeding*, vol. 5, pp. 106–109, 2022, doi: 10.30598/ale.5.2022.106-109.

6. DAFTAR PUSTAKA

- [1] A. Putra Pratama *et al.*, "Meningkatkan Potensi Perikanan Maritim Indonesia Dengan Aplikasi Fishery," *Journal.Ittelkom-Sby.Ac.Id*, pp. 103–114, 2022, [Online]. Available: <https://journal.ittelkom-sby.ac.id/lkti/article/view/231>
- [2] D. O. Legi and V. Apriyanti, "Kinerja dan Distribusi Temperatur Pendinginan Kotak Refrigerasi Ikan Berkapasitas 35 L," *J. Tek. Mesin dan Ind.*, vol. 2, no. 1, pp. 53–56, 2023.
- [3] N. M. Sitakar, F. Jamin, M. Abrar, Z. H. Manaf, Nurliana, and Sugito, "Pengaruh Suhu Pemeliharaan dan Masa Simpan Daging Ikan Nila (*Oreochromis niloticus*) pada Penyimpanan Suhu -20oC Terhadap Jumlah Total Bakteri," *J. Med. Vet.*, vol. 10, no. 2, pp. 162–165, 2016.
- [4] Y. S. Pratama, "ANALISIS COEFFICIENT OF PERFORMANCE (COP) FREEZER MINI MULTI FUNGSI SEBAGAI PENDINGIN DAN PENDINGIN OLAHAN IKAN," 2020.
- [5] A. S. Darmawan and A. B. K. Putra, "Studi Eksperimen Pengaruh Dimensi Pipa Kapiler Pada Sistem Air Conditioning Dengan Pre-Cooling," *J. Tek. ITS*, vol. 5, no. 2, 2017, doi: 10.12962/j23373539.v5i2.20263.
- [6] A. C. L. Fuad and A. B. Khrisna Putra, "Studi Eksperimen Pengaruh Panjang Pipa Kapiler dan Variasi Beban Pendinginan pada Sistem Refrigerasi Cascade," *J. Tek. ITS*, vol. 5, no. 2, 2017, doi: 10.12962/j23373539.v5i2.20151.
- [7] R. Ufie, C. S. . Tupamahu, and M. M. Tohepaly, "Uji Pengaruh Panjang Pipa Kapiler Terhadap Kerja Unit Pembuat Es Skala Kecil