

## Analisa Coefficient of Performance (COP) Pada Mesin Pendingin Pembuat Ice Slurry

Aldyn Clinton Partahi Oloan<sup>1\*</sup>, Muswar Muslim<sup>1</sup>, Ayom Buwono<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Program Studi Teknik Sistem Perkapalan, Universitas Darma Persada, Jakarta, 13450, Indonesia

\*Email Corresponding Author: clintonaldyn19@gmail.com

### ABSTRAK

Ice slurry muncul sebagai alternatif utama yang sangat mendukung kinerja nelayan dimulai dari bahan baku yang bisa langsung diambil ketika ditengah laut dan bertambahnya ruang pada kapal untuk penyimpanan ikan tersebut. Mesin Ice Slurry ini sebagai alat eksperimen untuk nelayan, nantinya pada penelitian kali ini akan dibuat variasi putaran pada pengaduk es (scrapper) dimana variasinya yaitu 500 rpm, 1000 rpm, 1200 rpm pada motor listrik yang kemudian direduksi oleh gearbox yang memiliki ratio 1 : 30 dan dibuktikan dengan volume air laut pada setiap variasi yang ditetapkan yaitu 20 liter dengan waktu 90 menit. Kualitas pendinginan yang dihasilkan dapat di tentukan oleh nilai COP yang mana hasil dari variasi tersebut kemudian dianalisis dan di dapat hasil nilai COP terbaik adalah 10,24 dengan putaran 1200 RPM.

**Kata kunci:** *Ice Slurry; Refrigerasi; COP.*

### ABSTRACT

*Ice slurry appears as the main alternative that really supports the performance of fishermen starting from raw materials that can be taken directly in the middle of the sea and increasing the space on the ship for storing these fish. This Ice Slurry Machine is an experimental tool for fishermen later in this study a variation of rotation on the scrapper will be made where the variations are 500 rpm, 1000 rpm, 1200 rpm on the electric motor which is then reduced by a gearbox which has a ratio of 1: 30 and evidenced by the volume of sea water in each variation set, namely 20 liters with a time of 90 minutes. The quality of the resulting cooling can be determined by the COP value where the results of these variations are then analyzed and the best COP value is 10.24 with a 1200 RPM rotation.*

**Keywords:** *Ice Slurry, Refrigeration, COP.*

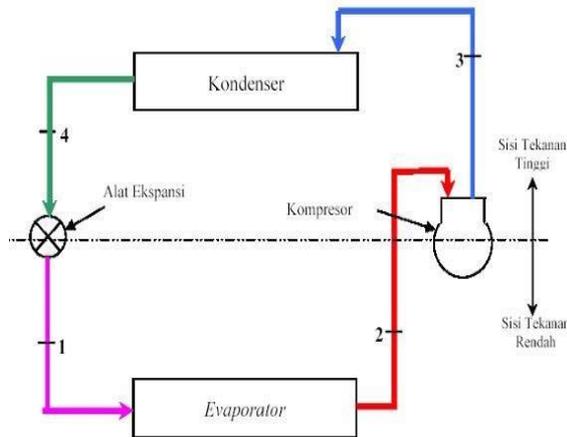
### PENDAHULUAN

Potensi sumber daya ikan di suatu tempat selalu berkaitan dengan hasil produksinya. Penangkapan ikan adalah kegiatan ekonomi yang melibatkan penangkapan atau pengumpulan ikan serta makhluk hidup di laut atau perairan umum. Pemanfaatan sumber daya ikan dalam konteks kelestarian sumber daya sangat mengesankan, oleh karena itu semua strategi yang diterapkan memperhitungkan keberadaan sumber daya ikan tersebut dalam jangka waktu yang relatif panjang. Ketentuan Umum Undang-undang Perikanan Nomor 9 Tahun 1985 menyatakan bahwa pengelolaan sumber daya ikan meliputi segala kegiatan, termasuk tindakan politik dan nonpolitik, yang ditujukan untuk pemanfaatan sumber daya tersebut secara optimal dan berkelanjutan.

Kapal penangkap ikan adalah kapal yang digunakan untuk menangkap ikan termasuk mencari ikan atau mengumpulkan sumber daya hewan laut, daya dukung, pilihan akomodasi, mesin dan berbagai peralatan sepenuhnya disesuaikan dengan kegiatan rencana operasional. Rancangan kapal ikan yang baik diharapkan cukup

sebagai terobosan baru dalam industri perikanan, serta mampu menghasilkan produk ikan yang melimpah dan siap dijual kepada masyarakat maupun ekspor ke luar negeri, sehingga nelayan dan pihak terkait memperoleh keuntungan yang besar, dan meningkatkan standar hidup mereka yang terkena dampak. Kapal ikan digunakan untuk menangkap ikan serta makhluk hidup yang berhabitat di laut, beberapa kapal ikan memiliki jenis yang berbeda beda diantaranya: Kapal Pukat Cincin (Purse Seine), Kapal Pukat Hela (Trawler), Kapal Jaring Angkat (Lift Netter), Kapal Jaring Insang (Gill Netter), Kapal Pancing Joran (Pole and Line), Kapal Rawai (Longline), dan Kapal Tonda [1]. Untuk sistem pendingin kapal – kapal tersebut menggunakan prinsip dasar sistem refrigerasi. Sistem refrigerasi adalah proses pembakaran panas dari ruang bersuhu rendah ke suhu yang lebih tinggi. Kalor diserap di ruangan bersuhu rendah, sedangkan kalor dihamburkan di ruangan bersuhu tinggi. Sistem refrigerasi dapat dicapai dengan menggunakan siklus kompresi uap, siklus penyerapan (absorpsi), pendinginan termoelektrik, pendinginan magnetik, pendinginan ejektor, atau pendinginan sonic (gelombang suara). Prinsip dasar sistem refrigerasi adalah suatu proses

dimana suhu ruangan diubah menjadi suhu yang lebih rendah dari suhu semula. Perubahan suhu menggunakan reservoir dingin untuk menyerap panas dan reservoir panas untuk menyerap panas. Panas yang diserap oleh tangki dingin menghasilkan energi, yang kemudian dipindahkan ke tangki panas[2].



**Gambar 1** Sistem Refrigerasi Kompresi

1. Evaporator dari sistem pendingin bertindak sebagai penukar panas. Di dalam evaporator, fluida kerja dapat melalui proses pertukaran panas dengan cara menyerap energi panas. Sementara proses penyerapan panas menciptakan kondisi lingkungan yang dingin, dalam sistem pendinginan evaporator menjadi tempat pelepasan panas dari lingkungan ke fluida kerja. Suhu refrigeran yang memasuki evaporator mendekati suhu kamar dan pada tingkat tekanan rendah. Suhu refrigeran lebih rendah daripada suhu kamar. Evaporator yang ada pada generator *ice slurry* ini dipasang pada dinding generator dengan cara dililitkan dibadan generator kemudian dilapisi dengan bahan- bahan yang kedap suhu dingin sehingga suhu atau uap dingin yang dikeluarkan oleh evaporator pada prosesnya tidak terbuang ke tempat lain serta generator yang dipakai terdapat dua buah tabung yang masing – masing memiliki fungsi dimana tabung luar berbahan material PVC dengan diameter 270 mm dan tinggi 740 mm yang berfungsi untuk menjaga suhu didalam tidak keluar serta mengurangi cost harga dibanding material lain, kemudian untuk tabung dalam dengan diameter 188 mm serta tinggi 740 mm dengan penggunaan material *stainless steel plate* yang bersifat isolator dimana dapat menghantarkan panas dengan baik dan material tersebut disambungkan dengan cara dipanaskan pada ujung sisinya supaya merekat dan kedua tabung tersebut digabungkan dengan material

tabuhan untuk atas dan bawahnya yaitu *flange* dengan jenis *blind flange* berdiameter 400 mm dan ketebalan 30 mm serta dikencangkan dengan besi ulir serta ring untuk memperkuat serta mengurangi kebocoran yang terjadi pada cela – cela sambungan[3].

2. Kompresor bekerja sebagai alat yang menaikkan tekanan uap refrigeran yang keluar dari evaporator. Kenaikan tekanan pada kompresor juga terjadi seiring dengan kenaikan suhu refrigeran. Kompresor membutuhkan kerja untuk menghasilkan tekanan. Sumbernya dapat berupa motor listrik. Uap refrigeran yang terkompresi memanaskan sehingga dapat mengalir dari kompresor ke kondensor[4].
3. Kondensator berfungsi sebagai penukar kalor dan evaporator, perbedaannya pada hasil evaporasi. Refrigeran hanya dapat melewati kondensator melepaskan energi pada suhu yang sangat tinggi. Realisasi energi panas ini diperoleh dari lingkungan. Setelah melewati kondensator, refrigeran menjadi dingin. panas refrigeran menguap di kondensator karena adanya media perpindahan panas. Pemisahan termal ini menyebabkan kondensasi pada cairan pendingin. Ketika media perpindahan panas mengekstrak panas dari refrigeran. Salah satu jenis media perpindahan panas adalah air dalam koil panas[5].
4. Katup ekspansi mengubah tekanan tinggi yang dihasilkan oleh kompresor menjadi tekanan rendah. Mengubah nilai tekanan cepat. Suhu refrigeran juga menjadi lebih dingin saat tekanan turun. Prinsip kerja katup ekspansi menggunakan efek Joule-Thomson, sehingga siklus pendinginan dapat berulang terus menerus.

Siklus sistem refrigerasi kompresi sederhana terdiri dari empat proses yaitu, kompresi, kondensasi, ekspansi dan evaporasi. Selama proses awal kompresor dimana suhu dan tekanan uap dinaikkan oleh kompresor. Uap bertemperatur tinggi, bertekanan tinggi dilepaskan dari kompresor ke dalam saluran (pipa) yang menuju ke kondensator. Suhu turun ke suhu saturasi, yang sesuai dengan tekanan tinggi, di mana uap mengembun, melepaskan sejumlah panas dalam proses, yang dilepaskan ke air atau udara dingin. Di kondensator, sejumlah panas tertentu dibuang oleh kipas di kondensator dan dibuang ke udara yang relatif lebih dingin yang masuk ke kondensator. Semua uap mengembun dan tekanan tinggi, refrigeran cair suhu tinggi mengalir ke katup ekspansi. Refrigeran cair

menurunkan tekanan dan temperatur saat keluar dari katup ekspansi, sehingga refrigeran yang masuk ke evaporator berbentuk uap dan temperatur serta tekanannya sesuai yang diinginkan.

Di dalam evaporator, refrigeran cair menguap pada tekanan dan suhu konstan sedangkan sumber panas mengalir keluar dari ruang rekahan (dingin) melalui dinding evaporator.

Uap kemudian mengalir melalui saluran masuk evaporator ke saluran masuk kompresor saluran masuk di bawah aksi kompresor. Uap yang keluar dari evaporator adalah uap jenuh pada suhu dan tekanan yang sama dengan cairan yang berubah menjadi uap. Biasanya, ketika uap mengalir melalui saluran masuk (hisap) dari evaporator ke kompresor, uap tersebut mengumpulkan panas dari udara di sekitar saluran masuk, menyebabkan uap menjadi sangat panas. Meskipun suhu uap di dalam pipa hisap sedikit meningkat karena terlalu panas, tekanan uap tidak berubah, sehingga tekanan uap yang masuk ke kompresor sama dengan tekanan penguapan. Kemudian proses kembali ke kompresor dimana tekanan dan suhu dinaikkan dalam siklus kompresi dan siklus berlanjut.

Sistem pendingin yang umum ada saat ini ialah menggunakan sistem kompresi uap. Prinsip kerja sistem pendingin adalah merupakan proses pemindahan panas dari suatu tempat ke tempat lain oleh suatu substansi yang dalam siklusnya mengalami perubahan fasa [6]. Peralatan mesin pendingin pada kapal penangkap ikan sangat diperlukan keberadaannya. Metode pendinginan ikan di Indonesia masih banyak menggunakan es balok sebagai media pendinginannya dan masih sangat sedikit yang menggunakan metode modern seperti teknologi refrigerasi seperti *RSW (Refrigerated Sea Water)* dan *Mesin Ice slurry*. Suatu sistem refrigerasi kompresi uap terdiri dari komponen utama berupa kompresor, kondensor, alat ekspansi dan evaporator serta *refrigerant* (freon) sebagai zat/ fluida kerjanya. Kinerja dari sistem refrigerasi dapat diketahui dari nilai COP nya. Semakin besar nilai COP nya maka semakin baik unjuk kerja/ kinerja dari sistem refrigerasi tersebut. COP merupakan singkatan dari *Coefficient of Performance*, yaitu perbandingan antara efek refrigerasi dengan kerja dari kompresor. Atau bisa dikatakan juga sebagai perbandingan antara energi yang diserap evaporator dengan energi yang dibutuhkan kompresor. Masing-masing komponen utama dari sistem refrigerasi memiliki potensi untuk meningkatkan nilai COP dari sistem refrigerasi itu

sendiri, baik itu kompresor dengan perbandingan kompressinya, kondensor dengan kemampuan melepas panasnya, alat ekspansi dengan penurunan tekanannya maupun evaporator dengan efektifitas penyerapan panasnya serta refrigerant dengan karakteristiknya. Bubur es adalah campuran homogen dari partikel es kecil dan cairan pembawa. Cairan tersebut dapat berupa air murni atau pelarut biner air dan penurunan titik beku. Natrium klorida, etanol, etilena glikol, dan propilen glikol adalah penekan titik beku yang biasa digunakan dalam industri. Bubur es memiliki kepadatan penyimpanan energi yang tinggi karena panas laten dari kristal es yang dihasilkan oleh bubur es. Bubur Es juga memiliki tingkat pendinginan yang tinggi karena luas permukaan perpindahan panas yang besar yang diciptakan oleh partikel. Bubur es mempertahankan suhu rendah yang konstan selama proses pendinginan dan menghasilkan koefisien perpindahan panas yang lebih tinggi daripada air atau cairan fase tunggal lainnya [7]. Generator *ice slurry* adalah generator penghasil *ice slurry* sebagai akibat dari efek refrigerasi dan yang mampu memproduksi kristal es dengan ukuran yang sesuai dan diinginkan dengan rata-rata perpindahan kalor yang tinggi, tanpa ada penggumpalan pada dindingnya tersebut [8]. Pada generator *ice slurry* tipe ini, refrigeran melakukan evaporasi pada sebuah tabung yang memiliki tabung ganda, sisi dalam, yang dibatasi dengan silinder bagian dalam, merupakan tempat air atau bahan baku *ice slurry* mengalir. Dibagian ini kristal es terbentuk pada bagian dinding dalam dan dilepaskan oleh scraper-scrapers yang berputar. Kristal es ini kemudian terjatuh ke dalam suspensi larutan dan menyatu sehingga fraksi es meningkat[9].

Pembentukan kristal es pada *ice slush* pada generator *ice slush* selalu melewati tiga fase dasar, yaitu kejenuhan larutan, nukleasi dan pertumbuhan kristal es.

#### 1. Kejenuhan (*Supersaturation*)

Proses kristalisasi hanya dapat terjadi jika ada kekuatan pendorong yang cukup, sehingga diperlukan kejenuhan lendir es yang disebabkan oleh larutan. Pada keadaan tersebut, larutan berada dalam keadaan tidak setimbang dan terdapat perbedaan potensial kimia ( $\mu$ ) antara fasa larutan dan fasa padat kristal.

$$\Delta\mu = \mu_l(T) - \mu_s(T) \quad (1)$$

Perbedaan potensial kimia terbentuk karena adanya kekuatan pendorong suhu atau tekanan. Supersaturasi dapat dibentuk dengan mendinginkan larutan ke suhu kesetimbangan atau

dengan mengubah kesetimbangan suhu dengan mengubah tekanan [10].

## 2. Nukleasi (*Nucleation*)

Keadaan ini dapat terjadi baik secara homogen maupun pada suhu. Pada suhu nuklir, fase baru mulai terbentuk dari cairan karena fluktuasi statistik pada unit molekuler. Di dalam air, kondisi ini hanya terlihat pada suhu yang sangat rendah (biasanya di bawah  $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$ ).

## 3. Pertumbuhan (*Growth*)

Proses ini umumnya terdiri dari tiga langkah, yaitu perpindahan massa melalui difusi molekuler dari bagian dalam larutan melalui lapisan batas di sekitar inti, akumulasi molekul di sekitar permukaan, dan perpindahan panas secara simultan dari kristal ke bagian dalam larutan.

## METODE PENELITIAN

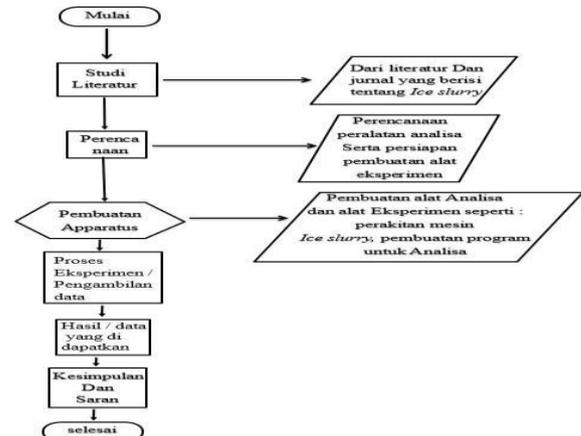
### A. Metode Pendinginan

Metode pendinginan ikan sangat penting dalam pengolahan hasil perikanan, tujuannya agar ikan tetap segar agar dapat diterima oleh konsumen. Indonesia memiliki sumber daya ikan yang sangat tinggi dan ikan segar merupakan ujung tombak produk yang dominan dengan 60% produk ikan segar Indonesia diekspor ke negara lain seperti Jepang, Amerika dan negara-negara Uni Eropa. Pengolahan ikan sangat perlu dikembangkan dengan produk ikan segar produk utamanya dengan nilai ekonomi yang lebih baik, sistem pendinginan ikan di Indonesia masih banyak menggunakan es batu untuk ikan segar dan sangat sedikit yang menggunakan teknik refrigerasi yang lebih modern seperti refrigerasi RSW atau *ice slurry*. Menggunakan balok es menciptakan produk yang buruk. Saat ini pendinginan ikan dengan bubur es dapat mempertahankan suhu ikan segar selama 12 hari. Ikan dengan kualitas yang baik, berdasarkan analisis mikrobiologi, telah dilakukan uji pendinginan selama 13 hari pada ikan, penggunaan *ice crystallized seawater slime* dapat menjaga kesegaran ikan, penggunaan *ice slurry* pada kapal dapat mengawetkan dan memperpanjang umur simpan ikan. Alasan di balik perancangan sistem pendingin mesin *ice slurry* ini dalam beberapa tahun terakhir telah dikembangkan, metode pendinginan dan pembekuan untuk memperpanjang umur simpan ikan dengan menggunakan *ice slurry* untuk mencapai suhu penyimpanan ikan segar. Metode yang digunakan pada penelitian kali ini adalah Metode Kuantitatif. Dalam hal ini data dan teori merupakan hal utama yang akan dicari peneliti untuk melengkapi penelitian yang di buat. Untuk pencarian teori dan pengambilan data, diambil dari

analisa studi literatur, jurnal ilmiah serta hasil proses dari alat eksperimen yang dibuat [11].

### B. Diagram Alir (*Flow Chart*)

Diagram alir penelitian ini merupakan bagian penting dari penelitian karena menunjukkan proses kerja untuk memenuhi kebutuhan penulis dan mendapatkan hasil yang maksimal dari awal sampai akhir. Flow chart nya dapat dilihat sebagai berikut:



Gambar 2 Diagram Alir

### C. Tahapan Pengambilan Data

Setelah dilakukan tahapan – tahapan pengecekan maka bisa langsung dilakukan pengambilan data dengan beberapa tahapan yang harus dilakukan guna untuk memberikan proses yang maksimal pada saat pengambilan data berlangsung dan tahapannya adalah:

1. Menyiapkan alat pencatat disini menggunakan laptop yang sudah disiapkan tabel pencatatan datanya.
2. Meyiapkan alat – alat terkait untuk proses pengambilan data ini seperti alat pengukuran berupa *tachometer*, *Thermometer Gun*, dan alat timbang digital.
3. Menyiapkan bahan baku air laut di tangki recevoir dengan takaran yang sudah ditentukan.
4. Melakukan pengisian air laut dari tangki menuju tabung generator *ice slurry* sebanyak jumlah variasi yang ditentukan dengan cara membuka ball valve yang menghubungkan keduanya.
5. Menyalakan MCB utama pada panel listrik.
6. Menyalakan lampu penerangan untuk mendukung pengambilan data.
7. Menyalakan fan pendingin Inverter.
8. Menyalakan *condensing units*.
9. Menyalakan motor listrik.

10. Mengatur nilai putaran pada Inverter berdasarkan variasi pengambilan data terkait.
11. Proses produksi dimulai serta bersamaan dengan proses pengambilan data berdasarkan interval waktu yang ditentukan pada kali ini proses pengambilan data dilakukan setiap 10 menit dimana prosesnya adalah pengecekan, pengukuran dan pencatatan data.
12. Setelah waktu yang ditentukan yaitu 90 menit selesai.
13. Lalu buka ball valve dan hasil ice slurry ditampung ke dalam wadah.
14. Melakukan pemisahan antar ice slurry yang sudah jadi dengan air laut yang tidak menjadi bubur.
15. Lalu menghitung massa jenis ice slurry menggunakan timbangan digital.
16. Matikan semua sistem dan simpan data yang sudah diambil.
17. Lalu lakukan poin – poin diatas untuk melakukan variasi pengambilan data lainnya sebagai bahan perbandingan.

#### D.Perhitungan COP Sistem Refrigerasi

Untuk menentukan nilai COP pada sistem refrigerasi dimana parameter – parameter yang dipakai adalah suhu masuk kompresor, suhu keluar kompresor, suhu keluar kondensor / masuk katup ekspansi, suhu keluar ekspansi / temperatur evaporator pada setiap variasi serta *software* yang digunakan yaitu *Coolpack* [9]. Dimana *software* ini sudah lumrah digunakan oleh para pelaku pendingin seperti akademisi, engineer dan para peneliti. dan untuk nilai – nilai yang dipakai adalah nilai terbaik dari setiap pengambilan data yang dilakukang setiap 10 menit berjalan dalam batas waktu 90 menit. Besarnya nilai COP dapat dirumuskan dalam persamaan berikut :

$$\text{COP} = \frac{\text{Efek Pendinginan yang di Peroleh}}{\text{Energi Input dari Luar}} \quad (2)$$

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan prosedur yang telah ditetapkan, data diambil pada saat proses produksi berlangsung dan dalam kondisi normal. Pengambilan data dilakukan secara kontinyu pada saat awal proses hingga akhir proses dimana aturannya pengambilan data dilakukan setiap 10 menit waktu berjalan dimana batas waktunya mencapai 90 menit jadi ada 9 kali pengambilan data pada setiap variasi yang ditentukan dan data – data yang

diambil yaitu suhu masuk kompresor, suhu keluar kompresor, suhu keluar kondensor / masuk katup ekspansi, suhu keluar ekspansi / temperatur evaporator, tekanan masuk kompresor, tekanan keluar kompresor, suhu ruang generator, kecepatan motor listrik, dan kecepatan gearbox dan dengan volume air laut yang diproduksi berisi 20 liter pada setiap variasinya sehingga volume yang diisi bersifat tetap [12]. Titik beku digunakan sebagai parameter lama waktu produksi bubur es, titik beku air laut tergantung pada salinitas dan tekanan air laut. Dan salinitas Laut Indonesia khususnya Laut Jawa bervariasi antara 31 sampai 34 PPT. dan beberapa percobaan yang dilakukan menunjukkan bahwa transformasi air laut menjadi bubur es terjadi pada suhu sekitar  $-2\text{ }^{\circ}\text{C}$  hingga  $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ [13].

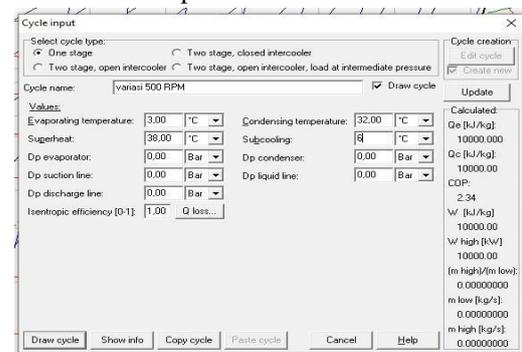
#### 1.Perhitungan COP sistem refrigerasi.

Untuk menentukan nilai COP pada sistem refrigerasi dimana parameter – parameter yang dipakai adalah suhu masuk kompresor, suhu keluar kompresor, suhu keluar kondensor / masuk katup ekspansi, suhu keluar ekspansi / temperatur evaporator pada setiap variasi serta *software* yang digunakan yaitu *Coolpack*. Dimana *software* ini sudah lumrah digunakan oleh para pelaku pendingin seperti akademisi, *engineer* dan para peneliti. dan untuk nilai – nilai yang dipakai adalah nilai terbaik dari setiap pengambilan data yang dilakukang setiap 10 menit berjalan dalam batas waktu 90 menit.

#### 2. Perhitungan COP untuk Variasi 500 RPM Motor Listrik.

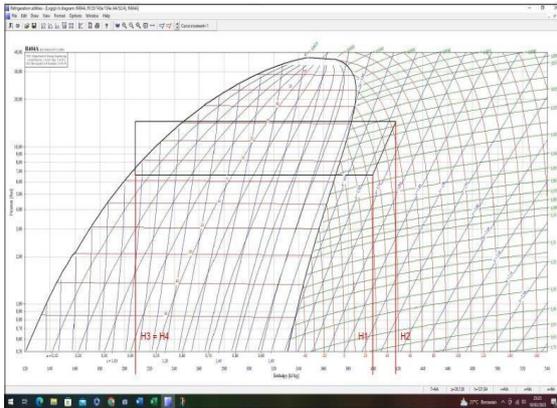
Pada variasi kali ini beberapa data di masukkan pada fitur di *software coolpack* dan untuk data – data yang diinput berdasarkan konsultasi dengan pembimbing terkait diputuskan untuk menginput data temperatur pada setiap data yang diperoleh yakni *evaporating temperature* (suhu keluar ekspansi), *superheat* (suhu keluar kompresor), *condensing temperature* (suhu keluar kondensor), *subcooling* (suhu masuk kompresor)[14].

##### a. Proses Input Data



Gambar 3 Input Data Coolpack 500 Rpm

- b. Kemudian klik draw cycle maka muncul pergerakan pada diagram P-h dimana didapatkan nilai – nilai dalam pembacaan diagram P-h nya yaitu:



Gambar 4 Data PH Diagram 500 RPM

- c. Data yang dihasilkan

Point	T [°C]	P [bar]	v [m <sup>3</sup> /kg]	h [kJ/kg]	s [kJ/(kg K)]
1	38,080	6,622	0,036065	402,271	1,7260
2	68,373	14,900	0,016138	421,777	1,7260
3	68,373	14,900	0,016138	421,777	1,7260
4	6,000	14,900	N/A	208,642	N/A
5	N/A	6,622	N/A	208,642	N/A
6	38,080	6,622	0,036065	402,271	1,7260
15	N/A	14,900	N/A	208,642	N/A

Gambar 5 Output Data

Untuk mencari nilai COP ada beberapa data yang dihasilkan yaitu :

$$h_1 = 402,271 \text{ kJ/kg}$$

$$h_2 = 421,777 \text{ kJ/kg}$$

$$h_3 = h_4 = 208,642 \text{ kJ/kg.}$$

$$\begin{aligned} Q_h &= Q_e = h_2 - h_3 \\ &= 421,777 - 208,642 \\ &= 213,135 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} W_c &= h_2 - h_1 \\ &= 421,777 - 402,271 \\ &= 19,506 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Q_c &= Q_e = h_1 - h_4 \\ &= 402,271 - 208,642 \\ &= 193,629 \end{aligned}$$

$$COP = \frac{Q_e}{W_c} = \frac{193,629}{19,506} = 9,93$$

Maka nilai COP yang dihasilkan ialah 9,93.

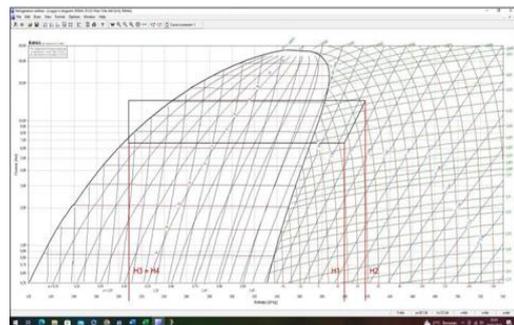
3. Perhitungan COP untuk variasi 1000 rpm motor listrik.

Untuk perhitungan COP variasi 1000 rpm dilakukan seperti Langkah diatas yaitu :

- a. Proses Input Data

Gambar 6 Input Data coolpack 1000 RPM

- b. Kemudian klik draw cycle maka muncul pergerakan pada diagram P-h dimana didapatkan nilai – nilai dalam pembacaan diagram P-h nya yaitu :



Gambar 7 Data PH Diagram 1000 RPM

- c. Data yang di Hasilkan

Point	T [°C]	P [bar]	v [m <sup>3</sup> /kg]	h [kJ/kg]	s [kJ/(kg K)]
1	35,080	6,622	0,035589	399,448	1,7168
2	64,411	14,527	0,016306	418,075	1,7168
3	64,411	14,527	0,016306	418,075	1,7168
4	6,000	14,527	N/A	208,642	N/A
5	N/A	6,622	N/A	208,642	N/A
6	35,080	6,622	0,035589	399,448	1,7168
15	N/A	14,527	N/A	208,642	N/A

Gambar 8 Output Data

Untuk mencari nilai COP ada beberapa data yang dihasilkan yaitu :

$$h1 = 399,448 \text{ kJ/kg}$$

$$h2 = 418,075 \text{ kJ/kg}$$

$$h3 = h4 = 208,642 \text{ kJ/kg.}$$

$$Qh = Qe = h2 - h3 \\ = 418,075 - 208,642 \\ = 209,433$$

$$Wc = h2 - h1 \\ = 418,075 - 399,448 \\ = 18,627$$

$$Qc = Qe \\ = h1 - h4 = 399,448 - 208,642 \\ = 190,806$$

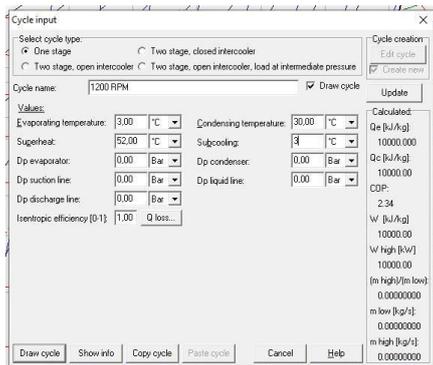
$$COP = \frac{Qe}{Wc} = \frac{190,806}{18,627} = 10,24$$

Maka nilai COP yang dihasilkan adalah 10,24

4. Perhitungan COP untuk variasi 1200 rpm motor listrik.

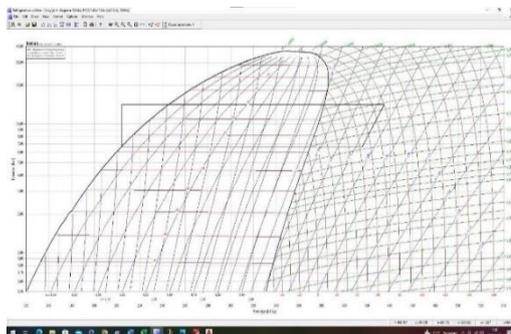
Untuk variasi yang terakhir ini dilakukan dengan langkah – langkah yang sama seperti diatas yaitu :

a. Proses Input Data



Gambar 9 Input data Coolpack 1200 RPM

b. Kemudian klik draw cycle maka muncul pergerakan pada diagram P-h dimana didapatkan nilai – nilai dalam pembacaan diagram P-h nya yaitu :



Gambar 10 Data PH Diagram 1000 RPM

c. Data yang Dihasilkan

Point	T [°C]	P [bar]	v [m <sup>3</sup> /kg]	h [kJ/kg]	s [kJ/(kg K)]
1	52,080	6,622	0,038251	415,607	1,7679
2	80,083	14,160	0,018179	435,064	1,7679
3	80,083	14,160	0,018179	435,064	1,7679
4	3,000	14,160	N/A	204,291	N/A
5	N/A	6,622	N/A	204,291	N/A
6	52,080	6,622	0,038251	415,607	1,7679
15	N/A	14,160	N/A	204,291	N/A

Gambar 11 Output Data 1200 RPM

Untuk mencari nilai COP ada beberapa data yang dihasilkan yaitu :

$$h1 = 415,607 \text{ kJ/kg}$$

$$h2 = 435,064 \text{ kJ/kg}$$

$$h3 = h4 = 204,291 \text{ kJ/kg.}$$

$$Qh = Qe = h2 - h3 \\ = 435,064 - 204,291 \\ = 230,773$$

$$Wc = h2 - h1 = 435,064 - 415,607 \\ = 19,457$$

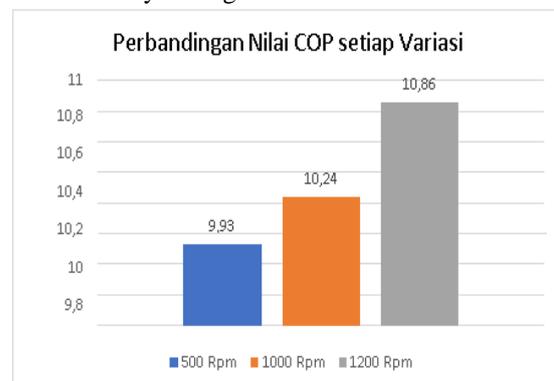
$$Qc = Qe = h1 - h4 \\ = 415,607 - 204,291 \\ = 211,316$$

$$COP = \frac{Qe}{Wc} = \frac{211,316}{19,457} \\ = 10,86$$

Maka nilai COP yang dihasilkan ialah 10,86

5. Analisis COP sistem

Kualitas sistem refrigerasi bisa dijadikan tolak ukur dalam baiknya suatu alat dan untuk sistem refrigerasi sendiri memiliki parameter pada nilai COP (Coefficient of Performance). Setelah dilakukan perhitungan dan pembacaan nilai pada digram P-h disetiap variasinya terdapat perbandingan, maka hasilnya sebagai berikut :



Gambar 12 Perbandingan Nilai COP

## KESIMPULAN

Setelah dilakukan pengolahan data serta analisis maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

- 1) Nilai COP ice slurry generator paling besar pada kondisi variasi 1200 rpm dan yang paling rendah pada kondisi variasi 500 rpm.
- 2) Pembentukan hasil ice slurry terbaik pada kondisi dengan variasi 1000 rpm yang berjumlah 33,45 % dari 20 liter pengisian air laut.
- 3) Waktu 90 menit proses produksi sangat tepat pada variasi putaran motor listrik 1000 rpm.
- 4) Temperature hasil ice slurry untuk waktu 90 menit dengan volume air laut 20 liter terbaik pada suhu -2 °C.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Erwin, E. (2021). Optimasi Perancangan Sistem Pendingin Rsw Pada Kapal Ikan Plat Datar Dengan Simulasi Cfd.
- [2] Yongga, F. (2012). Karakteristik Ice Slurry Generator Dengan Variasi Temperatur Ruang Pada Ice Slurry Generator Jenis Scraper Blade Evaporator Dan Orbital Rod Evaporator.
- [3] Yugiantoro, D. (1992). Studi Tentang Cairan Refrigerant Untuk Pemakaian Di Kapal.
- [4] Najid, A. (2012). Pola Musiman dan Antar Tahunan Salinitas Permukaan Laut di Perairan Jawa - Madura.
- [5] Pamitran, A.S. (2019). Karakteristik Pembuatan Bubur Es Air Laut dengan Variasi Salinitas.
- [6] Muslim, Muswar. (2020). Review Variasi Temperatur di Evaporator Untuk Penerapan Ice Slurry Pada Kapal Ikan 30 GT.
- [7] Nasirin. (2016). Unjuk Kerja Slurry Ice Refrigerator Berbahan Baku Air Laut di Perairan Tropis.
- [8] Pamitran, A.S. (2013). Pengaruh Pengaktifan Motor Listrik Pada Temperatur Tertentu dan Pengaruh Volume Air Laut Terhadap Waktu Pendinginan dan Pembentukan Fraksi Es untuk Bubur Es Berbahan Dasar Air Laut
- [9] Rayhan, F.A. (2017). Karakteristik Geometris Partikel Es Dengan Ice Slurry Generator Menggunakan Scrapper Simetris Berlapis Teflon.
- [10] Riady, M. (2013). Unjuk Kerja Ice Slurry Generator Dengan Scrapper Blades Evaporator.
- [11] Amirah, N. (2018). Uji Keefektifan Penggunaan Campuran Ice Slurry Sebagai Sistem Pendingin Kapal Ikan Ditinjau Dari Titik Leleh, Tingkat Keracunan Dan Faktor Ekonomi.
- [12] Anwar, K. (2010). Efek Beban Pendingin terhadap Performa Sistem Mesin Pendingin. Jurnal SMARTek, 8(3), 203–214. Arora, R. C. (2012). Refrigeration and Air Conditioning (Vol. 5).
- [13] Baheramsyah, A., Cahyono, B., & Suganda. (2017). Slurry Ice as a Cooling System on 30 GT Fishing Vessel. International Journal of Marine Engineering Innovation and Research, 1(3), 136–142.
- [14] Jumhan, A., & Cappenberg, A. D. (2017). Analisis Kinerja Sistem Pendingin Ruang Palkah Ikan Dengan Menggunakan Refrigeran R-22 dan Hidrokarbon (MC-22). Jurnal Kajian Teknik Mesin, 2(1), 14–25.