

BAB II

STUDI PUSTAKA

2.1 Kapal ikan dan Jenisnya

Kapal ikan atau kapal penangkap ikan adalah kapal khusus yang digunakan untuk menangkap ikan serta makhluk hidup yang berhabitat di laut, beberapa kapal ikan memiliki jenis yang berbeda beda diantaranya:

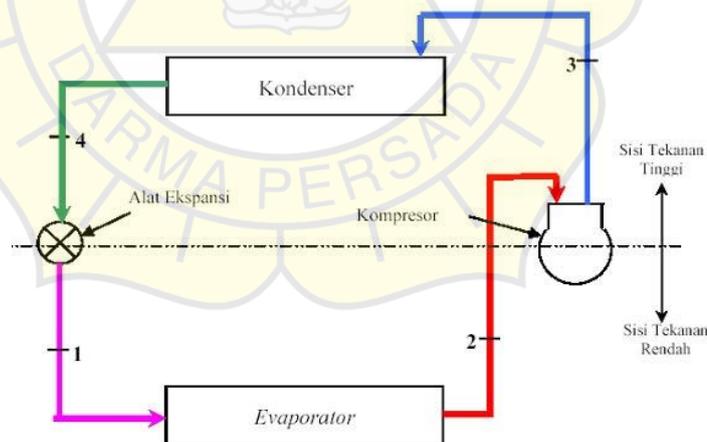
- Kapal Pukat Cincin (Purse Seine)
Kapal ini Adalah kapal yang sangat efektif untuk menangkap ikan yang berada didekat permukaan daratan.
- Kapal Pukat Hela (Trawler)
Kapal ini didesain untuk menarik pukat hela dibelakang kapal, umumnya kapal ini memiliki buritan yang dimodifikasi untuk mempermudah dalam pengoperasiannya.
- Kapal Jaring Angkat (Lift Netter) adalah kapal yang didesain dan dilengkapi peralatan yang digunakan untuk mengoperasikan lift net berukuran besar.
- Kapal Jaring Insang (Gill Netter) adalah kapal yang didesain sangat sederhana karena umumnya berukuran kecil dan memiliki geladak terbuka hingga yang berukuran besar yang beroperasi dilaut terbuka
- Kapal Pancing Joran (Pole and Line) adalah kapal yang memilki dua tipe yaitu tipe jepang dan amerika, dan umumnya kapal yang berada di Indonesia adalah tipe jepang karena pemancingan dilakukan dihaluan. Pada kapal ini kamar kemudi dan akomodasi ditempatkan di bagian buritan.
- Kapal Rawai (Longline) kapal yang dilengkapi dengan pancing dibedakan atas dua tipe yaitu eropa dan jepang, longline umumnya ditarik dari lambung kapal (bow side) dengan menggunakan line hauler sedangkan setting dan penataan komponen longline ditentukan oleh tipe longline yang digunakan.

- Kapal Tonda adalah kapal penangkap ikan dengan pancing yang ditarik sepanjang permukaan, ukuran kapal tonda sangat bervariasi dengan dari ukuran yang terkecil dibagian geladak terbuka hingga berukuran besar yang dilengkapi dengan sistem refrigerasi sepanjang 25-30 meter.[1]

2.2 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. Komponen utama dari sistem pendingin adalah:



Gambar 2. 1 Alur Proses

(<http://teknik-pendingin.blogspot.com/2008/09/sistim-refrigerasi-kompresi-uap.html>)

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.
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 atau motor listrik. Uap refrigeran yang terkompresi memanaskan sehingga dapat mengalir dari kompresor ke kondensor.
 3. Kondensor berfungsi sebagai penukar kalor dan evaporator, perbedaannya pada hasil evaporasi. Refrigeran hanya dapat melewati kondensor melepaskan energi pada suhu yang sangat tinggi. Realisasi energi panas ini diperoleh dari lingkungan. Setelah melewati kondensor, refrigeran menjadi dingin. Panas refrigeran menguap di kondensor 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.
 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.

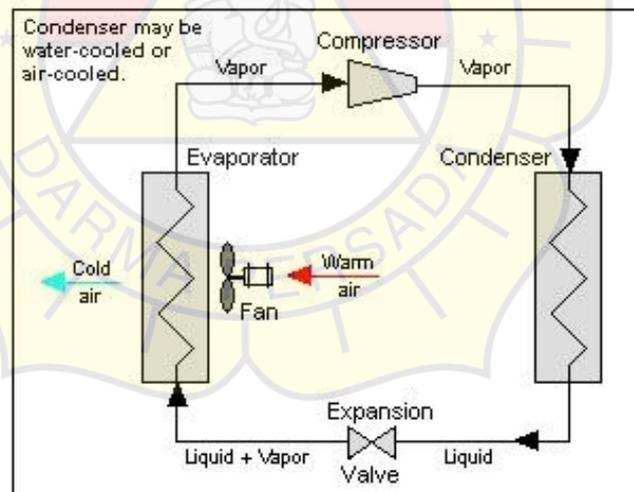
2.2.1 Beban Refrigerasi

Beban pendinginan dapat digambarkan sebagai tingkat di mana panas yang terkandung dalam ruang atau bahan didinginkan ke nilai tertentu untuk menghasilkan atau mengatur suhu di bawah kondisi yang diinginkan. Total beban pendinginan adalah jumlah kalor yang diserap dari berbagai sumber, yaitu:

1. Kalor diambil dari udara panas yang masuk ke ruangan melalui lubang terbuka dan tertutup.
2. Panas mengalir melalui dinding isolasi.
3. Panas diambil dari produk yang didinginkan untuk menurunkan suhunya ke suhu penyimpanan.
4. Panas yang dipancarkan oleh orang-orang di lokasi tertentu dan fasilitas produksi yang beroperasi di suatu ruangan.

2.2.2 Siklus Kompresi

Siklus sistem refrigerasi kompresi sederhana terdiri dari empat proses yaitu, kompresi, kondensasi, ekspansi dan evaporasi.



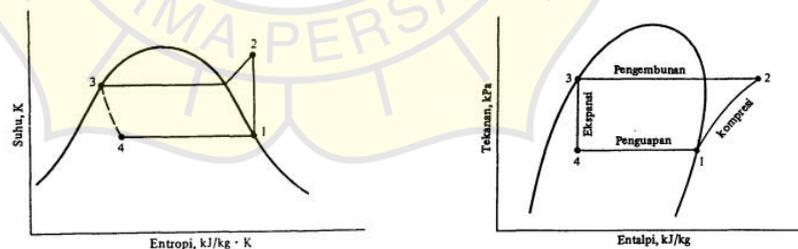
Gambar 2. 2 Sistem Refrigerasi

(<https://id.quora.com/Mengapa-gas-freon-sering-digunakan-sebagai-media-pendingin-untuk-AC-Kulkas>)

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 kondensor. 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 kondensor, sejumlah panas tertentu dibuang oleh kipas di kondensor dan dibuang ke udara yang relatif lebih dingin yang masuk ke kondensor. 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.



Gambar 2. 3 Diagram t-h & Diagram p-h
(Sumber : Ridwan, 2005. Teknik Pendingin)

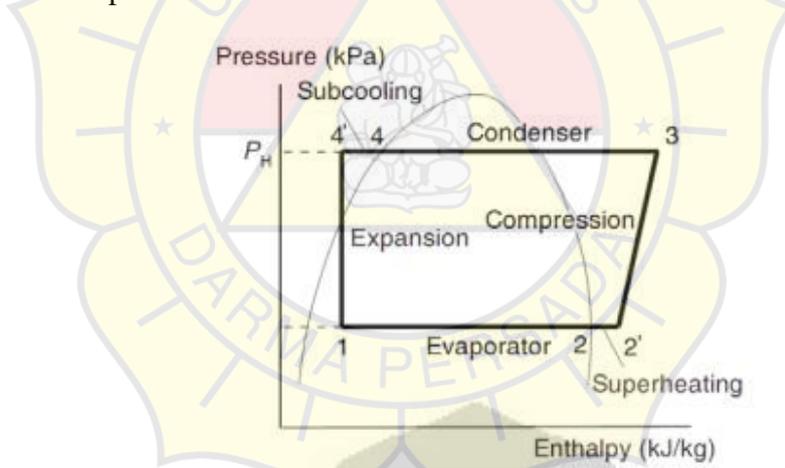
Diagram entalpi tekanan (pressure-enthalpy diagrams) atau diagram p-h dan diagram temperatur-entalpi (temperature-enthalpy diagrams) atau diagram t-h banyak digunakan untuk menghitung transfer energi dan menganalisis kinerja siklus refrigerasi, seperti ditunjukkan pada gambar 2.3 di atas . Dalam diagram

p-h, garis cair jenuh dan uap jenuh melingkupi wilayah dua fase di mana uap dan cairan bersamaan. Wilayah dua fase menciptakan wilayah cairan sangat dingin dan wilayah uap super panas. Setiap jenis refrigeran memiliki diagram p-h dan t-h yang berbeda tergantung pada sistem refrigeran dan jenis refrigeran .[2]

2.2.3 Superheating & Subcooling

Ada perbedaan yang memisahkan siklus refrigerasi kompresi uap sebenarnya dari yang ideal, yaitu penurunan tekanan, penurunan suhu, dan subcooling. Sistem refrigerasi kompresi uap aktual yang banyak digunakan secara komersial.

Superheat adalah proses penambahan panas sensibel ke uap refrigeran sebelum memasuki kompresor setelah terjadi perubahan fasa di evaporator. Ketika proses panas berlebih ini terjadi di evaporator, entalpi zat pendingin meningkat, yang menambah panas dan meningkatkan efek pendinginan pada evaporator. Derajat kepanasan evaporator dapat diketahui dari suhu refrigeran antara suhu didih dan suhu keluar evaporator.



Gambar 2. 4 Proses superheating & Subcooling

(sumber : Ibrahim Dincer et al, refrigeration systems and applications, 2010)

Subcooling adalah proses di mana suhu refrigeran diturunkan melalui garis saturasi pada tekanan tetap. Proses ini berlangsung di kondensor yang tujuannya untuk meningkatkan efek pendinginan. Subcooling terjadi karena pendinginan di kondensor, misalnya di air atau udara, dapat mempercepat penurunan suhu refrigeran di kondensor. Besarnya derajat ini tergantung dari suhu media pendingin,

seperti kondensor (udara/air) selama proses kondensasi, serta bentuk dan kapasitas kondensor.

2.2.4 Media Pendingin

Refrigeran adalah zat dalam bentuk cair atau gas yang menyerap panas atau melepaskan panas. Refrigeran memiliki sifat termodinamika seperti suhu penguapan, tekanan penguapan, suhu kondensasi dan tekanan kondensasi. Dan untuk jenis refrigeran tertentu, diperlukan refrigeran dengan sifat termodinamika yang tepat. Saat mendinginkan zat pendingin, misalnya AC, mengalir dalam pipa dan berputar antara kipas (evaporator) dan knalpot (kondensor) di luar rumah.

2.3 Karakteristik Air Laut

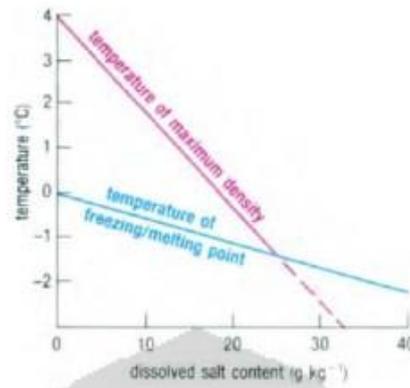
Air laut adalah air yang berasal dari laut atau samudera dengan kadar garam (salinitas) rata-rata 3,5%, artinya 1 liter air laut mengandung 35 gram garam. Air laut mengandung berbagai senyawa, termasuk garam, gas terlarut, bahan organik dan partikel terlarut. Dan salah satu sifat air laut yang sangat mempengaruhi sifatnya adalah salinitas (kadar garam).

2.3.1 Kadar Garam Air Laut

Rata-rata kandungan garam terlarut (salinitas) adalah 3,5% berat. Satuan salinitas adalah *part per thousand* (ppt) per mil (ppm), jadi rata-rata salinitas laut adalah 35 ppt. Salinitas menentukan jenis air di daerah tersebut, air dengan salinitas < 5 ppt diklasifikasikan sebagai air tawar, salinitas 5-30 ppt diklasifikasikan sebagai air payau, salinitas 30-35 ppt diklasifikasikan sebagai air asin. dan jika salinitas lebih dari 50 maka akan termasuk dalam golongan air asin.

Salinitas berbeda di setiap tempat di perairan dunia. Hal ini dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti matahari, curah hujan dan penguapan. Radiasi matahari adalah energi matahari berupa cahaya dan panas yang mempengaruhi suhu air laut. Presipitasi adalah kondensasi uap air di udara yang bercampur dengan air laut, sedangkan evaporasi adalah penguapan air laut yang naik ke udara. Kedalaman laut juga dapat mempengaruhi salinitas air laut.

Salinitas air laut mempengaruhi suhu titik beku air laut. Titik beku air laut penting karena parameter penelitian dapat diperkirakan dari sana.



Gambar 2. 5 suhu titik beku air terhadap salinitas air laut
(sumber : evelyn brown et al, seawater: its composition, properties and behaviour, 2004).

Nilai titik beku air laut (celcius) juga merupakan fungsi salinitas dan tekanan sehingga membentuk persamaan sebagai berikut :

$$T_f(S, P) = -0.0575 S + 1.710523 \times 10^{-3} S^{3/2} - 2.154996 \times 10^{-4} S^2 - 7.53 \times 10^{-3} P$$

2.4 Sistem Pendinginan Ikan

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.[3]

Peralatan mesin pendingin pada kapal penangkap ikan sangat diperlukan keberadaannya. Hal ini berguna un 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* . dimana penggunaan es balok sangat kurang cocok untuk hasil tangkapan ikan laut karena es balok bersifat keras yang dapat merusak mutu dari ikan sehingga harga jualnya menurun. salah satu solusi untuk meningkatkan kualitas ikan yaitu dengan menggunakan metode pendinginan mesin *ice slurry* karena bertekstur lembut dan pada air laut terdapat kandungan garam yang bersifat sebagai pengawet alami.

2.5 *Ice slurry*

Es sebagai alat yang memperpanjang daya tahan material telah dikenal selama ribuan tahun. Es yang digunakan dalam lemari es diperoleh atau diambil langsung dari alam, dengan teknologi pendinginan mekanis, es dapat diproduksi dalam berbagai bentuk, seperti es balok, es silinder atau es serut.

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.

Bubur Es dari air laut pada dasarnya adalah kombinasi dari es dan partikel cair pada suhu yang sama. Salinitas adalah konsentrasi garam terlarut dalam air, satuan salinitas adalah per mil, yang merupakan berat total padatan seperti NaCl dalam 1000 gram air laut.

Menurut P. Egolf dan M. Kauffeld, tidak mudah untuk mendefinisikan Bubur es secara tepat. Setidaknya ada dua definisi yang dianggap paling mendekati, yaitu

- *Ice Slurry* terdiri dari beberapa partikel es yang ada/tercampur dalam larutan air.
- *Ice Slurry* kristal halus adalah bubur es dengan partikel es dengan diameter partikel es rata-rata 1 mm atau kurang.

2.6 Komponen – Komponen *Ice slurry*

2.6.1 *Condensing Unit*

Condensing Unit adalah set unit dari *compressor* dan *condenser* yang memiliki fungsi sebagai penukar panas untuk mendinginkan dan kondensat uap refrigeran yang masuk ke dalam cairan dan kipas untuk meniup udara luar melalui bagian

penukar panas untuk mendinginkan refrigeran didalam, satu kesatuan yang terdiri dari : kompresor, kondensor, (udara atau air pendingin) yang dipasang pada plat dasar atau pada bingkai dan semua pipa yang terhubung, Bersama – sama dengan kabel dan kontrol yang diperlukan untuk membuat satu set fungsi.

2.6.2 Generator *ice slurry*

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. 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-scraper* yang berputar. Kristal es ini kemudian terjatuh ke dalam suspensi larutan dan menyatu sehingga fraksi es meningkat.

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 (μ) antara fasa larutan dan fasa padat kristal.

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

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.

2. Nukleasi (*Nucleation*)

Inti awal dapat membentuk molekul suhu dan membentuk unit yang stabil. 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*)

Nukleasi menjadi kristal terjadi ketika molekul terlarut telah ditambahkan dari larutan jenuh. Proses ini umumnya terdiri dari tiga langkah, yaitu perpindahan massa melalui difusi molekul 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.

2.6.3 Motor Listrik

Motor listrik termasuk kedalam kategori mesin listrik dinamis dan merupakan sebuah perangkat elektromagnetik yang mengubah energi listrik menjadi energi mekanik. Perubahan ini dilakukan dengan merubah tenaga listrik menjadi magnet yang disebut sebagai elektromagnet. Sebagaimana kita ketahui bahwa kutub – kutub dari magnet yang senamakan tolak – menolak dan kutub – kutub tidak senama akan Tarik – menarik. Jenis – jenis motor listrik secara umum terbagi menjadi dua yaitu motor listrik AC dan motor listrik DC.

1. Motor Listrik AC

Motor arus bolak – balik menggunakan arus listrik yang membalikkan arahnya secara teratur pada rentang waktu tertentu. Motor listrik memiliki dua buah bagian dasar listrik : “stator” dan “rotor” . Rotor merupakan komponen listrik berputar untuk memutar as motor.

2. Motor Listrik DC

Motor arus searah adalah suatu mesin yang berfungsi mengubah tenaga listrik arus searah menjadi tenaga gerak, tenaga gerak tersebut berupa putaran dari pada rotor.

2.6.4 Gear Box

Gear Box atau transmisi adalah salah satu komponen utama motor yang disebut sebagai sistem pemindah panas, transmisi berfungsi untuk memindahkan dan mengubah tenaga dari motor yang berputar, yang digunakan untuk memutar spindle mesin maupun melakukan gerakan feeding. Transmisi juga berfungsi untuk

mengatur kecepatan gerak dan torsi serta berbalik putaran, sehingga dapat bergerak maju dan mundur.

2.6.5 Pipa Kapiler

Pipa kapiler merupakan alat ekspansi yaitu pipa yang berdiameter kecil, karena ukuran diameternya yang lebih kecil dibandingkan pipa kondenser, hal ini akan menyebabkan penurunan tekanan akibat penyempitan aliran sehingga terjadi gesekan dan percepatan aliran refrigeran didalam pipa kapiler. Proses ideal ekspansi berlangsung secara isoentalpi.

2.6.6 beberapa komponen lainnya

komponen lain juga sangat penting untuk mendukung kinerja mesin *ice slurry* ini, beberapa komponennya yaitu :

- Alat akuisisi yang berbasis computer seperti Arduino dan autonic.
- Thermo Gun adalah alat untuk mengetahui suhu dengan cara ditembakkan ke objeknya dan akan keluar nilai di monitor nya.
- Tachometer adalah alat untuk mengukur sebuah putaran mesin yang menggunakan satuan rpm.
- *Container box* , *Gate valve* .
- Dll.