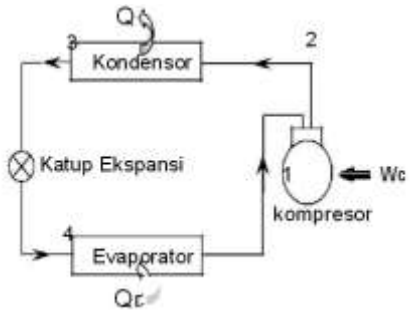
BAB II

DASAR TEORI

2.1 Sistem Kerja *Chiller*

Siklus refrigerasi kompresi uap merupakan jenis mesin pendingin yang paling sering digunakan saat ini. Mesin pendingin ini terdiri dari empat komponen utama yaitu **kompresor, kondensor, katup ekspansi dan *evaporator*.**

Dalam siklus ini uap refrigeran bertekanan rendah akan ditekan oleh kompresor sehingga menjadi uap refrigeran bertekanan tinggi, dan kemudian uap refrigeran bertekanan tinggi diembunkan menjadi cairan refrigeran bertekanan tinggi dalam kondensor. Kemudian cairan refrigeran tekanan tinggi tersebut tekanannya diturunkan oleh katup ekspansi agar cairan refrigeran tekanan rendah tersebut dapat menguap kembali dalam evaporator menjadi uap refrigeran tekanan rendah. Susunan keempat komponen tersebut secara skematik dapat ditunjukkan pada Gambar 2.1 [2].



Gambar 2.1 Skematik Sistem Pendingin Siklus Kompresi Uap Standar

Berikut adalah beberapa instrumentasi dan sensor penunjang untuk sistem pendingin *chiller*.

1. Pengertian Sensor Suhu *Thermistor*

Nama termistor berasal dari *Thermally Sensitive* Resistor. Termistor merupakan gabungan antara kata termo (suhu) dan resistor (alat pengukur tahanan). *Thermistor* dapat diklasifikasikan menjadi dua jenis, tergantung pada koefisien (tanda k). Jika k adalah positif, resistansi/tahanan meningkat dengan meningkatnya suhu dan *thermistor* jenis ini disebut koefisien suhu positif (PTC) *thermistor*, atau posisotor. Jika k negatif, resistansi menurun dengan meningkatnya suhu dan *thermistor* jenis ini disebut koefisien suhu negatif (NTC) *thermistor*.[3]

General technical data

Climatic category	(IEC 60068-1)		55/250/56	
Max. power	(at 25 °C)	P_{25}	18	mW
Resistance tolerance		$\Delta R_R/R_R$	±1, ±2, ±3	%
Rated temperature		T_R	25	°C
Dissipation factor	(in air)	δ_{th}	approx. 0.4	mW/K
Thermal cooling time constant	(in air)	τ_c	approx. 3	s
Heat capacity		C_{th}	approx. 1.3	mJ/K

Gambar 2.2 *Technical Data Sensor Suhu*

PTC adalah salah satu jenis resistor yang resistani/nilai hambatannya dipengaruhi oleh suhu. Cara kerja dari sensor ini yakni jika suhu disekitarnya tinggi maka akan semakin tinggi juga resistansinya, sensor ini digunakan sebagai pembaca suhu pada *chiller* biasanya sensor ini dipasang pada bagian *evaporator* untuk membaca

suhu air yang berada pada *evaporator*. Adapun jenis PTC yang digunakan tampak seperti pada gambar di bawah ini.



Gambar 2.3 Sensor Suhu PT100

PT100 adalah jenis sensor suhu yang paling umum digunakan di insdustri, rentang suhu dari sensor ini berapada pada -200 °C sampai 850 °C. perbandingan nilai resistansi terhadap suhu dari instrumen ini adalah 0 °C akan menghasilkan resistansi sebesar 119.4 ohm dan jika 100 °C nilai resistansi yang dihasilkan sebesar 138.5 ohm.[7]

2. HPS (*High Pressure Switch*)

HPS adalah salah satu instrumen yang terdapat pada *chiller* yang berfungsi sebagai pembaca tekangan *refrigerant* sekaligus pengaman jika terjadi penyumbatan pada sistem *refrigerant* dan tekanan tinggi yang diakibatkan oleh *FAN* atau kondensor yang tidak berfungsi. Biasanya instrument ini diatur secara manual untuk tekanan paling tinggi dengan *cut out* 300 psig, jika lebih dari 300 psig biasanya instrumen ini akan langsung mematikan semua sistem yang mempengaruhi sistem kerja *refrigerant*. instrumen ini biasanya terdapat

juga pengaturan untuk LPS (*Low Pressure Switch)* tampak seperti pada gambar di bawah ini.



Gambar 2.4 Instrumen HPS dan LPS

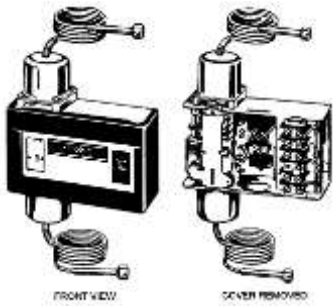
3. LPS (*Low Pressure Switch*)

Cara kerja LPS tidak jauh berbeda seperti HPS akan tetapi perbedaannya LPS hanya akan membaca tekanan terendah saja yakni pada kisaran 40 psig. Tekanan terendah tersebut dapat terjadi dikarenakan kebocoran pada sistem *refrigerant*, kekurangan *freon*, dan terjadinya pembekuan pada bagian *evaporator* yang diakibatkan tidak adanya laju air. Tekanan *refrigerant* akan sangat berpengaruh pada suhu yang dihasilkan karena pada dasarnya temperatur atau suhu tergantung dari tekanan pada *refrigerant* teraebut.

4. OPS (*Oil Pressure Switch*)

OPS berfungsi sebagai pendeteksi pelumasan oli pada kompresor yang biasanya dipasang pada pompa *oil compressor*, cara kerja instrument ini akan mematikan kompresor jika tekanan olinya tidak sesuai dengan tekanan *refrigerant* karena pada dasarnya tekan oli akan berbanding dengan tekanan refrigerant, misal jika tekanan *refrigerant* 60

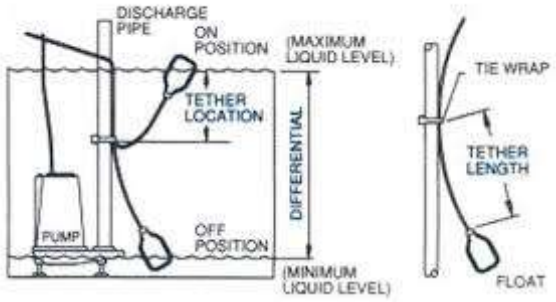
psig maka tekanan yang keluar dari pompa oli harus 95 psig atau lebih. Berikut adalah salah satu contoh gambar dari OPS.



Gambar 2.5 Instrumen OPS (*Oil Pressure Switch*)

5. LLS (*Low Level Switch*)

LLS berfungsi sebagai pembaca ketinggian air pada bak *evaporator* atau tangki. Cara kerja alat ini sama seperti saklar pelampung yang biasa terdapat pada penampung air lainya, cara kerja alat tersebut tampak seperti pada gambar dibawah ini.

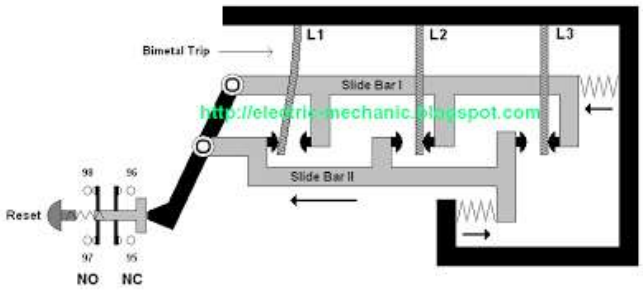


Gambar 2.6 Instrumen LLS(*Low Level Switch*)

6. OL (*OverLoad*)

OL berfungsi sebagai pengaman motor listrik dari beban lebih. *Overload* relay yang berdasarkan pemutus bimetal akan bekerja sesuai dengan arus yang mengalir jika semakin tinggi kenaikan temperature yang akan menyebabkan terjadinya pembengkokan pada bimetal tersebut maka akan terjadi pemutusan arus maka motor akan berhenti.

Terdapat 2 jenis TOR yakni satu phasa dan tiga phasa. Setiap phasa terdiri atas bimetal yang terpisah tetapi saling terhubung yang berguna untuk memutuskan semua phasa apabila terjadi beban lebih pada motor. Mekanisme kerja *Overload Relay* adalah apabila resistansi *wire* melewati arus lebih besar dari nominalnya maka bimetal akan *trip*, bagian bawah akan melengkung kekiri dan membawa slide ke kiri. Gesekan ini akan membawa lengan kontak pada bagian bawah terdorong ke kiri dan kontak NC akan lepas, dan membawa kontak NO akan terhubung.



Gambar 2.7 Skematik *Thermal Overload Relay* (TOR)

7. FUP (*Freeze Up Protection*)

FUP berfungsi sebagai pengaman jika terjadi pembekuan pada evaporator yang diakibatkan laju aliran air yang tidak ada atau kurang.

Pada isntrumen ini terdapat temperatur yang dapat diatur secara manual biasanya dibuat 5°C. Jika pembacaan temperature tercapai 5°C, maka kontak berubah menjadi NO *(Normally Open)* karena terdapat sensor bulbe di *freezup protection*.

8. PFR (*Phase Failure Relay*)

PFR berfungsi untuk memonitoring tegangan listrik jatuh. Urutan fasa dan asimetri dengan adanya tiga satuan gelombang. Relay ini akan beroperasi pada tegangan jatuh dan kebalikan gelombang yang sangat penting untuk proteksi kerja motor induksi. Cara kerja relay ini tidak jauh seperti alat proteksi motor lainnya, yaitu memutuskan rangkaian pengendali dari suatu sistem kerja motor listrik.[6]



Gambar 2.8 *Phase Failure Relay*

9. FWS (*Flow Water Switch*)

FWS berfungsi sebagai pengaman ketika pompa mati akan tetapi air di dalam tangki kosong maka akan mematikan sistem sampai air terisi kembali, instrument ini tidak jauh berbeda dengan LLS hanya perbedannya instrument ini akan menyalakan pompa hingga air terisi kembali sementara sistem kerja chiller diberhentikan.

2.2 Sistem Kendali Berbasis Mikrokontroller

Mikrokontroler adalah sebuah sistem computer fungsional dalam sebuah chip. Di dalamnya terkandung sebuah inti prosesor, memori (sejumlah kecil RAM, memori program, atau keduanya), dan perlengkapan input output. Dengan kata lain, mikrokontroler adalah suatu alat elektronika digital yang mempunyai masukan dan keluaran serta kendali dengan program yang bias ditulis dan dihapus dengan cara khusus, cara kerja mikro kontroler sebenarnya membaca dan menulis data. Mikrokontroler merupakan computer di dalam chip yang digunakan untuk mengontrol peralatan elektronik, yang menekankan efisiensi dan efektifitas biaya. Secara harfiahnya bias disebut “pengendali kecil” dimana sebuah system elektronik yang sebelumnya banyak memerlukan komponen-komponen pendukung seperti IC TTL dan CMOS dapat direduksi atau diperkecil dan akhirnya terpusat serta dikendalikan oleh mikrokontroler ini. Mikrokonktroler digunakan dalam produk dan alat yang dikendalikan secara otomatis, seperti system kontrol mesin, remote controls, mesin kantor, peralatan rumah tangga, alat berat, dan mainan. Dengan mengurangi ukuran, biaya, dan konsumsi tenaga dibandingkan dengan mendesain menggunakan

mikroprosesor memori, dan alat input output yang terpisah, kehadiran mikrokontroler membuat control elektrik untuk berbagai proses menjadi lebih ekonomis. Dengan penggunaan mikrokontroler ini maka :

1. Sistem elektronik akan menjadi lebih ringkas
2. Rancang bangun system elektronik akan lebih cepat karena sebagian besar dar isistem adalah perangka tlunak yang mudah dimodifikasi
3. Pencarian gangguan lebih mudah ditelusuri karena sistemnya yang kompak

Namun demikian tidak sepenuhnya mikrokontroler bias mereduksi komponen IC TTL dan CMOS yang seringkali masihdi perlukan untuk aplikasi kecepatan tinggi atau sekedar menambah jumlah saluran masukan dan keluaran (I/O). Dengan kata lain, mikrokontroler adalah versi mini atau mikro dari sebuah computer karena mikrokontroler sudah mengandung beberapa periferal yang langsung bias dimanfaatkan, misalnya port paralel, port serial, komparator, konversi digital ke analog (DAC), konversi analog ke digital dan sebagainya hanya menggunakan sistem minimum yang tidak rumit atau kompleks. Agar sebuah mikrokontroler dapat berfungsi, maka mikrokontroler tersebut memerlukan komponen eksternal yang kemudian disebut dengan sistem minimum. Untuk membuat sistem minimal paling tidak dibutuhkan sistem clock dan reset, walaupun pada beberapa mikrokontroler sudah menyediakan sistem clock internal, sehingga tanpa rangkaian eksternal pun mikrokontroler sudah beroperasi.

Untuk merancang sebuah system berbasis mikrokontroler, kita memerlukan perangkat keras dan perangkat lunak, yaitu:

1. sistem minimal mikrokontroler

2. software pemrograman dan kompiler, serta downloader

Yang dimaksud dengan sistem minimal adalah sebuah rangkaian mikrokontroler yang sudah dapat digunakan untuk menjalankan sebuah aplikasi. Sebuah IC mikrokontroler tidak akan berarti bilahanya berdiri sendiri. Pada dasarnya sebuah sistem minimal mikrokontroler AVR memiliki prinsip yang sama, yang terdiridari 4 bagian, yaitu :

1. Prosesor, yaitumi krokontroler itu sendiri.

2. Rangkaian reset agar mikrokontroler dapat menjalankan program mulai dari awal.

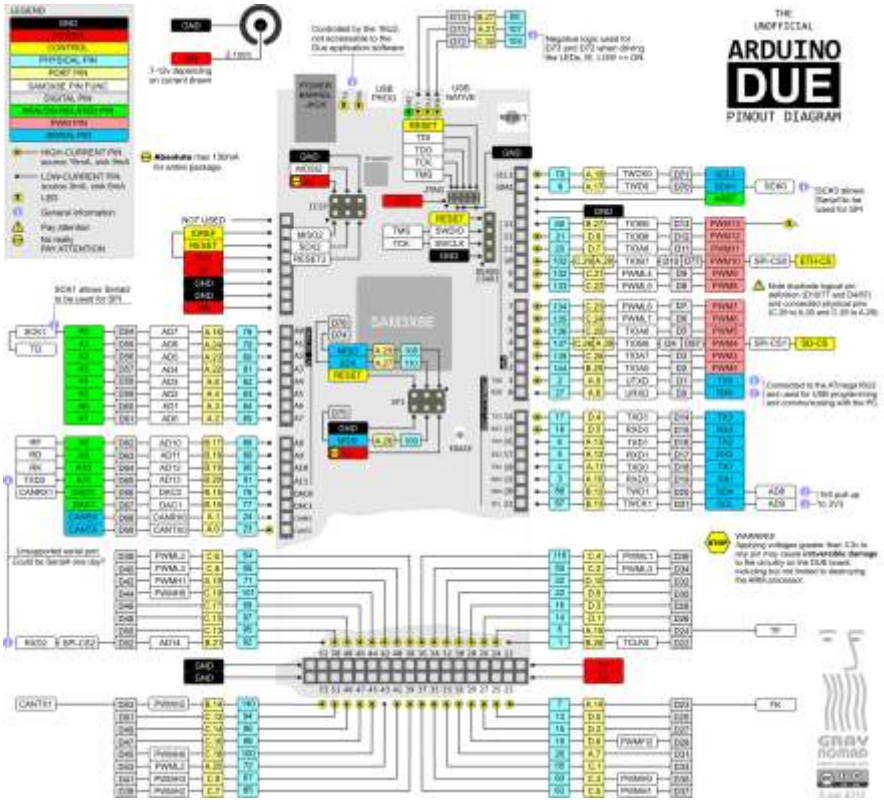
3. Rangkaian clock, yang digunakan untuk memberi detak pada CPU.

4. Rangkaian catu daya, yang digunakan untuk member sumber daya.

Pada mikrokontroler jenis-jenis tertentu (AVR misalnya), poin2 pada no 2, 3 sudah tersedia di dalam mikrokontroler tersebut dengan frekuensi yang sudah diseting dari vendornya (biasanya 1MHz, 2MHz, 4MHz, 8MHz), sehingga pengguna tidak memerlukan rangkaian tambahan, namun bila ingin merancang system dengans pesifikasi tertentu (missal komunikasi dengan PC atau *handphone*), maka pengguna harus

menggunakan rangkaian clock yang sesuai dengan karakteristik PC atau HP tersebut, biasanya menggunakan kristal 11,0592 MHz, untuk menghasilkan komunikasi yang sesuai dengan baud rate PC atau HP tersebut. Mikrokontroler pertama kali dikenalkan oleh Texas Instrument denganseri TMS 1000 padatahun 1974 yang merupakan mikrokontroler 4 bit pertama. Mikrokontroler ini mulai dibuat sejak 1971. Merupakan mikrokomputer dalam sebuah chip, lengkap dengan RAM dan ROM. Kemudian, pada tahun 1976 Intel mengeluarkan mikrokontroler yang populer dengan nama 8748 yang merupakan mikrokontroler 8 bit, yang merupakanmikrokontrole rdari keluarga MCS 48. Sekarang di pasaran banyak sekali ditemui mikrokontroler mulaidari 8 bit sampai dengan 64 bit, sehingga perbedaan antara mikrokontroler dan mikroprosesor sangat tipis. Masing2 vendor mengeluarkan mikrokontroler dengan dilengkapi fasilitas2 yang cenderung memudahkan pengguna untuk merancang sebuah system dengan komponen luar yang relative lebih sedikit. Saat ini mikrokontroler yang banyak beredar dipasaran adalah mikrokontroler 8 bit jenis MCS51(CISC) yang dikeluarkan oleh Atmel dengan seri AT89Sxx, dan mikrokontroler AVR yang merupakan mikrokontroler RISC dengan seri ATMEGA 8535 (walaupun jenis dari mikrokontroler AVR sangatlah banyak, dengan masing-masing memiliki fitur yang berbeda-beda). Dengan mikrokontroler tersebut pengguna sudah bias membuat sebuah system untuk keperluan sehari-hari, seperti pengendali peralatan rumah tangga jarak jauh yang menggunakan remot kontrol televisi, radio frekuensi, maupun menggunakan ponsel, membuat jam digital, termometer digital dan sebagainya.

AVR merupakan seri mikrokontroler CMOS 8-bit buatan Atmel,berbasis (*Reduced Instruction Set Computer*).Hampir semua instruksi dieksekusi dalam satu siklus *clock*. AVRmempunyai 32 *register general-purpose*, *timer/counter* fleksibel dengan modecompare, *interrupt* internal dan eksternal, serial UART, *programmable Watchdog Timer*, dan mode power *saving*, ADC dan PWM internal.AVR juga mempunyai *In-System Programmable Flash on-chip* yang mengijinkan memori program untuk diprogram ulang dalam sistem menggunakan hubungan serial SPI. ATMega16. ATMega16 mempunyai *throughput* mendekati 1 MIPS per MHz membuat disainer sistem untuk mengoptimasi konsumsi daya versus kecepatan proses.[4]



Gambar 2.9 Blok Sistem Ardino Mega

Arduino adalah pengendali mikro single-board yang bersifat *open-source*, diturunkan dari *Wiring platform*, dirancang untuk memudahkan penggunaan elektronik dalam berbagai bidang. *Hardware*-nya memiliki prosesor Atmel AVR dan *software*-nya memiliki bahasa pemrograman sendiri. Saat ini Arduino sangat populer di seluruh dunia. Bahasa yang dipakai dalam Arduino bukan *assembler* yang relatif sulit, tetapi bahasa C yang disederhanakan dengan bantuan pustaka-pustaka (*libraries*) Arduino [5].

2.2.1 Program *Initialisasi Mikrikontroller* Arduino

Program untuk pengaturan sensor suhu didapat dari pustaka-pustaka atau *libraries* dari arduino dapat dilihat dibawah ini.

```
#define pintherm A0
#define thermnominal 10000
#define tempnominal 25
#define numamostras 5
#define bcoefficient 3977
#define seriesresistor 10000

int amostra[numamostras];
int i;
```

Gambar 2.10 Program Inisialisasi

2.2.2 Program *Setup Mikrokontroller* Arduino

Inisialisasi pada gambar di atas menghubungkan sensor panas pada pin analog arduino yaitu A0 dengan pengaturan thermostat nominal pada 10000, temperatur nominal 25°C, *coefficient* 3977 dan tahanan 10000 ohm.

```
void setup() {
Serial.begin(9600);
analogReference(EXTERNAL);
}
```

Gambar 2.11 Program *Setup*

Void setup adalah program yang dijalankan pertamakali setiap board arduino dihidupkan.

2.2.3 Program *Void Loop Mikrokontroller* Arduino

Program pada *void loop* ini adalah program yang akan di ulang secara terus menerus selama *board* arduino hidup, program yang dibuat

disesuaikan dengan fungsi utama sistem dan berkesinambungan dengan program sebeleumnya atau pada program inisialisasi dan setup. Contoh program void looptampak seperti pada gambar

```
void loop() {
  float media;
  for (i=0; i<numamostras; i++){
    amostra[i] = analogRead(pintherm);
    delay(10);
  }
media = 0;
for (i=0; i<numamostras; i++){
  media += amostra[i];
}
media /= numamostras;
media = 1023/media-1;
media = seriesresistor/media;
float temperatur;
temperatur = media / thermnominal;
temperatur = log(temperatur);
temperatur /= bcoefficient;
temperatur += 1.0 /(thermnominal + 273.15);
temperatur = 1.0/temperatur;
temperatur -= 273.15;
 Serial.print("the sensor temperatur is: ");
 Serial.print(temperatur);
 Serial.println(" *C");
delay(1000);
}
```

Gambar 2.12 Program *Void Loop*

Program pada gambar 2.12 bertujuan untuk mengatur atau membuat hasil pembacaan dari sensor suhu sesuai dengan suhu sebenarnya dan menunjukan hasil pembacaan suhu disekitar secara *real time*.

2.3 Kontaktor Magnet

Kontraktor magnet adalah suatu alat penghubung arus listrik yang bekerja berdasarkan medan magnet yang dapat menghubungkan antara sumber arus dengan muatan. Bila inti koil pada kontaktor diberikan arus,

maka koil akan menjadi magnet dan menarik kontak sehingga kontaknya menjadi terhubung dan dapat mengalirkan arus listrik.



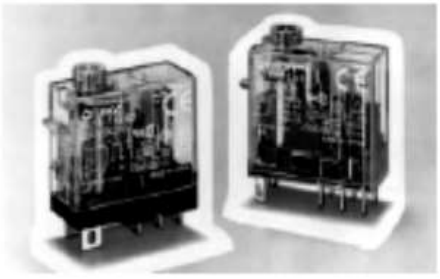
Gambar 2.13 Kontaktor Magnet

Kontaktor magnet terdiri dari kontak utama dan kontak bantu, kontak utama digunakan untuk sumber arus listrik sedangakan kontak bantu digunakan untuk rangkaian pegendali.

2.4 Relay

Dalam dunia elektronika, relay dikenal sebagai komponen yang dapat mengimplementasikan logika switching. Sebelum tahun 70an, relay merupakan “otak” dari rangkaian pengendali. Baru setelah itu muncul PLC yang mulai menggantikan posisi relay. Relay yang paling sederhana ialah relay elektromekanis yang memberikan pergerakan mekanis saat mendapatkan energi listrik. Secara sederhana relay elektromekanis ini didefinisikan sebagai berikut :

1. Alat yang menggunakan gaya elektromagnetik untuk menutup (atau membuka) kontak saklar.
2. Saklar yang digerakkan (secara mekanis) oleh daya/energi listrik. Di bawah ini contoh relayyang beredar di pasaran.



Gambar 2.14 Relay yang tersedia di pasaran

Sumber : Kilian, Christopher T, Modern Control Technology, (West Publishing Co : 1996)

Prinsip kerja relay yaitu ketika *coil* mendapat energy listrik, maka akan timbul gaya elektro magnet yang akan menarik *armature* yang berpegas, sehingga kontak akan menutup.

2.5 Prinsip Kerja Kompresor

Kompresor merupakan unit tenaga dalam sistem mesin pendingin. Kompresor berfungsi untuk merubah tekanan, sehingga terjadi perbedaan tekanan yang memungkinkan refrigerant berpindah dari tekanan rendah menjadi tekanan tinggi.



Gambar 2.15 Kompresor

Sumber : https://hamparanmandiri.wordpress.com/2013/09/08/macam-macam-jenis-kompresor-ac/

Pada saat kompresor bekerja, refrigeran yang dihisap dari evaporator dengan suhu bertekanan rendah akan dimanfaatkan sehingga suhu dan tekanannya akan berubah menjadi tinggi. Gas bertekanan tinggi iniakan ditekan keluar dari kompresor lalu dialirkan kekondensor. Ada beberapa jenis kompresor yang sering digunakan pada *chiller* yaitu,

1. Kompresor torak

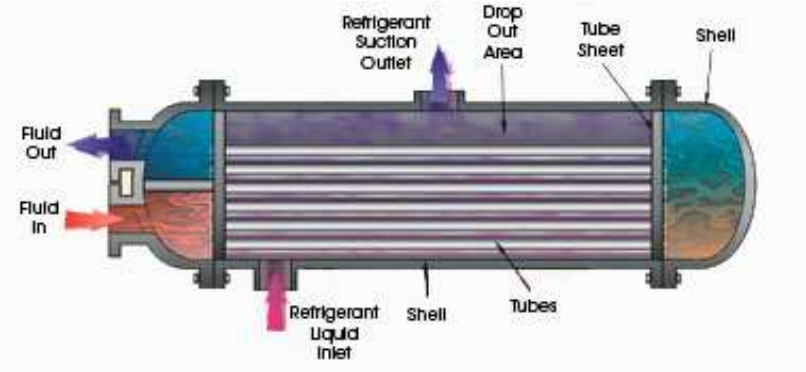
   Merupakan salah satu *positive displacement* kompresor dengan prinsip kerja memanfaatkan dan mengeluarkan gas secara berselang dari dalam silinder. Elemen mekanik yang digunakan untuk mengeluarkan gas tersebut dinamakan piston atau torak.

2. Kompresor putar

   Kompresor putar dapat menghasilkan tekanan yang sangat tinggi. Pada kompresor putar getaran yang dihasilkan relative kecil dibandingkan dengan kompresor torak. Hal ini disebabkan karena kompresor putar mempunyai masa yang jauh lebih kecil daripada kompresor torak.

2.6 Prinsip Kerja Kondensor

Kondensor berfungsi untuk memindahkan kalor dari refrigeran agar uap refrigeran yang bertekanan dan bersuhu tinggi mudah untuk dicairkan. Uap bertekanan tinggi yang dihasilkan oleh kompresor ini akan diambil panasnya oleh udara pendingin yang berada pada kondensor, sehigga uap refrigeran akan mengembun dan mencair. Uap refrigerant yang telah menjadi cair kemudian akan dialirkan ke evaporator melalui katup ekspansi.

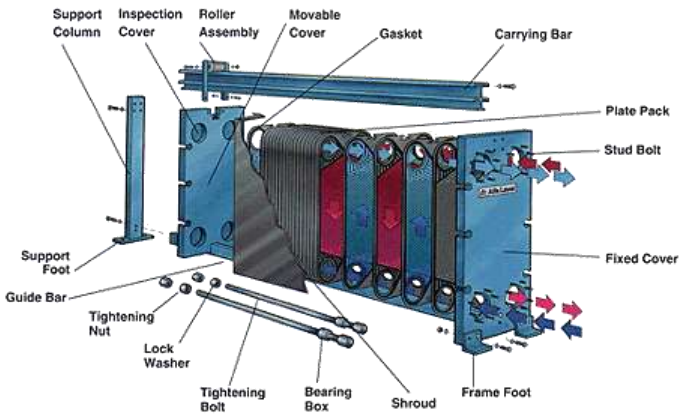


Gambar 2.16 Kondensor

Sumber : http://www.allseasonshire.eu/chiller-hire/how-chillers-work/

2.7 Prinsip Kerja Evaporator

Evaporator berfungsi menyerap panas dari lingkungan dan disalurkan ke refrigeran, sehingga refrigeran yang telah mencair akan menjadi uap bertekanan rendah dan dingin. Uap refrigerant yang bertekanan rendah akan dikumpulkan pada penampung uap yang kemudian akan dihisap oleh kompresor dan dihembuskan melalui kipas untuk diteruskan ke rungan-ruangan sehingga suhu di dalam ruangan tersebut akan menjadi dingin.



Gambar 2.17 Evaporator

Sumber : http://www.evaporator.com/mvc-features-benefits

2.8 Fungsi *Fan*

Fan atau kipas yang terdapat pada *chiller* berfungsi untuk meniupkan udara luar kepada evaporator dan kondensor yang bertujuan untuk membantru proses perubahan suhu yang terjadi pada evaporator dn kondensor, selain itu *fan* juga berfungsi untuk meniupkan udara dingin yang dihasilkan dari siklus kerja *chiller* ke ruangan-ruangan yang terhubung dengan instalasi pipa pendingin atau pipa kapiler sehingga membuat udara disekitar ruangan tersebut menjadi dingin.

2.9 Katup Ekspansi

Katup ekspansi berfungsi untuk menurunkan tekanan dan temperatur refrigerant cair sehingga menjadi rendah dan berubah menjadi uap yang bersuhu dingin, selain itu katup ekspansi juga berfungsi sebagai alat kontrol untuk mengatur jumlah refrigerant yang mengalir dari pipa kapiler menuju evaporator dan mempertahankan perbedaan tekanan antara kondensor dengan evaporator agar penguapan pada evaporator sesuai dengan tekanan kerjanya.

2.10 Modul RTC

RCT (*Real Time Clock*) adalah sebuah modul atau IC yang menyediakan informasi waktu secara presisi mulai dari detik, menit, jam, tanggal, hari, bulan dan tahun. Pada penelitian ini penulis menggunakan modul RTC dengan jenis DS1307 dengan alasan modul RTC jenis ini mudah dicari dan juga mudah untuk digunakan.



Gambar 2.18 Modul RTC

2.11 Modul SD *Card*

Modul SD *card* adalah sebuah modul yang berfungsi untuk membaca dan menulis data dari *memory card*. Modul ini memeliki *interfacing* menggunakan komunikasi SPI dngan tegangan mulai dari 3.3 v sampai dengan 5v.



Gambar 2.19 Modul SD *Card*