



## **ANALISA PENGARUH PANJANG PIPA DENGAN VARIASI TEMPERATUR AIR *SUBCOOLER*, TERHADAP UNJUK KERJA MESIN PENDINGIN, DENGAN PENAMBAHAN *SUBCOOLING***

**Wahyu Hidayat**

Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya  
Jalan Semolowaru No. 45 Surabaya 60118, Tel. 031-5931800, Indonesia  
email: wahyu6773@gmail.com

### **ABSTRAK**

*The cooling machine is a room air conditioning thus this research aims to apply by modifying the cooling machine with the addition of subcooling and Subcoling is further cooling in the form of refrigerant from vapor or gas form to refrigerant in liquid form. To get the working system cooling machine with optimal performance and Coefficien Of Performance (COP) is one of the refrigeration system that largely determines the work of the work sitsem. The work system we can see with the value of COP in the refrigeration system whether the system can work properly or not. Compressor work in refrigeration system is one of the main of the system then from this research aims to find the work system of COP as well as work the ideal compressor. The result of the research shows that the standard machine COP value is 7.05 with real compressor work  $W_{ref} = 0,1892$  kJ / s, compressor work is  $W = 22,39$  kJ / kg, evaporator work  $QE = 1,4645$  kJ / s and working effect refrigeration of  $Re = 157.81$  kJ / kg. From the results of analysis and performance on performance cooling machine with ideal performance obtained at 75 cm pipe display with water temperature  $21^{\circ} C$  obtained from data obtained and got value of work COP = 10,49, real compressor work value  $W_{ref} = 0,139$  kJ / s, compressor work  $W = 15,1$  kJ / kg, evaporator work  $QE = 1,4653$  kJ / kg and refrigeration effect  $Re = 158,5$  kJ / kg.*

**Keywords:** *Subcooling, Pipe length and water temperature subcooler, COP*

### **PENDAHULUAN**

Mesin pendingin Air Conditioning (AC) atau alat pengkondisi udara merupakan pengembangan dari teknologi. Alat ini dipakai bertujuan untuk mensirkulasi udara didalam ruangan yang untuk menurunkan temperatur panas menjadi sejuk didalam ruangan dan menyediakan udara sejuk yang dibutuhkan bagi tubuh khususnya masyarakat Indonesia yang beriklim tropis yang terdiri dari 2 cuaca yaitu musim hujan dan musim panas, pada saat musim panas suhu ruangan menjadi panas sehingga penghuni tidak merasa nyaman. AC

dimanfaatkan sebagai salah satu cara dalam upaya peningkatan kenyamanan dan produktivitas kerja bagi para pekerja. Udara yang nyaman manusia membutuhkan lingkungan udara yang sejuk untuk bersantai dan bekerja secara optimal.

Manusia selalu berusaha untuk lebih baik lagi dan lebih maju lagi seperti halnya mesin pendingin ruangan yang selalu dikembangkan untuk mendapatkan hasil yang lebih optimal Mesin pendingin jenis split bekerja berdasarkan siklus pendingin kompresi uap).Siklus pending terdapat 4 komponen yaitu perubah kompresor,

kondensor, katup ekspansi dan evaporator. Penurunan temperatur refrigeran dengan menggunakan katup ekspansi setelah keluar dari kondensor ke evaporator sebagai pengatur laju aliran refrigeran yang masuk ke evaporator.

Performa yang optimal dengan menggunakan mesin pendingin, *subcooling* sebagai alternatif menurunkan suhu yang keluar dari kondensor yang dimodifikasi untuk mendapatkan performa yang optimal. Salah satu cara untuk meningkatkan unjuk kerja mesin pendingin adalah melakukan dengan modifikasi siklus seperti *subcooling*, yaitu proses penurunan temperatur refrigeran setelah melalui titik *saturated liquid* dan wujud refrigeran disebut *subcooling liquid*, untuk menjaga perubahan dari cair ke fase gas dengan kondisi refrigeran cair lebih dingin dari suhu minimum.

### Pengertian Pendingin

Air Conditioning (AC) atau alat pengkondisi udara untuk mensirkulasi udara didalam ruangan yang untuk menurunkan temperatur panas menjadi sejuk yang artinya dapat menurunkan kalor yang berada dalam ruangan.

Beban pendinginan menentukan besar kecilnya kapasitas yang sesuai maka peralatan yang dipasang harus sesuai kapasitas agar dapat menghasilkan udara dengan kondisi yang diinginkan didalam ruangan. Beban pendinginan terbagi atas dua yaitu beban pendinginan sensibel dan beban pendinginan laten. Beban pendingin sensibel yaitu perbedaan suhu seperti beban panas suhu melewati konstruksi bangunan, seperti alat elektronik dll. Sedangkan beban pendinginan laten adalah beban dipengaruhi oleh adanya perbedaan kelembaban udara.

### Komponen Mesin Pendingin

Siklus pendingin kompresi uap yang terdapat 4 komponen yaitu kompresor, kondensor, katup ekspansi dan evaporator

## 1. Kompresor

Kompresor sebagai tenaga untuk mengalirkan refrigeran ke seluruh sistem pendingin sesuai dengan perubahan volume sistem pendingin dengan mengisap refrigerasi bertekanan rendah sehingga terjadi perbedaan tekanan yang memungkinkan refrigeran mengalir dari sisi bertekanan rendah ke sisi bertekanan tinggi.



Gambar 1. Pompa kompresor

## 2. Kondensor

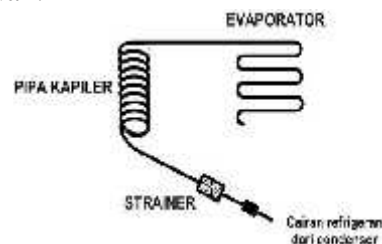
Kondensor fungsinya untuk menurunkan kalor yang dihisap dari evaporator dan panas yang didapatkan dari kompresor dan mengubah dari fase gas menjadi cair.



Gambar 2. Kondensor

## 3. Katup ekspansi

Katup ekspansi serta digunakan untuk menurunkan tekanan dan untuk mengekspansikan secara cairan yang bertemperatur dan bertekanan tinggi sampai mencapai temperatur dan tekanan rendah.



Gambar 3. Katup ekspansi

#### 4. Evaporator

Evaporator pada sistem pendingin yang berfungsi sebagai penyerap atau penukar kalor serta merubah zat pendingin cair dari kondensor menjadi cair.



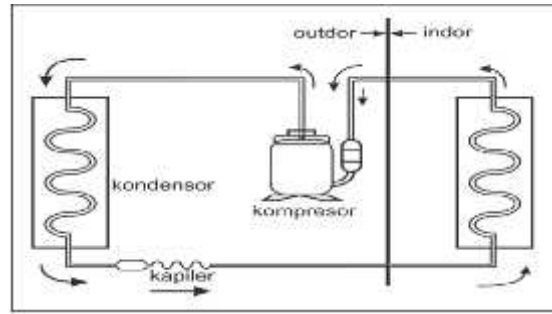
Gamabar 4. Evaprator

#### Refrigerasi

Refrigeran adalah media perpindahan panas yang menyerap kalor panas atau dengan penguapan (evaporator) pada suhu rendah dan memberikan kalor dengan pengembunan pada temperatur dan tekanan tinggi di kondensor dan bersirkulasi di mesin pendingin yang fasenya berubah dari uap ke cair ataupun sebaliknya. Sistem refrigerasi kompresi uap dan refrigeran menyerap kalor di dalam evaporator dalam kondidi temperatur dan tekanan rendah dan juga melepaskan panas pada kondensor dengan tekanan dan temperatur tinggi. Dalam menentukan sifat refrigeran yang akan dipergunakan dengan mengetahui sifat rifrigeran.

#### Prinsip Kerja Mesin Pendingin Ruangan

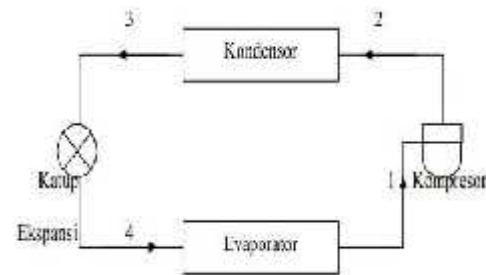
Prinsip kerja pendinginan air cindisioners yaitu udara didinginkan oleh refrigerant / (freon), kemudian freon ditekan oleh kompresor sampai tekanan tercapai dan suhunya naik, kemudian didinginkan oleh udara lingkungan sekitar sehingga mencair. Proses tersebut berjalan berulang-ulang sehingga berupa suatu siklus yang disebut siklus pendinginan pada udara yang berfungsi menyerap kalor dari udara dan membebaskan kalor ini ke luar ruangan. Prinsip kerja mesin pendingin ruangan ditunjukkan pada gambar dibawa ini.



Gambar 5. Kerja pendingin

### Termodinamika Sistem Refrigerasi

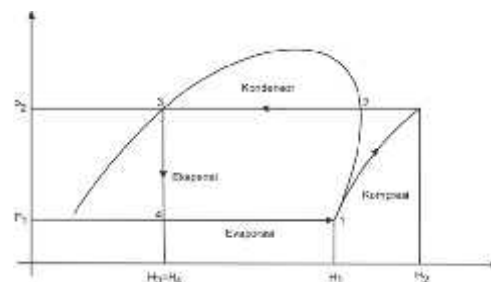
#### 1. Siklus Refrigerasi Kompresi Uap



Gambar 6. Kompresi uap standart

Prinsip kerja pendinginan air conditioner yaitu udara didinginkan oleh refrigerant / (freon), kemudian freon ditekan oleh kompresor sampai tekanan tercapai kemudian terjadi kenaikan suhunya, kemudian didinginkan oleh udara lingkungan sekitar sehingga mencair. Proses tersebut berjalan berulang-ulang sehingga berupa suatu siklus yang disebut siklus pendinginan pada udara yang berfungsi menyerap kalor dari udara dan membebaskan kalor ini ke luar ruangan.

Siklus kompresi uap pada diagram tekanan – entalpi (p-h diagram) mesin pendingin siklus kompresi uap ditunjukkan oleh Gambar ini .



Gambar 7. Diagram tekanan dan entalpi siklus kompresi uap standart

### 1. Proses 1 – 2 Proses Kompresi

Proses kompresi isentropik sehingga pada diagram tekanan dan entalpi berada pada satu garis dengan entropi konstan, titik 2 berada di kondisi superhead.

Persamaan keseimbangan energy ( balance energy )

$$W_c + h_1 - h_2 = 0$$

$$W_c = h_2 - h_1$$

Karena energy kinetic ( $E_k$ ) dan energy potensial (  $E_p$ ) maka kompresi isentropic ideal, tingkat keadaan yang kedua ditentukan oleh entrophy (sama dengan tingkat keadaan satu) dan tekanannya sehingga untuk kompresor adalah :

$$W_c = h_{2s} - h_1$$

Maka untuk kerja mesin ;

$$W_c = \frac{W}{c}$$

Keterangan :

$W_c$  = kerja kompresor (kJ/kg)

$h_1, h_2, h_{2s}$  = enthalphy (kJ/kg)

$c$  = efisiensi isentropic kompresor

### 2. Proses 2 – 3 Proses Kondensasi

Proses kondensasi uap panas dari kompresor didinginkan sampai pada temperatur kondensasi proses 2-3 terjadi pada tekanan konstan, dan jumlah panas yang dipindahkan selama proses ini beda entalpi antara titik 2 dan 3.

keseimbangan energy ( balance energy )

$$h_2 - Q_c - h_3 = 0$$

$$Q_c + h_3 = h_2$$

$$Q_c = h_2 - h_3$$

keterangan :

$Q_c$  = Laju perpindahan kalor ( kJ/kg)

### 3. Proses 3 – 4 Proses Ekspansi pada Katup Ekspansi

Proses ekspansi pada titik 3 ke titik 4. Pada proses ini terjadi proses penurunan tekanan refrigeran dari tekanan kondensasi titik 3 menjadi tekanan evaporasi titik 4. Penurunan refrigeran dan temperatur kondensor ke evaporator pada kondisi cair di ekspansi melalui pipa kapiler. Proses 3-4 yaitu proses ekspansi adiabatik dimana

entalpi fluida tidak ada perubahan sepanjang proses. kondisi campuran – uap refrigeran terjadi pada titik 4 sehingga nilai  $h_3 - h_4$  terjadi penurunan tekanan dengan enthalpy konstan.

### 4. Proses 4-1 : Proses Penyerapan Panas di Evaporator

Proses 4 – 1 proses penguapan yang terjadi pada evaporator dengan tekanan konstan. Pada titik 1 refrigeran berada pada kondisi uap jenuh proses 4-1 entalpi refrigeran mengalami kenaikan akibat penyerapan kalori dari refrigerasi. Kalor yang diserap adalah pada entalpi titik 1 dan titik 4 biasa disebut dengan efek pendinginan. Pengkondisikan udara ini yang dimanfaatkan sebagai berikut;

keseimbangan energy

$$Q_e + h_4 - h_1 = 0$$

$$Q_e = h_1 - h_4$$

keterangan :

$Q_e$  = laju perpindahan energy ( KJ/kg )

### Perhitungan Kerja Sistem Refrigerasi

#### a. Daya input kompresi

kerja yang dilakakukan untuk menaikkan tekanan dari tekanan rendah dari evaporator ke tekanan tinggi kondensor, kerja yang diberikan kompresor dalam daya listrik untuk menggerakkan kompresor dirumuskan:

$$W_{in} = V \cdot A \cdot \text{Cos} \quad (\text{watt})$$

Dimana :

$V$  = Tegangan saat alat bekerja (Volt)

$A$  = Arus saat alat semua bekerja (Ampere)

$\text{Cos}$  = factor koreksi listrik ( 0,7-0,9)

#### b. Daya Kerja Kompresor

Daya kompresor yang diterima refrigeran untuk menaikkan tekanan evaporator ke tekanan kondensor dengan perumusan;

$$W_{ref} = (h_2 - h_1)$$

Keterangan :

= laju aliran massa ( kJ/s )

$h_2$  = enthalphy refrigerant pada keluar kondensor ( kJ/kg )

$h_1$  = enthalphy refrigerant pada masuk kompresor ( kJ/kg )

Kerja kompresor didapatkan dari perbedaan enthalpy refrigerant yang keluar dan masuk kompresor. Dengan perumusan ;

$$W = h_2 - h_1 \text{ ( kJ/kg )}$$

Dimana :

$h_2$  = enthalpy refrigerant pada keluar kompresor ( kJ/kg )

$h_1$  = enthalpy refrigerant pada masuk kompresor ( kJ/kg )

### c. Kerja Evaporator

Panas yang diserap refrigerant saat melalui evaporator. Rumus yang digunakan adalah :

$$Q_E = (h_1 - h_4) \quad (\text{watt})$$

Keterangan :

= laju aliran massa ( kJ/s )

$h_1$  = enthalpy refrigerant pada masukan kompresor ( kJ/kg )

$h_4$  = enthalpy refrigerant pada keluaran evaporator ( kJ/kg )

### d. Efek Refrigerasi

Jumlah kalor yang dikeluarkan oleh refrigerant dalam evaporator pada laju aliran refrigerant. Rumus yang digunakan adalah :

$$R_e = h_1 - h_4 \text{ ( kJ/kg )}$$

Keterangan ;

$R_e$  = efek refrigerant

$h_1$  = enthalpy refrigerant pada masuk kompresor ( kJ/kg )

$h_4$  = enthalpy refrigerant pada keluar evaporator ( kJ/kg )

### e. Laju pelepasan kalor di kondensor

Laju pelepasan kalor di kondensor yaitu panas yang dilepaskan refrigerant saat melalui kondensor. Dengan rumus yang digunakan adalah :

$$Q_c = (h_2 - h_3) \text{ (watt)}$$

Dimana :

= laju aliran massa

$h_2$  = enthalpy refrigerant pada keluar kondensor ( kJ/kg )

$h_3$  = enthalpy refrigerant pada masukan kondensor ( kJ/kg )

### f. Panas yang dibuang Kondensor

Kalor yang dikeluarkan oleh refrigerant dalam kondensor pada laju aliran refrigerant. Rumus yang digunakan adalah :

$$Q_c = h_2 - h_3$$

Keterangan :

$Q_c$  = panas yang dibuang kondensor

$h_2$  = Enthalpy refrigerant pada keluaran kondensor ( kJ/kg )

$h_3$  = Enthalpy refrigerant pada masukan kondensor ( kJ/kg )

### g. Kapasitas Pendingin

Kapasitas pendingin kalor yang diserap oleh evaporator persatuan waktu

$$Q_e = (h_1 - h_4)$$

Keterangan :

$Q_e$  = Kapasitas pendingin

$h_1$  = Entalpi refrigerant masuk kompresor ( kJ/kg )

$h_4$  = Entalpi Refrigerasi masuk evaporator ( kJ/kg )

= Laju aliran massa ( kJ/s )

### h. Koefisien Prestasi Nyata (COP)

Perbandingan refrigerasi (refrigerasi yang bermanfaat) dengan kerja kompresi

$$COP = \frac{E}{R} = \frac{R}{K_1}$$

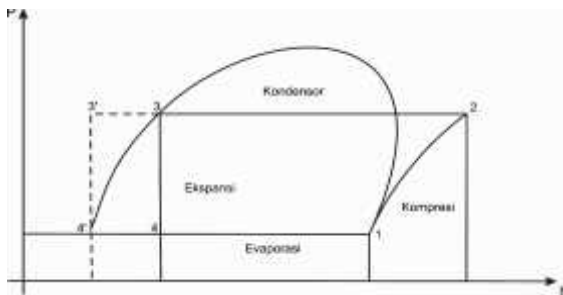
$$COP = \frac{r}{w} = \frac{h_1 - h}{h_2 - h}$$

### Subcooling

Subcooling merupakan pendinginan lanjut yang berupa refrigeran dari bentuk uap atau gas menjadi refrigeran dalam bentuk cair. Proses perubahan dari gas ke cair dilakukan dengan membuang kalor yang berada pada refrigeran ke lingkungan sekitar pada suhu dan tekanan konstan. Kalor yang dibuang dengan cara konverksi sehingga terjadi perpindahan kalor. Proses penurunan kalor pada kondensor dimana refrigeran yang berada pada kondensor tidak semuanya dalam bentuk cair.

Penurunan suhu refrigeran setelah melalui titik *saturated liquid*, ini disebut subcooling dalam wujud refrigeran dimana

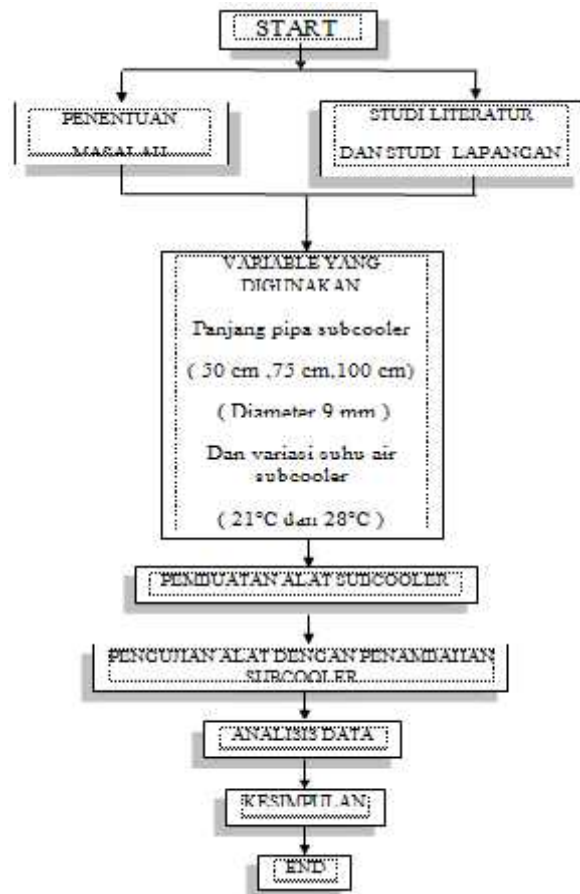
refrigeran cair lebih dingin dari suhu minimum. Daerah subcooling liquid, Besarnya pendingin lanjut yang terjadi di kondensor dengan temperatur di akhir kondensor *Subcooling* diperlukan untuk menjaga dari mendidihnya refrigeran oleh karena perubahan dari cair ke fase gas dan wujud refrigeran. Meningkatkan efisiensi sistem karena terjadi penurunan temperatur setelah keluar kondensor sehingga entalpi juga akan ikut turun bisa di lihat pada gambar berikut ;



Gambar 8 Siklus Mesin Pendingin Dengan Subcooling

Pada siklus p-h (tekanan-entalpi) diatas terlihat bahwa dengan proses *subcooling*, maka efek refrigerasi yang dihasilkan menjadi lebih besar. Siklus dengan proses *subcooling* menjadi (1 – 2 – 3 – 3' – 4),

## METODE Rencana Penelitian



Gambar 9. Diagram alur penelitian

### Penentuan Masalah

Menentukan permasalahan yang terjadi dari ide konsep pemikiran dengan konsep yang sudah ada di lapangan yang bertujuan untuk mendapatkan hasil yang diinginkan.

### Studi Literatur Dan Studi Lapangan

Studi literatur untuk mempelajari berbagai literatur yang berkaitan dengan permasalahan-permasalahan yang ada. Studi literature dilakukan untuk mendapatkan dasar teori yang mendukung.

### Variabel Yang Digunakan

Beberapa variasi-variabel yang digunakan untuk mendukung penelitian tugas akhir yaitu: Panjang Pipa Tembaga Subcooler, diameter 9 mm : 50 cm, 75 cm

dan 100 cm dengan temperatur air di bak penampung air 28 °C dan 21 °C

**Pembuatan Alat Subcooler**

Subcooling adalah sebuah siklus dimana pada siklus di diagram p-h (tekanan-entalpi) bisa terlihat bahwa dengan proses *subcooling*, maka efek refrigerasi di titik saturated liquid yang dihasilkan menjadi lebih besar. Siklus dengan proses *subcooling* menjadi (1-2-3-3'-4).

Penambahan subcooling tersebut dengan cara penambahan pipa tembaga didalam tabung yang tertutup dengan tambahan sirkulasi air ditempatkan dengan cara menyambungkan pipa tembaga setelah keluar kondensor dan sebelum masuk pipa kapiler (katub ekspansi)

) **AC Split**

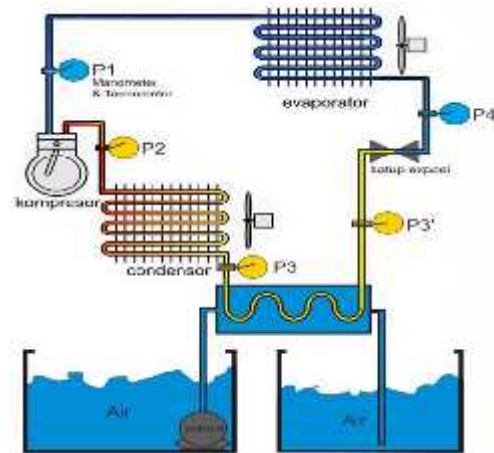
Mesin pendingin yang digunakan sebagai berikut;



Gambar 10. Tipe dan merek mesin AC

Keterangan :

- ) AC merk : LG
- ) Kapasitas : 5000 Btu/lbm
- ) Current : 2,0 A
- ) Input : 375 Watt
- ) Refrigerant : R-22 0,44 kg



Gambar 11. Instalasi Penelitian

Alat ukur yang digunakan :

- ) Anemometer

Digunakan untuk mengukur kecepatan angin yang dihembuskan oleh inodor.

- ) Tang amper

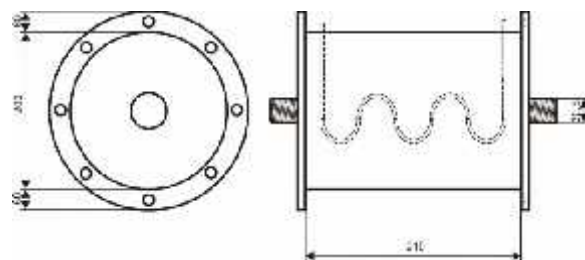
Digunakan dan berfungsi untuk mengukur alur listrik pada kabel AC tanpa memotong kabel tersebut.

- ) Termometer digital

Digunakan untuk mengukur temperatur air dan pipa tembaga.

- ) Pressure Gauge low dan high

Digunakan untuk mengukur tekanan fluida ( gas atau liquid ) dalam pipa.



Gambar 12. Sketsa tabung subcooling dan hasil jadi pembuatan subcooling

pipa tabung besi dengan diameter dalam 20, diameter luar 26 cm, dan dengan panjang 21 cm dengan ketebalan 3 mm, karet sebagai bahan pencegah kebocoran penutup tabung besi dan baut.

Pompa yang digunakan untuk mensirkulasi air



Gambar 13. Pompa air acuarium

spesifikasi :

- ) Merek = LUCKINESS
- ) A = 220 – 240 V / 50 Hz
- ) Power = 13 W
- ) Hmax = 1,5 meter
- ) Q max = 700 L/H

Bak penampung yang Digunakan



Gambar 14. Bak air buat sirkulasi

Es batu Kristal digunakan sebagai pengatur temperatur pada bak air yang disirkulasikan.



Gambar 15. Es batu kristal

## Pengujian Dengan Penambahan Subcooling

Pengujian alat dengan menggunakan instalasi AC dengan kapisatas 1/2 PK refrigeran R-22 dengan menungggunakan lebar ruangan 2 m dan panjang 3 m.

### Tahapan Pengambilan Data

Melakukan pengujian yang dilakukan dalam pengujian dengan memasang alat ukur untuk tekanan yaitu  $p_1, p_2, p_3, p_3', p_4$  dan untuh temptur  $T_1, T_2, T_3, T_3', T_4$ . Ukur temptur asir sesuai yang dianalisa kemudian nyalatkan mesin pendingin hingga mesin pendingin dalam kondisi stedi, nyalakan pompa air yang akan mensirkulasikan air dalam bak penampung air tunggu waktu 30 menit kemudian cata hasil data yang keluaran oleh alat ukur yang sudah terpasang dan pengambilan data dilakukan 5 kali pengambilan data setiap 10 menit dalam waktu 40 menit

## HASIL DAN PEMBAHASAN DARI ANALISA MESIN PENDINGIN

Hasil pengambilan data tiap hasil kerja pada variasi panjang pipa tembaga 50 cm, 75 cm dan 100 cm dengan variasi suhu air 28°C dan 21°C. Dengan penambahan subcooling

Tabel 1. Hasil Data Hasil Analisa.

No	Pengujian	Wref (kJ/s)	W (kJ/kg)	Re (kJ/kg)	Q5 (kJ/s)	COP
1	Ac Standart	0,1692	22,39	157,81	1,4645	7,05
2	50 cm - suhu 28°C	0,1164	12,07	151,93	1,4652	12,58
3	50 cm - suhu 21°C	0,1366	14,57	156,55	1,4651	10,7
4	75 cm - suhu 28°C	0,1550	16,6	158,9	1,4654	9,7
5	75 cm - suhu 21°C	0,139	15,1	158,5	1,4653	10,49
6	100 cm - suhu 28°C	0,1377	14,9	158,53	1,4653	10,64
7	100 cm - suhu 21°C	0,1010	10,84	157,53	1,4654	10,84

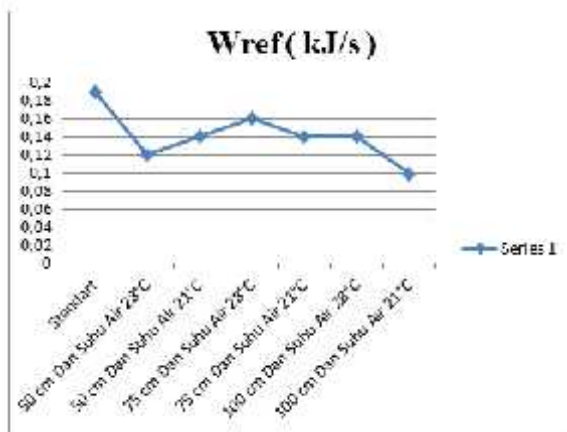
Tabel 1. Hasil Analisa Data Panjang Pipa 50 cm, 75 cm dan 100 cm Dengan Variasi Suhu Air 28°C Dan 21°C



## HASIL DARI ANALISA

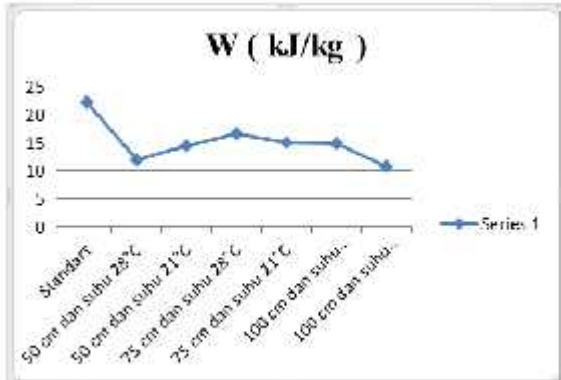
### Hasil Kerja Mesin Pendingin Standart Dengan Penambahan Subcooling.

) Perbandingan hasil kerja daya kompresor nyata mesin pendingin standart dan penambahan subcooling.



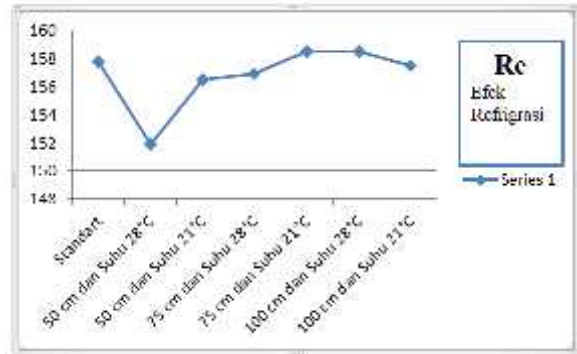
Grafik 1. Hasil kerja Nyata Kmpresor Wref ( kJ/s )

) Perbandingan hasil kerja kompresor mesin pendingin standart dan penambahan subcooling.



Grafik 2. Kerja kompresor W ( kJ/kg )

) Perbandingan hasil efek refrigrasi mesin pendingin standart dan penambahan subcooling.



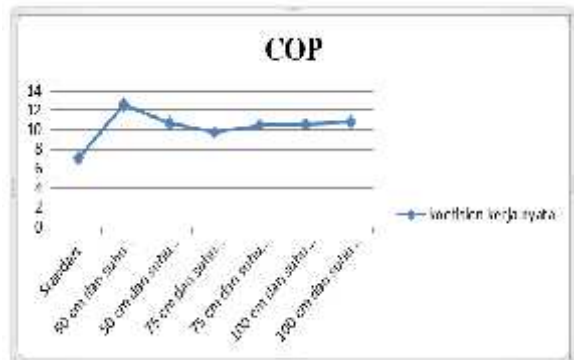
Grafik 3. Hasil Efeak refrigrasi dari hasil analisa Re ( kJ/kg )

) Perbandingan hasil kerja evaporator mesin pendingin standart dan penambahan subcooling



Grafik 4. Hasil Kerja Evaporator QE ( kJ/s )

) Perbandingan hasil kerja nilai Koefisien Prestasi Nyata ( COP ) mesin pendingin standart dan penambahan subcooling.



Grafik 5. Hasil analisa korfisien kerja nyata

Selesai pengambilan data dari analisa mesin pendingin dengan penambahan subcooling dari setiap variabel. Dapat diketahui bahwa ada perbedaan dari hasil mesin pendingin standart dengan melihat grafik di atas

## KESIMPULAN DAN SARAN

Dari hasil penelitian analisa data yang telah dilakukan dan disimpulkan bawah dengan penambahan subcooling dapat disimpulkan bahwa:

1. Pada setiap pengujian variasi panjang pipa tembaga dengan diameter 9 mm pada sistem kerja daya kompresor nyata di dapatkan nilai tanpa penambahan subcooling sebesar 0,1892 kJ/s dari hasil penelitian bisa dilihat atau diamati pada gambar grafik 1. Terjadi perubahan daya kompresor dengan penambahan subcooling yang diperoleh dari perkalian massa refrigerasi dengan kerja yang dilakukan pada kompresor / kerja kompresi pada panjang pipa 75 cm dengan suhu air 21°C diperoleh nilai daya kompresor sebesar 0,139 kJ/s diperoleh hasil terjadi penurunan daya kerja kompresor sebesar 0,00502 kJ/s. Hal ini bisa disimpulkan bawah pada unjuk kerja mesin pendingin yaang paling optimal menggunakan panjang pipa 75 cm dengan variasi suhu 21°C
2. Hasil pengujian dan perbandingan nilai COP, W, Re dan Qe ; COP refrigerasi jenis R-22 dengan dipengaruhi subcooling setelah keluar komdensor dan sebelum masuk katup ekspansi mengalami peningkatan dari sebelumnya yang tanpa menggunakan subcooling sebesar ( 7,05 ) dan dari hasil penilitian nilai COP yang paling tinggi didapatkan pada variasi panjang pipa 50 cm dengan suhu air 28°C sebesar ( 12,58 ) dengan nial kerja kompresor 12,07 kJ/kg dan untuk nilai COP yang paling Ideal pada panjang pipa 75 cm dengan suhu air 21°C sebesar 10.49 dengan nilai kerja kompresi 15,1 kJ/kg dan efeh refrigerasi dengan nilai 158,5 kJ/kg pada kerja evaporator 1,4653 kJ/s.

## SARAN

1. Sebelum melakukan pengujian hendaknya memeriksa apakah sistem mesin pendingin dalam keadaan masi normal dan masi bisa bekerja tidak ada yang rusak .

2. Melakukan pengecekan alat ukur yang digunakan dan memerikasa pada pipa-pipa tembaga tidak terjadi kebicoran atau penyumbatan akibat kotoran yang masuk dalam mesin pendingin
3. Sebelum pengambialan data dan mesin pendigin di nyalakan periksa tekana freon apakah mengalami perubahan tekana atau peribahan berat freon yang masuk dalam mesin pendingin

## REFERENSI

- [1] Moran, M.J dan Howard, N. Shapiro. 2004. *Termodinamika Teknik jilid 1*. Jakarta Erlangga
- [2] Khairil Anwar, Effendy Arif, Wahyu Piarah. 2010 *Efek Temperatur Pipa Kapiler terhadap Kinerja Mesin Pendingin*
- [3] Ahmad Sony. 2011. *Pengaruh Panjang Pipa Kapiler dan Kecepatan Udara Evaporator Terhadap Efektivitas Pembuangan Panas (energy kalor) kondensor pada Air Cooler 1 PK*
- [4] Sungadiyanto. 2006. *Studi Eksperimental Peforma Mesin Pendingin Udara Dengan Refrigerasi R-22*. Semarang. Tugas Akhir Universitas Negeri Semarang