

PERENCANAAN TABUNG WATER HEATER PADA APLIKASI AIR CONDITIONING (AC) DOUBLE SYSTEM 1 PK

Galuh Renggani Wilis¹, Ahmad Farid²
^{1,2} Dosen Prodi Teknik Mesin Fakultas Teknik
Universitas Pancasakti Tegal

Abstrak

Untuk memanfaatkan energi panas yang terbuang dari sistem *Air Conditioning* (AC) agar tidak terbuang percuma dan tidak mengakibatkan pemanasan global maka dilakukan perencanaan sebuah tabung *Water Heater* yang terpasang di system AC tersebut, yang berfungsi sebagai alat penukar kalor untuk menyerap panas dari pipa refrigerant keluar kompresor sehingga air menjadi panas dan disimpannya untuk dapat dimanfaatkan keperluan, diantaranya untuk mandi air hangat.

Metode yang digunakan adalah dengan studi referensi, observasi dan eksperimen yaitu dengan melakukan beberapa ujicoba pada alat hasil rancangan dengan variable penelitian yang ditentukan untuk pengambilan data dan beberapa analisis dari sumber studi referensi yang ada. Hasil analisa perhitungan perencanaan alat penukar kalor tipe helix (spring) pada tabung water heater dari panas buang pada kompresor diperoleh data : panjang pipa APK 1,13 meter dengan jumlah lilitan 3,6 dimasukkan dalam tabung dengan volume 3 liter berdimensi diameter 27 cm dan tinggi 52 meter.

Kata kunci : water heater, panas, spring

PENDAHULUAN

Latar Belakang

Pada masa sekarang ini perkembangan teknologi semakin maju dan digunakan dalam berbagai bidang kehidupan manusia. Salah satu teknologi tersebut adalah alat pengkodisian udara atau sering disebut dengan sistem refrigerasi. Sistem refrigerasi merupakan sebuah mekanisme berupa siklus yang menyerap energi kalor dari dalam ruangan dan memindahkan kalor tersebut ke luar ruangan (lingkungan) sehingga dalam ruangan tersebut didapatkan temperatur yang diinginkan. Zat yang ada didalam sistem refrigerasi untuk mendinginkan ruangan sekaligus untuk menyerap panas dalam ruangan adalah refrigeran (Freon).

Untuk memanfaatkan energi panas yang terbuang dari sistem AC Split 1 PK, agar energi panas tidak terbuang percuma dan tidak mengakibatkan pemanasan global maka untuk itu kami merencanakan sebuah *Water Heater* yang terpasang dengan AC Split, dimana fungsi *Water Heater* ini

nantinya berfungsi untuk memanaskan air dan sekaligus untuk mendinginkan refrigeran sebelum masuk ke kondensor untuk didinginkan lagi.

Air panas yang dihasilkan juga bisa digunakan untuk keperluan sehari-hari contohnya untuk keperluan mandi air hangat. Sedangkan manusia pada umumnya mandi dalam sehari dua kali yaitu pagi dan sore. Jika air dalam tabung water heater tidak digunakan untuk mandi atau tersimpan dalam tabung water heater selama berjam-jam disaat sistem AC dinyalakan untuk mendinginkan ruangan sedangkan air dalam tabung water heater suhunya semakin panas akibat AC menyerap udara panas dalam ruangan. Jadi selama air dalam tabung water heater disimpan dengan suhu semakin tinggi apakah akan berpengaruh pada kinerja AC pada saat AC dinyalakan untuk mendinginkan sebuah ruangan. Maka dari itu dilakukan penelitian dengan judul "Perencanaan dan Perancangan Tabung

Water Heater Pada Aplikasi AC Double System 1 Pk”.

Perumusan Masalah

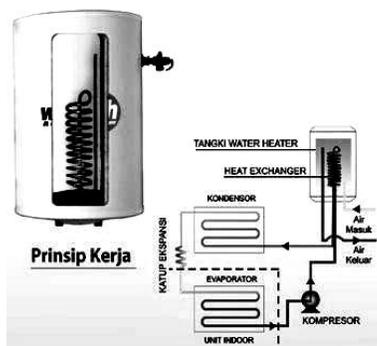
Berdasarkan latarbelakang diatas, maka pada penelitian ini dapat dirumuskan permasalahan yaitu :

- a. Berapakah dimensi tabung water heater yang sesuai agar performance mesin pendingin meningkat dan mampu untuk menghangatkan air?
- b. Bagaimana performance dari AC tersebut dari aplikasi water heater yang dipasang ?

DASAR TEORI

Prinsip Kerja Aircon Water Heater.

Aircon Water Heater adalah pemanas air yang memanfaatkan suhu freon yang sangat tinggi pada saat keluar dari kompresor. Pada AC biasa, suhu tersebut akan diturunkan lagi (dibuang) pada kondensor dengan cara ditiup dengan kipas. Sebelum masuk kondensor, aliran freon panas tersebut dibelokkan kedalam tangki yang berisi air dingin. Di dalam tangki ada pipa spiral yang disebut Heat Exchanger. Sehingga terjadi kontak antara freon panas dan air dingin pada heat exchanger. Air yang semula dingin perlahan akan memanaskan sesuai dengan suhu freon. Sebaliknya freon yang semula sangat panas akan sedikit menurun temperaturnya sebagai hasil kontak dengan air dingin tersebut.



Gambar1.Prinsip Kerja Aircon Water Heater
Sumber : Linggojati, Wika AC Water Heater, (2013)

Perhitungan Perfomansi Sistem Refrigerasi

Dasar – dasar perhitungan perfomansi siklus kompresi uap standar berlandaskan pada diagram hubungan temperatur (T) dengan entropi (s) dan tekanan (P) dengan entalphi (h) untuk siklus kompresi uap standar.

- a. Kerja kompresi (w_c)
Besarnya kerja kompresi (w_c) sama dengan selisih entalphi uap refrigeran yang keluar kompresor dengan entalphi uap refrigeran yang masuk ke kompresor (I Made Rasta,2009).

$$w_c = h_2 - h_1 \dots\dots\dots(1)$$

dimana :

- w_c = besarnya kerja kompresor (kJ/kg)
- h_1 = entalpi refrigeran saat masuk kompresor (kJ/kg)
- h_2 = entalpi refrigeran saat keluar kompresor (kJ/kg)

- b. Efek refrigerasi (q_r)
Efek refrigerasi merupakan jumlah kalor yang diserap oleh refrigeran di dalam evaporator untuk setiap satu satuan massa refrigerant (I Made Rasta,2009). Besarnya kalor yang diserap oleh evaporator adalah:

$$q_r = h_1 - h_4 \dots\dots\dots(2)$$

dimana :

- q_r = besarnya panas yang diserap di evaporator (kJ/kg)
- h_1 = entalpi refrigeran saat keluar evaporator (kJ/kg)
- h_4 = entalpi refrigeran saat masuk evaporator (kJ/kg)

- c. Koefisien prestasi (COP)
COP disebut dengan koefisien prestasi dipergunakan untuk menyatakan perfomansi dari siklus refrigeransi (I Made Rasta,2009).

$$COP = \frac{q_r}{w_c} = \frac{h_1 - h_4}{h_2 - h_1} \dots\dots\dots(3)$$

- d. Kalor yang dibutuhkan untuk memanaskan air
Kalor yang dibutuhkan untuk memanaskan air dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut, (Ichwan Nurhalim, 2011) :

$$Q_{\text{water}} = \frac{\rho \times V_{\text{air}}}{t} \times C_p \times T_{\text{akhir}} - T_{\text{awal}} \dots (4)$$

Dimana : Q_{water} = kalor yang dibutuhkan untuk memanaskan air (joule/s)

ρ = massa air (kg/m³)

V = volume air (m³)

t = waktu (s)

C_p = kalor spesifik air (4180 J/kg.K)

T_{awal} = temperatur air awal (30°C + 273 = 267 K)

T_{akhir} = temperatur air akhir (°C)

e. Daya aktual kompresor

Daya aktual dibutuhkan oleh kompresor untuk melakukan kerja kompresi (I Made Rasta,2009). Daya aktual kompresor dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut :

$$P_{\text{aktual}} = V \cdot I \cdot \cos \theta \dots (5)$$

Dimana :

P = daya aktual kompresor (watt)

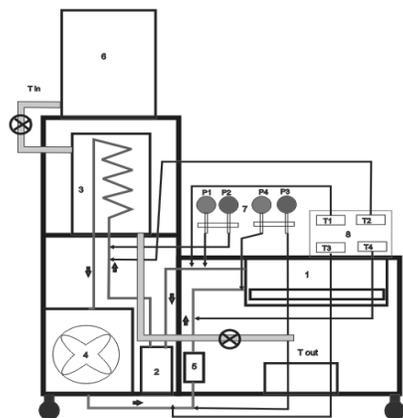
I = Arus Listrik (Ampere)

V = Tegangan listrik (Volt)

$\cos \theta$ = faktor daya

METODOLOGI PENELITIAN

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah studi referensi, observasi dan eksperimen yaitu dengan melakukan beberapa ujicoba pada alat hasil rancangan dengan variable penelitian yang ditentukan untuk pengambilan data dan beberapa analisis dari sumber studi referensi yang ada



Gambar 2 Skema Alat Uji Modifikasi AC Split Dengan Water Heater

HASIL DAN PEMBAHASAN

Data performance/ unjuk kerja dari AC yang akan dijadikan alat uji dengan melihat temperature keluar dan masuk pada masing-masing komponen AC.

Tabel 4.1 Hasil Pengujian pada Pengaturan Tekanan Refrigeran pada AC sebelum dipasang water heater

No	Tekanan Refrigeran	Hasil Pengukuran							
		P ₂ (Psi)	T ₂ (°C)	P ₃ (Psi)	T ₃ (°C)	P ₄ (Psi)	T ₄ (°C)	P ₁ (Psi)	T ₁ (°C)
1	40 Psi	246,2	55,88	221	36,96	40	0,54	49,4	28,08
2	50 Psi	276,6	59,82	243,4	40,38	50	4,56	60,8	27,22
3	60 Psi	315,8	53,96	267,4	41,74	60	10,28	79,2	27,4
4	70 Psi	343	62,06	283,2	41,62	70	12,08	88	25,44
	Rata2	295,4	57,93	253,75	40,175	55	6,865	69,35	27,035

Tabel 4.2 Nilai Kerja Kompresi dan Efek Refrigerasi Hasil Perhitungan

No	Tekanan Refrigeran	h ₁ (kJ/kg)	h ₂ (kJ/kg)	h ₃ (kJ/kg)	h ₄ (kJ/kg)	q _r (kJ/kg)	w _c (kJ/kg)
1	40	414,050	418,137	245,727	200,000	214,05	4,087
2	50	413,802	418,089	249,686	204,713	209,089	4,287
3	60	413,802	418,083	252,352	211,877	201,925	4,281
4	70	413,289	417,978	251,016	214,291	198,998	4,689

1. Penentuan $T_{\text{air out}}$ yang digunakan sebagai air mandi.

$$T_{\text{air out}} = 35^{\circ}\text{C} = 35 + 273 = 308^{\circ}\text{K}$$

sedangkan untuk

$$T_{\text{air in}} = 30^{\circ}\text{C} = 30 + 273 = 303^{\circ}\text{K}$$

2. Penentuan lama waktu pemanasan (t)
Lama waktu pemanasan air diasumsikan 0,5 jam atau 1800 detik

3. Perhitungan Q_{water} (kalor yang dibutuhkan untuk memanaskan air = kalor yang dilepaskan oleh kompresor) joule/s.

Sedangkan besarnya kalor yang dilepaskan sama dengan kalor yang diserap oleh evaporator, sehingga:

$$Q_{\text{water}} = q_r = h_1 - h_4$$

Sehingga dari table 4.2 dapat diperoleh

Q_{water} maksimum

$$q_r = 214,05 \text{ kJ/kg.}$$

4. Perhitungan volume air (kapasitas tabung)

Dari persamaan $Q_{\text{water}} = \frac{\rho \times V_{\text{air}}}{t} \times C_p \times$

$T_{\text{akhir}} - T_{\text{awal}}$

Maka dapat dicari volume air

$$V_{\text{air}} = \left[\frac{Q_{\text{water}}}{C_p \times (T_{\text{akhir}} - T_{\text{awal}})} \right] \times \frac{1}{\rho} \times t$$

Dimana :

Q_{water} = kalor yang dibutuhkan untuk memanaskan air (joule/s)

ρ = massa air (1000 kg/m³)

V = volume air (m³)

t = waktu (s)

C_p = kalor spesifik air (4180 J/kg.K)

T_{awal} = temperatur air awal (30°C + 237 = 267 K)

T_{akhir} = temperatur air akhir (35°C + 237 = 272 K)

5. Perencanaan dan perhitungan alat penukar kalor (APK) pada tabung

a. Penentuan penggunaan pipa

Pipa yang digunakan sebagai alat penukar kalor atau sebagai media pemanas air dari hasil keluaran kompresor digunakan pipa dengan data sebagai berikut:

1. Merk : MM Kembla
2. Diameter dalam (di) : 8,81 mm = 0,00881 m
3. Diameter luar (do) : 9,52 mm = 0,00952 m

b. Kapasitas air

Tabung yang digunakan dengan dimensi sebagai berikut:

- 1) Diameter : 27 cm
- 2) Tinggi : 52 cm

Sehingga volume air dari tabung tersebut adalah

$$V = \pi r^2 t$$

Sehingga di peroleh :

$$V = 3,14 \cdot 13,5^2 \cdot 52 = 29757,78 \text{ cm}^3 = 29757,78 \text{ ml} = 29,7 \text{ liter} = 30 \text{ liter}$$

b. Energi pemanasan

Untuk menghitung energy pemanasan air digunakan persamaan:

$$W = m_{\text{air}} \cdot C_{\text{air}} \cdot \Delta T$$

Dimana :

$$m_{\text{air}} = 30 \text{ kg}$$

$$C_{\text{air}} = 4.200 \text{ (J/kg}^{\circ}\text{C)}$$

ΔT = beda temperature air masuk (30⁰) dan keluar (35⁰) yaitu 5⁰

Sehingga :

$$W = m_{\text{air}} \cdot C_{\text{air}} \cdot \Delta T$$

$$= 30 \cdot 4200 \cdot 5$$

$$= 630.000 \text{ Joule} = 0,63 \text{ MJ}$$

c. Koefisien perpindahan panas pada sisi luar pipa (ho)

Dimana koefisien perpindahan panas dapat dicari dengan persamaan :

$$h_o = \frac{W}{\pi \cdot d_o \cdot L \cdot \Delta T \cdot \Delta t}$$

dimana =

W = energy pemanasan air (0,63 MJ)

d_o = diameter luar pipa (0,00952 m)

L = panjang pipa

ΔT = beda temperature air (5⁰)

Δt = lama waktu pemanasan air (1800 detik / 0,5 jam)

Sehingga diperoleh:

$$h_o = \frac{W}{\pi \cdot d_o \cdot L \cdot \Delta T \cdot \Delta t}$$

$$h_o = \frac{0,63}{\pi \cdot 0,00952 \cdot L \cdot 5 \cdot 1800}$$

$$= \frac{2341,7}{L}$$

d. Daya yang didisipasikan oleh APK Digunakan persamaan = $Q_{\text{coil}} = m \cdot c_f \cdot (T_{c_{\text{in}}} - T_{c_{\text{out}}})$

Dimana :

m : laju aliran refrigerant R-22 diasumsikan = 0,0057 kg/s

c_f : panas jenis uap Freon = 1.583 J/kg.⁰C

$T_{c_{\text{in}}}$: Temperatur refrigerant masuk coil = 57,93⁰C

$T_{c_{\text{out}}}$: Temperatur refrigerant keluar coil = 50⁰C

T_a : Temperatur refrigerant rata-rata = 49⁰C

Sehingga diperoleh $Q_{\text{coil}} = 0,0057 \cdot 1583 \cdot (57,93 - 50)$

$$= 71,55 \text{ W}$$

e. Resistans thermal (R_{th})

$$R_{th} = \frac{T_{c_{in}} - T_{c_{out}}}{Q_{coil} \cdot \ln \frac{T_{c_{in}} - T_a}{T_{c_{out}} - T_a}}$$

Sehingga diperoleh: $R_{th} = 0,05 \text{ } ^\circ\text{C/W}$

- f. Perhitungan bilangan Reynold (Re)
Re diperoleh dengan persamaan:

$$Re = \frac{\rho \cdot V \cdot d_i}{\mu}$$

Dimana :

$$\rho = 146 \text{ kg/m}^3$$

$$V = \text{laju refrigerant } 0,64 \text{ m/s}$$

$$\mu = \text{viskositas } 15,9 \cdot 10^{-5}$$

$$\text{Sehingga diperoleh } = Re = 518,36$$

- g. Perhitungan bilangan Nusselt (Nu)
Bilangan Prandtl diambil $Pr = 0,839$
maka bilangan nusseltnya bisa dihitung dengan cara menetapkan nilai diameter heliksnya adalah $D = 0,1 \text{ m}$. Sehingga $Nu = 0,023 \cdot Re^{0,85} \cdot Pr^{0,4} \cdot (d_i/D)^{0,1}$
Maka Nu diiperoleh : 3,41

- h. Koefisien perpindahan panas pada sisi dalam pipa (h_i)
Nilai h_i dihitung dengan menggunakan persamaan :

$$h_i = \frac{Nu \cdot k_f}{d_i}$$

dimana : k_f =konduktivitas thermal Freon = 0,02 (W/m⁰C)

sehingga :

$$h_i = \frac{3,14 \cdot 0,02}{0,00881}$$

$$= 7,75 \text{ W/m}^0\text{C}$$

- i. Panjang Pipa (L)
Untuk menghitung panjang pipa penukar kalor pada tabung menggunakan persamaan :

$$R_{th} = \frac{1}{A_i h_i} + \frac{1}{A_o h_o} + \frac{\ln\left(\frac{d_o}{d_i}\right)}{2\pi k L}$$

Sehingga dapat di cari L

$$L = \frac{2\pi k + \ln\left(\frac{d_o}{d_i}\right) \pi \cdot d_i \cdot h_i}{2\pi^2 k \cdot h_i \left(R_{th} - \frac{1}{\pi d_o \cdot 1561,134}\right)}$$

Sehingga diperoleh $L = 1,13 \text{ meter}$

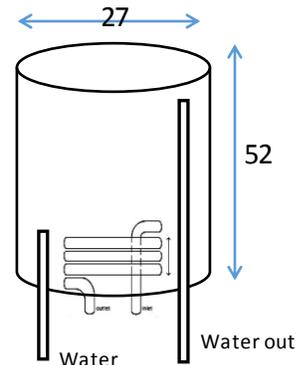
- j. Jumlah Lilitan (N)

Jumlah lilitan pipa sebagai alat penukar kalor di dalam tabung menggunakan persamaan:

$$N = L/\pi D$$

Sehingga diperoleh $N = 3,6 \text{ lilitan}$

6. Dimensi tabung dan APK
Dari hasil analisa perhitungan perencanaan alat penukar kalor tipe helix (spring) padatabung water heater dari panas buang pada kompresor diperoleh data :
panjang pipa APK 1,13 meter dengan jumlah lilitan 3,6 dimasukkan dalam tabung dengan volume 3 liter berdimensi diameter 27 cm dan tinggi 52 meter. (seperti gambar dibawah)



SIMPULAN

Dari hasil penelitian yang dilakukan meliputi studi referensi, analysis data dan perhitungan maka hasil penelitian dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Perencanaan tabung *water heater* pada aplikasi *air conditioning double system* diperoleh data tinggi tabung 52 cm, diameter 27 cm.
2. Penukar kalor pada bagian dalam tabung berupa pipa dengan diameter dalam (d_i) 0,00881 m, diameter luar pipa (d_o) 0,00952 m, panjang 1,13 m dengan jumlah lilitan 3,6 lilitan dibentuk heliks atau spring.

SARAN

1. Untuk penelitian selanjutnya, disarankan dikasih pembebanan dalam suatu ruangan

penelitian agar data yang didapatkan lebih akurat lagi.

2. Untuk penyempurnaan penelitian selanjutnya diharapkan untuk tabung water heater dilapisi bahan berisolasi agar panas yang ada pada water heater tidak cepat mudah hilang atau panasnya bisa tahan lama.

DAFTAR PUSTAKA

- Buntarto. 2009. *Service Dan Reparasi Ac (Mobil Dan Ruangan)*. Penerbit Graha Ilmu. Yogyakarta
- Dani Pistoniawan. 2010. *Service AC*. Di akses dari <http://www.serviceac.net/freon-ac.php>
- Drs. Sumanto, MA. 2004. *Dasar-dasar Mesin Pendingin*. Penerbit Andi. Yogyakarta.
- Ichwan Nurhalim. 2011. *Rancang Bangun Dan Pengujian Unjuk Kerja Alat Penukar Kalor Tipe Serpentine Pada Split Air Conditioning Water Heater*. Skripsi Teknik Mesin Universitas Indonesia, Depok.
- I Gusti Agung Pramacakrayuda, Ida Bagus Adinugraha, Hendra Wijaksana, Nengah Suarnadwipa. 2010. *Analisis Performansi Sistem Pendingin Ruangan Dikombinasikan dengan Water Heater*. Jurnal Teknik Mesin FT-UNUD Bukit Jimbaran. Vol. 4 No.1. April 2010.
- I Made Rasta. 2009. *Pemanfaatan Energi Panas Terbuang Pada Kondensor AC Sentral Jenis Water Chiller Untuk Pemanas Air Hemat Energi*. Jurnal Teknik Mesin Politeknik Negeri Bali. Vol. 3 No. 2, Oktober 2009.
- Jeffri R G Siburian. 2011. *Rancang Bangun Dan Pengujian Pemanas Air Dengan Memanfaatkan Panas Buang Kondensor Siklus Kompresi Uap Hybrid Dengan Kapasitas 120 Liter*. Skripsi, USU, Medan.
- Linggojati. 2013. *Wika Ac Water Heater*. Di akses dari <http://waterheater-wikaswh.com/index.php/acwh>
- Muhammad Ikhsan, 2012. *Makalah Alat Alat Heat Exchanger*. Di akses dari <http://beck-fk.blogspot.com/2012/05/alat-heat-exchanger.html>
- Rudi Hartono, ST., MT. 2008. *Modul – 1.07 Penukar Panas*. Banten : Laboratorium Operasi Teknik Kimia FT Universitas Sultan Ageng Tirtayasa.
- Stoecker, Wilbert F & Jones, Jerold W. 1992. *Refrigerasi Dan Pengkondisian Udara*. Penerbit Erlangga, Jakarta.
- Sugiyono, 2011. *Metode Penelitian Pendidikan*, Alfabeta, Bandung