

## ESTIMASI COOLING LOAD PADA RANCANG BANGUN WATER DISPENSER

HM Ma'ruf\*

### Abstraksi

Penggunaan teknologi mesin pendingin tidak hanya dapat digunakan untuk mengkondisikan udara saja tetapi dapat juga digunakan untuk mengkondisikan air minum. Sehingga, air minum yang dikeluarkan oleh mesin pendingin *water dispenser*, berada dalam kondisi dingin. Cara kerja dari *water dispenser*, yaitu air minum yang berada di dalam *cold tank* (tangki pendingin) diserap panasnya di bagian evaporator oleh *refrigerant* yang mengalir di dalam evaporator tersebut. Air minum yang mengandung energi panas diserap sedikit demi sedikit hingga mencapai temperatur air minum yang sesuai untuk dikonsumsi. Untuk mengetahui seberapa besar unjuk kerja (COP) *water dispenser* hasil rancang bangun dengan kapasitas 1/8 PK dapat dicapai ketika mesin ini dioperasikan. Berdasarkan pengujian yang telah dilakukan, dapat diambil kesimpulan bahwa semakin besar kapasitas air yang didinginkan akan besar pula nilai COP yang dihasilkan. Nilai COP terbesar adalah 2,95 pada kapasitas air minum di dalam *cold tank* sebesar 2,5 liter.

**Kata Kunci :** COP, Kompresi Uap, *Water Dispenser*

### PENDAHULUAN

Air sudah merupakan suatu kebutuhan pokok bagi manusia karena tanpa air manusia tidak akan dapat hidup. Untuk itu, diperlukan air yang bersih agar dapat digunakan sebagai air minum. Pengolahan air keruh menjadi air bersih sudah dapat dilakukan oleh manusia. Tetapi, bagaimana cara mendapatkan air yang ingin diminum dalam kondisi panas atau dingin, adakah suatu mesin yang dapat mengkondisikan air sehingga dapat menghasilkan air panas maupun dingin.

Berdasarkan atas keperluan tersebut, maka manusia mencoba membuat suatu mesin dengan mengembangkan teknologi pendinginan dan teori perpindahan panas sehingga terciptalah suatu mesin yang dapat mengkondisikan air sedemikian rupa bernama *water dispenser*. Melalui *water dispenser* ini, air pada temperatur kamar yang tersimpan di dalam *cold tank* (tangki pendingin) dengan melalui suatu proses dapat dihasilkan air dingin. Sedangkan untuk mendapatkan air panas, terlebih dahulu air yang berada di dalam *cold tank* mengalir masuk ke dalam *heater* (pemanas) baru kemudian mengalir keluar melalui kran yang berhubungan langsung dengan *heater* apabila kita menginginkan air panas untuk diminum.

Untuk dapat bekerja dengan baik, performa *water dispenser* atau unjuk kerja atau COP (*coefficient of performance*) dari *water dispenser* harus besar. Di dalam sistem pendinginan harga COP menjadi tolak ukur dalam perancangan. Sesuai dengan uraian tentang COP di atas, untuk keperluan rancang bangun sebuah *water dispenser* dengan kapasitas 1/8 PK dengan menggunakan refrigeran R-12. Proses pemanasan diabaikan dan heaternya tidak digunakan. Komponen utama *water dispenser* ini terdiri atas kompresor hermatik, kondensor, pipa kapiler, evaporator serta *refrigerant*.

---

\* Dosen Jurusan Mesin Fakultas Teknik Universitas Merdeka Malang

Berdasarkan yang telah diuraikan di atas diambil asumsi bahwa pada rancang bangun *water dispenser* dapat dikatakan bagus apabila memiliki harga COP berkisar antara 3 s/d 7, dimana *water dispenser* tersebut terdiri dari komponen yang masing-masing mempunyai karakteristik berbeda. Oleh karena itu, masalah yang akan dibahas adalah unjuk kerja (COP) *water dispenser* hasil rancang bangun dengan kapasitas 1/8 PK.

Mengingat kompleksnya permasalahan yang ada maka dalam penelitian ini diberi batasan-batasan sebagai berikut :

1. Proses pemanasan air pada *water dispenser* diabaikan, komponen pemanas dinon-aktifkan.
2. Tidak menganalisa sifat kimia dari *refrigerant*.
3. *Refrigerant* yang digunakan adalah freon R-12.
4. Hanya menganalisa unjuk kerja (COP) *water dispenser* dengan mengikuti sistem standar siklus kompresi uap.

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui seberapa besar unjuk kerja atau COP *water dispenser* dengan kapasitas 1/8 PK terhadap pertambahan kapasitas air yang akan didinginkan pada siklus kompresi uap standart.

Adapun manfaat yang didapat dari penelitian ini adalah :

1. Sebagai masukan atau tambahan untuk meningkatkan efisiensi dalam merencanakan *water dispenser*.
2. Bahan pertimbangan dalam hal pemilihan komponen dalam suatu instalasi *water dispenser*.

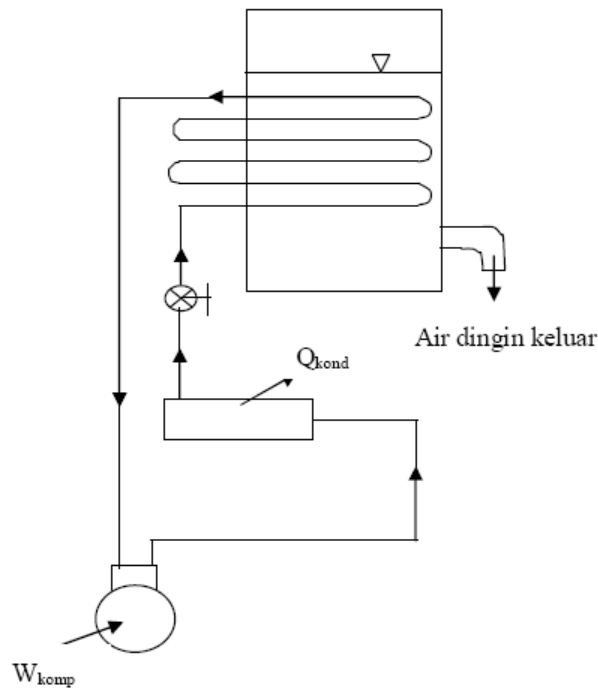
## **METODOLOGI**

Untuk mencapai tujuan dan sasaran pengerjaan penelitian ini serta usaha untuk memperoleh data-data yang diperlukan, digunakan metode penetapan variabel sbb :

1. Sebagai variabel bebas adalah kapasitas air yang harus didinginkan, serta waktu pendinginan.
2. sebagai variabel tergantung diambil parameter-parameter seperti : temperatur dan tekanan yang keluar/masuk kondensor, kompresor dan evaporator

Asumsi-asumsi yang diambil dalam penelitian :

1. Kondisi sistem refrigerasi uap standar dalam keadaan *steady state*. Pada penentuan entalpi, parameter yang dipergunakan adalah temperatur.
2. Temperatur pada permukaan air adalah sama dengan temperatur udara yang dekat dengan air.
3. Pada kompresor, saat proses berlangsung dianggap adiabatik.



Gambar 1. Sket *Water Dispenser*

**PEMBAHASAN**

**Data Penelitian**

Dari hasil pengujian diperoleh data-data sebagai berikut:

Tabel 1. **Data Penelitian Pada Temperatur Air Di Dalam Cold Tank 5,8 °C**

Kapasitas Air	T <sub>a</sub>	Waktu Pendinginan	Masuk Kompresor		Keluar Kompresor		Keluar Kondensor		Keluar Evaporator	
			P <sub>1</sub>	T <sub>1</sub>	P <sub>2</sub>	T <sub>2</sub>	P <sub>3</sub>	T <sub>3</sub>	P <sub>5</sub>	T <sub>5</sub>
1	5,8	18	0,664	-8,9	10,834	48	9,960	44,5	0,559	-12
1,5	5,8	25	0,629	-19	10,659	47,2	9,786	44	0,524	-12,5
2	5,8	30	0,594	-20	10,624	47	9,646	43,5	0,489	-13,5
2,5	5,8	36	0,559	-21	10,485	46	9,261	42,5	0,475	-14

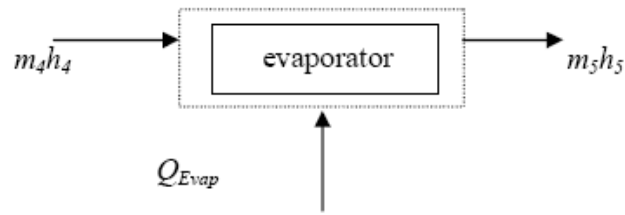
Keterangan :

1. Kapasitas air dalam (liter)
2. Semua temperatur dalam (°C)
3. Semua tekanan dalam (Bar)
4. T<sub>a</sub> adalah temperatur air di dalam cold tank (°C)
5. Waktu pendinginan dalam menit.

**Perhitungan**

Untuk kapasitas 1 (satu) liter air.

- Panas yang diserap evaporator



Gambar 2. Keseimbangan Energi Pada Evaporator (Stoecker, 1989)

Energi masuk = Energi keluar

$$m_4h_4 + Q_{Evap} = m_5h_5$$

$$Q_{Evap} = m_5h_5 - m_4h_4 \quad (kw) \quad m_5 = m_4$$

$$Q_{Evap} = m(h_5 - h_4) \quad (kw)$$

dengan :

$m_5 = m_4 =$  laju aliran massa refrijeran (kg/s).

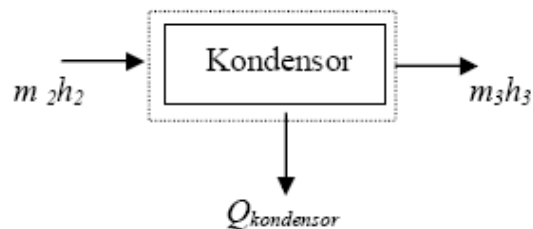
$h_4 =$  Entalpi masuk evaporator berdasarkan tabel R-12 didapat 243,413 (kJ/kg).

$h_5 =$  Entalpi keluar evaporator berdasarkan tabel R-12 didapat 346,252 (kJ/kg).

Sehingga didapat :

$$\begin{aligned} Q_{evap} &= (h_5 - h_4) \\ &= (346,252 - 243,413) \text{ kJ/kg} = 102,839 \text{ kJ/kg} \end{aligned}$$

- Panas yang dibuang di kondensor



Gambar 3. Balans Energi Pada Kondensor (Stoecker, 1989)

Energi masuk = Energi keluar

$$m_3h_3 + Q_{Kond} = m_2h_2$$

$$Q_{Kond} = m_2h_2 - m_3h_3 \quad (kw) \quad m_2 = m_3$$

$$Q_{Kond} = m(h_2 - h_3) \quad (kw)$$

dengan :

$m_2 = m_3 =$  laju aliran massa refrigrant (kg/s)

$h_2 =$  Entalpi masuk kondensor berdasarkan gambar diagram R-12 yaitu 381 kJ/kg .

$h_3 =$  Entalpi keluar kondensor berdasar tabel R-12 diperoleh 244,384 kJ/kg

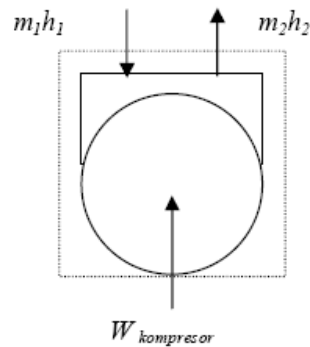
Sehingga:

$$Q_{Kond} = (h_2 - h_3)$$

$$Q_{Kond} = (381 - 243,413) \text{ kJ/kg}$$

$$Q_{Kond} = 137,587 \text{ kJ/kg.}$$

- Kerja yang dibutuhkan kompresor



Gambar 4. Keseimbangan Energi Pada Kompresor (Stoecker, 1989)

Energi masuk = energi keluar

$$m_1h_1 + W_{kompresor} = m_2h_2$$

$$W_{kompresor} = m_2h_2 - m_1h_1$$

$$W_{kompresor} = m(h_2 - h_1)$$

dengan :

$m_1 = m_2 =$  laju aliran massa refrijeran ( kg/s )

$h_1 =$  entalpi masuk kompresor berdasarkan diagram R-12 adalah 345 kJ/kg

$h_2 =$  entalpi keluar kompresor berdasarkan diagram R-12 adalah 381 kJ/kg

Sehingga :

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

$$W_{kompresor} = (381 - 345) \text{ kJ/kg}$$

$$W_{kompresor} = 36 \text{ kJ/kg}$$

- COP (Coefficient of Performance)

$$COP = \frac{Q_{Evap}}{W_{Komp}}$$

$$COP = \frac{102,839 \text{ kJ / kg}}{36 \text{ kJ / kg}} = 2,856 \text{ kJ/kg}$$

- HRR (Heat Rejection Ratio)

$$HRR = \frac{Q_{Kond}}{Q_{Evap}}$$

$$HRR = \frac{137,587kJ / kg}{102,839kJ / kg}$$

$$HRR = 1,337$$

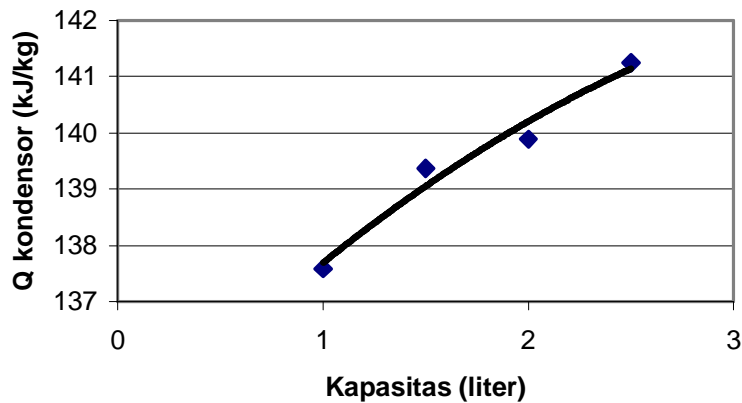
Tabel 2. Hasil Perhitungan

Data	Kapasitas			
	1 liter	1,5 Liter	2 Liter	2,5 Liter
$H_{in}$ kompresor	345	346	346,55	347
$h_{out}$ kompresor	381	381,994	382	383,33
$H_{out}$ kondensor	243,413	242,627	242,110	241,086
$h_{out}$ evaporator	346,252	346,028	345,587	345,365
$Q_{evaporator}$	102,839	103,401	103,477	104,279
$Q_{kondensor}$	137,587	139,367	139,890	141,244
$W_{kompresor}$	36	35,994	35,450	35,33
$COP$	2,85	2,87	2,91	2,95
$HRR$	1,337	1,347	1,351	1,354

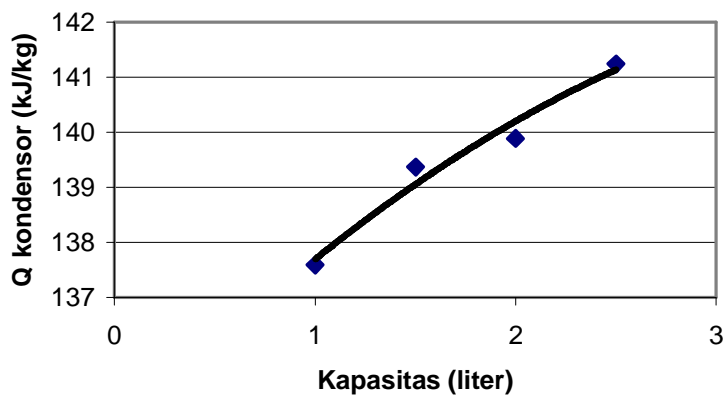
Keterangan : 1. Satuan entalpi dalam kJ/kg

2. Satuan  $Q_{evaporator}$ ,  $Q_{kondensor}$  dan  $W_{kompresor}$  dalam kJ/kg

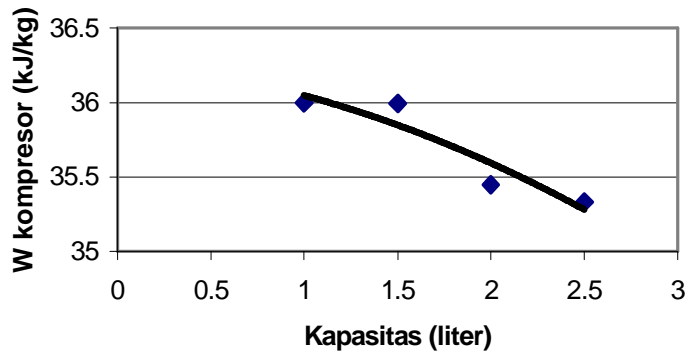
**Grafik Hasil Penelitian**



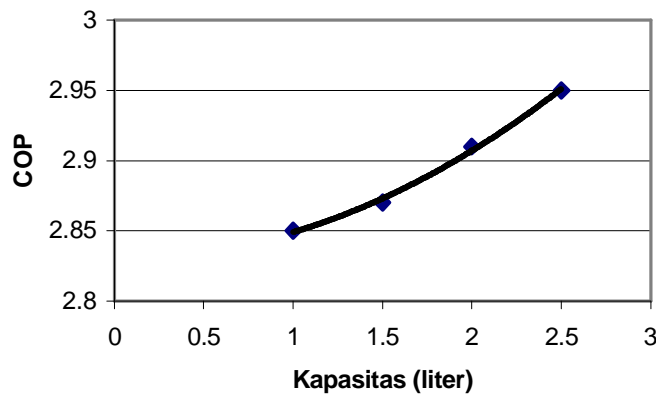
Gambar 5. Hubungan Kapasitas vs  $Q$  Evaporator



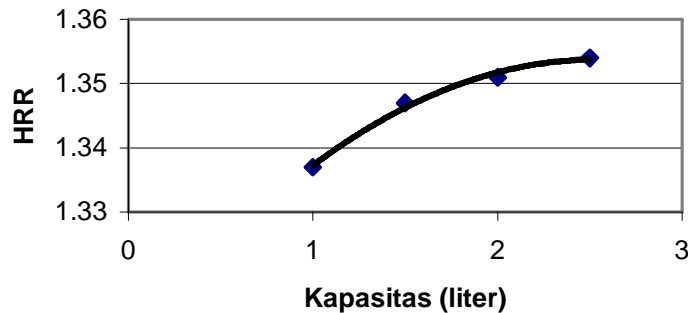
Gambar 6. Hubungan Kapasitas vs  $Q$  Kondensor



Gambar 7. Hubungan Kapasitas vs W Kompresor



Gambar 8. Hubungan Kapasitas vs COP



Gambar 9. Hubungan Kapasitas vs HRR

Berdasarkan hasil perhitungan dan grafik dapat diambil pembahasan – pembahasan berikut ini :

1. Pada grafik hubungan antara kapasitas air Vs  $Q_{\text{evaporator}}$  dapat dilihat bahwa dengan bertambahnya kapasitas air  $Q_{\text{evaporator}}$  (panas yang diserap oleh evaporator) juga mengalami kenaikan. Hal ini dapat dibuktikan dengan melihat waktu pendinginan, apabila kapasitas air di dalam *cold tank* bertambah maka waktu pendinginan akan semakin lama, karena panas yang harus diserap oleh evaporator bertambah besar.

2. Pada grafik hubungan antara kapasitas dengan  $Q_{\text{kondensor}}$  dapat dilihat bahwa dengan semakin bertambahnya kapasitas air, maka  $Q_{\text{kondensor}}$  (panas yang dibuang oleh kondensor) mengalami kenaikan juga.
3. Pada grafik hubungan antara kapasitas dengan  $W_{\text{kompresor}}$  dapat dilihat bahwa kapasitas semakin bertambah maka  $W_{\text{kompresor}}$  mengalami penurunan. Hal ini disebabkan karena beban kerja kompresor semakin berat.  $W_{\text{kompresor}}$  maksimal terjadi pada kapasitas 1 liter yaitu sebesar 36 kJ/kg.
4. Pada grafik hubungan antara kapasitas dengan COP dapat dilihat bahwa semakin bertambah kapasitas air, COP akan mengalami kenaikan.
5. Pada grafik hubungan antara kapasitas dengan HRR dapat dilihat bahwa semakin bertambah kapasitas air, HRR akan semakin naik. Hal ini disebabkan karena kapasitas yang mengalami penambahan maka  $Q_{\text{kondensor}}$  dan  $Q_{\text{evaporator}}$  mengalami kenaikan pula.

## SIMPULAN

*Coefficient Of Perfomance* (COP) dari water dispenser hasil rancang bangun dengan kapasitas 1,8 PK didapatkan hasil maksimal sebesar 2,95 seperti yang disyaratkan bahwa  $COP > 1$ , pada kapasitas 2,5 liter air di dalam *cold tank*, sedangkan panas maksimal yang dapat diserap oleh evaporator sebesar 104,279 kJ/kg, begitu juga panas maksimal yang dibuang oleh kondensor sebesar 141,244 kJ/kg. Ternyata hasil rancang bangun *water dispenser* ini layak untuk digunakan.

## DAFTAR PUSTAKA

- JP. Holman, 1991, **Perpindahan Kalor**, Jakarta: Penerbit Erlangga.
- Stoecker, WF, Jones, JW, 1989, **Refrigerasi dan Pengkondisian Udara**, Jakarta: Penerbit Erlangga.
- W. Arismunandar, Heizo Saito, 1995, **Penyegaran Udara**, Jakarta: PT. Pradnya Paramitha.
- Roy J. Dossat, 1989, **Principles of Refrigeration**, Second Edition, New York, USA: Jhon Wiley & Sons.
- Alan. J. Chapman, 1991, **Heat Transfer**, Fourth Edition, Macmillan Publishing Company, New York.