



# POROS

*Jurnal Ilmiah Teknik Mesin*

Volume 5 Nomor 4, Oktober 2002

**TERAKREDITASI**

No. 395/DIKTI/Kep/2000

## DEWAN REDAKSI

- Pelindung** : Dekan Fakultas Teknik
- Pengasuh Dewan Penyunting**
- Ketua** : Sofyan D.
- Anggota** : Lamto Widodo  
S.Y. Suparto  
Rosehan  
Abrar Riza
- Penyunting Penelaah** : Mulyadi Rachmad  
Adianto  
Danardono  
Erry Y.T. Adesta  
Erwin Siahaan  
I Made Kartika D.  
I Wayan Budiastira  
Jon Harmintardjojwono  
Jamal M. Affif  
Suroso
- Sekretariat** : Agustinus Purna Irawan  
Endro Wahyono
- Penerbit** : Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik  
Universitas Tarumanagara
- Alamat Redaksi** : Jalan Let. Jend. S. Parman No. 1, Jakarta 11440  
Telp. (021) 5638358 - 5663124 - 5672548, Fax. (021) 5663277  
E-mail : [ftmesin@cbn.net.id](mailto:ftmesin@cbn.net.id) atau [mesin@tarumanagara.ac.id](mailto:mesin@tarumanagara.ac.id)

Jurnal Ilmiah Poros terbit sejak bulan Januari 1998 dengan frekuensi 4 (empat) kali dalam setahun (Januari, April, Juli dan Oktober) ini, diharapkan dapat menjadi salah satu sarana para profesional (dari dunia usaha, pendidikan dan peneliti) untuk mengembangkan profesi dan berpartisipasi serta menyebarluaskan perkembangan tentang iptek mesin melalui penelitian dan kajian teknologi dan *science*.

# PEMANFAATAN ENERGI PANAS YANG DIBUANG DARI KONDENSOR UNTUK PEMANASAN AIR

Jorfri Boike S<sup>\*)</sup>

## ABSTRACT

*One of the measures that can be undertaken to save energy is to recover the energy discharged. This paper presents the investigation of saving energy discharged from the condensor of a split air conditioning unit for heating water. From the analytical and experimental approaches applied in the present work, it was found that a parallel installation of a heat transfer helix coil to condensor can produce 50 liters of hot water at an average temperature of 40 °C within an average intermittent period of 16 minutes.*

**Keywords :** energi panas, kondensor, mesin penata udara, pipa koil heliks.

## PENDAHULUAN

Hotel-hotel merupakan industri jasa yang berusaha memberikan kenyamanan bagi tamu-tamunya. Salah satu usaha untuk memberikan kenyamanan bagi tamu-tamunya adalah dengan penataan udara di dalam kamar-kamar hotel.

Mesin penata udara terdapat potensi perpindahan energi sebagai panas yang dapat dimanfaatkan, yaitu energi panas yang dibuang dari kondensor. Energi panas yang dibuang ini masih dapat dimanfaatkan untuk memanaskan air guna memenuhi kebutuhan air panas di masing-masing kamar tamu hotel. Dengan demikian terdapat peluang untuk mengurangi produksi air panas secara sentral dari ketel. Pemanfaatan peluang ini merupakan salah satu upaya yang dapat dilakukan untuk menghemat penggunaan energi yaitu dengan memanfaatkan energi panas yang terbuang dari berbagai peralatan pengguna energi di dalam hotel untuk mengurangi biaya operasi.

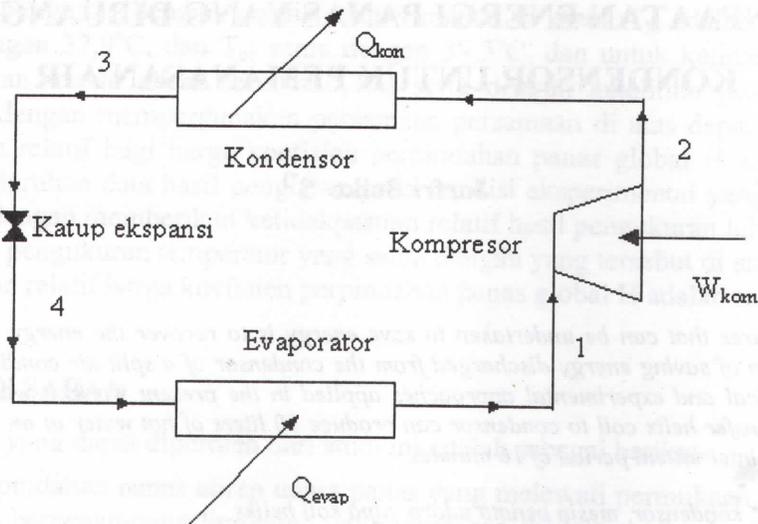
Pengkajian teoritik mengenai kemungkinan pemanfaatan perpindahan energi sebagai panas dari kondensor mesin penata udara *split*<sup>[4]</sup>. Ong menganalisis kemungkinan ini dengan menggunakan mesin pendingin kompresi uap konvensional dengan beban pendinginan 1 TR (3,517 kJ/s), yang dioperasikan secara serentak untuk pemanasan dan pendinginan. Dari hasil analisa yang dilakukan ditemukan bahwa mesin refrigerasi kompresi-uap dengan beban pendinginan yang rendah dapat digunakan untuk mendinginkan air sampai 10<sup>0</sup>C dan memanaskan air sampai 60<sup>0</sup>C dengan biaya operasi yang rendah.

Tujuan penelitian ini untuk mengetahui potensi pemanfaatan energi yang dibuang dari kondensor mesin penata udara *split* untuk menghasilkan air panas dengan menggunakan alat penukar panas. Potensi dan cara pemanfaatan energi yang dibuang dari kondensor akan dianalisa dan diuji secara eksperimental. Mesin penata udara yang diuji yaitu mesin penata udara *split* Daikin dengan kapasitas pendinginan 0,77 TR (2721 kJ/s).

## TINJAUAN PUSTAKA

Mesin pendingin adalah suatu alat yang dapat menyerap energi panas dari suatu reservoir temperatur rendah dan membuang panas pada reservoir temperatur tinggi. Gambar bagan siklus mesin pendingin kompresi uap dapat dilihat pada Gambar 1 di bawah ini.

<sup>\*)</sup> Staf Pengajar Jurusan Teknik Mesin UNILA



Gambar 1. Bagan siklus kompresi uap

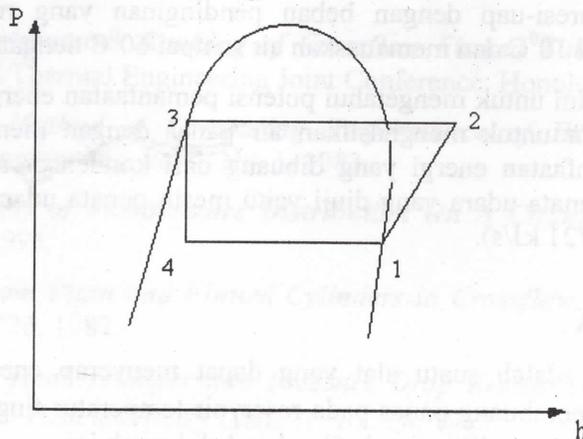
Fluida kerja (refrigeran) pertama dikompresi secara isentropis dari titik 1 ke titik 2. Kemudian didinginkan secara isopanas ke titik 3. Dari titik 3 fluida kerja diekspansikan secara isentropis ke titik 4 dan kemudian dididihkan secara isopanas kembali ke titik 1. Selama proses kondensasi dari titik 2 ke titik 3, sejumlah panas ( $Q_{kond}$ ) dibuang. Selama proses pendidihan dari titik 4 kembali ke titik 1 sejumlah panas ( $Q_{evap}$ ) diserap.

Energi panas yang dibuang di kondensor dapat dihitung dengan menggunakan persamaan di bawah ini<sup>[1]</sup>:

$$Q_{kond} = \dot{m}_{ref}(h_2 - h_1) \quad (1)$$

Keterangan :

- $\dot{m}_{ref}$  : laju aliran massa refrigeran (kg/s)
- $h_2$  : entalpi refrigeran masuk kondensor (kJ/kg)
- $h_1$  : entalpi refrigeran keluar kondensor (kJ/kg)



Gambar 2. Diagram P-h siklus kompresi uap

Sebelum dilaksanakan pengujian, terlebih dahulu harus dirancang alat penukar panas yang diperlukan. Perancangan alat penukar panas ini adalah sedemikian rupa sehingga apabila dihubungkan dengan sistem mesin penata udara yang ada, tidak akan mengganggu operasinya.

Penukar panas yang dipilih untuk digunakan adalah penukar panas jenis pipa koil heliks, karena memiliki luas permukaan per unit volume yang besar. Untuk mengetahui luas permukaan penukar panas yang diperlukan untuk memanaskan air maka perlu diketahui data-data mesin penata udara *split* yang akan digunakan. Data-data pengoperasian mesin penata udara jenis *split* Daikin untuk *outdoor* unit tipe MA 45 CV 1 dan *indoor* unit tipe FT 25 didapat dari brosur yaitu:

- Tekanan kerja evaporator (  $P_e$  ) = 523,042 kPa
- Tekanan kerja kondensor (  $P_k$  ) = 1945,022 kPa
- Temperatur daerah cair subdingin keluar dari kondensor = 3°C
- Temperatur uap superpanas masuk kompresor = 3°C
- Daya kompresor = 1100 W
- Kapasitas pendinginan = 2721 W
- Refrigeran = R-22

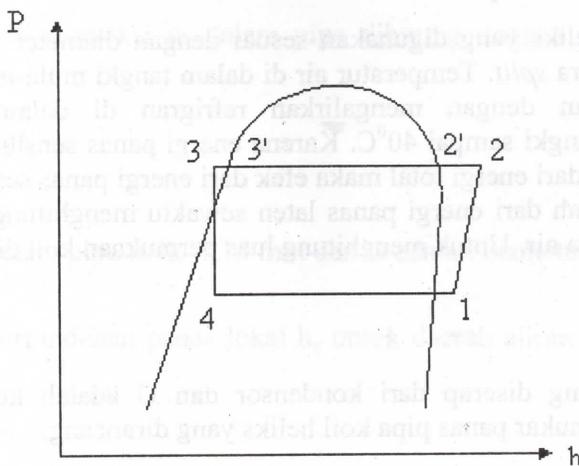
### Taksiran Potensi Energi Panas di Kondensor

Dari data yang diketahui maka dapat digambarkan pernyataan proses untuk daur pendinginan pada diagram P-h standar untuk R-22 bagi sistem penata udara yang digunakan.

Dari Tabel R-22 diperoleh,

$$h_1 = 252,696 \text{ kJ/kg} \quad h_2 = 261,906 \text{ kJ/kg} \quad h_2 = 312,805 \text{ kJ/kg}$$

$$h_3 = h_4 = 104,006 \text{ kJ/kg} \quad h_3 = 108,11 \text{ kJ/kg}$$



Gambar 3. P-h diagram standar untuk R-22

Besar energi panas pada kondensor dengan menggunakan Persamaan 1 dapat diketahui yaitu:

$$Q_{\text{kondensor}} = \dot{m}_{\text{ref}} (h_2 - h_3)$$

$$= 0,018 \text{ kg/s} (312,805 - 104,006) \text{ kJ/kg}$$

$$= 3821,022 \text{ W}$$

$$= 3,821 \text{ kW}$$

Panas sensibel uap superpanas

$$\begin{aligned} Q_{\text{sensibel}} &= \dot{m}_{\text{ref}} (h_2 - h_2') \\ &= 0.018 \text{ kg/s} (312,805 - 261,906) \text{ kJ/kg} \\ &= 931,452 \text{ W} \\ &= 0,931 \text{ W} (24\%) \end{aligned}$$

Panas sensibel cairan subdingin

$$\begin{aligned} Q_{\text{sub cooled}} &= \dot{m}_{\text{ref}} (h_3' - h_3) \\ &= 0.018 \text{ kg/s} (108,11 - 104,006) \text{ kJ/kg} \\ &= 75,1 \text{ W} \\ &= 0,075 \text{ W} (1,97\%) \end{aligned}$$

Karena panas sensibel cairan subdingin kecil maka dapat diandaikan sebagai panas laten, sehingga panas latennya menjadi

$$Q_{\text{laten}} = Q_{\text{laten}} + Q_{\text{cairansubdingin}} \quad (2)$$

$$Q_{\text{laten}} = 2889,57 \text{ W}$$

### Perhitungan Luas Permukaan Pipa Koil Heliks

Diameter pipa koil heliks yang digunakan sesuai dengan diameter pipa yang digunakan untuk kondensor mesin penata udara *split*. Temperatur air di dalam tangki mula-mula diandaikan berada pada 23°C dan akan dipanaskan dengan mengalirkan refrigeran di dalam pipa koil heliks untuk memanaskannya di dalam tangki sampai 40°C. Karena energi panas sensibel untuk uap super panas di kondensor adalah 24 persen dari energi total maka efek dari energi panas sensibel uap super panas harus diperhitungkan secara terpisah dari energi panas laten sewaktu menghitung luas permukaan koil yang dibutuhkan untuk memanaska air. Untuk menghitung luas permukaan koil digunakan persamaan<sup>[1]</sup>.

$$Q = U \Delta T_{\text{Ln}} \quad (3)$$

dengan Q adalah panas yang diserap dari kondensor dan U adalah koefisien perpindahan panas menyeluruh. Untuk kasus penukar panas pipa koil heliks yang dirancang.

$$U = \frac{1}{\frac{1}{h_o A_o} + \frac{\text{Ln} \left( \frac{d_o}{d_i} \right)}{2\pi k L} + \frac{1}{h_i A_i}} \quad (4)$$

$\Delta T_{\text{Ln}}$  adalah *log mean temperature*

$$\Delta T_{Ln} = \frac{(T_{ref(in)} - T_{air(awal)}) - (T_{ref(out)} - T_{air(akhir)})}{\text{Ln} \left[ \frac{(T_{ref(in)} - T_{ref(out)})}{(T_{ref(out)} - T_{air(akhir)})} \right]} \quad (5)$$

Koefisien konveksi di luar pipa koil heliks didapat dari korelasi yang diusulkan Ali

$$\text{Nu}_1 = 0.685(\text{Ra}_1)^{0.295} \quad \frac{D}{d_o} = 20,797 \quad (6)$$

dengan  $\text{Ra}_L$  adalah bilangan Rayliegh dan dihitung dengan menggunakan persamaan

$$\text{Ra}_L = \frac{g\beta(\bar{T}_1 - \bar{T}_2)L^3}{\nu\alpha} \quad (7)$$

Koefisien konveksi di dalam pipa koil heliks daerah superpanas dihitung dengan menggunakan persamaan empirik<sup>[3]</sup>. Jescheke memberikan korelasi koefisien perpindahan panas di dalam pipa koil heliks

$$h_{i\text{koil}} = h_{i\text{ pipa lurus}} \left( 1 + 3.5 \frac{d_i}{D} \right) \quad (8)$$

Koefisien perpindahan panas konveksi di dalam pipa dihitung dengan menggunakan korelasi yang diusulkan Dittus-Boelter<sup>[5]</sup>.

$$h_{i(\text{pipalurus})} = 0,023 \text{Re}_D^{4/5} \text{Pr}^n \frac{k}{d_i} \quad (9)$$

dengan  $d_i$  adalah diameter dalam pipa koil, 7,75 mm dan  $D$  adalah diameter koil, 0,20 m.

Koefisien konveksi perpindahan panas lokal  $h_z$  untuk daerah aliran yang mengalami kondensasi digunakan persamaan<sup>[5]</sup>.

$$\frac{h_z D}{k_1} = \frac{\text{Pr}_1 \text{Re}_1^{0.9}}{F_2} \left[ \frac{1}{\chi} + \frac{2.85}{\chi^{0.467}} \right] \quad (10)$$

Koefisien konveksi perpindahan panas kondensasi rata-rata  $h_i$  didapat dengan mengintegrasikan koefisien konveksi lokal yang didapat dari perhitungan di atas

$$\frac{1}{h_i} = \frac{1}{(1-x_e)} \int_{x_e}^1 \frac{dx}{h_z} \quad (11)$$

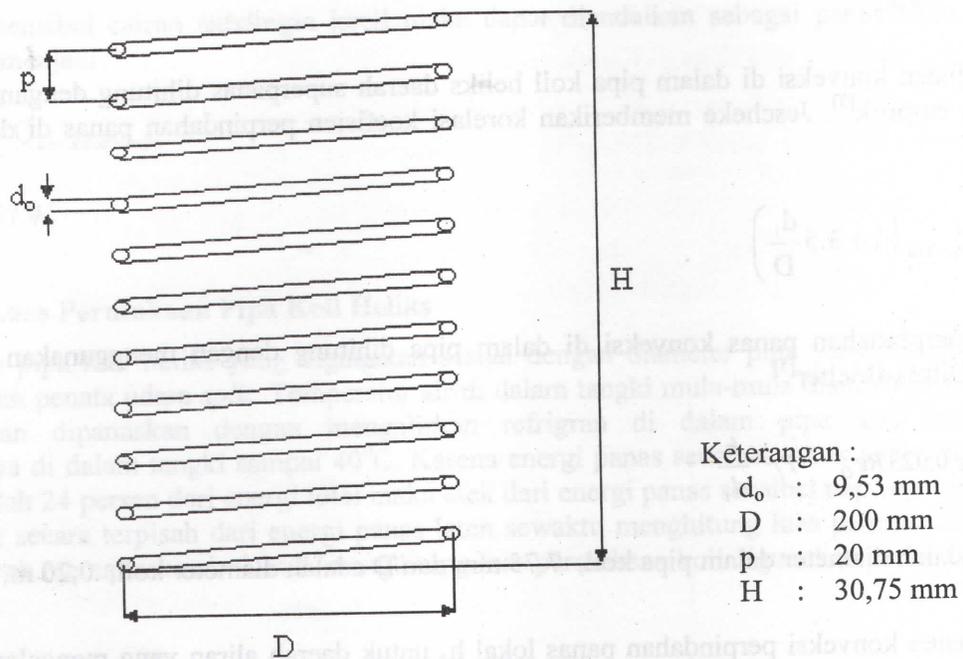
dengan  $x_e$  adalah kualitas uap keluar kondensor dan diharapkan semua uap terkondensasi. Maka persamaan di atas dapat disederhanakan menjadi

$$\frac{1}{h_i} = \int_0^1 \frac{dx}{h_z} \quad (12)$$

Setelah dilakukan perhitungan didapat koefisien perpindahan panas konveksi kondensasi

$$h_i = 2659,633 \text{ W/m}^2\text{C}.$$

Dari hasil perhitungan *trial and error* maka didapat panjang koil yang dibutuhkan untuk daerah uap super panas dan daerah perubahan fase yaitu 9,66 m, namun karena adanya faktor kesalahan rumus-rumus yang digunakan maka diambil faktor keamanan 20% sehingga panjang koil yang dibutuhkan menjadi 11,59 m.



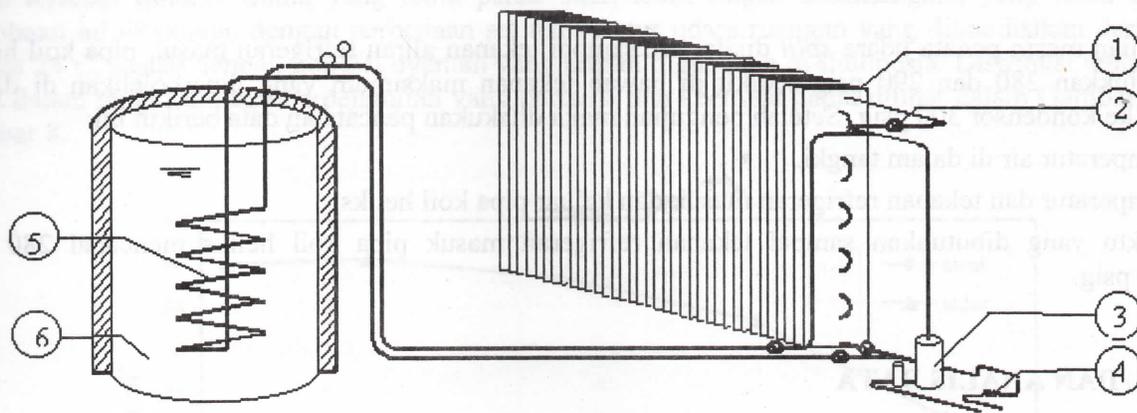
Gambar 4. Skema koil penukar panas yang direncanakan

## TATA KERJA

### Perancangan Alat Percobaan

Penelitian ini juga dilakukan secara eksperimen, untuk ini dibuat suatu perangkat uji dan perangkat pendukungnya. Mesin penata udara *split* yang digunakan, adalah mesin penata udara Daikin dengan *outdoor* unit jenis MA 45 CV1 dan *indoor* unit FT 25. Penukar panas pipa koil heliks dibuat dari pipa tembaga ukuran 3/8 inci dan panjangnya sesuai hasil perancangan. Dalam pengujian ini digunakan tangki berkapasitas 55 liter yang berfungsi sebagai wadah bagi air yang dipanaskan. Permukaan luarnya diisolasi dengan serabut ijuk yang diisikan pada ruang annular diantara tangki air dan suatu drum untuk mengurangi kerugian panas ke lingkungan. Temperatur air di dalam tangki, refrigeran masuk dan keluar

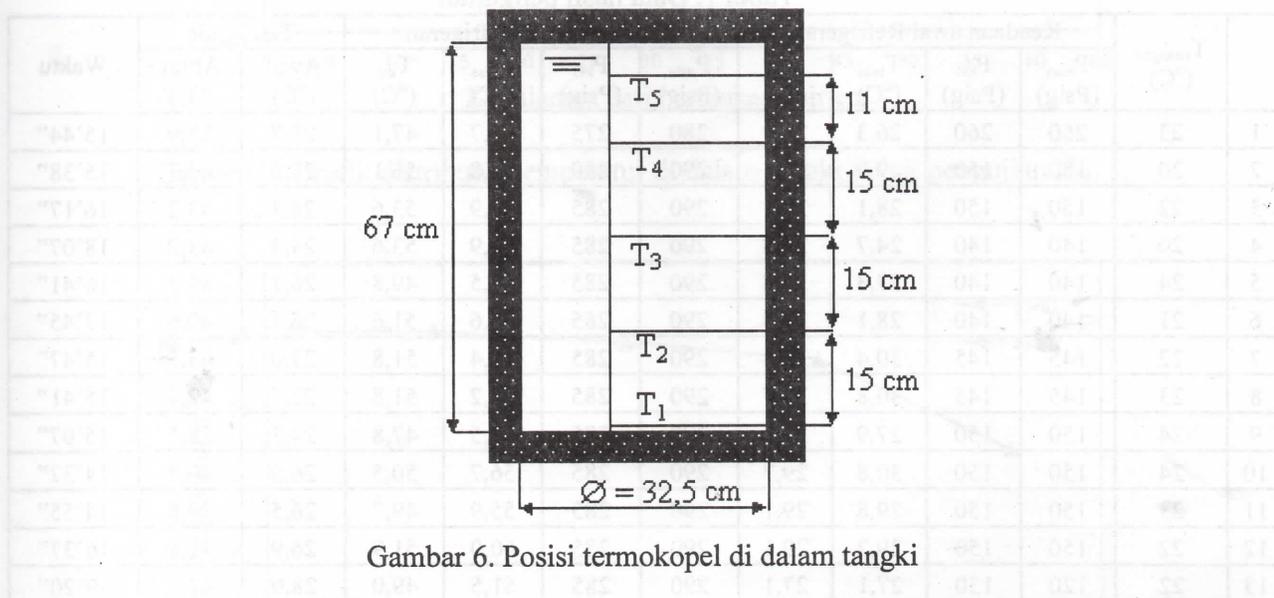
pipa koil heliks diukur dengan menggunakan termokopel tipe T. Distribusi temperatur air di dalam tangki diukur secara vertikal dengan tata letak seperti pada Gambar 6. Tekanan aliran refrigeran masuk dan keluar pipa koil heliks diukur dengan menggunakan manometer jenis Bourdon dengan jangkauan pengukuran 350 psig. Gambar alat percobaan dapat dilihat pada gambar di bawah ini.



Gambar 5. Skema alat percobaan

Keterangan :

- |                    |                 |                                 |
|--------------------|-----------------|---------------------------------|
| 1. Kondensator     | 3. Kompresor    | 5. Alat penukar panas           |
| 2. Katup penghenti | 4. Pipa kapiler | 6. Tangki penyimpanan air panas |



Gambar 6. Posisi termokopel di dalam tangki

### Pelaksanaan Pengujian

Pengujian dilakukan di Laboratorium Surya ITB. Sebelum proses pengambilan data dilakukan maka dilakukan langkah langkah persiapan yaitu: pengisian air ke dalam tangki, pemeriksaan alat ukur temperatur dan tekanan, pemeriksaan saluran/sambungan pipa koil heliks dari kemungkinan kebocoran. Setelah langkah persiapan dilakukan pengambilan data dapat dimulai, aliran refrigeran yang melalui kondensator ditutup dan aliran menuju pipa koil heliks dibuka. Kemudian dilakukan pencatatan parameter-parameter:

1. Temperatur pendinginan ruangan yang diinginkan.
2. Temperatur awal air di dalam tangki.
3. Temperatur dan tekanan awal refrigeran masuk dan keluar pipa koil heliks.

Kemudian mesin penata udara *split* dijalankan sampai tekanan aliran refrigeran masuk pipa koil heliks menunjukkan 280 dan 290 psig sedikit di bawah tekanan maksimum yang diperbolehkan di dalam masuk ke kondensor 300 psig. Setelah pengujian maka dilakukan pencatatan data berikut ini:

1. Temperatur air di dalam tangki.
2. Temperatur dan tekanan refrigeran masuk dan keluar pipa koil heliks.
3. Waktu yang dibutuhkan sampai tekanan refrigeran masuk pipa koil heliks mencapai 280 dan 290 psig.

## HASIL DAN ANALIS DATA

### Data Hasil Pengujian

Dalam pengujian ini dilakukan 13 kali untuk penyetelan temperatur ruangan yang di kondisikan yang berbeda-beda. Data hasil pengukuran temperatur air rata-rata di dalam tangki, temperatur refrigeran masuk dan keluar pipa koil heliks, tekanan masuk dan keluar pipa koil heliks untuk setiap awal dan akhir pengujian dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Data hasil pengujian

	T <sub>ruangan</sub> (°C)	Keadaan awal Refrigeran				Keadaan akhir Refrigeran				T <sub>rata-rata</sub> air		Waktu
		P <sub>mas</sub> (Psig)	P <sub>kel</sub> (Psig)	T <sub>mas</sub> (°C)	T <sub>kel</sub> (°C)	P <sub>mas</sub> (Psig)	P <sub>kel</sub> (Psig)	T <sub>mas</sub> (°C)	T <sub>kel</sub> (°C)	Awal (°C)	Akhir (°C)	
1	23	260	260	26,3	25,9	280	275	69,7	47,1	23,7	37,9	15'44"
2	20	150	150	29,0	29,1	290	280	48,8	56,1	28,6	40,7	15'38"
3	22	150	150	28,1	28,1	290	285	56,9	53,6	24,3	43,2	16'17"
4	20	140	140	24,7	24,8	290	285	56,9	53,6	24,3	43,2	18'07"
5	24	140	140	27,3	26,8	290	285	54,5	49,8	26,1	39,5	16'41"
6	21	140	140	28,1	28,0	290	285	56,6	51,6	26,3	40,6	17'45"
7	22	145	145	30,4	30,4	290	285	57,4	51,8	27,0	43,3	15'47"
8	23	145	145	30,8	30,7	290	285	58,2	51,8	27,5	42,4	15'41"
9	24	150	150	27,9	27,1	290	285	53,5	47,8	24,3	38,1	15'07"
10	24	150	150	30,8	29,7	290	285	56,7	50,5	26,5	40,8	14'37"
11	23	150	150	29,8	29,1	290	285	55,9	49,7	26,5	39,8	14'55"
12	22	150	150	29,2	29,1	290	285	60,0	51,9	26,9	41,8	16'37"
13	22	120	130	27,1	27,1	290	285	51,5	49,0	28,0	42,3	19'20"

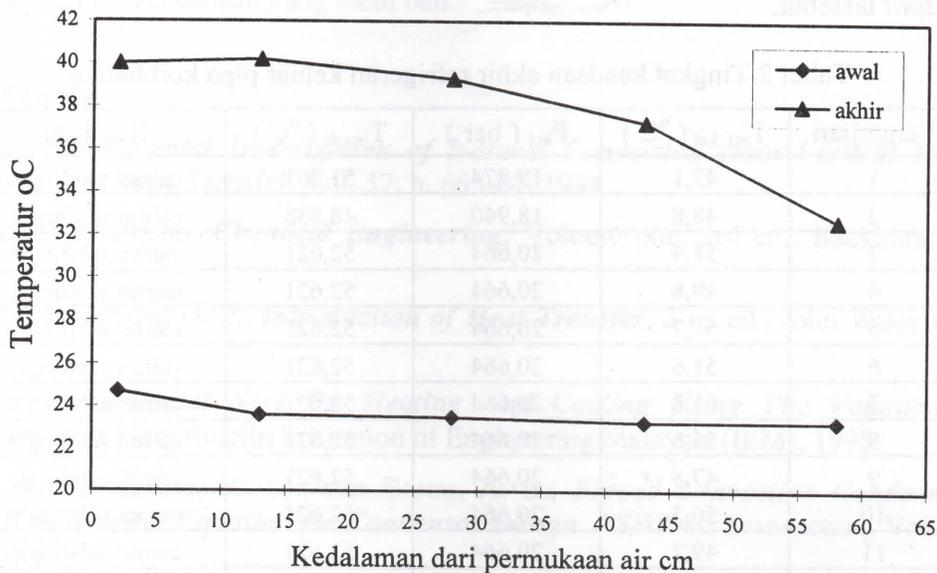
### Analisis Data

#### 1. Waktu Yang Dibutuhkan untuk Menaikkan Temperatur Air

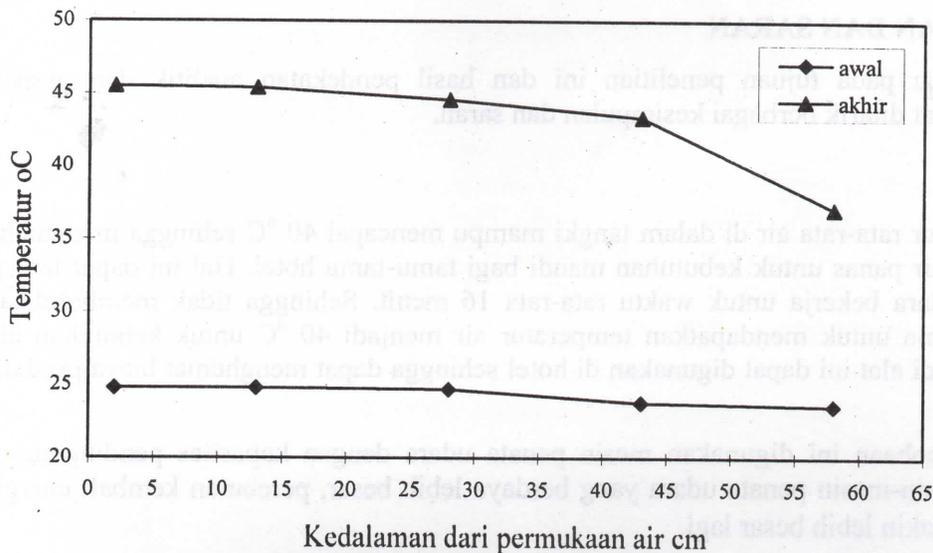
Dari hasil pengujian distribusi temperatur air di dalam tangki tidak seragam baik untuk keadaan awal dan setelah akhir pengujian. Jika diambil temperatur rata-rata hasil pengukuran maka dibutuhkan waktu 16 menit untuk menaikkan temperatur rata-rata air sampai 40°C.

## 2. Distribusi Temperatur Air di dalam Tangki

Dalam percobaan ini karena dilakukan tanpa menggunakan pengaduk maka terdapat gradien temperatur air di dalam tangki. Hal ini disebabkan sifat alamiah karena adanya perbedaan berat dari fluida tersebut dimana fluida yang lebih panas akan lebih ringan dibandingkan yang lebih dingin. Percobaan ini dilakukan dengan perbedaan set temperatur udara ruangan yang dikondisikan dari 20°C sampai 24°C, sesuai dengan kondisi nyaman yang umum digunakan di Indonesia. Distribusi temperatur air di dalam tangki untuk data pengujian yang pertama dan keempat dapat dilihat dalam Gambar 7 dan Gambar 8.



Gambar 7. Grafik distribusi temperatur di dalam tangki untuk pengujian No. 1.



Gambar 8. Grafik distribusi temperatur di dalam tangki untuk pengujian No. 4

### 3. Kemampuan Pengkondensasian Pipa Koil Heliks

Kondensor yaitu alat penukar panas yang berfungsi merubah fluida fase gas menjadi fase cair. Pada penelitian ini pipa koil heliks yang digunakan berfungsi sebagai alat untuk mengkondensasikan uap refrigeran yang dikompresikan oleh kompresor menjadi cair jenuh atau cair dingin. Dari hasil pengujian dapat diketahui temperatur dan tekanan refrigeran masuk dan keluar pipa koil heliks sehingga diketahui tingkat keadaan refrigeran masuk dan keluar pipa koil heliks tersebut. Tingkat keadaan dari tiap-tiap hasil pengujian dapat dilihat di dalam Tabel 2. Dari hasil tingkat keadaan menunjukkan bahwa kondisi refrigeran keluar dari pipa koil heliks adalah dalam keadaan cairan subdingin. Sehingga pipa koil heliks ini dapat digunakan sebagai pengganti kondensor dan tidak mengganggu penggunaan mesin penata udara *split* tersebut.

Tabel 2 Tingkat keadaan akhir refrigeran keluar pipa koil heliks

Pengujian	$T_{ref\ kel}$ (°C)	$P_{kel}$ (bar)	$T_{jenuh}$ (°C)	Keadaan
1	47,1	19,974	51,201	cairan subdingin
2	48,8	18,940	48,838	cairan subdingin
3	51,4	20,664	52,621	cairan subdingin
4	49,8	20,664	52,621	cairan subdingin
5	51,7	20,664	52,621	cairan subdingin
6	51,6	20,664	52,621	cairan subdingin
7	51,8	20,664	52,621	cairan subdingin
8	51,8	20,664	52,621	cairan subdingin
9	47,8	20,664	52,621	cairan subdingin
10	50,5	20,664	52,621	cairan subdingin
11	49,7	20,664	52,621	cairan subdingin
12	51,9	20,664	52,621	cairan subdingin
13	49,0	20,664	52,621	cairan subdingin

### KESIMPULAN DAN SARAN

Mengacu pada tujuan penelitian ini dan hasil pendekatan analitik dan eksperimental yang diperoleh dapat ditarik berbagai kesimpulan dan saran.

#### Kesimpulan

1. Temperatur rata-rata air di dalam tangki mampu mencapai 40 °C sehingga memenuhi untuk dibuat menjadi air panas untuk kebutuhan mandi bagi tamu-tamu hotel. Hal ini dapat tercapai saat mesin penata udara bekerja untuk waktu rata-rata 16 menit. Sehingga tidak membutuhkan waktu yang terlalu lama untuk mendapatkan temperatur air menjadi 40 °C untuk kebutuhan air panas untuk mandi. Jadi alat ini dapat digunakan di hotel sehingga dapat menghemat biaya produksi air panas di hotel.
2. Pada percobaan ini digunakan mesin penata udara dengan kapasitas pendinginan 2721 W. Jadi untuk mesin-mesin penata udara yang berdaya lebih besar, perebutan kembali energi yang mampu diserap makin lebih besar lagi.
3. Bila mesin penata udara ini bekerja selama 12 jam, maka dalam satu hari air panas yang dapat diperoleh yaitu 2400 liter dengan pemanasan untuk satu kali pemanasan air di dalam tangki 50 liter.

## Saran-Saran

1. Untuk mendapatkan hasil yang lebih baik aliran refrigeran masuk piap koil heliks dalam keadaan datar sehingga gradien temperatur air di dalam tangki semakin kecil.
2. Di dalam penggunaan praktisnya di hotel-hotel dan motel-motel sebaiknya digunakan katup-katup yang dapat dikontrol secara otomatis oleh tekanan kerja refrigeran masuk pipa koil heliks sehingga tidak mengganggu kerja dari mesin penata udara *split* ini.
3. Perlu penelitian lebih lanjut mengenai aliran perubahan fase di dalam pipa koil heliks sehingga mendapatkan hasil perencanaan yang lebih baik.

## DAFTAR PUSTAKA

1. Ali, M. E., *Experimental Investigation of Natural Convection from Vertical Helical Coiled Tubes*, Int. J. Heat Mass Transfer, Vol. 37, h. 665-67, 1994.
2. Coulson and Richardson, *Chemical Engineering*, Volume one, 3rd ed., Backhurst and Harker, 1977.
3. Incropera, F. P., Dewit, D. P., *Introduction of Heat Transfer*, 2 nd ed., John Wiley & Sons, New York, 1990.
4. K. S. Ong, *A Technical Note On Heating And Cooling Using The Vapour-Compression Refrigerating Machine*, Buletin Institution of Engineering Malaysia (IEM), 1995.
5. Travis, D. P., Rohsenow, W. M., dan Baron, A. B., *Forced Convection Condensation Inside Tubes: A Heat transfer Equation for Condensor Design*, ASHRAE Transaction, Vol. 79, No. 2, h. 31-39, 1973.