

ANALISIS *HELICAL HEAT EXCHANGER* SEBAGAI KONDENSER DAN *WATER HEATER* UNTUK MEMANFAATKAN PANAS BUANG PADA PERANGKAT PENGKONDISIAN UDARA

Abrar Ridwan, Mintarto

Laboratorium Teknik Mesin, Universitas Muhammadiyah Riau.
Teknik Mesin, Universitas Muhammadiyah Riau
Email: ridwanabrar@yahoo.com

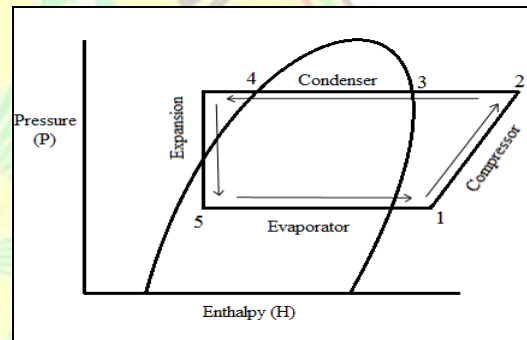
ABSTRAK

Studi ini menganalisis perangkat pengkondisian udara, dengan memanfaatkan panas buang pada *Helical Heat Exchanger* sebagai kondenser dan *water heater* sebagai pemanfaatan energi yang terbuang. Mengansumsikan perangkat pengkondisian udara bekerja secara normal dengan kapasitas kompresor sebesar 1 PK, temperatur kondensasi sebesar 50 °C dan evaporasi sebesar 5 °C

Kata Kunci: Pengkondisian Udara, Water Heater, Temperatur

1. PENDAHULUAN

Perangkat pengkondisian udara merupakan sebuah mekanisme berupa siklus yang mengambil energi dari suatu tempat bertemperatur rendah ke tempat tempat bertemperatur tinggi yaitu lingkungan. Perangkat pengkondisian udara menghasilkan panas yang selama ini tidak termanfaatkan. Dari sudut pandang penghematan energi, panas yang terbuang dapat dimanfaatkan menjadi energi yang berguna, selain dari manfaat utama dari perangkat tersebut. Penelitian ini melakukan studi analisis hasil perencanaan kondenser dengan pendingin air pada sistem refrigerasi (*air conditioning*), guna memperoleh efisiensi energi. Studi dilakukan pada segi teknis, sehingga di akhir pelaksanaan penelitian ini didapatkan kesimpulan yang tepat untuk pemasangan kondenser pendingin air pada sistem *air conditioning* secara efisien.

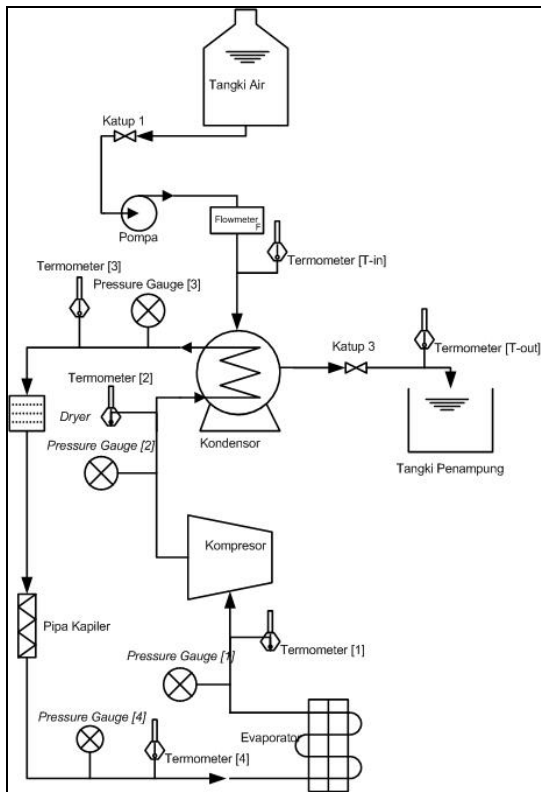


Gambar 1. Proses Siklus Refrigerasi Kompresi Uap pada diagram P-h

Dalam siklus refrigerasi mengalir fluida/media pendingin berupa refrigeran yang dapat menyerap kalor pada temperatur rendah (ASHRAE, 2005). Bahan pendingin ini mudah berubah dari wujud cair ke gas dan atau sebaliknya. Skema pemasangan kondenser sebagai *water heater* dapat dilihat pada gambar 2.

2. METODOLOGI PENELITIAN

a. Siklus Refrigerasi Kompresi Uap



Gambar 2. Skema Alat Uji dengan Kondenser Sebagai Water Heater

b. Dasar-Dasar Perhitungan

Dasar-dasar perhitungan pada siklus kompresi uap standar berdasarkan pada gambar 1, berhubungan dengan tekanan (P) dengan entalpi (h) dan temperatur (T) dengan entropi (s) pada siklus kompresi uap standar.

Dampak Refrigerasi (q_e)

Jumlah kalor yang diserap oleh evaporator per satuan massa pada saat terjadi penguapan (Moran & Shapiro, 2006):

$$q_e = h_1 - h_4$$

Daya Spesifik dan Daya Total Kompresor (w)

Kerja spesifik adalah kerja yang setara dengan perubahan entalpi selama proses kompresi dan dirumuskan sebagai berikut (Moran & Shapiro, 2006):

$$w = h_2 - h_1$$

Kebutuhan daya total kompresor adalah laju aliran massa kerja spesifik kompresor selama proses kompresi isentropik (Moran & Shapiro, 2006):

$$W = \dot{m}_{ref}(h_2 - h_1)$$

dimana:

W = daya total, (Watt)

w = kerja spesifik kompresor (kJ/kg)
 h₁ = entalpi pada awal proses kompresi, (kJ/kg)

h₂ = entalpi pada akhir proses kompresi, (kJ/kg)

Laju Aliran Masa Refrigeran

Laju aliran masa ini menggambarkan besarnya massa tiap satuan waktu (Moran & Shapiro, 2006):

$$\dot{m}_{ref} = \frac{Q_e}{q_e}$$

dimana:

Q_e = beban pendinginan, (Watt)

q_e = dampak refrigerasi, (kJ/kg)

\dot{m}_{ref} = laju aliran massa, (kg/s)

Panas Buang Kondenser

Panas refrigeran yang dibuang kondenser disebut panas buang kondenser, besarnya adalah (Moran & Shapiro, 2006):

$$q_k = h_2 - h_3 \quad (\text{Moran \& Shapiro, 2006})$$

dimana:

q_k = panas buang kondenser, (kJ/kg)

h₂ = entalpi pada awal desuperheating, (kJ/kg)

h₃ = entalpi pada akhir kondensasi, (kJ/kg)

Kalor Buang Total Kondenser

Kalor buang total kondenser adalah kalor yang dibuang kondenser dikalikan dengan laju aliran massa refrigeran. Besarnya adalah (Moran & Shapiro, 2006):

$$Q_k = \dot{m}_{ref} \cdot q_k$$

dimana:

Q_k = kalor buang total kondenser, Watt

Bila kondenser atau koil yang digunakan sebagai water heater, maka kalor yang diserap air dapat dihitung dengan persamaan (Moran & Shapiro, 2006):

$$Q = m \cdot Cp \cdot (T_{max} - T_o)$$

dimana:

Q = alor yang diserap oleh air, (J)

Cp = panas jenis, (J/kg oC)

m = volume air, (kg)

T_{max} = temperatur maksimum, (oC)

T_o = temperatur awal, (oC)

Efektivitas Kondenser

Besarnya efektivitas pada kondenser dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut:

$$\varepsilon = \frac{\text{Perpindahan Kalor Nyata}}{\text{Perpindahan Kalor yang Mungkin}}$$

$$\varepsilon = \frac{\dot{Q}}{\dot{Q}_{\max}}$$

$$\dot{Q} = \dot{m} \cdot C_p \cdot (T_{co} - T_{ci})$$

dimana:

\dot{Q} = Perpindahan kalor nyata

\dot{m} = Laju aliran massa

C_p = Kalor spesifik air pada temperatur rata-rata

$T_{co}-T_{ci}$ = Beda temperatur masuk dan keluar

COP (Coefficient Of Performance)

COP dipergunakan untuk menyatakan perfoma (unjuk kerja) dari siklus refrigerasi. Semakin tinggi COP yang dimiliki oleh suatu mesin refrigerasi maka akan semakin baik mesin refrigerasi tersebut. COP tidak mempunyai satuan karena merupakan perbandingan antara dampak refrigerasi dengan kerja spesifik kompresor (Moran & Shapiro, 2006):

$$COP = \frac{h_1 - h_4}{h_2 - h_1}$$

dimana:

COP = prestasi kerja mesin refrigerasi

h_1 = entalpi masuk kompresor, (kJ/kg)

h_2 = entalpi keluar kompresor, (kJ/kg)

h_4 = entalpi masuk evaporator, (kJ/kg)

Metode pengumpulan data yang dilakukan pada penelitian ini adalah metode studi literatur, pengujian atau eksperimen. Metode studi literatur bertujuan untuk mendapatkan data perencanaan dan proses pembuatan. Metode pengujian dilakukan untuk mengetahui kinerja dari hasil perancangan dan pembuatan. Penelitian dimulai pengambilan data secara langsung pada alat pengkondisian udara untuk menghitung kapasitas pemanasan pada kondenser dan efektifitas berdasarkan laju aliran massa air.

Data yang diperlukan dalam penelitian ini adalah:

a. Data spesifikasi mesin pengkondisian udara

b. Laju aliran massa air, temperatur dan *pressure* yang

c. Data energi perpindahan panas yang diterima oleh air dari refrigeran melalui *tube heat exchanger*

Data yang diperoleh dari penelitian akan dianalisis dengan menggunakan metode dan kaidah perpindahan panas serta menggunakan properti dari refrigeran yang digunakan. Hasil dari analisis pengolahan data akan digunakan untuk menarik kesimpulan nilai prestasi kerja mesin refrigerasi dan kelayakan mesin pengkondisian udara menggunakan kondenser *water heater*.

Tempat Pengambilan Data

Pengambilan data dan pengujian dilakukan di Laboratorium Konversi Energi Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik-Universitas Riau

Spesifikasi Teknik Mesin Pengkondisian Udara

Adapun spesifikasi mesin pengkondisian udara yang akan digunakan adalah sebagai berikut:

- Merek : Panasonic
- Tipe : Eolia
- Kompresor : Rotari, tipe hermatik 1 PK
- Refrigeran : R22

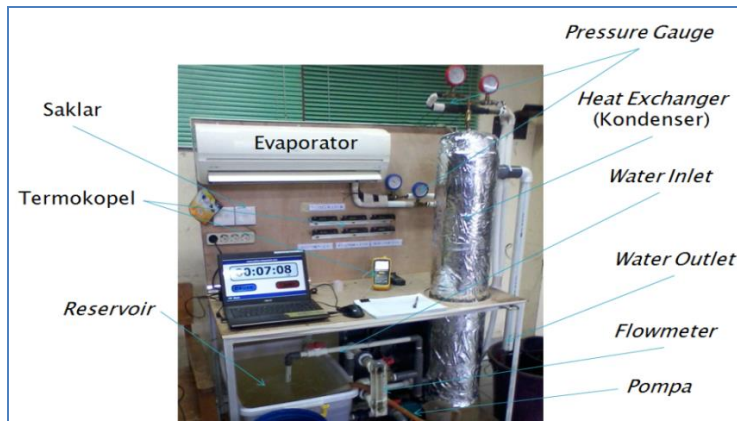
Alat Ukur dan Peralatan

Kondenser *Water Heater* menggunakan *helical coil material tube* tembaga. Adapun alat ukur yang digunakan adalah:

- Pressure Gauge : 4 buah
- Termokopel : 7 buah
- Flowmeter : 1 buah

Sedangkan peralatan yang digunakan antara lain:

- Tang *Ampere*
- Stop watch
- Digital Termometer
- Toolbox set Air Conditioning



Gambar 3 Alat Uji

Prosedur Pengujian

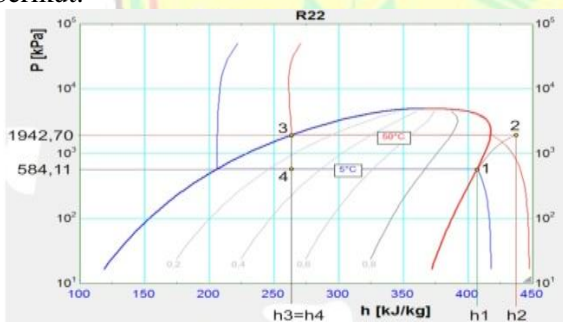
Dalam melakukan pengujian, ada beberapa prosedur antara lain:

1. Mempersiapkan alat uji dan perlengkapannya
2. Mengisi air pada *reservoir* kemudian air dialirkan pada tabung kondenser
3. Alat uji dihidupkan dengan cara menekan tombol ON
4. Laju aliran massa air diatur sesuai dengan perencanaan

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Perancangan kondenser sebagai *water heater* dapat dilihat pada diagram P-h rancangan sebagai berikut:

Tabel 1. Entalpi berdasarkan diagram P-h



Keadaan	Entalpi (KJ/kg)
1	406,80
2	442,31
3	263,20
4	263,20

Gambar 4 Diagram P-h Rancangan

Berdasarkan diagram di atas sifat-sifat refrigeran (R22) dapat dilihat pada tabel sebagai berikut:

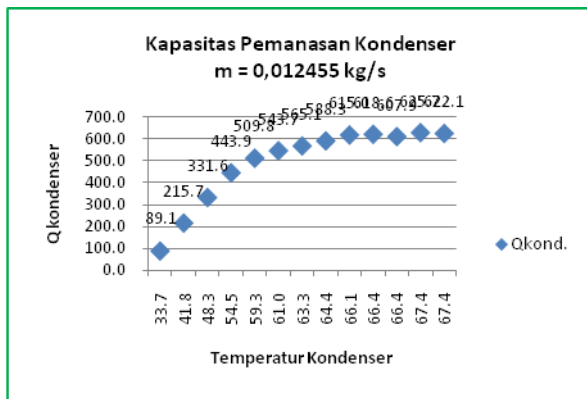
Tabel 2. Rekapitulasi Perhitungan COP dari diagram P-h

No.	Perhitungan	Rumus	Hasil
1	Dampak Refrigerasi	$q_e = h_1 - h_4$	143,6 kJ/kg
2	Daya Spesifik Kompresor	$w = h_2 - h_1$	35,51 kJ/kg
3	Daya Total Kompresor	$W = \dot{m}_{ref}(h_2 - h_1)$	0,653 kJ/s
4	Laju Aliran Massa Refrigeran	$\dot{m}_{ref} = \frac{Q_e}{q_e}$	0,0184 kg/s
5	Panas Buang Kondenser	$q_k = h_2 - h_3$	179,11 kJ/kg
6	Kalor Buang Total Kondenser	$Q = \dot{m} \cdot Cp \cdot (T_{max} - T_o)$	0,573 kJ/s
7	COP Tanpa <i>Water Heater</i>	$COP = \frac{(h_1 - h_4)}{h_2 - h_1}$	4,043

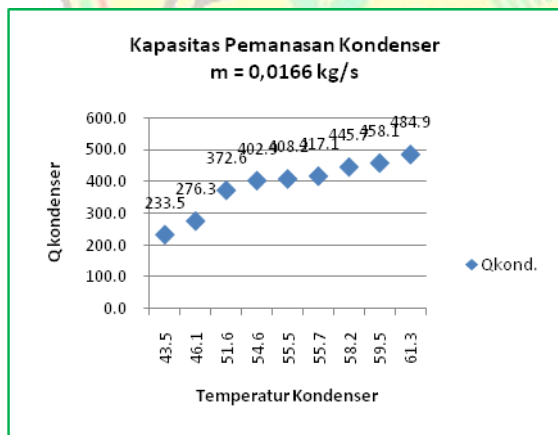
No.	Perhitungan	Rumus	Hasil
8	COP Menggunakan <i>Water Heater</i>	$COP = \frac{(h_1 - h_4) + (h_2 - h_3)}{h_2 - h_1}$	9,088

Data-Data Hasil Pengujian

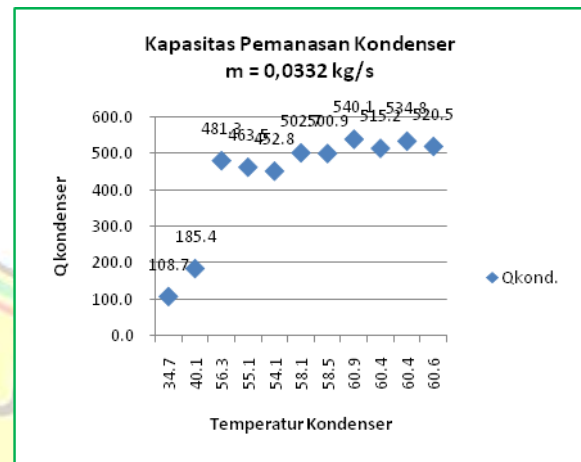
Data hasil pengujian kapasitas pemanasan kondenser berdasarkan laju aliran massa air dapat dilihat pada grafik sebagai berikut:



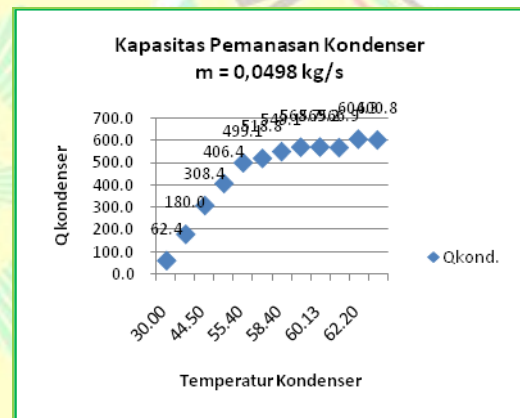
Gambar 5. Kapasitas pemanasan kondenser pada laju aliran massa air 0,012455 kg/s



Gambar 6. Kapasitas pemanasan kondenser pada laju aliran massa air 0,0166 kg/s

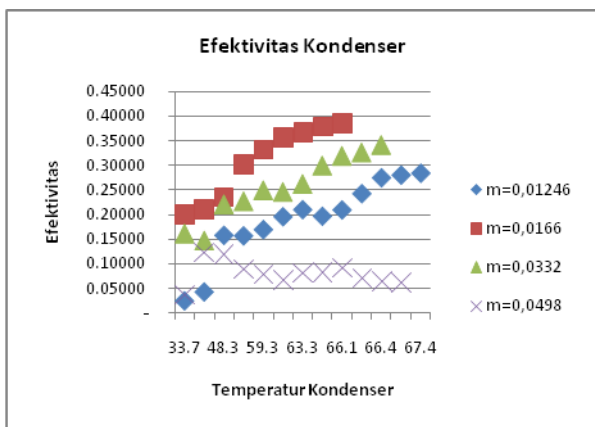


Gambar 7. Kapasitas pemanasan kondenser pada laju aliran massa air 0,0332 kg/s

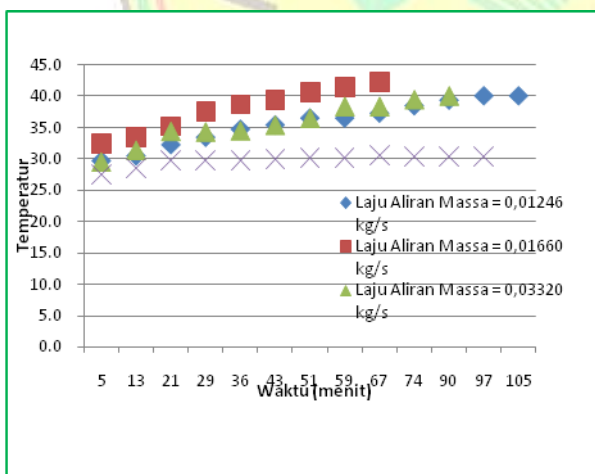


Gambar 8. Kapasitas pemanasan kondenser pada laju aliran massa air 0,0498 kg/s

Gambar di atas merupakan pengujian temperatur dimulai pada pukul 11.30 WIB. Dapat dilihat bahwa temperatur awal pada sisi masuk kondenser minimum 30 °C dan temperatur maksimum mencapai 67,4 °C. Grafik di atas menunjukkan peningkatan nilai kapasitas pemanasan kondenser maksimum terhadap perubahan temperatur, terjadi pada laju aliran massa air sebesar 0,01244 kg/s. Sedangkan untuk melihat nilai efektivitas dapat dilihat pada gambar 9.



Besarnya nilai efektivitas dipengaruhi oleh besarnya nilai kalor *actual*, hal ini dapat diperhatikan dari grafik data pegujian. Perbandingan laju aliran massa air 0,01246 kg/s, 0,0166 kg/s, 0,0332 kg/s, dan 0,0498 kg/s, dimana nilai efektivitasnya akan semakin kecil seiring menurunnya nilai kalor *actual*(Gambar 9). Hal ini dipengaruhi oleh perubahan temperatur. Nilai efektivitas maksimum yang tercapai sebesar 0,38 atau sebesar 38%.



Berdasarkan grafik di atas, temperatur rancangan dapat tercapai dengan laju aliran massa air maksimum sebesar 0,0332 kg/s.

Analisis

Berdasarkan data hasil perhitungan *Coefficient Of Performance* (COP), setelah menggunakan kondenser sebagai *water heater* mengalami kenaikan sebesar 5,044. Dengan demikian panas buang pada perangkat pengkondisian udara dapat dimanfaatkan. Hal ini tidak akan memperangaruhi dari fungsi utamanya.

4. KESIMPULAN

Semua sampel cincau hijau minuman air akar yang dijual di daerah Pekanbaru mempunyai nilai ALT melebihi batas maksimum cemaran mikroba dalam pangan yang dipersyaratkan oleh BPOM dan SNI 7388 (2009) untuk jeli agar yaitu 1×10^4 koloni/g. Bentuk bakteri yang dominan ditemukan berdasarkan pewarnaan bakteri adalah golongan kokus gram positif.

5. DAFTAR PUSTAKA

Ashrae Handbook, (2005), Fundamental American Society of Heating, Refrigeration and Air Conditioning Engineer, SI Edition

Incropera, F.P., DeWitt, Bergman, dan Lavine. (2006). Fundamentals of Heat and Mass Transfer, Edisi ke 6.

Michael J. Moran & Howard N. Shapiro, (2006), Termodinamika Teknik, Erlangga, Jakarta