

Analisis Performansi Sistem Pendingin Ruangan Dikombinasikan dengan Water Heater

I Gusti Agung Pramacakrayuda^{a)}, Ida Bagus Adinugraha^{b)}
Hendra Wijaksana^{b)}, Nengah Suarnadwipa^{b)}

^{a)} Teknik Mesin, Program Pasca Sarjana, Universitas Udayana, Denpasar.

^{b)} Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Udayana, Bukit Jimbaran
email:nengah.suarnadwipa@me.unud.ac.id

Abstraksi

Pada umumnya AC Window digunakan untuk mengkondisikan udara ruangan agar berada pada kondisi udara yang diinginkan. Panas pada kondensor dapat dimanfaatkan untuk fungsi yang lain sehingga tidak ada panas yang terbuang percuma. Memodifikasi AC Window dengan penambahan tabung pemanas air bertujuan untuk memanfaatkan panas yang akan dibuang kondensor menuju lingkungan untuk memanaskan air.

Tabung Pemanas dipasang pada Penelitian dilakukan dengan melihat pengaruh penambahan suatu tabung pemanas air terhadap COP (Coefficient of Performance), laju pendinginan ruangan, serta laju pemanasan air dalam tabung pada AC Window.

Dari hasil penelitian yang dilakukan, didapat hasil bahwa COP AC Window dengan penambahan tabung pemanas mengalami penurunan sebesar 0,3369 kJ/s, serta penurunan pada laju pendinginan ruangan sebesar 0,002 kJ/s. sedangkan untuk laju pemanasan air pada tabung didapatkan sebesar 0,0688 kJ/s

Kata kunci : Tabung pemanas air, COP, Laju pendinginan ruangan, Laju pemanasan air

1. PENDAHULUAN

Sistem AC Window terdiri dari empat komponen utama yaitu kompresor, kondensor, katup ekspansi, dan evaporator^[1]. Keempat bagian ini utama dirangkai menjadi siklus rangkaian tertutup. AC Window ini juga menghasilkan energi terbuang berupa panas yang diserap dari ruangan kemudian dilepaskan ke lingkungan.

Dalam rangka memanfaatkan energi panas terbuang dari sistem AC Window, maka sistem AC Window dimodifikasi dengan menambahkan Water Heater (Pemanas Air). Dari sistem AC standar yaitu kompresor, kondensor, alat ekspansi dan evaporator, ditambahkan suatu tabung pemanas air yang diletakkan di antara pipa discharge kompresor dan kondensor. Sistem pemanas air ini akan menyerap panas yang akan dilepaskan kondensor ke lingkungan dan digunakan untuk memanaskan air dalam tabung yang nantinya dapat dipergunakan untuk keperluan lainnya.

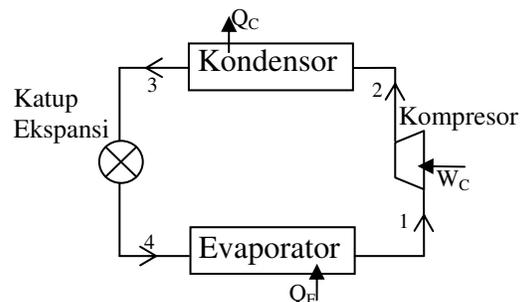
Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh penambahan tabung pemanas pada sistem terhadap COP, Laju pendinginan ruangan, dan laju pemanasan oleh tabung pemanas.

Dengan adanya penelitian ini diharapkan panas pada sistem AC Window yang selama ini terbuang percuma dapat dimanfaatkan untuk kegunaan lainnya.

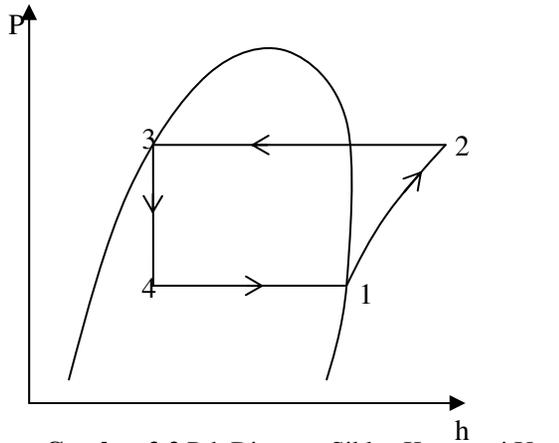
2. TINJAUAN PUSTAKA

Siklus Refrigerasi Kompresi Uap

Siklus refrigerasi kompresi uap merupakan jenis mesin pendingin yang paling sering digunakan saat ini. Mesin pendingin ini terdiri dari empat komponen utama yaitu kompresor, kondensor, katup ekspansi dan evaporator. Dalam siklus ini uap refrigeran bertekanan rendah akan ditekan oleh kompresor sehingga menjadi uap refrigeran bertekanan tinggi, dan kemudian uap refrigeran bertekanan tinggi diembunkan menjadi cairan refrigeran bertekanan tinggi dalam kondensor. Kemudian cairan refrigeran tekanan tinggi tersebut tekanannya diturunkan oleh katup ekspansi agar cairan refrigeran tekanan rendah tersebut dapat menguap kembali dalam evaporator menjadi uap refrigeran tekanan rendah. Susunan keempat komponen tersebut secara skematik dapat ditunjukkan pada gambar 2.1. Pada gambar 2.2 menunjukkan P-h diagram Siklus Kompresi Uap Standa



Gambar 2.1 Skematik Sistem Pendingin Siklus Kompresi Uap Standar^[5]



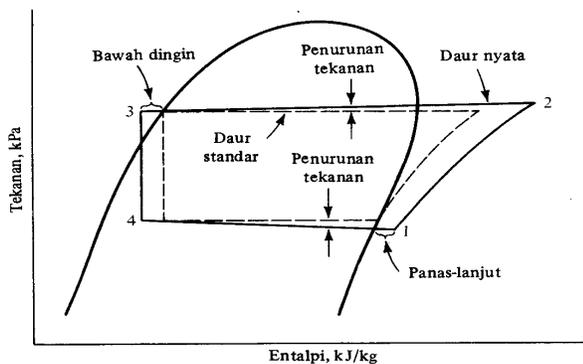
Gambar 2.2 P-h Diagram Siklus Kompresi Uap Standar^[5]

Siklus Kompresi Uap Aktual

Pada kenyataannya siklus kompresi uap mengalami penyimpangan dari kompresi uap standar, seperti ditunjukkan pada gambar 2.3. Perbedaan penting siklus kompresi siklus uap aktual dari siklus standar adalah:

1. Terjadi penurunan tekanan di sepanjang pipa kondensor dan evaporator.
2. Adanya proses dibawah dingin (*sub cooling*) cairan yang meninggalkan kondensor sebelum memasuki katup ekspansi.
3. Pendinginan lanjut uap yang meninggalkan evaporator sebelum memasuki kompresor.
4. Terjadi kenaikan entropi pada saat proses kompresi (kompresi tak isentropik).
5. Proses ekspansi berlangsung non-adiabatik.

Walaupun siklus aktual tidak sama dengan siklus standar, tetapi proses ideal dalam siklus standar sangat bermanfaat dan diperlukan untuk mempermudah analisis secara teoritik.



Gambar 2.3 Siklus Kompresi Uap Aktual dan Siklus Standar^[5]

Kerja Kompresi

Kerja kompresi merupakan perubahan enthalpy pada proses 1-2 pada gambar 2.2. Hubungan ini diturunkan dari persamaan energi umum untuk analisa volume atur (control volume):

$$w_c = h_2 - h_1 \left(\frac{kJ}{kg} \right) \quad \dots (1)$$

Dampak Refrigerasi

Dampak refrigerasi merupakan besarnya kalor yang dipindahkan pada proses 4-1 yaitu sebagai berikut:

$$q_r = h_1 - h_4 \quad (kJ/kg) \quad \dots (2)$$

Koefisien Prestasi (COP)

COP dari siklus kompresi uap standar adalah dampak refrigerasi dibagi kerja kompresi, yaitu:

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

Laju Pendinginan

Laju pendinginan adalah kecepatan penurunan temperatur oleh sistem pendingin terhadap ruangan per satuan waktu atau selang waktu tertentu^[4].

Laju pendinginan ruangan (\dot{q}_r) dapat dihitung dengan persamaan berikut:

$$\dot{q}_r = m \cdot c_p \cdot \frac{dT}{dt} \quad \dots (4)$$

Laju Pemanasan Air pada Water Heater

Laju pemanasan adalah kecepatan peningkatan temperatur oleh sistem pendingin terhadap pemanas air (*Water Heater*) per satuan waktu tertentu^[3].

Laju pemanasan *Water Heater* (\dot{q}_w) dapat dihitung dengan persamaan berikut:

$$\dot{q}_w = m \cdot c_p \cdot \frac{T_{akhir} - T_{awal}}{\Delta t} \quad \dots (5)$$

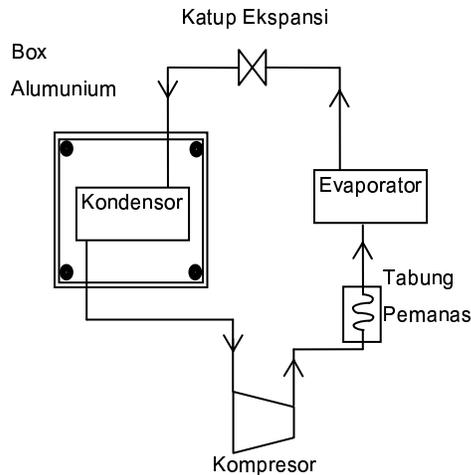
3. METODE PENELITIAN

Penelitian ini akan dilakukan dengan melakukan pengambilan data di lapangan dan pengolahan data secara matematis. Data yang akan diambil adalah data dalam kondisi aktual, yaitu pengambilan data dari sistem AC Standar dan sistem AC dengan penambahan Water Heater. Adapun parameter yang diukur dari kedua sistem diatas antara lain berupa tekanan masuk dan keluar kompresor serta

temperatur di 4 titik pada box aluminium berukuran 1m x 1m x 1m.

Modifikasi dari AC window ini adalah dengan penambahan tabung pemanas yang memiliki volume 2 liter. Dimana tabung ini dihubungkan dengan pipa keluar dari kompresor dan pipa yang menuju ke kondensor.

Adapun skema dari modifikasi sistem AC Window ini dapat dilihat pada gambar 2.4.

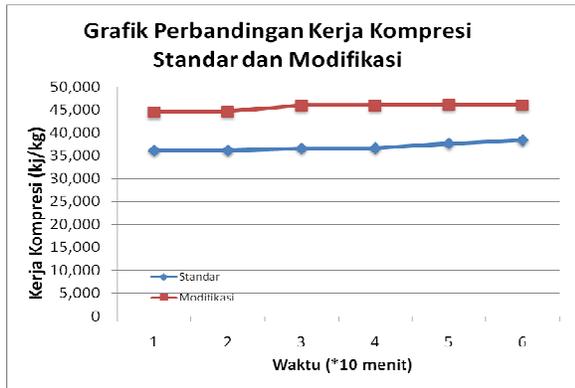


Gambar 2.4. Rangkaian Sistem AC Window dengan penambahan Pemanas Air

Pencatatan data dilakukan setiap 10 menit selama 60 menit.

4. Hasil dan Pembahasan

Di bawah ini merupakan grafik perbandingan kerja kompresi dari dua sistem tersebut.

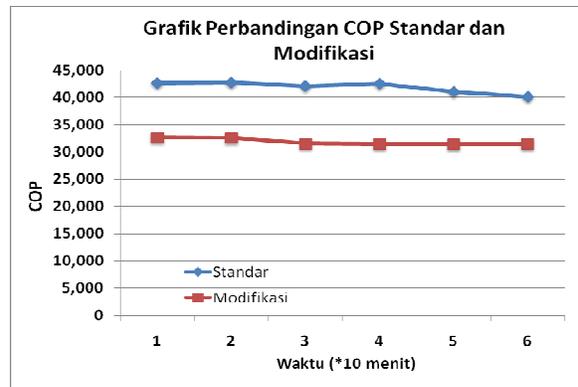


Gambar 4.1. Grafik perbandingan Kerja Kompresi pada AC window standard dan modifikasi

Dalam waktu 60 menit, kerja kompresi rata-rata yang dicapai AC Window standar adalah sebesar **37,008** kJ/kg, sedangkan AC Window dengan modifikasi *Water Heater* adalah sebesar **45,565** kJ/kg.

Disini terlihat bahwa kerja kompresi AC Window dengan modifikasi *Water Heater* lebih besar dibandingkan dengan AC Window standar, disebabkan dengan AC Window standar, dikarenakan refrigeran yang digunakan pada sistem modifikasi tersebut jumlahnya lebih banyak. Penambahan tabung air untuk *Water Heater* mengharuskan dilakukannya penambahan panjang pipa refrigeran yang dilalui air dalam tabung.

Untuk perbandingan COP pada AC Window standar dengan AC Window modifikasi dapat dilihat pada Gambar 4.2.



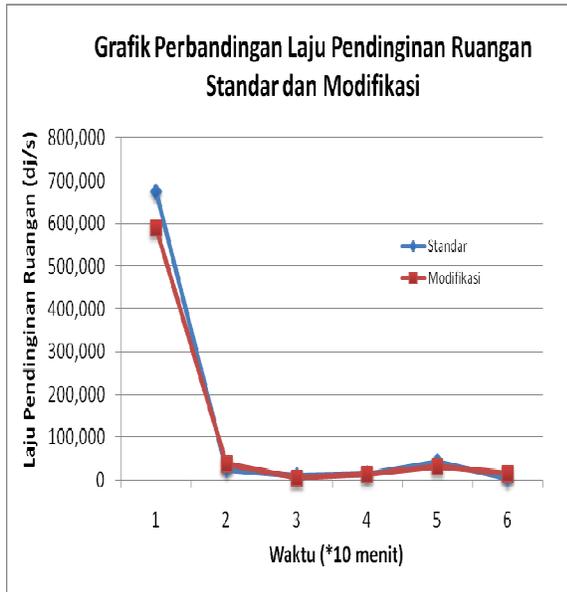
Gambar 4.2 Grafik perbandingan COP pada AC Standar dengan AC Modifikasi

Dapat dilihat bahwa COP pada AC Window modifikasi lebih rendah dari COP pada AC Window standar. Rata-rata COP pada AC Window standar menunjukkan angka 4,1799 sedangkan pada AC Window modifikasi menunjukkan angka 3,1843. Sehingga terjadi penurunan nilai COP dengan nilai rata-rata 0,3669.

Hal ini disebabkan oleh dampak refrigerasi yang lebih kecil dibandingkan dengan kerja kompresor yang lebih besar.

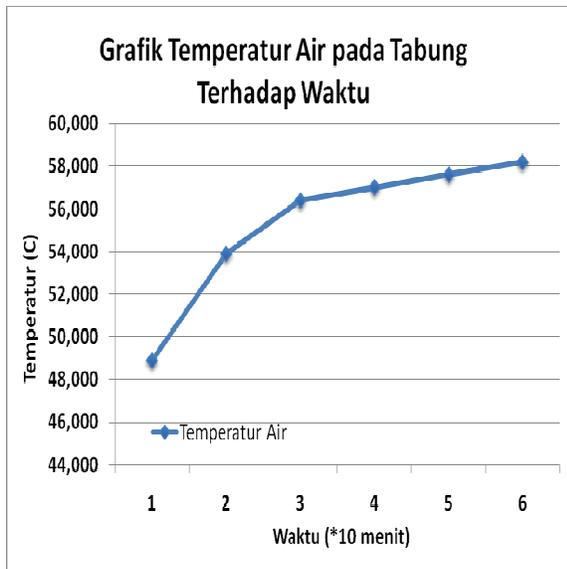
Pada gambar 4.3 menunjukkan bahwa laju pendinginan ruangan pada AC Window standar lebih besar dari AC Window modifikasi. Pada AC Window standar memiliki laju pendinginan ruangan sebesar 0,0673 kJ/s pada menit awal dan di menit akhir sebesar 0,0040 kJ/s. sedangkan pada AC window modifikasi memiliki laju pendinginan ruangan sebesar 0,0588 kJ/s di menit awal dan di menit akhir sebesar 0,0014 kJ/s.

Dari data tersebut dapat dikatakan bahwa perpindahan energi yang terjadi pada sistem AC Window standar lebih besar, sehingga menghasilkan pendinginan yang lebih cepat.



Gambar 4.3 Grafik perbandingan Laju Pendinginan pada AC Standar dengan AC Modifikasi

Hubungan temperatur air pada tabung pemanas terhadap waktu adalah berbanding lurus. Semakin lama AC beroperasi maka temperatur air akan meningkat. Pada gambar 4.4. menunjukkan bahwa pada selang 10 menit pertama temperatur air mencapai 48,9°C dan pada selang 10 menit terakhir temperatur air mencapai 58,2°C.



Gambar 4.2. Grafik temperatur air pada Tabung Pemanas terhadap waktu

5. KESIMPULAN

Dari hasil pengujian, pengolahan data, analisis grafik dan pembahasan diperoleh kesimpulan, sebagai berikut :

1. Didapatkan manfaat pemanasan air pada AC Window dengan Laju Pemanasan rata-rata sebesar **0,0688 kJ/s**. Namun terjadi penurunan COP dari sistem AC Window standar dengan penurunan rata-rata sebesar **0,3369**. Hal ini dimungkinkan terjadi karena kerja kompresi yang lebih besar mengingat jumlah refrigeran yang digunakan lebih banyak karena penambahan panjang dari pipa refrigeran.

2. Dapat dilihat juga bahwa dengan adanya pemanfaatan pemanasan air pada AC Window, menyebabkan penurunan Laju Pendinginan Ruangan dengan penurunan rata-rata sebesar **0,002 kJ/s** dari AC Window Standar. Penurunan ini disebabkan karena adanya penurunan Dampak Refrigerasi dari AC Window tersebut.

Notasi

c_p = Kalor spesifik udara pada tekanan konstan (J/kg.K)

COP = Koefisien prestasi

h = Enthalpi (kJ/kg)

q_r = Dampak Refrigerasi (kJ/kg)

\dot{m} = Laju Aliran massa (kg/s)

P = Tekanan (kPa)

\dot{q}_r = Laju pendinginan ruangan (kJ/s)

\dot{q}_w = Laju pemanasan air (kJ/s)

s = Entrhopi (kJ/kg.K)

T = Temperatur (°C)

t = Waktu (menit)

v = Volume Ruangan (m³)

W_c = Kerja Kompresor (kJ/kg)

ρ = Massa jenis udara (kg/m³)

ΔT = Beda temperatur (°C)

Δt = Selang waktu (menit)

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Arismunandar, W., Saito, H., 2002, *Penyegaran Udara*, Cetakan ke-6, PT Pradnya Paramita Jakarta.
- [2] Arora, C.P., 2000, *Refrigeration and Air Conditioning*, Second Edition. Tata McGraw-Hill
- [3] Brown . A.I., Marco. S.M. 1958, *Introduction to Heat Transfer*, McGraw-Hill Book Company: New York

- [4] Incropera, Frank P., David P., De Witt., 1990, ***Fundamentals Of Heat And Mass Transfer***, 3rd Edition, John Willey and Sons.
- [5] Stoecker W.F., Jerold W.J., 1992. ***Refrigerasi Dan Pengkondisian Udara***, alih bahasa Supratman Hara, Edisi Kelima, Penerbit Erlangga: Jakarta