

# ANALISIS KINERJA HARIAN PENDINGIN UDARA NON-FREON YANG MEMANFAATKAN ENERGI PENCAIRAN ES

Jamal<sup>1)</sup>

**Abstrak:** Indonesia sebagai sebuah negara tropis memiliki iklim dengan suhu cukup tinggi, sehingga kebutuhan mesin pendingin udara (AC) sangat tinggi. Tetapi timbul permasalahan akibat penggunaan mesin pendingin udara yaitu menggunakan energi yang besar, pencemaran lingkungan dari penggunaan freon yang dapat merusak ozon dan harga pengadaannya yang mahal. Dengan meningkatnya kebutuhan mesin pendingin udara maka perlu untuk melakukan analisis kinerja harian dari mesin pendingin udara non-freon yang memanfaatkan energi pencairan es, yang merupakan tujuan jangka pendek dari penelitian ini, sedangkan tujuan jangka panjang penelitian ini adalah mengatasi permasalahan global yaitu penggunaan energi yang sangat besar serta pemanasan global akibat penggunaan mesin pendingin ruangan yang tidak ramah lingkungan. Metode yang digunakan dalam penyelesaian masalah di atas adalah dengan melakukan uji pendingin udara alternatif yang tidak menggunakan freon sebagai fluida kerja tetapi menggunakan es sebagai sumber energi pendingin, uji kinerja dilakukan secara harian dari jam 09.00 wita sampai jam 15.00 wita. Untuk penghematan energi listrik maka penggunaan kompressor pada pendingin udara dalam penelitian ini digantikan dengan penggunaan pompa, sedangkan untuk mencegah pencemaran lingkungan maka penggunaan freon sebagai fluida kerja diganti dengan campuran air dan es. Hasil pengujian yang dilakukan adalah mesin pendingin udara yang mampu mendinginkan ruangan, tidak menggunakan freon sebagai fluida kerja hingga aman bagi lingkungan dan mesin pendingin udara yang memiliki biaya pengadaan dan pemeliharaan serta perbaikan yang lebih rendah dibandingkan AC berfreon tetapi memiliki biaya operasional yang lebih tinggi. Dari gambar 5 di atas terlihat hasil pengujian peralatan uji (AC tanpa freon) mampu menurunkan temperatur ruangan dimana hasil yang diperoleh lebih rendah dari kondisi pengujian temperatur ruangan tanpa menggunakan AC, walaupun masih terlihat bahwa pengujian temperatur ruangan menggunakan AC berfreon masih lebih baik dibandingkan pengujian temperatur ruangan dengan AC menggunakan es sebagai fluida kerja dengan kondisi tersebut terlihat bahwa peralatan uji (AC tanpa freon) memiliki kinerja yang baik tetapi masih lebih rendah dari kinerja AC berfreon.

**Kata Kunci:** AC, Alternatif, non freon.

## I. PENDAHULUAN

Saat ini pemakaian energi sangat meningkat sedangkan sumber-sumber energi semakin menipis utamanya minyak bumi. Dampak dari meningkatnya konsumsi energi adalah harga bahan bakar meningkat. Produk teknologi yang memerlukan banyak energi adalah mesin pendingin udara.

---

<sup>1</sup> Staf Pengajar Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Ujung Pandang

Efek lain penggunaan produk teknologi adalah berdampak buruk teknologi terhadap lingkungan, diantaranya terjadinya pemanasan global akibat semakin tipisnya lapisan ozon. Perusakan ozon disebabkan penggunaan freon yang tidak ramah lingkungan, sehingga perlu untuk mengurangi penggunaan freon atau mengganti dengan freon yang ramah lingkungan hingga mengembangkan sistem yang tidak menggunakan freon sebagai fluida kerja.

Berbagai penelitian telah dilakukan antara lain Pengaruh Kecepatan Putar Poros Kompresor Terhadap Prestasi Kerja Mesin Pendingin AC (Effendi, 2005), Pengaruh Variasi Massa Refrigeran R-12 dan Putaran Blower Evaporator Terhadap COP pada Sistem Pengkondisian Udara Mobil (Wibowo dan Subri, 2006), dan Penghematan Energi pada Sistem Pendingin Bangunan dengan Menggunakan Kendali Logika Fuzzy (Nasution, 2007).

Penelitian di atas berupaya untuk melakukan penghematan energi pada mesin refrigeran tetapi masih sekitar bagaimana meningkatkan kinerja mesin refrigerasi, penghematan penggunaan energinya belum signifikan dan masih tetap menggunakan kompresor (freon) sehingga tidak ramah lingkungan, sehingga perlu dilakukan penelitian *“Analisis Kinerja Harian Pendingin Udara Non-Freon yang Memanfaatkan Energi Pencairan Es”*. Penelitian ini tidak menggunakan kompresor dan freon sebagai fluida kerja sehingga ramah lingkungan dan diharapkan memiliki kinerja yang dapat mendinginkan udara.

#### **a. Prinsip Kerja Mesin Pendingin Ruangan**

Mesin pendingin merujuk pada siklus kompresi uap standar. Dalam mesin pendingin, refrigeran dialirkan dalam saluran pipa. Sebelum masuk kompresor, dengan kondisi uap jenuh dikompresikan sehingga keluar kompresor menjadi uap panas lanjut. Uap mengalir pada kondensor untuk melepaskan kalor ke lingkungan sehingga terjadi kondensasi. Uap berubah menjadi cair jenuh kemudian melewati dryer, selanjutnya menuju katup ekspansi dan mengalami penurunan sampai tekanan evaporator. Pada evaporator cairan dari katup ekspansi mengalami evaporasi sehingga berubah menjadi uap jenuh dan masuk ke dalam kompresor untuk dikompresikan. Siklus berjalan terus menerus sehingga di dapat temperatur yang diinginkan (Effendi M, 2005).

#### **b. Konsumsi Energi Mesin Pendingin Ruangan**

Kebutuhan energi mesin refrigerasi terhadap pasokan listrik nasional cukup signifikan. Di Shanghai, Saito (2002 dalam Indartono, 2008) menyebut bahwa pada beban puncak di musim panas, mesin refrigerasi mengkonsumsi 1/3 suplai listrik. Suzuki dkk (2005 dalam Indartono, 2008) memperkirakan bahwa beban listrik untuk mesin refrigerasi mengkonsumsi tidak kurang dari 1/5 suplai listrik di Jepang. Untuk belahan Amerika Utara, Todesco (2005 dalam Indartono, 2008) menyatakan bahwa kebutuhan listrik untuk mesin refrigerasi pada beban puncak mencapai 3,6-9,2 GW, dibandingkan dengan kemampuan PT PLN yang sekitar 39,5 GW (Seymour dkk (2002) dalam Indartono, 2008). Sedangkan di Indonesia, Suwono (2005 dalam Indartono, 2008) menyebut sekitar 60% konsumsi listrik hotel di Jakarta digunakan untuk

memasok energi mesin refrigerasi, sehingga usaha penghematan energi yang dilakukan terhadap mesin refrigerasi akan berdampak signifikan terhadap usaha penghematan energi dunia.

Dengan persentase diatas terlihat bahwa pemakaian energi untuk mesin refrigerasi sangatlah besar, dan 90% dari pemakaian energi tersebut dikosumsi oleh kompresor (Tojo (1984) dalam Nasution, 2007). Sehingga penelitian yang akan dilakukan yaitu menggantikan kerja kompresor dengan pompa air dingin, untuk melakukan penghematan energi.

### c. Dampak Lingkungan Mesin Pendingin Ruangan

Kondisi lapisan ozon semakin rusak dan menipis. Berdasarkan pantauan menggunakan instrumen Total Ozone Mapping Spectrometer (TOMS) pada satelit Nimbus 7 dan Meteor 3, kerusakan ini telah menimbulkan sebuah lubang yang dikenal sebagai lubang ozon (ozone hole) di kedua kutub bumi (Yusuf, 2008).

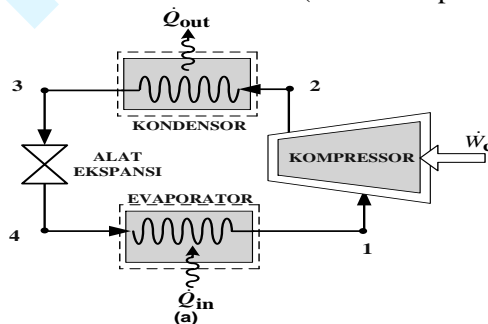
Kerusakan ozon disebabkan meningkatnya pelepasan Bahan Perusak Ozon (BPO) ke atmosfer. Sekitar 100 jenis BPO yang terdaftar berdasarkan Protokol Montreal 1987. Diantara BPO ada beberapa jenis umum digunakan di Indonesia yaitu chlorofluorocarbons (CFCs) dan hydrochlorofluorocarbons (HCFCs) yang banyak digunakan pada pendingin AC dan lemari es (Yusuf, 2008).

Konvensi Wina dan Protokol Montreal pada tahun 1992 dan menetapkan kebijakan agar masyarakat dunia aktif dalam upaya perlindungan lapisan ozon. Upaya aktif yang harus ditempuh adalah pengurangan pemakaian BPO terutama CFC, menggantikannya dengan yang ramah lingkungan (refrigeran hidrokarbon) sampai penghentian penggunaannya (Yusuf, 2008).

Dengan kondisi di atas, maka salah satu upaya untuk menghasilkan mesin refrigerasi yang ramah lingkungan adalah dengan menggantikan refrigeran CFC dengan air, yang dilakukan pada penelitian ini.

### d. Siklus Kompresi Uap (Refrigerasi)

Komponen utama mesin yang menerapkan siklus kompresi uap terdiri dari empat unit, yaitu kompresor, kondensor, alat ekspansi, dan evaporator. Susunan ke empat unit komponen tersebut secara skematik ditunjukkan pada Gambar 1 (Cengel, 2002). Serangkaian komponen tersebut merupakan komponen proses pada refrijeran sehingga dapat mengalami siklus termodinamika (siklus kompresi uap).



Gambar 1. Komponen-komponen system refrigerasi kompresi uap

Siklus ideal kompresi uap (refrigerasi & pompa kalor) terdiri dari serangkaian proses sebagai berikut (Cengel, 2002):

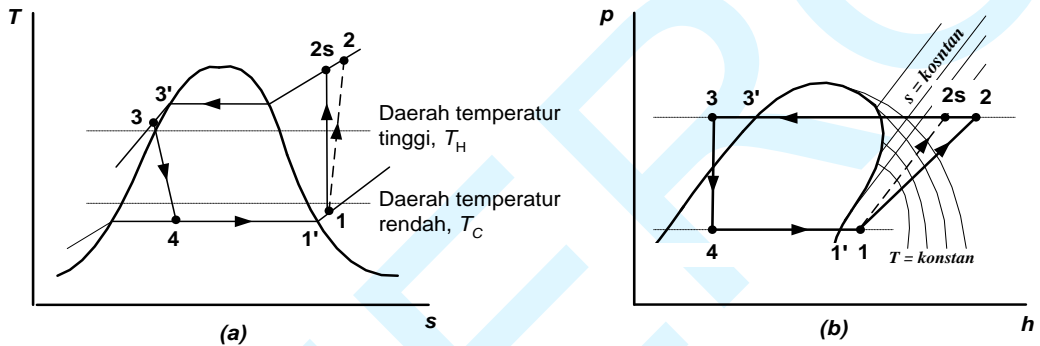
*Proses 1-2s*: Kompresi isentropik refrigeran dari keadaan 1 menuju tekanan kondensor keadaan 2s.

*Proses 2s-3*: Perpindahan kalor dari refrigeran yang mengalir pada tekanan konstan di dalam kondensor hingga keadaan 3.

*Proses 3-4*: Proses pengecilan (*throttling process*) dari keadaan 3 ke fasa campuran uap-cairan keadaan 4.

*Proses 4-1*: Perpindahan kalor ke refrigeran yang mengalir melalui evaporator pada tekanan konstan hingga mencapai siklus yang lengkap.

Diagram *T-s* dan *p-h* untuk siklus refrigerasi kompresi uap di atas ditunjukkan pada Gambar 2 (Cengel, 2002), berikut ini.



Gambar 2. Diagram *T-s* dan *p-h* siklus refrigerasi kompresi uap

Daya bersih pada siklus kompresi uap merupakan daya input kompresor. Ukuran unjuk kerja siklus kompresi uap, baik siklus refrigerasi maupun siklus pompa kalor, pembanding atau penyebutnya adalah daya input kompresor.

Unjuk kerja siklus siklus refrigerasi diistilahkan sebagai *coefficient of performance refrigeration* ( $COP_{ref} = \beta$ ), (Cengel, 2002):

$$COP_{ref.} = \beta = \frac{\dot{Q}_{in}/\dot{m}}{\dot{W}_c/\dot{m}} = \frac{h_1 - h_4}{h_2 - h_1} \quad (4)$$

Sedangkan unjuk kerja siklus pompa kalor diistilahkan sebagai *coefficient of performance heat pump* ( $COP_{hp} = \gamma$ ), (Cengel, 2002):

$$COP_{ref.} = \gamma = \frac{\dot{Q}_{out}/\dot{m}}{\dot{W}_c/\dot{m}} = \frac{h_2 - h_3}{h_2 - h_1}$$

## II. METODE PENELITIAN

Metode penelitian dalam penelitian ini dilakukan secara bertahap, adapun tahapan penelitian yang dilakukan adalah dimulai dengan pembuatan peralatan uji mesin pendingin ruangan, dilanjutkan dengan pengujian kinerja peralatan uji dan diakhiri dengan evaluasi hasil kinerja.

Alat uji yang digunakan adalah awalnya merupakan sebuah mesin pendingin ruangan (AC) yang ada dipasaran, kemudian komponen mesin pendingin ruangan yang berupa kondensor dimana didalamnya terdapat kompresor dengan fluida kerja freon akan diganti dengan sebuah wadah penampungan untuk fluida kerja air (cair dan es) yang akan dialirkan dengan pompa menuju kesistem transfer energi (panas).

Pengujian kinerja dari mesin pendingin ruangan yang telah didesain akan dilakukan untuk mendapatkan efisiensi dan kemampuan mendinginkan ruangan. Pengujian ini akan dilakukan di dalam ruangan-ruangan yang telah memiliki mesin pendingin ruangan, dengan terlebih dahulu menonaktifkan mesin pendingin ruangan yang dimiliki oleh ruangan tersebut.

Pengujian dilakukan dengan uji harian, prosedur pengujian harian pada penelitian ini adalah dilakukan dari jam 09.00 wita hingga 15.00 wita, memfungsikan pompa untuk mengalirkan air ke evaporator dengan debit aliran air  $1,55 \times 10^{-5} \text{ m}^3/\text{s}$ , adapun kecepatan aliran udara di evaporator adalah 3,8 m/s dan 2,07 m/s.

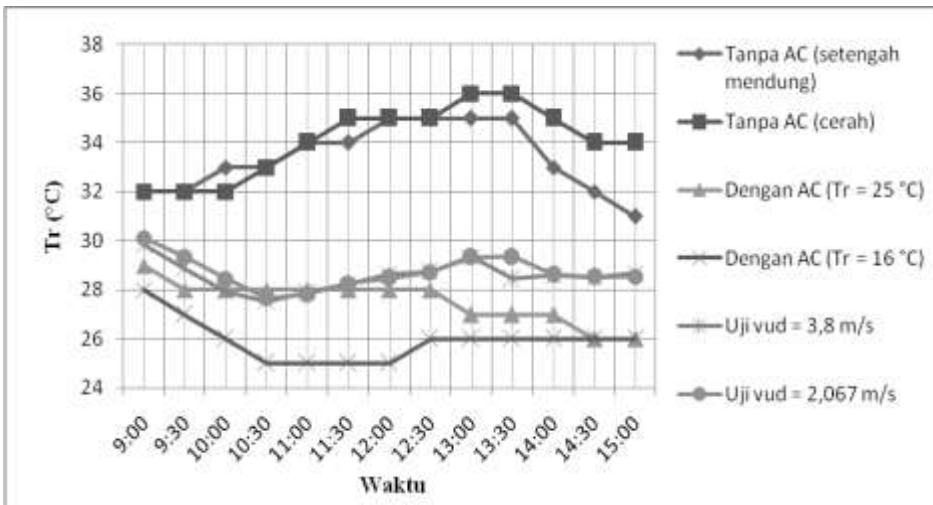
Pengujian kinerja dari mesin pendingin udara dilakukan untuk mendapatkan efisiensi heat exchanger ( $\eta_{HE}$ ) pada evaporator, efisiensi ruangan ( $\eta_{\text{ruang}}$ ) dan efisiensi sistem ( $\eta_{\text{sys}}$ ).

## III. HASIL DAN PEMBAHASAN

### a. Hasil Pengujian

Dari pengujian peralatan uji yang dibuat diperoleh hasil pengujian harian adalah terlihat seperti gambar 3.

Dari gambar 3, hasil pengujian temperatur ruangan tanpa AC (mendung) diperoleh hubungan antara waktu dengan temperatur ruangan adalah cenderung berbanding lurus. Semakin besar waktu pengujian maka temperatur ruangan yang diperoleh akan semakin besar walaupun pada kondisi tertentu mengalami penurunan. Temperatur ruangan tertinggi diperoleh  $35^{\circ}\text{C}$  pada pukul 12.00-13.30 wita, sedangkan temperatur ruangan terendah diperoleh  $31^{\circ}\text{C}$  pada pukul 15.00 wita. Begitupun dengan pengujian tanpa AC (cerah) diperoleh hubungan antara waktu dengan temperatur ruangan adalah cenderung berbanding lurus. Semakin besar waktu pengujian maka temperatur ruangan yang diperoleh akan semakin besar walaupun pada kondisi tertentu juga mengalami penurunan. Temperatur ruangan tertinggi diperoleh  $36^{\circ}\text{C}$  pada pukul 13.00-13.30 wita, sedangkan temperatur ruangan terendah diperoleh  $32^{\circ}\text{C}$  pada pukul 09.00-10.00 wita.



Gambar 3. Grafik Hubungan Antara Waktu dengan Temperatur Ruangan (Tr)

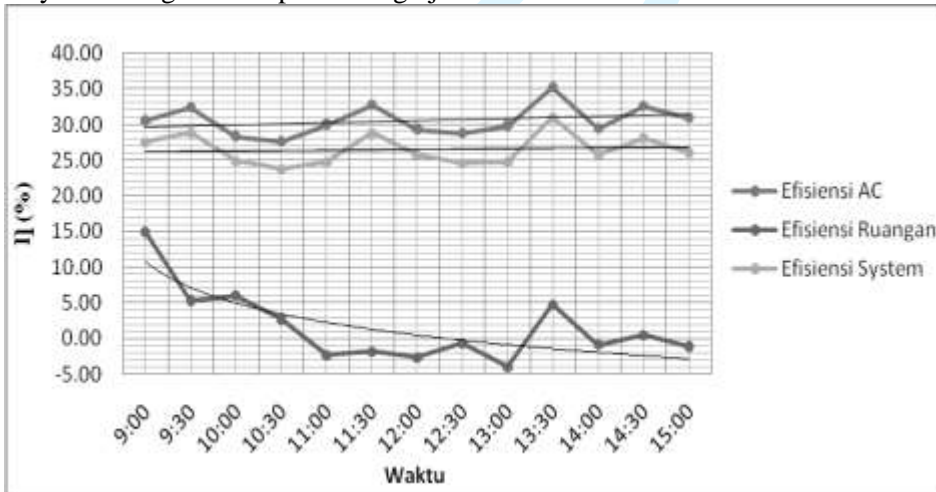
Dari gambar 3, hasil pengujian menggunakan AC ber-freon dengan menggunakan temperatur kerja AC 25<sup>0</sup>C diperoleh hubungan antara waktu dengan temperatur ruangan adalah cenderung berbanding terbalik. Semakin besar waktu pengujian maka temperatur ruangan yang diperoleh akan semakin kecil. Temperatur ruangan tertinggi diperoleh 29<sup>0</sup>C pada pukul 09.00 wita, sedangkan temperatur ruangan terendah diperoleh 26<sup>0</sup>C pada pukul 14.30-15.00 wita. Begitupun dengan hasil pengujian menggunakan AC ber-freon dengan menggunakan temperatur kerja AC 16<sup>0</sup>C diperoleh hubungan antara waktu dengan temperatur ruangan adalah cenderung berbanding terbalik. Semakin besar waktu pengujian maka temperatur ruangan yang diperoleh akan semakin kecil walaupun pada waktu-waktu tertentu cenderung konstan. Temperatur ruangan tertinggi diperoleh 28<sup>0</sup>C pada pukul 09.00 wita, dan terendah diperoleh 25<sup>0</sup>C pada pukul 10.30-12.00 wita.

Dari gambar 3, hasil pengujian menggunakan peralatan uji (uji harian) dengan kecepatan udara fan 3,8 m/s diperoleh hubungan antara waktu dengan temperatur ruangan adalah cenderung berbanding terbalik. Semakin besar waktu pengujian maka temperatur ruangan yang diperoleh akan semakin kecil walaupun waktu-waktu tertentu cenderung konstan. Temperatur ruangan tertinggi diperoleh 29,84<sup>0</sup>C pada pukul 09.00 wita, sedangkan temperatur ruangan terendah diperoleh 27,54<sup>0</sup>C pada pukul 10.30 wita. Dari hasil pengujian menggunakan peralatan uji (AC tanpa freon) dengan kecepatan udara fan 2,067 m/s diperoleh hubungan antara waktu dengan temperatur ruangan adalah cenderung berbanding terbalik. Semakin besar waktu pengujian maka temperatur ruangan yang diperoleh akan semakin kecil walaupun pada waktu-waktu tertentu cenderung konstan. Temperatur ruangan tertinggi diperoleh 30,12<sup>0</sup>C pada pukul 09.00 wita, sedangkan temperatur ruangan terendah diperoleh 27,66<sup>0</sup>C pada pukul 10.30 wita.

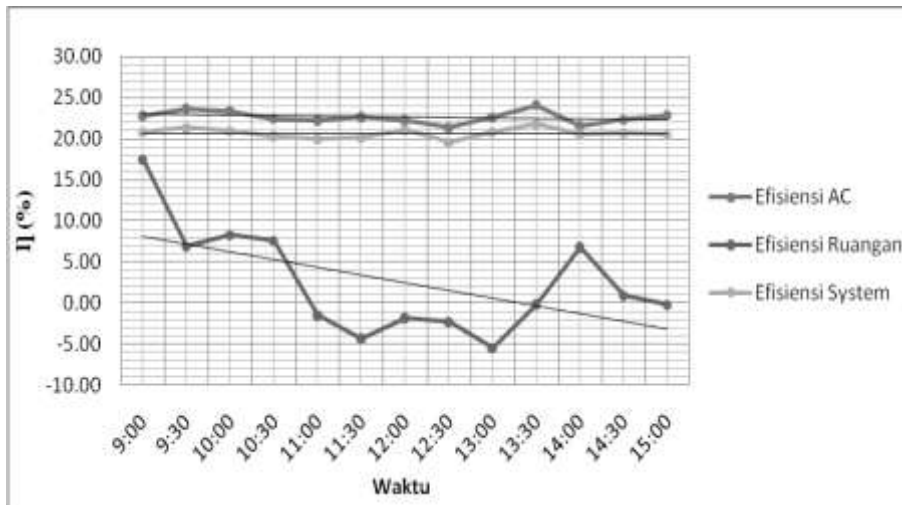
Dari gambar 3 di atas terlihat hasil pengujian peralatan uji (AC tanpa freon) mampu menurunkan temperatur ruangan dimana hasil yang diperoleh lebih rendah dari kondisi pengujian temperatur ruangan tanpa menggunakan AC, walaupun masih terlihat bahwa pengujian temperatur ruangan menggunakan AC berfreon masih lebih baik dibandingkan pengujian temperatur ruangan dengan AC menggunakan es sebagai fluida kerja dengan kondisi tersebut terlihat bahwa peralatan uji (AC tanpa freon) memiliki kinerja yang baik tetapi masih lebih rendah dari kinerja AC berfreon.

### b. Pembahasan

Dari gambar 4 terlihat bahwa hasil pengujian (AC tanpa freon) dengan uji harian pada pengaturan kecepatan udara 3,8 m/s diperoleh hubungan antara efisiensi ruang ( $\eta_{\text{ruang}}$ ) dengan waktu adalah cenderung turun hingga jam 11.00 wita dan setelah itu cenderung konstan. Efisiensi ruangan maksimal ( $\eta_{\text{ruang}}$ ) diperoleh 14,96% pada pukul 09.00 wita. Efisiensi ruangan minimum ( $\eta_{\text{ruang}}$ ) diperoleh -3,94% pada pukul 13.00 wita. Terdapat nilai Efisiensi ruangan ( $\eta_{\text{ruang}}$ ) bernilai negatif menunjukkan besarnya kehilangan kalor pada ruang uji.



Gambar 4. Grafik Hub Waktu dengan Eff HE, Eff Ruang ( $\eta_{\text{ruang}}$ ), & Eff System



Gambar 5. Grafik Hub Waktu dengan Eff HE, Eff Ruangan ( $\eta_{ruang}$ ), & Eff System

Dari gambar 5 terlihat bahwa hasil pengujian (AC tanpa freon) dengan uji harian pada pengaturan kecepatan udara 2,067 m/s diperoleh hubungan antara efisiensi HE pada AC ( $\eta_{HE}$ ) dengan waktu adalah cenderung konstan. Efisiensi HE maksimal ( $\eta_{HE}$ ) diperoleh 24,10% pada pukul 13.30 wita. Efisiensi HE minimum ( $\eta_{HE}$ ) diperoleh 21,37% pada pukul 12.30 wita. Hubungan yang sama diperoleh pada efisiensi sistem ( $\eta_{sys}$ ) maksimal diperoleh 21,74% pada pukul 13.30 wita dan minimum diperoleh 19,56% pada pukul 12.30 wita.

Dari gambar 5 terlihat bahwa hasil pengujian (AC tanpa freon) dengan uji harian pada pengaturan kecepatan udara 2,067 m/s diperoleh hubungan antara efisiensi ruang ( $\eta_{ruang}$ ) dengan waktu adalah cenderung turun hingga jam 11.30 dan setelah itu cenderung konstan. Efisiensi ruangan maksimal ( $\eta_{ruang}$ ) diperoleh 17,45% pada pukul 09.00 wita. Efisiensi ruangan minimum ( $\eta_{ruang}$ ) diperoleh -4,35% pada pukul 11.30 wita. Terdapat nilai Efisiensi ruangan ( $\eta_{ruang}$ ) bernilai negatif menunjukkan besarnya kehilangan kalor pada ruang uji.

Dari kondisi peralatan (rancang bangun) terlihat bahwa biaya untuk pengadaan peralatan uji (AC tanpa freon) lebih rendah dibandingkan dengan AC berfreon hal ini terlihat bahwa pada peralatan uji (AC tanpa freon) tidak menggunakan kondensor dan kompresor dan diganti dengan wadah penampung dan pompa dimana biaya pembuatan wadah penampungan dan pengadaan pompa jauh lebih rendah dibandingkan pengadaan kondensor dan kompresor.

Biaya perawatan dan perbaikan peralatan uji (AC tanpa freon) juga jauh lebih rendah dibandingkan dengan AC berfreon hal ini terlihat bahwa pada peralatan uji (AC tanpa freon) tidak menggunakan freon sehingga kebocoran kecil pada pipa-pipa aliran tidak terlalu menjadi masalah sedangkan pada AC berfreon tidak memperkenankan kebocoran pada pipa-pipa aliran sehingga harus dicegah semaksimal



ungkinan dan jika terjadi kebocoran perlu segera dilakukan perbaikan dan penggantian freon yang memerlukan biaya tidak sedikit.

Biaya pengoperasian peralatan uji (AC tanpa freon) lebih besar dibandingkan dengan AC berfreon walaupun terlihat bahwa daya operasional peralatan uji (AC tanpa freon) hanya sekitar 32,5 watt dibandingkan daya operasional AC berfreon minimum 320 watt (1/2 pk) tetapi karena penggunaan es yang besar dalam pendinginan sehingga biaya yang diperlukan menjadi meningkat walaupun masih diperlukan perhitungan secara detail, untuk mengantisipasi biaya operasional yang besar maka pengoperasian peralatan uji (AC tanpa freon) dapat dikondisikan sesuai kebutuhan, serta perlu diupayakan penggunaan fluida pendingin yang tidak memerlukan biaya pengadaan tetapi memiliki kemampuan mendinginkan ruangan.

Kendala lain penggunaan peralatan uji (AC tanpa freon) adalah tidak menggunakan sistem otomatis sehingga ketika akan digunakan maka harus terlebih dahulu diisi dengan es yang berfungsi sebagai pendingin fluida kerja, untuk mengantisipasi kendala tersebut maka dilakukan dengan mengganti fluida kerja dengan air sumur (dan sumber-sumber lain) yang memiliki temperatur rendah dan diharapkan mampu mendinginkan ruangan walaupun hal ini masih memerlukan penelitian lanjut.

#### **IV. KESIMPULAN DAN SARAN**

Dari hasil dan pembahasan yang telah dilakukan dapat ditarik kesimpulan dan perlu pula diberikan saran-saran yang bersifat membangun dan perbaikan dari hasil pengujian kinerja mesin pendingin udara alternatif.

##### **A. Kesimpulan**

Kesimpulan yang dapat ditarik dari hasil analisis kinerja harian pendingin udara non-freon yang memanfaatkan energi pencairan es serta dari hasil dan pembahasan, adalah sebagai berikut:

- a. Diperoleh sebuah prototipe pendingin ruangan non-freon yang mampu mendinginkan ruangan walaupun memiliki kinerja yang lebih rendah dibandingkan AC berfreon.
- b. Diperoleh sebuah prototipe pendingin ruangan yang tidak menggunakan freon sebagai fluida kerja hingga aman bagi lingkungan.
- c. Diperoleh sebuah prototipe pendingin ruangan non-freon yang memiliki biaya pengadaan dan pemeliharaan serta perbaikan yang lebih rendah dibandingkan AC berfreon tetapi memiliki biaya operasional yang lebih tinggi dibandingkan AC berfreon.
- d. Efisiensi HE ( $\eta_{HE}$ ) pada pengujian harian cenderung konstan.
- e. Efisiensi system ( $\eta_{sys}$ ) pada pengujian harian cenderung konstan.
- f. Efisiensi ruangan ( $\eta_{ruang}$ ) pada pengujian harian cenderung turun hingga sekitar jam 11.00 dan setelah itu cenderung konstan.

## B. Saran

Saran yang dapat diberikan untuk pengembangan penelitian maka perlu dilakukan penelitian-penelitian lanjutan antara lain:

1. Perlu dilakukan penelitian penggunaan fluida kerja sekunder dimana fluida kerja yang didinginkan tidak bersirkulasi tetapi mendinginkan fluida kerja sekunder yang akan bersirkulasi.
2. Perlu dilakukan penelitian dengan tidak menggunakan es sebagai media pendingin karena memerlukan biaya operasional yang besar.

## V. DAFTAR PUSTAKA

Cengel, Y.A. dan Boles, M.A., 2002. Thermodynamics. 4th edition. Boston-USA: Mc. Graw Hill.

Effendy, M. 2005. Pengaruh Kecepatan Putar Poros Kompresor Terhadap Prestasi Kerja Mesin Pendingin AC, Jurnal. Surakarta: Jurnal Media Mesin Vol.6 No.2 2005.

Indartono, Y. S. 2006. Pendingin Alami City of The Viking King (III), Internet. <http://www.indeni.org>, 23 Maret 2008, Berita Iptek.

Indartono, Y. S. 2006. Perkembangan Terkini Teknologi Refrigerasi (I), Internet. <http://www.beritaiptek.com>, 23 Maret 2008.

Nasution, H. 2007. Aplikasi Kendali Logika Fuzzy pada Sistem Pendingin Bangunan Sebagai Upaya Penghematan Energi, Jurnal. Jogja: Jurnal AES, 2007.

Nasution, H. 2007. Penghematan Energi pada Sistem Pendingin Bangunan Dengan Menggunakan Kendali Logika Fuzzy, Jurnal. Bandung: Jurnal Race, 2007.

Wibowo, D.B. dan Subri, M. 2006. Pengaruh Variasi Massa Refrigeran R-12 dan Putaran Blower Evaporator Terhadap COP pada Sistem Pengkondisian Udara Mobil, Jurnal. Bandung: Jurnal Traksi, Vol.4 No.1 2006.

Yusuf, M.S. 2008. Lapisan Ozon Menipis Kehidupan Diambang Bahaya, Internet. <http://www.bekasinews.com>, 23 Maret 2008.