

KAJIAN POTENSI ENERGI PANAS BUANGAN DARI AIR CONDITIONER (AC)

Indra Hermawan^{1*} & Iswandi Idris²

¹Program Studi Mesin Otomotif, Politeknik LP3I Medan

²Program Studi Teknik Industri, Politeknik LP3I Medan

Telp: 061-7322634, Fax: 061-7322649

*E-mail: Indra98031@gmail.com

ABSTRAK

AC (*Air Conditioner*) yang lebih dikenal dengan pendingin ruangan, banyak digunakan baik pada rumah tangga maupun perkantoran. Selama ini AC hanya dimanfaatkan udara dinginnya saja, sedangkan panas buangannya lebih banyak dibuang kelingkungan. Secara teori AC yang merupakan suatu sistem dengan siklus kompresi uap, selain udara dinginnya yang dapat dimanfaatkan, panasnya dari kondensornya juga dapat dimanfaatkan, yang biasa disebut dengan sistem kompresi uap hibrid. Tujuan dari penelitian ini adalah mengetahui seberapa besar potensi energi yang dimiliki oleh panas buangan dari kondensor AC. Dari hasil penelitian yang dilakukan diperoleh bahwa panas yang dibuang (dilepaskan) dari kondensor AC temperaturnya dapat mencapai maksimum 53,5°C dan rata-ratanya adalah 47,47°C, sedangkan kalor (energi) yang dilepaskan sebesar 0,84 kW atau, udara yang melalui kondensor, setiap 1 kg udara kering menyerap panas sebesar 24,471 kJ dengan volume 0,936 m³. Potensi penyerapan uap air oleh udara adalah 2 g/kg udara kering atau 91,76 gr uap air per menit.

Kata kunci : Air Conditioner, Kondensor.

PENDAHULUAN

Air Conditioner (AC), di Indonesia lebih dikenal dengan pendingin ruangan. Penggunaannya merupakan hal yang biasa dalam kehidupan sehari-hari. Tidak hanya dirumah-rumah, tetapi juga di kantor dan terutama di gedung yang kebutuhan akan udara sejuk sangat diperlukan akibat dari tidak adanya sirkulasi udara didalam ruangan. Ditambah lagi Indonesia yang beriklim tropis dimana udara panas tidak terhindarkan lagi terutama di kota-kota besar.

Di Sumatera Utara, khususnya kota Medan hampir seluruh perkantoran memanfaatkan AC untuk menyejukkan udara diruang-ruang kerjanya. Prinsip kerja dari AC itu sendiri adalah evaporator menyerap panas dari ruangan dan akan membuang panasnya melalui kondensor. Panas dari kondensor umumnya terbuang ke lingkungan.

AC yang dapat dimanfaatkan panas hasil pembuangannya dapat disebut juga dengan pompa kalor (*heat pump*), dimana karakteristik penting dari sebuah pompa kalor adalah bahwa jumlah panas yang dapat ditransfer lebih besar daripada energi yang diperlukan untuk menggerakkan siklus. Perbandingan antara panas yang dihasilkan dan energi yang dibutuhkan dikenal dengan Coefficient of performance (COP).

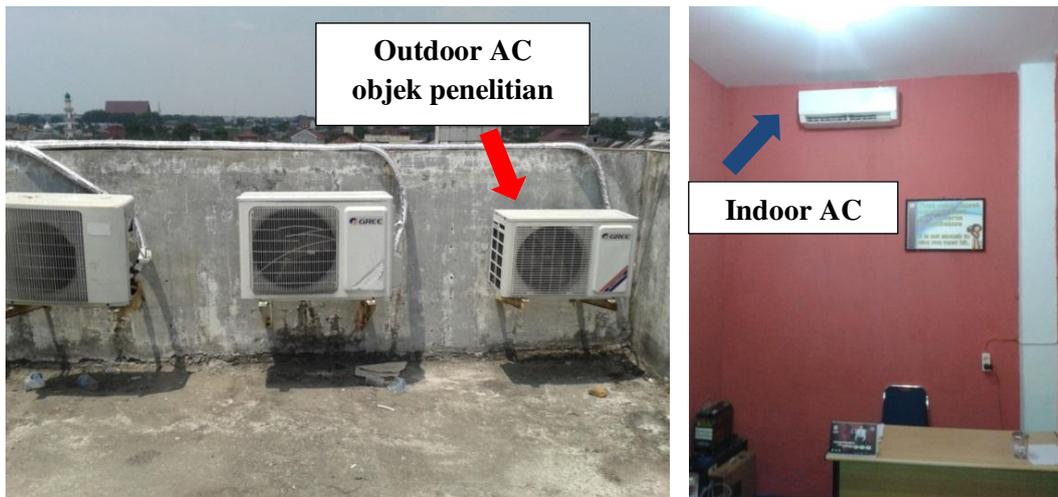
Energi Listrik yang digunakan untuk menggerakkan pompa kalor yang digunakan untuk memanaskan lingkungan untuk kondisi iklim sedang biasanya memiliki COP 3,5 pada kondisi desain, ini berarti bahwa 3,5 kWh panas yang dihasilkan untuk 1 kWh listrik yang digunakan untuk menggerakkan pompa kalor (Brown, 2009)

Panas merupakan energi yang banyak dimanfaatkan dalam kehidupan sehari-hari antara lain untuk pengeringan, baik pengeringan pangan maupun untuk pengering pakaian. Selama ini pengeringan banyak dilakukan secara konvensional yaitu dengan menjemurnya di bawah sinar

matahari dengan tambahan bantuan angin. Di dalam proses pengeringan salah satu faktor penentunya bergantung pada faktor eksternal. Faktor eksternal tersebut adalah temperatur (panas), laju udara, kelembaban udara, luas permukaan dan tekanan. Tujuan dari penelitian ini adalah melakukan kajian terhadap potensi energi panas yang dimiliki dari panas yang dihasilkan oleh kondensor Air Conditioner.

METODE PENELITIAN

Kegiatan penelitian berupa pengukuran dan pengumpulan data AC dilakukan di gedung Politeknik LP3I Medan, dengan spesifikasi teknik AC yang menjadi objek penelitian adalah: AC dengan merek Gree, model: GWC09NA-K1NNB2A/O, tahun pembuatan: 2010, Tegangan: 220–240 V, Frekuensi: 50 Hz, Refrigeran: R22, Kapasitas Pendinginan: 9000 Btu/h. Daya pendinginan: 1010 W, Tekanan Discharge: 2,5 Mpa dan Tekanan suction: 0,6 Mpa. Objek penelitian seperti terlihat pada gambar 1.



Gambar 1. Objek Penelitian

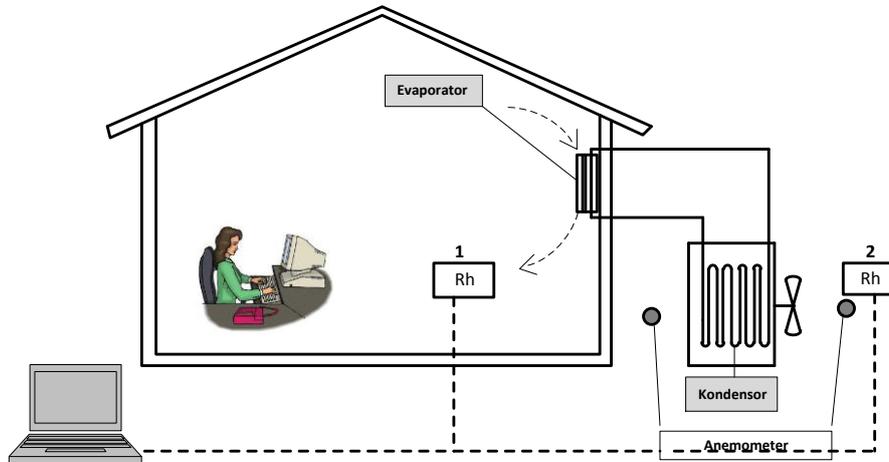
Peubah yang diamati/diukur dalam penelitian ini adalah kecepatan udara, kelembaban udara dan temperatur udara. Peubah yang diamati beserta alat ukur yang digunakan diperlihatkan pada tabel 1.

Tabel 1. Peubah yang diamati

Peubah	Indikator	Deskriptor	Instrumen
Kecepatan Udara	Aliran udara	m/s	Anemometer
Kelembaban Relatif Udara	Alian udara	%	Rh meter
Temperatur udara	Aliran udara	°C	Rh meter

Pengukuran peubah dari penelitian dilakukan dengan menempatkan alat ukur sesuai dengan kondisi yang ingin dicapai, untuk itu dilakukan set-up peralatan seperti yang terlihat pada gambar 2. Pada gambar tersebut terlihat titik penempatan alat ukur yang digunakan untuk mengukur peubah yang menjadi objek penelitian dan selanjutnya menjadi bahan untuk proses analisis lebih lanjut. Pengukuran temperatur dan kelembaban udara dilakukan pada titik 1 dan 2, yaitu pada udara diruangan kantor dan udara pada saat keluar dari kondensor. Sedangkan pengukuran

kecepatan udara dilakukan pada titik dimana udara akan masuk kedalam kondensator serta keluar kondensator dengan menempatkan *anemometer*, pada titik ini juga dapat diukur temperatur udara dengan alat ini. Selanjutnya alat-alat pengukuran tersebut akan dihubungkan ke PC untuk memindahkan data yang terekam pada alat-alat pengukuran tersebut. Data yang diperoleh ini selanjutnya akan diolah dan dilakukan analisis untuk mendapatkan hasil dari penelitian ini.



Gambar 2. Eksperimental setup

Analisis potensi panas keluaran kondensator AC diawali dengan pengukuran suhu dan kelembaban udara keluaran dari kondensator AC serta udara lingkungan menggunakan Rh meter. Kecepatan aliran udara kondensator AC diukur menggunakan anemometer. Hasil pengukuran digunakan untuk perhitungan potensi panas kondensator AC dengan cara berikut ini (Rahmanto, 2011):

1. Tekanan uap jenuh dan tekanan uap air aktual dihitung dengan menggunakan persamaan:

$$e^o(T) = 0,6108 \exp \frac{17,27T}{T + 237,3}$$

Dimana T adalah suhu udara normal (suhu termometer bola kering) (°C).

$$P_v = e^o(T_{wet}) - \gamma_{psy}(T - T_{wet})$$

Dimana: $e^o(T_{wet})$ adalah tekanan uap jenuh pada suhu bola basah (kPa), T_{wet} adalah suhu termometer bola basah (°C), T adalah suhu udara normal (suhu termometer bola kering) (°C) dan γ_{psy} adalah konstanta psikometri yang nilainya 0,06738 pada tekanan 1 atm (FAO 1998).

2. Kelembaban spesifik udara dapat dihitung dengan persamaan:

$$\omega = 0,622 \times \frac{P_v}{P_a}$$

Dimana: P_a adalah tekanan udara tanpa uap air (kPa) dan P_v adalah tekanan uap air pada suhu udara (kPa).

$P_a = P - P_v$, P adalah tekanan atmosfer (kPa).

Enthalpi udara sebelum dan sesudah melalui kondensator, h (kJ/kg):

$$h = T + \omega(2501 + 1,82T)$$

3. Volume spesifik udara yang keluar dari kondensor AC dihitung dengan menggunakan persamaan:

$$V_s = (0,082T + 22,4) \times (1/29 + \omega/18)$$

Laju aliran udara keluar dari kondensor, D_c (m^3/s):

$$D_c = V \times A$$

Dimana: V adalah kecepatan aliran udara (m/s) dan A adalah luas penampang saluran udara keluar kondensor (m^2).

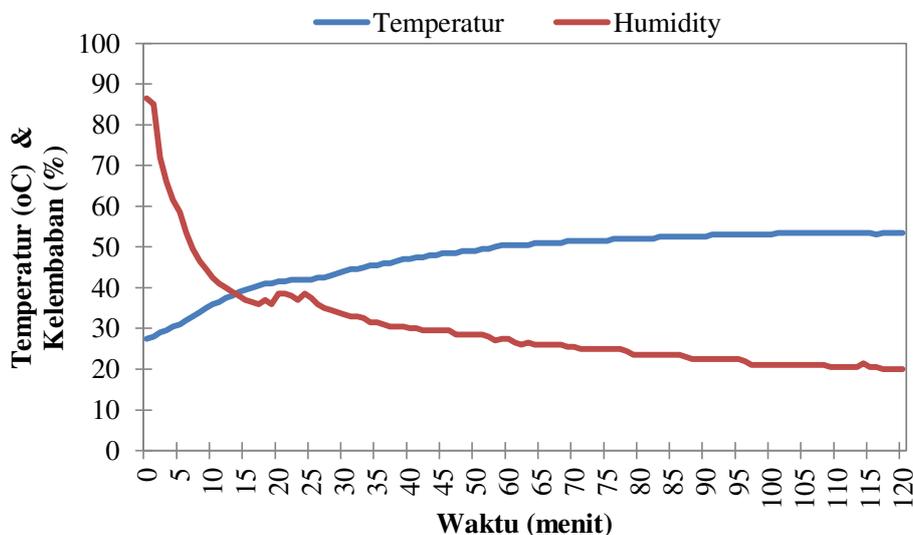
4. Laju aliran panas yang dibawa oleh udara keluaran kondensor dihitung dengan menggunakan persamaan:

$$Q = \frac{D_c}{V_s} \times (h_B - h_A)$$

Dimana: h_b adalah entalpi udara setelah mengalami pemanasan (kJ/kg) dan h_a adalah entalpi udara sebelum pemanasan (kJ/kg).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Temperatur rata-rata dan kelembaban relatif rata-rata udara yang keluar dari kondensor adalah $47,47^\circ C$ dan $30,35\%$, sedangkan suhu udara maksimal yang dapat dihasilkan oleh kondensor adalah $53,50^\circ C$ dan kelembaban relatif minimum 20% . Grafik temperatur dan kelembaban relatif udara keluar dari kondensor hasil dari pengukuran dengan menggunakan Rh meter diperlihatkan pada gambar 3. Pada gambar terlihat bahwa suhu udara yang keluar dari kondensor dari menit ke 30 sampai dengan menit ke 120 memperlihatkan lebih stabil, demikian halnya dengan kelembaban relatifnya. Hal ini diharapkan bahwa suhu yang dihasilkan dapat dimanfaatkan, seperti untuk pengeringan produk/bahan yang tidak membutuhkan suhu yang terlalu tinggi sebagai suhu pengeringannya.



Gambar 3. Grafik temperatur dan kelembaban udara keluar dari kondensor

Pada tabel 2, diperlihatkan beberapa penelitian yang dilakukan berkaitan dengan penggunaan panas sebagai media pengeringnya. Dari tabel dapat dilihat beberapa produk yang didalam prosesnya (terutama pengeringan) menggunakan suhu tidak terlalu tinggi. Jika dilihat dari hasil penelitian yang dilakukan ini maka secara teori suhu yang dihasilkan dari kondensor dapat dimanfaatkan.

Tabel 2. Penelitian berkaitan dengan penggunaan suhu rendah

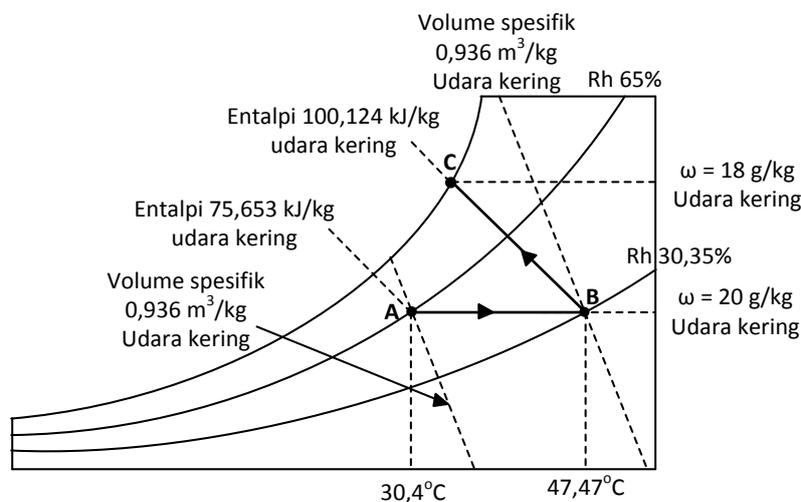
No.	Peneliti	Bahan yang dikeringkan	Suhu Pengeringan	Hasil Penelitian
1	Saiful Rizal dkk	Tepung Biji Nangka	50, 60, 70	Suhu pengeringan optimal 50°C
2	Nurchayono dan Zubaidah	Wortel	40°C, 50°C dan 60°C	Suhu pengeringan optimal 40°C
3	Histifarina dkk	Wortel	40°C, 50°C dan 60°C	Suhu pengeringan optimal 50°C
5	Arninda dan Yurinda	Waluh	30°C dan 40°C	Suhu Optimal 40°C
6	Hartuti dan Sinaga	Cabai	Pengeringan dengan di jemur, Suhu 42 - 49°C	-

Kalor yang dilepaskan oleh kondensor adalah: (Cengel, 2006)

$$Q_{Kond} = \dot{m}_{udara} C_{p,udara} (T_{o,udara} - T_{i,udara})$$

Dimana: $\dot{m}_{udara} = \rho \times A \times v$

Diperoleh besar kalor yang dilepaskan oleh kondensor adalah 0,84 kW, sedangkan laju aliran panas yang dibawa oleh udara yang keluar dari kondensor AC adalah sebesar 1122,738 kJ/menit. Potensi udara panas keluar kondensor AC diilustrasikan pada *psychrometric chart* seperti tergambar pada gambar 4.



Gambar 4. Psikometri udara awal (A) dan sesudah melalui kondensor (B) serta titik penyerapan uap air maksimal (C)

Garis AB pada gambar 4 merupakan ilustrasi proses pemanasan udara, garis BC merupakan ilustrasi garis penyerapan uap air oleh udara dan C merupakan ilustrasi titik maksimal potensi penyerapan uap air oleh udara pada kondisi adiabatik. Potensi penyerapan uap air maksimal dari udara panas kondensor AC berdasarkan pembacaan *psychrometric chart* adalah 2 g/kg udara kering.

Potensi penyerapan uap air maksimal udara yang keluar dari kondensor AC dapat dihitung dengan menggunakan persamaan (Rahmanto, 2011) :

$$Q = \frac{D_C}{V_s} \times (h_B - h_A)$$

Dengan memodifikasi persamaan tersebut dengan cara mengganti nilai perubahan entalpi dengan potensi penyerapan uap air maksimal tiap kilogram udara kering, sehingga diperoleh nilai 91,76 gram uap air per menit.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang diperoleh maka dapat disimpulkan bahwa udara panas yang dilepaskan oleh kondensor dapat dimanfaatkan terutama untuk proses pengeringan bahan yang suhu pengeringannya kurang dari 60°C. Adapun potensi penyerapan uap air oleh udara panas yang dilepaskan oleh kondensor secara teori adalah 2 g/kg udara kering atau 91,76 gr uap air per menit.

UCAPAN TERIMAKASIH

Pada kesempatan ini peneliti berterimakasih kepada pihak-pihak yang telah berkontribusi dalam penelitian ini khususnya kepada Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi (DIKTI) atas dana hibah untuk penelitian ini dalam kategori penelitian dosen pemula Tahun anggaran 2014 sehingga penelitian ini dapat terlaksana dengan baik.

DAFTAR PUSTAKA

- Ambarita, H. (2001). *Perancangan dan Simulasi Mesin Refrigerasi Siklus Kompresi Uap Hibrida dengan Refrigeran HCR-12 sebagai Mesin Refrigerasi pada Lemari Pendingin (Cold Storage) dan Pompa Kalor pada Lemari Pengering (Drying Room)*. Bandung: ITB.
- Arora, C. P. (2001). *Refrigeration and Air Conditioning, Second edition*. Singapore: Tata McGraw-Hill, inc.
- Cengel, Y. A., & Boles, M. A. (2006). *Thermodynamis: An Engineering Approach, 4th ed*. New York: McGraw-Hill.
- Hartuti, N., & Sinaga, R. M. (1997). *Pengeringan Cabai*. Bandung: Balai Penelitian Tanama Sayuran .
- Musaddad, D, D, H., & Murtiningsih, E. (2004). Teknik Pengeringan dalam Oven untuk Irisan Wortel Kering Bermutu. *J. Hort*, 107-112.
- Nurchayono, I. D., & Zubaidah, E. (2014). Pengaruh Konsentrasi Carboxymethyl Cellulose sebagai Edible Coating dan Suhu Pengeringan Terhadap Sifat Fisik dan Kimia Wortel Kering Instan. *Jurnal Pangan dan Agroindustri*, 1192-1202.
- Oktay, Z., & Hepbasli, A. (2003). Performance evaluation of a heat pump assisted mechanical opener dryer. *Energy Conversion and Management*, 1193-1207.
- P, A. M., & Arum, Y. (n.d.). *Ekstraksi dan Pengeringan Waluh untuk Mendapatkan Produk Fine Powder*. Semarang: Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik Universitas Diponegoro.

- Rahmanto, D. E. (2011). *Rancang Bangun Alat Pengering dengan Memanfaatkan Panas Kondensor AC ruangan (Kasus Pengeringan Chios Kentang)*. Bogor: IPB.
- Rizal, S., Sumarlan, S. H., & Yulianingsih, R. (2013). Pengaruh Konsentrasi Natrium Bisulfit dan Suhu Pengeringan Terhadap Sifat Fisik-Kimia Tepung Biji Nangka (*Artocarpus heterophyllus*). *Jurnal Bioproses Komoditas Tropis*, 1-10.