

PEMANFAATAN UDARA PANAS KONDENSOR MESIN PENDINGIN SEBAGAI SUMBER ENERGI PEMANAS AIR RUMAH TANGGA

Jeri Tangalajuk Siang^{1*)}, Aries Kamolan²⁾

^{1,2)}Jurusan Teknik Mesin, Universitas Atma Jaya Makassar, Indonesia.
Jl. Tanjung Alang no. 23 Makassar, Indonesia

^{*)}Email: jeri_siang@lecturer.uajm.ac.id

INFORMASI ARTIKEL

Submitted:
15/07/2019

Revised:
02/12/2019

Accepted:
24/01/2020

Online-Published:
31/01/2020

ABSTRAK

Saat ini penggunaan energi menjadi hal yang sangat menarik. Energi fosil ketersediaannya semakin menipis. Sehingga perlu perhitungan saat menggunakan energi fosil. Di sekitar kita terdapat banyak energi yang terbuang dalam bentuk kalor dalam bentuk udara panas. Jika energi tersebut dipindahkan ke fluida lain, maka energi buangan dapat dipergunakan sebagai energi berguna. Penelitian ini membahas tentang penggunaan energi buang mesin pendingin ruangan menjadi sumber energi rumah tangga dengan menyerap panas buangan menggunakan air konsumsi rumah tangga. Alat penukar kalor yang digunakan adalah pipa konsentrik aliran berlawanan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa dengan menggunakan penukar kalor pipa konsentrik sebagai pengganti kondensor memberikan penghematan energi setara energi listrik Rp. 57.000,- perbulan. Juga diperoleh manfaat tambahan setara Rp 564.249,- energi listrik perbulan.

Katakunci: Energi, udara panas, sumber energi

ABSTRACT

The use of energy is important today due to the rapid decrease in fossil energy entire the world. The world should consider of using energy as efficient as possible. Waste energy from engines and other energy converters is released as hot air in the atmosphere. Waste heat energy is able to recover by using water heat exchanger. This research aims to experimentally examining the use of waste heat from room air conditioner as home energy source. A cross flow concentric pipe heat exchanger is used as the condenser for a room air conditioner to cover the exhaust energy from the condenser. The results shows that by using a concentric pipe condenser, the exhaust energy is benefit to decrease the paid energy equal to Rp. 57.000,- monthly electricity bill. The other supplementary beneficial equal to Rp. 564.249,- electricity bill gained from exhaust energy of the air conditioner.

Keywords: : hot air, energy source

© 2019 The Authors. Published by Turbulen: Jurnal Teknik Mesin in collaboration with SemNas RITEKTRA IX.

doi:<http://dx.doi.org/10.36767%2Fturbulen.v2i2.549>

1. PENDAHULUAN

Energi adalah salah satu hal yang sangat penting bagi kita saat ini. Kehidupan sehari – hari kita tidak lepas dari penggunaan energi. Mulai dari pengolahan makanan, sebagai penunjang aktivitas sehari – hari sehingga mempermudah pekerjaan kita. Akan tetapi sumber energi yang kita gunakan sekarang ini diperoleh dengan mengubah bentuk energi lain menjadi energi yang kita inginkan. Seperti energi listrik. Energi listrik diperoleh dengan mengubah

energi lain seperti air, uap air dan gas hasil pembakaran energi fosil.

Air adalah sumber energi yang dapat diperbaharui. Sumber air yang banyak dipergunakan adalah yang berada pada aliran sungai. Berdasarkan kondisi sekarang, tidak sedikit sungai yang kehilangan air oleh karena sumber air yang menuju sungai tersebut hilang terutama pada musim kemarau. Akan tetapi pada musim hujan, sumber air di sungai – sungai melimpah. Ada sungai yang tetap

mempunyai air yang melimpah tetapi tidak layak untuk digunakan karena polusi. Sehingga kemungkinan suatu saat pembangkit listrik tenaga air akan kesulitan untuk memperoleh suplai air yang cukup. Kalaupun ada, maka biaya untuk mengkondisikan air sehingga layak untuk dijadikan air suplai meningkat karena meningkatnya polutan di dalam air tersebut.

Sama halnya dengan pembangkit listrik tenaga energi fosil (minyak bumi, batu bara) adalah pembangkit yang sangat tergantung pada ketersediaan energi yang tidak dapat diperbaharui.

Merupakan langkah yang sangat bijak jika mulai sekarang kita mulai melakukan efisiensi penggunaan energi. Hal ini dapat dilakukan dengan menggunakan energi seperlunya, mencari sumber energi yang baru, menggunakan energi buangan dari suatu mesin.

Hal yang menarik di sini adalah penggunaan energi buangan dari suatu mesin. Di sekitar kita banyak mesin yang beroperasi setiap saat. Dapat kita rasakan bahwa ada bagian mesin yang melepaskan panas. Sebagai contoh sebuah motor atau mobil akan mengeluarkan gas hasil pembakaran dari saluran gas buang. Contoh lain adalah alat pendingin ruangan. Alat pendingin ruangan akan melepaskan panas sebagai hasil penyerapan panas dari ruangan yang didinginkan. Energi panas yang diserap tersebut akan dibuang ke udara sekitar.

Fluida yang digunakan sebagai media transfer panas adalah air. Penelitian terdahulu yang dilakukan oleh Anwar, 2011 memperoleh efektivitas penukar kalor dengan media air sebagai penyerap kalor adalah 37%. Basri, 2009 menggunakan air sebagai media pendingin kondensor mesin pendingin mendapatkan bahwa kenaikan laju aliran massa air pendingin akan menaikkan kalor yang dilepaskan oleh kondensor tetapi efek refrigerasi tetap konstan setelah mencapai nilai maksimum. Aziz et al., 2015 menggunakan panas buang mesin pendingin (AC sentral) sebagai pemanas air hotel. Hasil penelitian mereka efektif untuk memanaskan air untuk kebutuhan hotel. Aziz et al., 2014 dan Ginting et al., 2014 menerapkan kondensor dummy pada mesin pendingin udara dengan air sebagai media pendingin. Hasil penelitian Aziz et al., 2014 adalah penggunaan kondensor dummy akan menurunkan kapasitas pendingin, sedangkan Ginting et al., memperoleh air panas 50 liter dengan temperatur 61.7°C dalam waktu 120 menit.

Energi panas hasil buangan alat pendingin ruangan ini masih dapat dimanfaatkan sebagai pemanas air. Dari hasil penelitian memperlihatkan bahwa temperatur udara yang keluar dari kondenser alat pendingin ruangan berkisar antara 50°C – 70°C

(Sharifian and Siang, 2015; Fernando et al, 2007)). Panas yang keluar dari kondensor tergantung pada temperatur udara sekitar. Temperatur kondensor akan naik jika temperatur udara sekitar tinggi. Hal ini dapat digunakan untuk memanaskan air yang bersuhu sekitar 25°C – 27°C. Seperti salah satu penelitian yang dilakukan oleh (Raymond, 2017), di dalam penelitiannya yang dilakukan di laboratorium Teknik Mesin Universitas Atma Jaya Makassar, memperoleh hasil bahwa kondensor alat pendingin ruangan ¾ PK dapat digantikan dengan penukar kalor berpendinginan air.

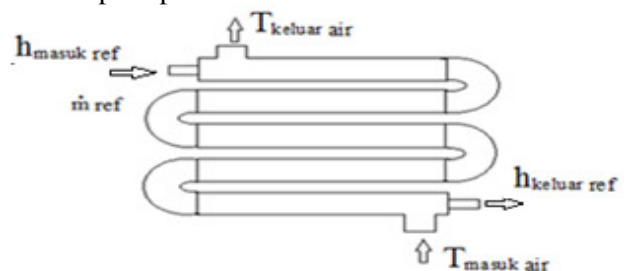
Selain menggunakan udara panas ini sebagai sumber energi, dapat juga menjaga temperatur udara di sekitar kondenser alat pendingin ruangan tidak naik akibat panas buangan dari kondenser yang sudah diserap oleh air. Selain hal tersebut di atas, kipas kondensor juga sudah tidak digunakan. Untuk air PDAM di Makassar, kita tidak membutuhkan pompa untuk mengalirkan air masuk ke dalam sistem, sehingga terdapat penghematan energi listrik.

Pada penelitian ini akan dilakukan analisa penggunaan energi panas sebagai pemanas air dari PDAM untuk keperluan rumah tangga. Diharapkan dari penelitian ini diperoleh berapa besar manfaat yang dapat diperoleh dengan perbandingan penggunaan daya listrik bulanan.

Penggunaan alat pendingin ruangan sekarang ini sudah sangat banyak. Hal ini dapat dilihat dengan banyaknya alat pendingin ruangan yang digunakan pada rumah – rumah tinggal. Hal yang menjadi masalah dalam penggunaan alat pendingin ruangan yaitu panas buangan dari kondensor yang mengganggu kenyamanan di sekitar kondensor. Kondensor tidak dapat di arahkan ke sembarang tempat.

Dari penelitian yang telah dilakukan, temperatur kondensor mempunyai nilai yang cukup tinggi yaitu sekitar 60°C.

Perpindahan panas yang terjadi antara refrigeran yang mengalir di dalam pipa kondensor dapat dipindahkan ke air yang mengalir di dalam pipa besar seperti pada Gambar 1 berikut.



Gambar 1. Sistem aliran pada penukar kalor aliran silang

Besar perpindahan energi dari kondensor ke air dapat dihitung dengan persamaan:

$$Q_{air} = \dot{m}_{air} \times C_{p_{air}} \times (T_{out1} - T_{in1}) \quad (1)$$

Dimana:

Q_{air} : Kalor dari kondensor yang diserap oleh air (Watt)

\dot{m}_{air} : laju aliran massa air (kg/s)

$C_{p_{air}}$: Kalor spesifik air (kJ/kg K)

T_{in1} : Temp. air masuk ke kondensor (°C)

T_{out1} : Temp. air keluar dari kondensor (°C)

Laju aliran massa air diperoleh dengan mengukur langsung debit air yang masuk ke dalam kondensor dalam selang waktu tertentu. Dengan mengetahui debit air yang masuk maka laju aliran massa dapat dihitung dengan menggunakan persamaan sebagai berikut.

$$\dot{m}_{air} = D_{air} \times \rho_{air} \quad (2)$$

Dimana:

D_{air} : Debit air (m³/s)

ρ_{air} : massa jenis air (kg/m³)

Debit air diperoleh dari hasil pengukuran langsung dengan menggunakan meteran air. Meteran air akan menunjukkan berapa volume air yang lewat, jika volume air yang lewat diukur dengan selang waktu tertentu, maka debit air perdetik dapat diperoleh dengan persamaan:

$$D_{air} = \frac{\text{penunjukan meteran air (m}^3\text{)}}{\text{selang waktu tertentu (detik)}} \quad (3)$$

Untuk temperatur air yang masuk dan keluar dari kondensor diukur dengan menggunakan termokoppel. Sedangkan kalor yang dilepaskan oleh kondensor dapat dihitung dengan menggunakan persamaan:

$$Q_{ref} = \dot{m}_{ref} \times (h_2 - h_3) \quad (4)$$

Dimana:

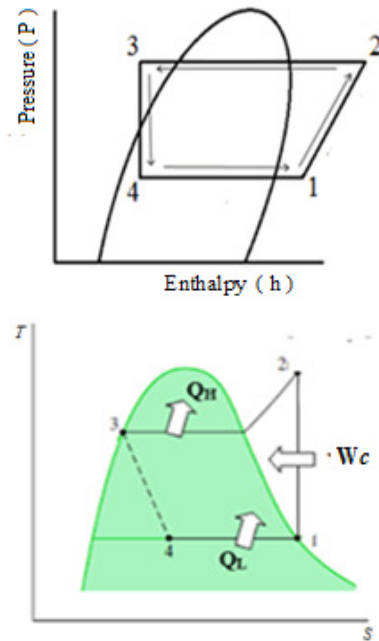
Q_{ref} : Kalor dilepaskan oleh kond. (Watt)

\dot{m}_{ref} : laju aliran massa refrigeran (kg/s)

h_2 : entalpi refrigeran masuk kond. (kJ/kg)

h_3 : entalpi refrigeran keluar kond. (kJ/kg)

Enthalpi titik 1, 2, 3 dan 4 dapat dilihat pada gambar 2.



Gambar 2. Diagram p – h dan diagram T – s mesin pendingin

Oleh karena alat untuk mengukur laju aliran massa tidak memungkinkan, maka laju aliran massa refrigeran dihitung berdasarkan besarnya daya yang diserap oleh evaporator. Di laboratorium teknik Mesin Universitas Atma Jaya Makassar terdapat 1 set peralatan penelitian mesin pendingin yang dapat mengukur variabel – variabel penelitian seperti tekanan fluida kerja di dalam pipa, temperatur refrigeran, temperatur udara yang masuk dan keluar dari evaporator maupun kondensor, kecepatan udara yang melintasi evaporator atau kondensor. Sehingga untuk menghitung kalor yang diserap oleh evaporator dari udara yang melintasinya dapat dihitung dengan menggunakan persamaan yang sama dengan kalor yang diserap oleh air pada kondensor sebagai berikut.

$$Q_{evap} = \dot{m}_{udara} \times C_{p_{udara}} \times (T_{out2} - T_{in2}) \quad (5)$$

Dimana:

Q_{evap} : Daya evaporator (Watt)

\dot{m}_{udara} : Laju aliran massa udara (kg/s)

$C_{p_{udara}}$: Kalor spesifik udara (kJ/kg K)

T_{in2} : Temp. udara masuk evaporator (C)

T_{out2} : Temp. udara keluar dari evaporator (C)

Kalor ini sama dengan kalor yang diserap oleh refrigeran dan dapat dihitung dengan persamaan:

$$Q_{evap} = \dot{m}_{ref} \times (h_1 - h_4) \quad (6)$$

Dimana:

h_1 : Entalpi refrigeran yang keluar dari evaporator

(kJ/kg)
 h_4 : Entalpi refrigeran yang masuk ke evaporator
 (kJ/kg)

Sehingga laju aliran massa refrigeran dapat diperoleh sebagai berikut:

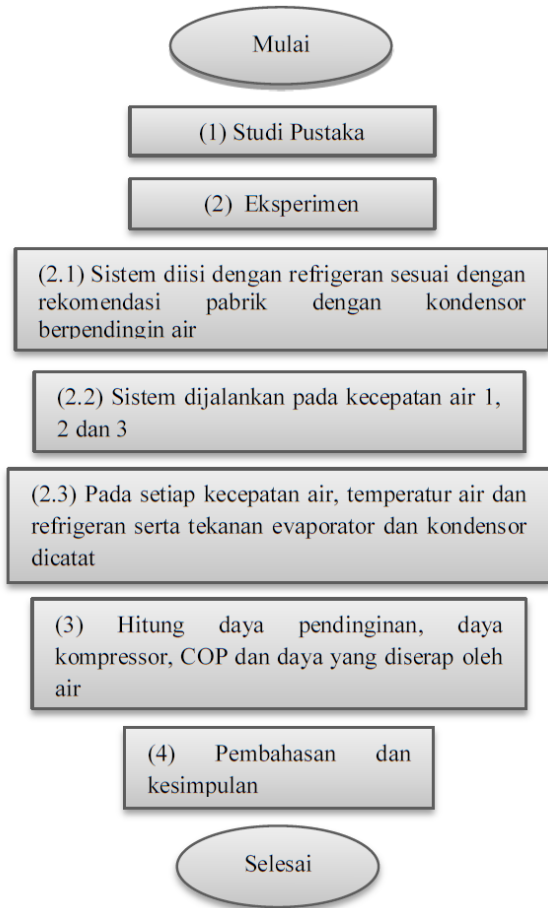
$$\dot{m}_{ref} = \frac{\dot{m}_{udara} \times C_{p_{udara}} \times (T_{out} - T_{in})}{[h_1 - h_4]} \quad (7)$$

2. METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian dilakukan secara eksperimen di Laboratorium Teknik Mesin Universitas Atma Jaya Makassar, seperti pada gambar 3. Penelitian dilakukan dengan menggunakan alat pendingin ruangan ¾ PK yang sudah dimodifikasi menjadi peralatan penelitian mesin pendingin dengan menambahkan alat – alat ukur yang dibutuhkan untuk data – data penelitian. Alat ukur yang digunakan adalah alat ukur tekanan, alat ukur kecepatan udara, termometer dan termokoppel.

Untuk menyerap kalor yang dilepaskan oleh kondensor alat pendingin ruangan, maka digunakan sebuah kondensor khusus di mana air merupakan fluida yang digunakan untuk menyerap panas. Data – data air yang mengalir ke dalam kondensor seperti temperatur dan volume air yang lewat diukur dengan menggunakan meteran air dan termokoppel.

Sebagai variabel penelitian, kecepatan air yang masuk ke dalam pipa diubah dalam tiga tingkat kecepatan pada temperatur udara sekitar yang sama.



Gambar 3: Diagram alir penelitian

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Dengan menggunakan persamaan energi dan daya, dapat diperoleh hasil yang dirangkum dalam bentuk tabulasi diperoleh:

Tabel 1: Debit dan temperatur air yang masuk ke kondensor

debit _{air} (m ³ /s)	T _{air} (°C)	T _{in air kond} (°C)	T _{out air kond.} (°C)	\dot{m}_{air} (kg/s)	Q _{air} (kW)
4.1×10 ⁻⁵	27	27	43	0.0408	2.2166
3.8×10 ⁻⁵	27	27	44	0.0378	2.6809
2.2×10 ⁻⁵	27	27	46	0.0219	1.7359

Dari tabel hasil pengolahan data, terlihat bahwa panas yang diserap oleh air yang paling tinggi adalah pada debit aliran 0.000038 m³/s (2.6809 kW) dan yang terendah pada penelitian ini adalah pada debit aliran 0.000022 m³/s yaitu 1.7359 kW.

Jika mesin pendingin dioperasikan rata – rata 10 jam perhari maka air bersih yang dibutuhkan untuk menyerap panas dari kondensor adalah sebagai berikut:

Tabel 2. Kebutuhan air kondensor perhari

Debit _{air} (m ³ /s)	T _{air} (°C)	T _{in} air kond. (°C)	T _{out} air kond. (°C)	m _{air} (kg/s)	Vol. (m ³)
4.1×10 ⁻⁵	27	27	43	0.0408	1468.8
3.8×10 ⁻⁵	27	27	44	0.0378	1360.8
2.2×10 ⁻⁵	27	27	46	0.0219	788.4

Tabel 3. Kegiatan harian yang membutuhkan air panas

Keb.	a	b	c	d	e	f	G
Masak	0.45	27	44	100	0.45	1.8	1.79
Minum	8	27	44	100	7.97	32	31.89
Mandi	65	27	44	44	64.78	260	259.12
Lound	50	27	44	44	49.83	50	49.83
Piring	45	27	44	44	44.85	45	44.85

a = volume (ltr);
 b = T_{awal} (tanpa panas);
 c = T_{awal} (dengan panas);
 d = T_{akhir};
 e = Massa (kg);
 f = volume (4 org) (ltr);
 g = Massa (4 org) kg

Tabel 4. Daya listrik yang dibutuhkan

Keb.	a	b	c	d	e	F
Masak	959.6	926.5	33.1	2742	2647	350
Minum	2428.2	1862.8	565.5	4047	3105	6000
Mandi	4594.4	0	4594.4	2297	0	2000
Lound	3534.1	0	3534.1	1767	0	2000
Piring	3155.2	0	3155.2	1578	0	2000

a = energi tanpa panas (J);
 b = energi dgn panas (J);
 c = selisih energi (J);
 d = t tanpa panas (s);
 e = t dgn panas (s);
 f = daya alat (W)

Tabel 5: Energi setara energi listrik dari energi panas kondenser

Kebutuhan	a	B	c	e	f
Masak	350	0.009	14	56	1.680
Air minum	6000	0.157	236	944	28.320
Mandi	2000	1.276	1914	7656	229.689
Loundry	2000	0.982	1473	5892	176.760
Cuci piring	2000	0.876	1315	5260	157.800

a=daya alat (W);b=selisih kWh;c=biaya/org/hari;
 d=biaya/4org/hari;e=biaya/4org/bulan

4. KESIMPULAN

Dari hasil pembahasan dan analisa data di atas, dapat diperoleh kesimpulan sebagai berikut: Dengan menggunakan kondensor berpendinginan air, kita membutuhkan setidaknya dua tandon air yang berkapasitas 1500 liter untuk mengantisipasi tidak terpakainya air hasil pemanasan oleh kondensor AC.

Jika dibutuhkan pompa untuk mengalirkan air ke tandon (air PDAM tidak mampu mengalirkan air ke

tandon). Dibutuhkan tambahan biaya listrik sebesar Rp. 7560,- per bulan (pompa dengan daya 125 W dan kemampuan penyaluran 18 liter/menit)

Dengan menggunakan kondensor berpendinginan air, energi listrik untuk menjalankan kipas angin kondensor dapat dikurangi sebesar 60 W, jika pengoperasian rata – rata perhari adalah 10 jam, sehingga biaya listrik yang dikurangi adalah Rp. 27.000,- (harga per kWh listrik Rp. 1500,-)

Jika air pemanasan digunakan sebagai pemanas air untuk masak dan minum, maka ada pengurangan biaya listrik sebesar Rp. 1680,- dan Rp. 28.320,- perbulan untuk 4 orang penghuni rumah.

Sehingga total biaya listrik yang dapat dikurangi perbulan adalah Rp. 57.000,-

Air panas juga dapat digunakan untuk keperluan lain yang tidak mendasar seperti air hangat untuk mandi, mencuci pakaian serta mencuci piring. Walaupun ketiga hal ini bukan merupakan kebutuhan dasar, tetapi membutuhkan biaya listrik yang tinggi (Biasanya diterapkan pada industri). Biaya listrik yang dibutuhkan untuk ketiga kebutuhan ini cukup tinggi yaitu Rp. 564.249,-

DAFTAR PUSTAKA

- Khairil Anwar. 2011. Efektifitas alat penukar kalor pada sistem pendingin generator PLTA. *Mektek*, vol 13 (3).
- Muhammad Hasan Basri. 2009. Efek perubahan laju aliran massa air pendingin pada kondensor terhadap kinerja mesin refrigerasi focus 808. *Smartek*, vol 7 (3).
- Aziz A, Harianto J, Mainil A K. 2015. Potensi pemanfaatan energi panas terbuang pada kondensor AC sentral untuk pemanas air hemat energi, *Jurnal Mekanikal* vol 6 (2), pp 569 – 576.
- Aziz A, Herisiswanto, Ginting H, Hatorangan N, Rahman W. 2014. Analisis kinerja air conditioning sekaligus sebagai water heater (ACWH), *SNTI-2014* Trisakti.
- Ginting H, Aziz A, Kurniawan I. 2014. Temperatur Sistem Pendingin Siklus Kompresi Uap Terhadap Perubahan Beban Pendinginan Dengan Penambahan Kondensor Dummy Sebagai Water Heater. *Jurnal online mahasiswa Fakultas Teknik Universitas Riau*
- Raymond Wuysan. 2017. Perbandingan kondensor berpendinginan udara dengan kondensor

berpendinginan air double tube pada AC $\frac{3}{4}$ PK.
Skripsi, Universitas Atma Jaya Makassar.

Ahmad Sharifian and Jeri Tangalajuk Siang. 2015.
Impacts of room temperature on the performance
of a portable propane air conditioner.
*International journal of Air-Conditioning and
Refrigeration*. 1550015.

F. Fernando, B. Palm, P. Lundqvist and E. Granryd.
2004. Propane heat pump with low refrigerant
charge: design and laboratory tests. *International
journal of refrigeration*. vol 27 (7), pp 761 – 773.