

# Alat Pengering Pakaian Portable dengan Memanfaatkan Energi Panas Buangan AC Split 1PK

Ronald Berutu<sup>1</sup>, Immanuel S<sup>2</sup>, Andar Heryanto<sup>3</sup>, A. Halim Nasution<sup>4</sup>, Eko Y Setyawan<sup>5\*</sup>

<sup>1, 2, 3, 4</sup>Universitas Sumatera Utara ; Jl. Dr. T. Mansur No.9, Padang Bulan, Medan, Telp; (061) 8214033

Jurusan Teknik Mesin, FT USU, Medan, Sumatera Utara

<sup>5</sup>Institut Teknologi Nasional Malang; Jl. Sigura-gura NO. 2 Malang, Telp; (0341) 551431

Jurusan Teknik Mesin, FT ITN Malang, Malang

e-mail: <sup>5\*</sup>yohanes@lecturer.itn.ac.id

## Abstrak

Penelitian ini dilakukan dengan tujuan untuk membuat mesin pengering pakaian dengan memanfaatkan panas buangan AC split 1 PK. Pada system AC memiliki system pembuangan panas melalui kondensor. Komponen system pendingin inilah yang dimanfaatkan untuk mengeringkan pakaian. Manfaat penelitian ini adalah untuk menciptakan suatu alat pengering yang ramah lingkungan dengan sistem kerja hybrid sehingga saat pendinginan ruangan berlangsung dapat dimanfaatkan juga untuk proses pengeringan. Kesimpulan dari analisa ini diperoleh dari nilai laju pengeringan pakaian 10 handuk cotton 0.6467172 kg/jam, 8 buah handuk Poliester 0.8868545 kg/jam, 8 buah handuk cotton 0.568958 kg/jam. Nilai laju ekstraksi uap spesifik untuk pengeringan masing masing handuk adalah 0.734906 kg/kWh, 1.0077893 kg/kWh, 0.6465 kg/kWh dan besarnya konsumsi energi spesifik berkisar antara 1.36 kWh/kg , 0.9927 kWh/kg , 1.546 kWh/kg.

**Kata kunci :** Kondensor, Laju pengeringan, Nilai laju Ekstraksi uap spesifik, Konsumsi Energi Spesifik, cotton

## 1. PENDAHULUAN

Pengeringan adalah proses mengurangi atau menghilangkan sebagian kadar air dari suatu bahan yang dikeringkan. Pengeringan sangat berguna baik dalam pertanian, industry dan lainnya. Energy panas dapat kita peroleh dengan secara alami (konvensional) ataupun secara buatan. Energy panas konvensional bersumber dari energy panas matahari yang kita dapatkan secara gratis. Hal inilah yang menjadi daya tarik tersendiri karena biaya energy gratis. Akan tetapi pengeringan secara konvensional ini memiliki kelemahan tersendiri karena sangat tergantung oleh cuaca lingkungan

Salah satu produk yang membutuhkan pengeringan adalah pakaian. Pakaian merupakan kebutuhan utama dari manusia. Proses pengeringan pakaian merupakan kegiatan hampir setiap hari yang dilakukan oleh manusia/masyarakat.

Hal inilah yang menyebabkan banyak bermunculan laundry yang menawarkan jasa pencucian dan juga pengeringan pakaian bagi masyarakat yang sibuk dan ingin serba instan dalam pengeringan pakaian. Masalah dalam system pengering buatan adalah harga dan tidak semua pakaian dapat tahan terhadap panas dalam proses pengeringan.

Didalam masyarakat perkotaan, penggunaan *Air Conditioner (AC)* sepertinya sudah menjadi suatu kebutuhan primer. Hal ini menjadi suatu keuntungan karena dalam prinsip kerjanya *Air Conditioner (AC)* memiliki system pembuangan panas. Sistem pembuangan panas pada AC terdapat pada bagian kondensor. Energi panas dari kondensor biasanya langsung terbuang ke udara luar. Panas buangan *Air Conditioner (AC)* inilah yang direncanakan digunakan dalam proses pengeringan.

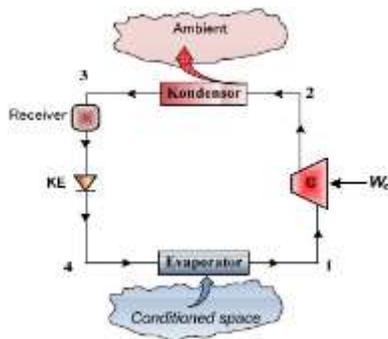
**2. TINJAUAN PUSTAKA**

Pakaian merupakan kebutuhan pokok dari manusia. Prinsip pengeringan biasanya akan melibatkan dua kejadian yaitu panas yang diberikan pada bahan dan air yang harus dikeluarkan dari bahan. Dua fenomena ini menyangkut pindah panas ke dalam dan pindah massa ke luar. Yang dimaksud dengan pindah panas adalah peristiwa perpindahan energi dari udara ke dalam bahan yang dapat menyebabkan berpindahnya sejumlah massa (kandungan air) karena gaya dorong untuk keluar dari bahan (pindah massa) Setyawan *et al* (2017).

Metode pengeringan yang biasa dilakukan adalah metode konvensional dan pengering buatan. Beberapa factor factor yang mempengaruhi Pengeringan yaitu: luas permukaan, suhu, kecepatan udara, kelembapan udara, tekanan udara, waktu.

Dalam system kerjanya, AC bekerja adalah Siklus Kompresi Uap. Siklus kompresi uap merupakan siklus termodinamika yang digunakan untuk memindahkan panas dari medium yang bertemperatur rendah ke medium yang bertemperatur lebih tinggi. Fluida kerja yang mengalir selama siklus disebut Refrigeran. Pada siklus kompresi uap ini, fluida kerja /refrigerant mengalami perubahan fasa yaitu menjadi uap dan menjadi cair.

Ambarita, H., (2013) SKU mempunyai komponen utama, yaitu kompresor, kondensor, katup ekspansi, dan evaporator, seperti yang ditunjukkan pada Gambar dibawah ini :



Gambar 2.1 Siklus kompresi uap

a. Maka dapat dicari Kerja Kompresi isentropis

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

$$W_c = V \times I$$

Dengan :

$$V = \text{Voltase listrik (V)}$$

$$I = \text{Kuat arus (A)}$$

b. Perpindahan panas kondensasi

$$Q_k = \dot{m}_{ref}(h_2 - h_3)$$

$$\text{atau } Q_k = \dot{m}c_p\Delta T$$

$\dot{m}$  = laju aliran massa udara pada kondensor (kg/s)

$c_p$  = panas spesifik udara (kJ/kg.K)

$\Delta T$  = Perbedaan temperature udara keluar dengan masuk kondensor ( $^{\circ}\text{C}$ )

c. Ekspansi adiabatik

$$h_3 = h_4$$

d. Evaporasi isobarik

$$Q_e = \dot{m}_{ref}(h_1 - h_4)$$

Mahlia et al.,(2010) menyatakan dalam proses pengeringan ada beberapa hal yang harus diketahui yaitu nilai laju ekstraksi uap spesifik/ *Specific Moisture Extraction Rate* (SMER) yang merupakan perbandingan jumlah air yang dapat diuapkan dari bahan dengan energi listrik yang digunakan tiap jam atau energi yang dibutuhkan untuk menghilangkan 1 kg air, dinyatakan dalam kg/kWh. Perhitungannya menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$SMER = \frac{\dot{m}_d}{W_c}$$

Dimana :

$W_c$  = Daya kondensor (kW)

$\dot{m}_d$  = Laju pengeringan (kg/jam)

Mahlia et al.,(2010) menyatakan konsumsi Energi Spesifik/ *Specific Energy Consumption* (SEC) adalah perbandingan antara energi yang dikonsumsi dengan kandungan air yang hilang, dinyatakan dalam kWh/kg dan dihitung dengan menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$SEC = \frac{1}{SMER}$$

Laju pengeringan/ *Drying Rate* adalah perbandingan antara jumlah air yang dihilangkan dengan waktu yang diperlukan, dinyatakan dalam kg/jam, dihitung dengan menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$\dot{M}_d = \frac{W_o - W_f}{t}$$

Dimana :

$W_o$  = Berat bahan sebelum pengeringan (gr)

$W_f$  = Berat bahan sesudah pengeringan (gr)

$t$  = Waktu pengeringan (menit)

Denkerberger *et al.*, (2013) menyatakan pompa kalor merupakan salah satu sistem yang dapat dimanfaatkan sebagai pengering pakaian. Teknologi pompa kalor sebagai pengering telah banyak dimanfaatkan di Australia dan Eropa karena berpotensi menghemat energy.

Braun *et al.*, (2001) menyatakan pompa kalor untuk pengeringan pakaian atau *Heat Pump Clothes Dryers* (HPCDs) dapat menghemat energi sebesar 40–50% daripada pengering pakaian listrik konvensional, dan memiliki potensi menyimpan energi yang besar.

Suntivarakorn *et al.*, (2010) melakukan penelitian kajian pengering pakaian dengan menggunakan panas sisa dari *Air Conditioner* (AC) dengan kapasitas 12.648Btu/h. Luas ruang pengeringan 0,5 x 1,0 m<sup>2</sup>, percobaan dilakukan dengan 2 metode yaitu pengeringan pakaian dengan dan tanpa kipas tambahan dan hasilnya adalah laju pengeringan 2,26 kg/jam dan 1,1 kg/jam.

Mahlia *et al.*, (2010) melakukan kajian pengeringan pakaian dengan memanfaatkan panas sisa dari *Air Conditioner* (AC). Kajian ini membandingkan efektivitas pengeringan sistem konvensional dan energi yang di konsumsi. Penggunaan panas sisa dari AC untuk pengering pakaian sangat handal terutama di daerah pemukiman padat gedung bertingkat dan tanpa biaya tambahan. Hasil penelitian menunjukkan laju aliran pengeringan antara 0,56 kg/jam sampai 0,75 kg/jam dan energi yang dikonsumsi untuk pengeringan pakaian adalah 0,81 kWh sampai 0,855 kWh per siklus.

Deng Shiming dan Han Hua (2004) melakukan penelitian pada pengering pakaian dengan menggunakan panas sisa dari AC. Hasil penelitian menunjukkan efisiensi pengeringan memanfaatkan panas AC sebesar 1,2 % daripada menggunakan pengering elektrik.

Ameen, A., Bari, S., (2003) melakukan penelitian pengeringan pakaian dengan memanfaatkan panas buangan kondensor dari sebuah AC split domestik yang banyak dijumpai di gedung-gedung apartemen. Ruang pengering

dihubungkan pada unit kondensor agar panas buangan dapat mengalir ke sisi pakaian. Hasil yang diperoleh adalah laju pengeringan 0,424 kg/jam dibandingkan dengan 0,319 kg/jam dengan pengeringan komersial dan 0,139 kg/jam dengan pengeringan alami, sedangkan konsumsi energi yang dibutuhkan adalah 1,909 kWh/kg.

Grup Riset pengering pakaian pompa kalor, Indra Hermawan (2014) telah melakukan penelitian dengan judul “Kajian Pengering Pakaian Sistem Pompa Kalor”.

### 3. METODOLOGI PENELITIAN

Dalam pengujian ini terlebih dahulu dilakukan pembuatan model fisik unit mesin pengering pakaian dengan memanfaatkan panas buang kondensor dari sistem pengkondisian udara/pompa kalor sebagai sumber energi.

*Peralatan :*

Laptop, *Loadcell*, Hygrometer, Anemometer, Clamp meter, Termohigrometer Pompa kalor ( Air Conditioner).

*Bahan :*

Berbagai macam jenis pakaian seperti : handuk cotton

*Prosedur Penelitian*

Adapun prosedur pengujian yang dilakukan adalah :

1. Menghidupkan pompa kalor untuk pemanasan agar kondisi stabil tanpa ada kandungan air didalam ruang pengering.
2. Menyiapkan peralatan pengujian yaitu, laptop, *usb loadcell*, RH meter, anemometer, dan clamp meter.
3. *Load cell* dihidupkan, sebelum merekam data *load cell* di tare kan terlebih dahulu agar di layar laptop massa berada pada posisi 0 gr.
4. Mengambil pakaian basah yang sudah diperas dan menggantungkan pada bagaian gantungan yang telah diberi *loadcell*.
5. Mencatat massa pakaian dengan melihat pada laptop yang telah terkoneksi dengan laptop.

6. Mengaktifkan stopwatch bersamaan dengan pencatatan massa awal , Rh, temperature, Amper.
7. Dicatat setiap perubahan yang terjadi setiap 5 menit hingga kering/massa tidak berubah lagi.
8. Ukur kecepatan udara pengering di dalam lemari pengering dengan menggunakan anemometer.
9. Setelah pakaian kering, maka pompa kalor di matikan.
10. Hasil pengujian dianalisis.
11. Selesai.

#### 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

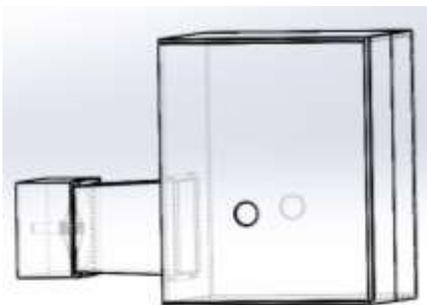
Spesifikasi AC 1 PK yang digunakan sehingga dapat ditetapkan data awal perencanaan, yakni

- Temperatur evaporasi 14 °C
- Tekanan kompresor 2.17 Mpa
- Beban pendinginan 9000 Btu/hr (2.64 kW)

Efisiensi isentropic kompresor 0.85%

Sehingga didapatkan panas yang dihasilkan dari kondensor 2.774 kW. Panas ini yang direncanakan digunakan untuk mengeringkan handuk. Setelah dilakukan perhitungan dimensi pada alat pengering maka dilakukan pabrikan alat pengering dengan sesuai ukuran yang direncanakan yakni untuk mengeringkan handuk .

Berikut ini pembuatan design alat pengering dengan solidwork 2012.



Gambar 4.1 Design alat pengering

Alat pengering dibuat seringan mungkin dan juga dapat dibongkar pasang. Hal inilah yang menjadi daya tarik tersendiri dalam mesin pengering ini.. Alat pengering pakaian yang dibuat mempunyai spesifikasi sebagai berikut : Rangka bagian luar terbuat dari aluminium hollow panggul sehingga tampak lebih menarik. Dimensi ruang pengering yakni 1 meter x 1meter x 1.25 m. Setiap bagian dari pengering diisolasi dengan sterofoam pada bagian dalamnya sehingga dapat meminimalisir kehilangan panas dari dinding alat pengering.



Gambar 4.2 Alat pengering

Penyangga alat pengering terbuat dari besi siku berukuran 101 cm x 101 cm

Dengan menggunakan persamaan diatas yakni:

Laju pengeringan :

$$\dot{M}_d = \frac{W_o - W_f}{t} \text{ (kg/jam)}$$

$$SMER = \frac{\text{kg/jam}}{220 V x A}$$

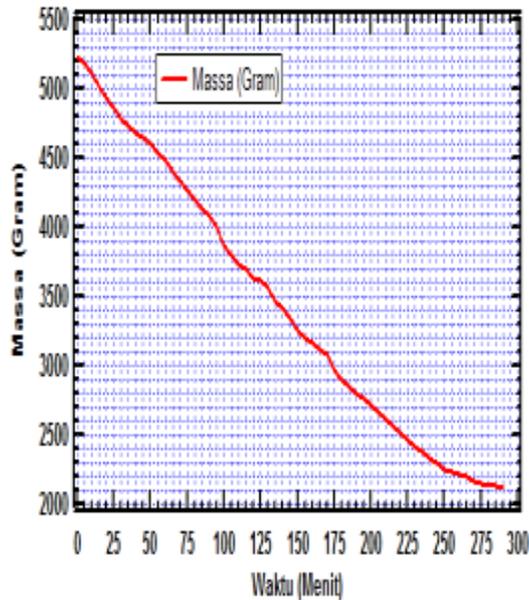
A = kuat arus Kondensor = 4A

$$SEC = \frac{1}{SMER}$$

Dari hasil pengujian maka didapatkan data untuk mendapatkan suatu kesimpulan. Data yang diperoleh, yakni 10 buah handuk cotton, 8 buah handuk poliester, 8 buah handuk cotton. Dari data pengujian yang dilakukan maka didapatkan nilai laju pengeringan, 10 handuk cotton  $0.6467172 \frac{\text{kg}}{\text{jam}}$ , 8 buah handuk Poliester  $0.8868545 \frac{\text{kg}}{\text{jam}}$ , 8 buah handuk cotton  $0.568958 \frac{\text{kg}}{\text{jam}}$ . Untuk nilai SMER masing masing adalah 0.734906 kg/kWh, 1.0077893 kg/kWh, 0.6465 kg/kWh, dan SEC

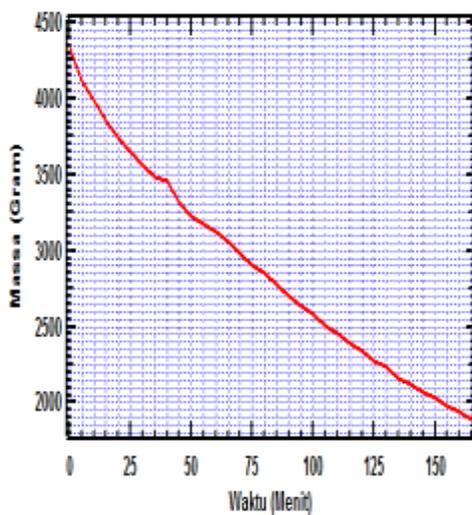
masing masing adalah  $1.36 \text{ kWh/kg}$  ,  $0.9927 \text{ kWh/kg}$  ,  $1.546 \text{ kWh/kg}$

Berikut ini grafik penurunan massa :



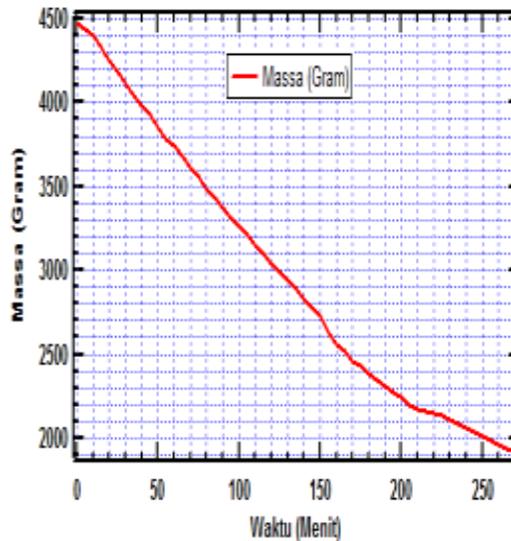
Gambar 4.3 Grafik penurunan massa 10 cotton

Dari grafik 4.3 didapatkan penurunan massa dari massa basah 5235.45 gram hingga 2109.65 gram.



Gambar 4.4 Grafik penurunan massa 8 poliester

Dari grafik 4.4 diatas didapatkan penurunan massa basah dari 4332.5 gram hingga 1893.65 dengan waktu 165 menit



Gambar 4.5 Grafik penurunan massa 8 Cotton

Dari grafik 4.5 diatas didapatkan penurunan massa basah dari 4480.96 gram hingga 1920.65 gram dengan waktu 270 menit

## 5. KESIMPULAN

1. Telah dirancang dan dibuat mesin pengering portable dengan memanfaatkan panas buangan AC 1PK.
2. Laju pengeringan yang didapatkan adalah 10 handuk cotton  $0.6467172 \frac{\text{kg}}{\text{jam}}$  , 8 buah handuk Poliester  $0.8868545 \frac{\text{kg}}{\text{jam}}$  , 8 buah handuk cotton  $0.568958 \frac{\text{kg}}{\text{jam}}$
3. SMER yang didapatkan adalah 0.734906 kg/kWh, 1.0077893 kg/kWh, 0.6465 kg/kWh
4. SEC yang didapatkan adalah  $1.36 \text{ kWh/kg}$  ,  $0.9927 \text{ kWh/kg}$  ,  $1.546 \text{ kWh/kg}$
5. Laju Pengeringan terbesar yakni untuk pengujian pengeringan dengan menggunakan handuk polyester.

**DAFTAR PUSTAKA**

- Ambarita, H., 2013. *Buku Kuliah Termodinamika Teknik II*. Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, USU, Medan.
- Ameen, A., Bari, S., 2003. *Investigation into the effectiveness of heat pump assisted clothes dryer for humid tropics*. Energy Conversion and Management 45, 1397–1405
- Braun, J. E., Bansal, P.K., Groll, E.A., 2001. *Energy efficiency analysis of air cycle heat pump dryers*. International Journal of Refrigeration 25, 954–965.
- Denkenberger, Dave., Calwell, C., Beck, N., Trimboli, B., Driscoll, D., 2013. *Analysis of Potential Energy Savings from Heat Pump Clothes Dryers in North America*. CLASP (by Ecova).
- Deng, S., Han, H., 2004. *An experimental study on clothes drying using rejected heat (CDURH) with split-type residential air conditioners*. Applied Thermal Engineering 24, 2789-2800
- Setyawan Y.E., Djiwo S and Sugiarto T, 2017. *“Simulation Model Of Fluid Flow And Temperature Distribution In Porous Media Using Cylindrical, Convergent And Divergent Nozzles”* International Journal of Technology and Sciences (IJTS), Vol. 1, No. 1.
- Hermawan, I., 2014. *Kajian Pengerian Pakaian Sistem Pompa Kalor*. Tesis, Program Magister Teknik Mesin, Fakultas Teknik, USU, Medan
- Mahlia, T.M.I., Hor, C.G., Masjuki, H.H., Husmawan, M., Varman, M., Mekhilef, S., 2010. *Clothes Drying From Room Air Conditioning Waste Heat: Thermodynamics Investigation*. The Arabian Journal for Science and Engineering, Volume 35, Number 1B, 339-351.
- Suntivarakorn, P., Satmarong, S., Benjapiyaporn, C., Theerakulpisut, S., 2009. *An Experimental study on Clothes Drying Using Waste Heat from Split Type Air Conditioner*. World Academy of Science, Engineering and Technology 29, 168-173.
- Setyawan Y.E., Djiwo S and Sugiarto T, 2017. *“Simulation Model Of Fluid Flow And Temperature Distribution In Porous Media Using Cylindrical, Convergent And Divergent Nozzles”* International Journal of Technology and Sciences (IJTS), Vol. 1, No. 1.