

Analisa Variasi Beban Terhadap Performasi Sistem Pengering Pakaian Menggunakan Panas Buang Kondensor

Rivai Suhendra F., IN. Suarnadwipa dan IWB. Adnyana
Program Studi Teknik Mesin Universitas Udayana, Kampus Bukit Jimbaran Bali

Abstrak

AC (air conditioner) merupakan alat pendingin ruangan yang banyak digunakan didalam kehidupan sehari-hari yang memiliki energi terbuang dalam sistemnya yaitu panas buang kondensor. Energi yang terbuang yaitu panas buang kondensor merupakan energi alternatif yang dapat dimanfaatkan dalam berbagai hal, salah satunya adalah alat pengering pakaian. Variasi beban diberikan untuk menganalisa performansi sistem pengering pakaian. Hasil dari pengujian diketahui laju perpindahan massa air, laju panas penguapan, laju aliran massa udara, laju pembuangan panas kondensor dan efisiensi. Variasi beban yang dalam pengujian adalah 10 pakaian, 20 pakaian, 30 pakaian, 40 pakaian. Hasil penelitian diketahui bahwa laju panas penguapan dan efisiensi terbaik terdapat pada variasi beban 40 pakaian yaitu sebesar $1,074934435 \text{ (kJ/s)}$ dengan efisiensi 40,9456%.

Kata Kunci : Alat Pengering Pakaian ; panas buang kondensor; variasi beban

Abstract

AC (Air Conditioner) is an air conditioner that is widely used in daylife that has wasted energy in the system, namely heat waste condensers. Wasted energy namely heat waste condensers is an alternative energy that can be used in various ways, one of them is a clothes dryer. The load variation are given to analyze the performance of the clothes dryer system. The results of the test is the rate of water mass transfer, evaporation heat rate, air mass flow rate, condenser heat dissipation rate and efficiency. Variations in the load in the test were 10 clothes, 20 clothes, 30 clothes, 40 clothes. The results of the research, it is known that the best evaporation heat rate and efficiency are found in the variation of 40 clothing loads, namely $1.074934435 \text{ (kJ/s)}$ with an efficiency of 40.9456%.

Keywords : Clothing dryers; condenser heat dissipation, load variation

1. Pendahuluan

Air Conditioner (AC) merupakan suatu sistem atau mesin yang dirancang untuk mengkondisikan suhu udara dan kelembapan suatu ruangan. *Air Conditioner* sering kita jumpai di berbagai tempat seperti di ruang kantor, di dalam rumah, di hotel, dan di berbagai tempat lainnya. Negara Indonesia yang beriklim tropis dengan temperatur berkisar 32-43 °C, menyebabkan penggunaan *Air Conditioner* di Negara Indonesia yang cukup tinggi..

Air Conditioner memiliki kinerja menghasilkan udara dingin untuk mendinginkan ruangan dan membuang udara panas melalui kondensor. Udara panas yang terbuang melalui kondensor menjadi energi terbuang atau *waste energy*. Pemanfaatan energi panas yang terbuang akan menjadi salah satu energi alternatif yang dapat dimanfaatkan dalam kehidupan sehari-hari, seperti pemanas air, pengering padi[1], pengering kain, dan pemanfaatan lainnya.

Panas buang kondensor dapat dimanfaatkan dalam sistem alat pengering pakaian. Panas buang kondensor akan menggantikan gas *LPG* sebagai bahan bakar alat pengering pakaian[2]. Terdapat beberapa parameter yang mempengaruhi proses pengeringan, antara lain: suhu udara pengering, kelembapan relatif udara pengering, kecepatan aliran udara pengering, dan kadar air bahan[3].

Kadar air bahan merupakan faktor terpenting dalam proses pengeringan, dimana kadar air bahan

dipengaruhi oleh tebalnya tumpukan bahan, kelembapan udara serta kadar air awal bahan [3]. Penulis melakukan penelitian yaitu variasi beban sistem pengering kain menggunakan panas buang kondensor. Spesimen yang digunakan dalam penelitian adalah pakaian berbahan dasar katun *combed 30s* dikarenakan menjamurnya usaha *laundry* di daerah Jimbaran, Bali dan pakaian berbahan dasar katun *combed 30s* menjadi komoditas utama.

Mekanisme kerja alat pengering pakaian menggunakan panas buang kondensor yaitu panas buang kondensor dialirkan menuju ruang pengeringan. Udara panas tersebut mengalir kedalam ruang pengering dan langsung mengenai pakaian yang telah digantung, dengan cara digantung menggunakan hanger secara rapi dengan susunan *aligned*. Udara panas akan diserap oleh pakaian yang akan membuat kadar air dalam pakaian menguap dan uap air terbuang melalui ducting.

Pokok masalah dalam penelitian ini adalah analisa variasi beban terhadap unjuk kerja (performansi) sistem pengering pakaian berbahan katun menggunakan panas buang kondensor.

Agar penelitian ini dapat mencapai sasaran yang diinginkan dan pembahasan tidak meluas, maka permasalahan akan dibatasi sebagai berikut:

1. Pakaian berbahan dasar katun dengan ukuran pakaian yang akan diujikan sama dan massa pakaian kering yaitu 0,193 kg.

2. Kadar air pada pakaian sebelum dilakukan pengujian adalah 0,162 kg.
3. Pengujian dilakukan di area terbuka dengan temperatur lingkungan awal pengujian adalah 28 °C.
4. Temperatur *Air Conditioner* dioperasikan pada temperatur awal pengujian 16 °C dengan temperatur panas buang kondensor pada awal pengujian adalah 36 °C.
5. Pengujian menggunakan susunan sejajar (*aligned*).

2. Dasar Teori

Kain katun *combed* adalah jenis kain katun yang sangat halus yang proses pembuatannya diproses secara khusus sebelum diputar oleh mesin pemintal [3]. Kain katun *combed* sering digunakan sebagai bahan bedcover dan pakaian.

Kain katun *combed* dibagi menjadi beberapa jenis yang dibedakan berdasarkan jenis benang yang digunakan serta setting grammasinya (gr/m^2). Kain *combed 30s* Memiliki ketebalan antara 140 – 160 gram/m^2 dengan bahan kain yang dihasilkan mencapai gramasi antara 210 – 230 gr/m^2 .

Pengeringan merupakan proses pengurangan kadar air suatu bahan hingga mencapai kadar air tertentu [4]. Parameter yang mempengaruhi waktu proses pengeringan, antara lain: Suhu Udara Pengeriing, Kelembaban Relatif Udara Pengeriing, Kecepatan Aliran Udara Pengeriing, Kadar Air Bahan.

Laju aliran massa udara yang terjadi di dalam proses pengeringan, dinyatakan sebagai berikut [5]:

$$\dot{m}_u = \rho_u v_u A \quad (1)$$

Dimana :

- \dot{m}_u = Laju massa udara (kg/s)
- ρ_u = Massa jenis udara (kg/m^3)
- v_u = Kecepatan udara (m/s)
- A = Luas penampang (m^2)

Jumlah massa air yang dikeluarkan selama proses pengeringan di dalam bahan selama waktu yang ditentukan, dinyatakan sebagai berikut :

$$\dot{m}_v = \frac{m_{Aair} - m_{Xair}}{t}$$

Dimana :

- \dot{m}_v = Laju pengeringan (kg/s)
- m_{Aair} = Massa awal air (kg)
- m_{Xair} = Massa akhir air (kg)
- t = Waktu pengeringan (s)

Perpindahan uap air yang terjadi pada saat proses pengeringan berlangsung [6], yaitu:

$$\dot{Q}_{use} = \dot{m}_v h_{fg} \quad (2)$$

Dimana :

- \dot{Q}_{use} = Laju panas penguapan air (kJ/s)
- \dot{m}_v = Laju penguapan (kg/s)
- h_{fg} = Panas laten (kJ/kg)

Proses kondensasi berlangsung di kondensor pada tekanan konstan (isobar), refrigeran yang bertekanan dan temperatur tinggi keluar dari kompresor membuang kalor sehingga fasenya berubah menjadi cair, yang di definisikan sebagai [7]:

Pada sisi refrigerant

$$\dot{Q}_c = \dot{m} q_c = \dot{m} (h_2 - h_3) \quad (3)$$

Pada sisi udara

$$\dot{Q}_c = \dot{m}_u Cp (T_{out} - T_{in}) \quad (4)$$

Dimana :

Q_c = Perpindahan panas pada kondensor (kJ/s)

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

q_c = Kalor pada kondensor (kJ)

h_3 = Entalpy spesifik refrigeran masuk pipa kapiler (kJ/kg)

\dot{m}_u = Laju aliran udara (kg/s)

Cp = Panas spesifik dalam tekanan konstan (kJ/kg.K)

T_{in} = Panas masuk kondensor (K)

T_{out} = Panas buang kondensor (K)

Efisiensi pengujian yang terjadi dapat di definisikan sebagai berikut:

$$\eta = \frac{\dot{Q}_{evap}}{\dot{Q}_c} \times 100\% \quad (5)$$

Dimana :

η = Efisiensi Pengujian

\dot{Q}_{evap} = Laju panas penguapan (kJ/s)

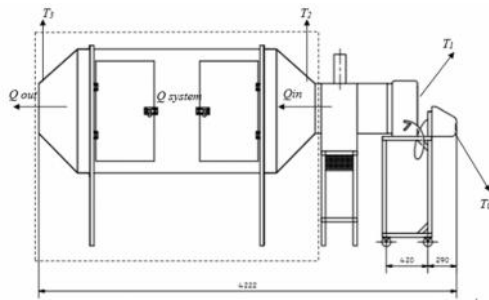
\dot{Q}_c = Laju panas kondensor (kJ/s)

3. Metode Penelitian

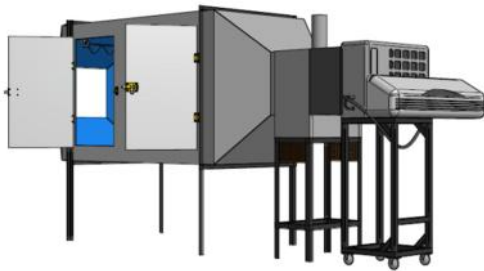
Dalam melaksanakan penelitian, alat – alat ukur dipersiapkan dalam proses pengambilan data yang akan digunakan dalam proses penelitian adalah sebagai berikut:

1. Timbangan digital untuk mengetahui perubahan massa pada pakaian dalam proses pengujian sebelum dan sesudah dikeringkan.
2. Termokopel untuk mengukur temperatur udara pada alat pengering pakaian.
3. *Stopwatch* Berfungsi sebagai alat pengukur waktu pada saat pengambilan data.
4. *Anemometer* untuk mengukur debit aliran fluida kerja dalam hal ini adalah udara.

Desain alat pengering pakian yang memanfaatkan energi panas dari panas buang kondensor ditunjukkan pada gambar.



Gambar 1. Gambar Skematik Alat



Gambar 2. Desain Alat Pengering Laundry

Keterangan:

1. A = Evaporator
2. B = Kondensor
3. C = Honey Comb Srink
4. D = Ruang Pengujian
5. Inlet = Lorong masuk udara panas berbentuk honeycomb srink
6. T_0 = Temperatur pada Air Conditioner
7. T_1 = Temperatur pada temperatur lingkungan
8. T_2 = Temperatur aliran masuk panas buang kondensor
9. T_3 = Temperatur pada ducting

Spesifikasi alat Pengering :

1. Kapasitas Air Conditioner : 1 PK (9000 Btu/h)
2. Daya yang digunakan Air Conditioner : 770 W / 4.3A
3. Hambatan Air Conditioner : 1 Ω
4. Voltase Air Conditioner : 220-240 V
5. Frekuensi Air Conditioner : 50 Hz
6. Refrigerant Air Conditioner : R22, 0.42 kg
7. Power input : Panas buang kondensor
8. Fluida kerja : Udara panas
9. Bahan yang dikeringkan : Pakaian
10. Kapasitas produk : 40 baju
11. Dimensi (PxLxT) : 2 x 1 x 1,2 m
12. Rangka : Besi siku 5 x 5 cm
13. Dinding : Besi plat
14. Insulasi dinding : Glasswall
15. Cover : Aluminiumfoil
16. Penampang saluran : Tinggi 0,5m lebar 0,6 m

Spesimen uji yang digunakan dalam penelitian

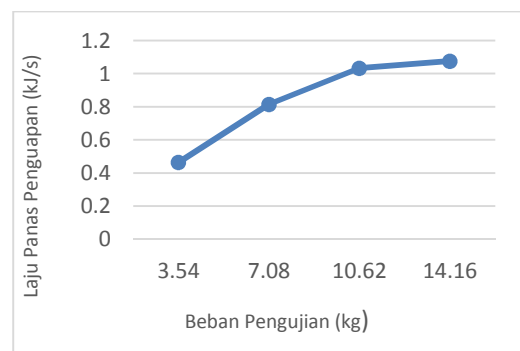
ini adalah pakaian berbahan dasar katun *combed 30s* dipilih sebagai spesimen uji dikarenakan hasil *survey* yang dilakukan ke beberapa tempat laundry yang berada di sekitar daerah Jimbaran, ditemukan bahwa pakaian berbahan dasar katun *combed 30s* merupakan pakaian yang paling sering dicuci, oleh sebab itu pakaian berbahan katun *combed 30s* menjadi pilihan sebagai spesimen uji dalam penelitian yang akan dilakukan. Spesimen yang diuji harus memiliki ukuran pakaian, massa pakaian dalam keadaan kering, warna pakaian serta bentuk pakaian yang sama agar mendapatkan hasil pengujian yang maksimal. Kadar air pada spesimen uji diasumsikan sama yaitu pada massa 0,354 kg.

Adapun prosedur penelitian pada pengujian alat pengering pakaian adalah sebagai berikut :

1. Siapkan alat pengering pakaian dan alat ukur.
2. Operasikan Air Conditioner agar mencapai temperatur awal pengujian yang ditentukan yaitu 16 °C.
3. Ukur Temperatur awal dari lingkungan dan temperatur ruang pengering. Temperatur awal pengujian yaitu 28 °C pada temperatur lingkungan dan 36 °C pada ruang pengering
4. Timbang massa pakaian yang sudah dibasahkan sebelum dikeringkan dengan massa pakaian 0,354 kg.
5. Pasang atau gantungkan pakaian basah di ruang pengering
6. Lanjutkan pencatatan temperatur pada jeda waktu 20 menit dengan lama waktu pengujian yaitu 140 menit.
7. Ulangi langkah diatas untuk beban pengeringan yang lain.

4. Hasil dan Pembahasan

4.1 Hasil Data Pengujian

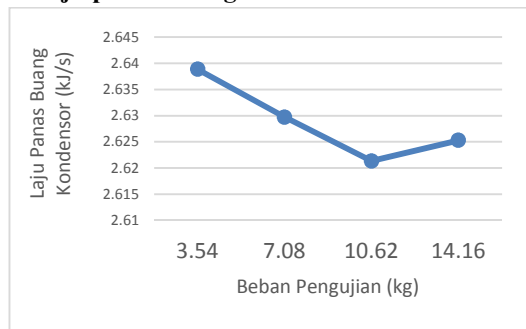


Gambar 3. Grafik Hubungan antara beban pengujian dengan laju panas penguapan

Gambar 3 menunjukkan bahwa perubahan laju panas penguapan (Q_{use}) berbanding lurus terhadap perubahan beban pengujian, dimana semakin meningkat beban pengujian maka laju panas penguapan (Q_{use}) mengalami peningkatan. Hal ini disebabkan karena peningkatan beban pengujian menyebabkan luas permukaan yang menerima dan

menyerap panas ikut meningkat, sehingga meningkatkan laju perpindahan massa air (\dot{m}_v). Nilai peningkatan laju perpindahan massa air (\dot{m}_v) menyebabkan nilai laju panas penguapan menjadi meningkat (Q_{use}).

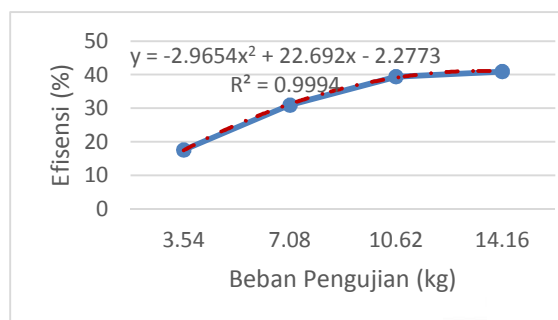
4.2 Hubungan antara beban pengujian dengan laju panas buang kondensor



Gambar 4. Grafik Hubungan antara beban pengujian dengan laju panas buang kondensor

Dari grafik 4 diketahui bahwa beban pengujian tidak mempengaruhi kenaikan ataupun penurunan laju panas buang kondensor (Q_c), dikarenakan variasi beban pengujian tidak berkontribusi didalam sistem kerja laju panas buang kondensor (Q_c), dimana laju panas buang kondensor dipengaruhi oleh beberapa faktor, yaitu seberapa besar selisih dari temperatur panas buang kondensor (T_2) dan temperatur lingkungan (T_1), seberapa tinggi laju aliran massa udara (\dot{m}_u) yang melaju pada sistem pengering pakaian dan seberapa tinggi nilai panas spesifik dalam tekanan konstan (C_p) yang dimiliki sistem pengering pakaian.

4.3 Hubungan antara beban pengujian dengan efisiensi



Gambar 5. Grafik Hubungan antara beban pengujian dengan efisiensi

Peningkatan dan penurunan efisiensi (η) yang terjadi selama pengujian berbanding lurus dengan nilai beban pengujian, dimana dari grafik 5 dapat disimpulkan bahwa peningkatan nilai efisiensi (η) dipengaruhi oleh peningkatan beban pengujian. Hal ini disebabkan karena beban pengujian merupakan variabel dari laju panas penguapan (Q_{use}), dimana seperti pada grafik, kenaikan beban pengujian berbanding lurus dengan kenaikan laju panas

penguapan (Q_{use}) sesuai dengan trend pada grafik, dimana trend searah dengan peningkatan efisiensi yang terjadi, namun nilai efisiensi mengalami penurunan dan penurunan tertinggi terdapat pada pengujian dengan beban 14,6 kg dengan nilai peningkatan efisiensi sebesar 1,5394%. Melalui perasamaan yang terdapat pada garis trend yaitu $y = -2,9654x^2 + 22,692x - 2,2773$ dengan error regresi (R^2) sebesar 0,9994, diketahui bahwa penambahan beban maksimal dalam proses pengeringan adalah sebesar 3,8261 kg dimana nilai efisiensi yang akan dicapai adalah 43,4106 %. Penambahan pada beban pengujian melebihi kapasitas maksimum pengujian akan menurunkan nilai dari efisiensi alat pengering pakaian. Nilai optimum efisiensi yang terjadi selama pengujian terdapat pada beban pengujian 7,08 kg dengan jumlah 20 pakaian dengan nilai peningkatan efisiensi sebesar 13,4391 %.

5. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian serta pembahasan yang dilakukan, maka disimpulkan bahwa peningkatan nilai efisiensi pada pengujian berbanding lurus dengan beban pengujian yang diberikan. Efisiensi tertinggi pada pengujian terdapat pada pengujian 40 pakaian dengan beban 14,16 kg dan laju panas penguapan sebesar 1,0753692 kJ/s. Hal ini disebabkan karena banyaknya jumlah pakaian pada pengujian mempengaruhi laju panas penguapan yang terjadi.

Daftar Pustaka

- [1] Indarto, Bachtera, et al.,2017, *Pemanfaatan Panas Buang Air Conditioner (AC) pada Lemari Pengering Benih Padi*, Jurnal Fisika Dan Aplikasinya. Vol 13: hal 119-125.
- [2] Wiguna, I Putu Agus Hendra.2017, *Analisa Peformansi Sistem Pengering dalam Proses Laundry dengan Memvariasikan Konsumsi Bahan Bakar*, Skripsi, Tidak dipublikasikan. Badung, Universitas Udayana.
- [3] Bayu Tresna, 2017, *Kenalan Dulu Dengan Cotton Combed!* Untuk Yang Belum Tahu, From,<http://academy.blazbluz.com/2016/08/09/cotton-combed/>, 19 Juli 2018.
- [4] Treybal, Robert E.,1981, *Mass Transfer Operations*, 3th edition, Mc Graw Hill, Inc, New york.
- [5] Cengel, Y.A., 2003, *Heat Transfer: A Practical Approach*, 2nd edition, McGraw– Hill, New York.

- [6] Holman, J.P., Alih bahasa E. Jasifi, 1995, *Perpindahan Kalor*, Penerbit Erlangga, Jakarta Lemari Pengering Benih Padi. Jurnal Fisika Dan Aplikasinya. Vol 13: hal 119-125.
- [7] Kreith, Frank, 1986, *Prinsip-prinsip Perpindahan Panas*, Erlangga Jakarta.

