

Analisa Berbasis *Arrangement* Terhadap Performansi Sistem Pengering Pakaian Menggunakan Panas Buang Kondensor

A.A.N Airlangga Agastya, IN. Suarnadwipa dan IWB. Adnyana
Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Udayana, Kampus Bukit Jimbaran Bali

Abstrak

Saat ini AC (air conditioner) hanya dimanfaatkan sebagai alat pendingin ruangan saja padahal terdapat energi panas yang terbuang dari kondensor yang dapat dimanfaatkan kembali. Terkait hal itu dibuatlah alat pengering pakaian dengan memanfaatkan panas buang dari kondensor sebagai sumber panas dengan memvariasikan susunan letak pakaian untuk menganalisa performansi sistem pengering pakaian menggunakan panas buang kondensor. Hasil yang didapat dari pengujian proses pengeringan adalah laju perpindahan massa air, laju panas evaporasi, laju aliran massa udara, laju pembuangan panas kondensor dan efisiensi. Pengujian dilakukan pada masing-masing variasi susunan pakaian yaitu secara *aligned* dan *staggered*. Dari hasil penelitian didapatkan Laju panas evaporasi pada variasi susunan *aligned* memiliki dampak yang lebih besar 4,15% dalam proses pengeringan dibandingkan pada susunan *staggered* serta efisiensi dari susunan secara *aligned* lebih baik 1,2 % dibanding susunan *staggered*.

Kata kunci: Alat Pengering ; Panas buang kondensor; Susunan

Abstract

Nowadays AC (air conditioner) is only used as an air conditioner even though there is heat energy wasted from the condenser which can be reused. Related to that, clothes dryer was made by applying the exhaust heat from the condenser as a heat source by varying the layout of the clothes to analyze the performance of the clothes dryer system using condenser heat dissipation. The results obtained from testing the drying process are the rate of water mass transfer, evaporation heat rate, air mass flow rate, condenser heat dissipation rate and the efficiency. The test was carried out on every variety of the composition of clothing that is *aligned* and *staggered* arrangement. From the results of the research found that the evaporation heat rate in the variation of *aligned* arrangement has an impact in the drying process about 4,15% greater than the *staggered* arrangement. Moreover, the efficiency of the *aligned* arrangement is 1.2% better than the *staggered* arrangement.

Keywords: Dryer; Condenser heat dissipation, arrangement

1. Pendahuluan

Indonesia secara letak geografis dan astronomisnya memiliki iklim tropis dimana terdapat 2 musim yaitu kemarau dan penghujan yang menyebabkan Indonesia rentan dengan perubahan cuaca. Cuaca yang berubah-ubah akan menjadi masalah bagi masyarakat karena mereka akan dibingungkan dengan keadaan mereka yang harus menjemur pakaian. Sebelumnya telah ada penelitian mesin pengering pakaian dengan menginovasikan LPG sebagai sumber energi untuk mengeringkan [1].

Dewasa ini jumlah penggunaan AC oleh penduduk Indonesia semakin meningkat, bahkan ada kecenderungan bahwa AC tidak lagi menjadi barang mewah. AC tidak lagi digunakan oleh mereka dengan tingkat ekonomi kalangan atas saja. Selama ini AC hanya dimanfaatkan sebagai pendingin ruangan saja, pada konsep dasarnya AC bekerja dengan konsep perpindahan panas, perpindahan panas tersebut terkesan tidak dihiraukan. Panas merupakan salah satu sumber energi yang dapat dimanfaatkan. Berdasarkan konsep kerja AC, maka akan ada proses pembuangan panas oleh kondensor menjadi suatu energi yang dapat dimanfaatkan.

Panas buang kondensor dapat dimanfaatkan sebagai alat pengering pakaian, dimana panas buang

kondensor disalurkan menuju ruangan yang menyerupai terowongan, dengan aliran panas yang diteruskan menuju ruang pengering dan akan mengenai pakaian berbahan katun yang digantung dengan susunan yang ditentukan yaitu *aligned* dan *staggered*. Udara panas kemudian akan diserap oleh pakaian yang akan menguapkan kadar air pada pakaian

Pokok permasalahan dalam penelitian ini adalah analisa berbasis *arrangement* terhadap performansi sistem pengering pakaian menggunakan panas buang kondensor

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

1. Pengujian dilakukan di area terbuka dengan temperatur lingkungan 28°C.
2. Bahan pakaian berbahan dasar katun.
3. Massa pakaian kering adalah sama 193 gram.
4. Massa pakaian basah adalah sama 354 gram.
5. Temperatur *Air Conditioner* dioperasikan pada temperatur 16°C dengan temperatur panas buang kondensor 36°C.
6. Pengujian dilakukan dengan susunan *aligned* dan *staggered*

2. Dasar Teori

Pengeringan adalah proses pengurangan kadar air hingga mencapai kadar air tertentu [2]. *Heat exchanger* adalah proses pertukaran panas antara dua fluida yang memiliki perbedaan temperatur dan dipisahkan oleh benda padat. Susunan pipa pada *heat exchanger* dibagi menjadi 2 jenis yaitu sejajar (*aligned*), dan selang-seling (*staggered*).

Dari kedua susunan pipa diatas susunan pipa *staggered* memiliki tingkat perpindahan panas yang lebih tinggi dibanding susunan *aligned* [3].

Laju aliran massa udara yang terjadi di dalam proses pengeringan ,dapat dinyatakan sebagai berikut:

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

Dimana :

- \dot{m}_u = Laju massa udara (kg/s)
- ρ_u = Massa jenis udara (kg/m³)
- v_u = Kecepatan udara (m/s)
- A = Luas penampang (m²)

Jumlah massa air yang dikeluarkann 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, 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:

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 pengujjar yang terjadi dapat di definisikan sebagai berikut :

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

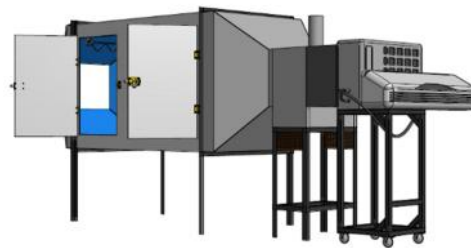
Dimana :

- η = Efisiensi Pengujian
- \dot{Q}_{evap} = Laju panas penguapan (kJ/s)
- \dot{Q}_c = Laju panas kondensor (kJ/s)

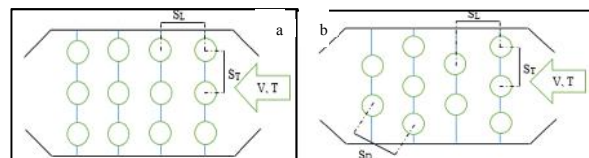
3. Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode eksperimen kuantitatif dimana dalam pelaksanaannya membutuhkan peralatan sebagai berikut:

1. *Stopwatch* sebagai alat untuk mengukur waktu dalam proses pengambilan data.
2. Termokopel sebagai sensor suhu untuk mengetahui temperatur pada alat pengering.
3. Timbangan digital sebagai alat untuk mengukur massa pakaian basah dan kering.
4. *Anemometer* sebagai alat untuk mengukur kecepatan udara pada alat pengering.



Gambar 1. Desain Alat Pengering



Gambar 2. Skema Susunan Pakaian a) *Aligned*, b) *Staggered*.

Spesifikasi alat Pengering :

1. Power Input :Panas Buang Kondensor
2. Kapasitas AC : 1PK
3. Daya yang digunakan AC : 770 W / 4.3A
4. Hambatan AC : 1 Ω
5. Voltase AC : 220-240 V
6. Frekuensi AC : 50 Hz
7. Refrigerant AC : R22, 0.42 kg
8. Fluida kerja : Udara panas
9. Bahan yang dikeringkan : Pakaian bahan katun
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
- 17. Susunan *Staggered* : *Transverse Pitch* 12cm
: *Longtudinal Pitch* 53cm
: *Diagonal Pitch* 57cm
- 18. Susunan *Aligned* : *Transverse Pitch* 12cm
: *Longtudinal Pitch* 53cm

Proses pengeringan pada alat ini menggunakan panas buang kondensor dari pengoperasian sistem air conditioner, dimana air conditioner beroperasi pada suhu 16 °C. Udara panas buang kondensor kemudian mengalir melalui inlet menuju ke ruang pengering, yang menyebabkan temperatur udara di dalam ruang pengering meningkat.

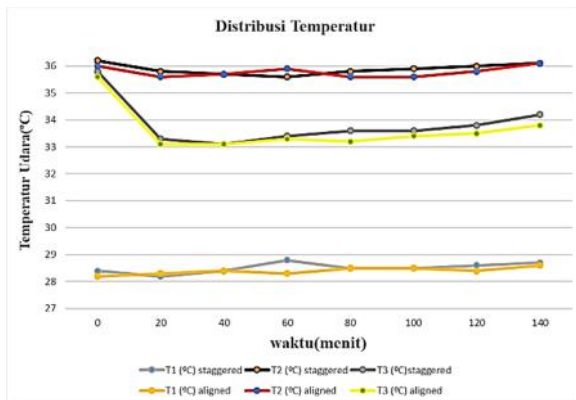
Baju kaos berbahan katun yang dalam kondisi basah sebagai material yang telah digantung pada ruang pengering akan menyerap udara panas yang digunakan untuk menguapkan kandungan air yang terdapat dalam baju kaos. Udara panas yang diserap oleh baju kaos disebut energi berguna. Kemudian uap air keluar melalui ducting menuju lingkungan luar.

Dalam Pengujian ini terdapat langkah-langkah penelitian sebagai berikut:

1. Siapkan alat dan bahan yang diperlukan.
2. Operasikan AC pada suhu 16°C
3. Ukur massa pakaian basah
4. Letakan pakaian basah pada alat pengering sesuai data susunan yang diperlukan.
5. Catat temperatur penengrigan selama 140menit dengan jeda 20menit
6. Ukur massa pakaian setelah 140menit.

4. Hasil dan Pembahasan

4.1. Distribusi Temperatur Pada Alat Pengering

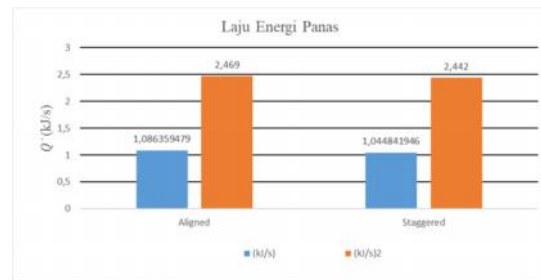


Gambar 3. Distribusi Temperatur

Distribusi temperatur pada masing-masing variasi susunan *aligned* dan *staggered* digunakan untuk mengetahui keadaan selama berlangsungnya proses pengeringan melalui temperatur pengukuran dalam satuan derajat Celcius. Pada pengukuran temperatur T_1 , T_2 , T_3 dengan waktu pengeringan yang ditentukan adalah 140menit didapatkan grafik seperti diatas, dimana T_1 merupakan temperature yang menggambarkan keadaan diluar sistem atau yang disebut temperature lingkungan. T_2 merupakan

temperature yang menggambarkan keadaan udara setelah panas dibuang melalui kondensor yang selanjutnya melewati *honeycomb* terlebih dahulu baru masuk ke ruang pengering, temperature T_2 inilah yang dimanfaatkan untuk mengeringkan pakaian bisa dilihat pada grafik temperature T_2 ini yang memiliki temperature tertinggi Keniakan dan penurunan T_2 pada grafik dipengaruhi oleh beban material uji pada ruang pengering dan suhu lingkungan yang mengalami peningkatan dan penurunan. T_3 merupakan temperature yang menggambarkan keadaan udara setelah melewati material uji, peningkatan dan penurunan T_3 sangat dipengaruhi oleh beban dari material uji.

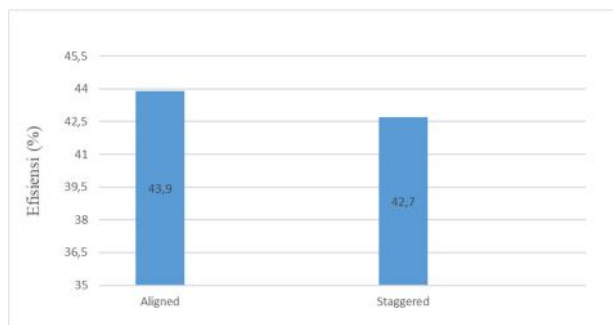
4.2. Hubungan Laju Energi Panas dengan Susunan Pakaian



Gambar 4. Laju Energi Panas

Berikut adalah grafik laju dari energi, dimana dapat di lihat laju panas buang kondensor (Q_c) tidak dipengaruhi dengan variasi susunan pakaian seperti pada gambar 4. dikarenakan variasi beban pengujian tidak berkontribusi didalam sistem kerja, 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). Tetapi pada grafik terlihat bahwa dengan mengatur susunan pakaian laju penguapan variasi susunan *aligned* memberikan dampak yang lebih besar dibanding mengatur susunan pakaian secara *staggered*. Karena material uji tidak bersifat statis namun dinamis sehingga pada saat panas buang kondensor berkecepatan mengenai material uji mengalami pergerakan yang mengakibatkan pakaian saat susunan *staggered* terjadi *air blocking* sehingga menyebabkan lebih rendahnya laju penguapan yang terjadi pada pakaian baris selanjutnya, dan didapatkan hasil bahwa susunan *aligned* lebih baik karena memiliki laju penguapan yang lebih tinggi 4,15%. Namun perbedaan 4,15% tersebut tidak memberikan pengaruh yang cukup berarti dengan didukungnya oleh angka temeperatur pada ruang pengering pada kedua variasi yang tidak berbeda jauh. Dari grafik diatas menunjukkan tidak ada hal yang bersifat signifikan selama berlangsungnya proses pengeringan.

4.3. Efisiensi



Gambar 5. Efisiensi Pengeringan

Dari seluruh pengolahan data yang dilakukan maka diperoleh nilai efisiensi dari sistem pengering dengan melihat dari grafik diatas. Hal yang dapat ditunjukkan dari grafik diatas adalah dengan mengatur susunan pakaian secara *aligned* memberikan dampak yang lebih besar dalam proses pengeringan dibanding mengatur pakaian dengan susunan *staggered*. Namun dengan demikian tidak mengabaikan hal terkaitnya seperti temperatur selama proses pengeringan dimana untuk temperature dapat dilihat pada gambar distribusi temperature yang memperlihatkan perbedaan pada T_2 tidak terlalu signifikan atau bisa dikatakan sama. Hal yang jelas terlihat dari hasil pengolahan data bahwa pengaturan susunan pakaian baik secara *aligned* dan *staggered* tidak memberikan pengaruh yang signifikan pada performansi sistem pengering dengan menggunakan panas buang dari kondensor.

5. Kesimpulan

Dari penelitian yang telah dilakukan pada alat pengering pakaian dengan menggunakan panas buang kondensor dengan memvariasikan susuna pakaian *aligned* dan *staggered* didapatkan kesimpulan sebagai berikut:

- 1 Laju panas evaporasi pada susunan *aligned* memiliki dampak yang lebih besar 4,15% dalam proses pengeringan dibandingkan pada susunan *staggered*.
- 2 Efisiensi yang diperoleh pengeringan dengan variasi susunan *aligned* memiliki nilai efisiensi lebih baik 1,2 % dibandingkan pengeringan dengan susunan *staggered*.

Daftar Pustaka

- [1] Wiguna, I Putu Agus Hendra, 2017, *Analisa Peformansi Sistem Pengering dalam Proses Laundry dengan Memvariasikan Konsumsi Bahan Bakar*, Skripsi, Tidak dipublikasikan. Badung: Universitas Udayana.
- [2] Treybal, Robert E., 1981, *Mass Transfer Operations*, 3th edition, Mc Graw Hill, Inc, New york.

- [3] Theodore L. Bergman, Adrienne S. Lavine, Frank P. Incropera, David P. Dewitt, 2011, *Fundamentals of Heat and Mass Transfer*, 7th Edition. Amerika.



Anak Agung Ngurah Airlangga Agastya memulai studi program sarjana di program studi Teknik Mesin Universitas Udayana pada tahun 2014 dan selesai pada tahun 2018.