

Pengaruh variasi laju aliran fluida terhadap kapasitas pengeringan pakaian (tipe pengering lemari)

Syamsuri^{1*}, Zain Lillahulhaq², Akhfaruhal³

^{1,2,3} Teknik Mesin, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Adhi Tama Surabaya
Jl. Arief Rahman Hakim No.100, Sukolilo, Surabaya, Jawa Timur 60117, Indonesia

*Corresponding author. syamsuri@ltats.ac.id

Abstract

Clothes dryers are now widely used to help with laundry. During the rainy season, drying clothes outside is impractical. Furthermore, clothing may become contaminated with pollution. The rotating drum dryer is the most widely used model for utilizing centrifugal force. However, there are some disadvantages, such as wrinkled clothes from sun drying. The purpose of this study was to determine heat transfer in a clothes dryer with a drying cabinet type. The clothes to be dried are hung on a rack and blown dry with hot air. Convection will reduce the amount of water in the clothes. The hot air inlet velocity was varied between 3m/s, 4m/s, and 5m/s for this study. Changes in clothing surface temperature, calorific value, and efficiency were measured. The findings indicated that the air entering the drying cabinet must be moving at a slow speed. As a result, the incoming air has more time to transfer heat and contains more energy.

Keywords: hanger, dryer, convection.

Abstrak

Mesin pengering pakaian saat ini mulai banyak digunakan mempermudah kegiatan laundry. Proses pengeringan pakaian diluar ruangan tidak efektif dilakukan saat musim hujan. Selain itu pakaian beresiko terkontaminasi polusi. Mesih pengering model rotating drum merupakan model yang paling mudah diaplikasikan dengan menggunakan konsep gaya sentrifugal. Namun terdapat beberapa kekurangan diantaranya adalah pakaian yang dikeringkan menjadi kusut. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui perpindahan panas yang terjadi pada mesin pengering pakaian dengan tipe Lemari pengering. Pakaian yang akan dikeringkan digantung pada rak dan dihebuskan dengan udara panas kering. Proses konveksi akan mengurangi kadar air pakaian. Penelitian ini dilakukan dengan memvariasikan kecepatan inlet udara panas antara 3m/s, 4m/s dan 5m/s. Pengukuran dilakukan untuk mengetahui perubahan temperatur permukaan pakaian, nilai kalor dan efisiensi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa udara yang masuk kedalam lemari pengering sebaiknya berada pada kecepatan rendah. Dengan demikian udara yang masuk memiliki waktu untuk melakukan perpindahan panas dan mengandung energi yang lebih tinggi.

Kata kunci: hanger, dryer, konveksi.

Pendahuluan

Energi panas matahari secara umum dimanfaatkan manusia sebagai sumber panas dalam proses pengeringan. Proses pengeringan banyak dilakukan untuk mengurangi kadar air dalam suatu benda ataupun mengawetkan makanan. Saat ini masyarakat masih banyak yang melakukan

pengeringan pakaian dengan menggunakan tenaga matahari. Namun proses pengeringan ini tidak berjalan dengan efektif di musim hujan akibat berkurangnya intensitas matahari. Selain itu proses pengeringan pakaian diluar ruangan menimbulkan bau dan menimbulkan perubahan warna kain [1]. Proses pengeringan pakaian diluar ruangan memungkinkan pakaian

terkontaminasi partikel polusi udara [2]. Proses pengeringan dalam ruangan saat ini sudah banyak dikembangkan dengan berbagai model. Alat pengering pakaian harus mampu mengurangi kadar air dalam pakaian dengan cepat, tidak terlalu panas agar tidak merusak kain dan memiliki konsumsi energi listrik yang rendah [3]. Selain itu pengering pakaian harus memiliki desain ergonomis dan ukuran sesuai dengan kebutuhan pengguna [4].

Saat ini beberapa model pengering telah banyak dibuat untuk memenuhi kebutuhan manusia. Pengering dengan model drum putar sangat umum digunakan di mesin cuci yang digunakan dirumah tangga. Mesin pengering dengan model drum menggunakan putaran tinggi untuk memisahkan air dengan baju. Konsep kerjanya sangat sederhana dengan mengaplikasikan gaya sentrifugal [5]. kinerja pengeringan pengering ditentukan faktor-faktor seperti kekuatan komponen pemanas, kecepatan aliran udara di pengering, suhu udara pengering, dan putaran kain dalam pengering [6]. Pengering dengan model drum memiliki kekurangan yaitu dapat merusak serat kain apabila putaran terlalu kencang. Beberapa pengering dengan menggunakan drum putar hanya mampu mengurangi kadar air di serat pakaian saja. Hal ini dikarenakan pada konsep pengering pakaian sederhana, uap air dengan kelembaban tinggi yang ada dalam drum pengering tidak dibuang keluar mesin. Baju yang dikeringkan dalam kondisi semi-wet [7]. Selain itu putaran yang dihasilkan pengering rotating drum menghasilkan noise dan getaran yang tinggi [8]. Agar proses pengering beroperasi dengan lebih cepat, drum rotasi disupply dengan udara kering dari luar atau juga dipanaskan saat berputar. Mesin pengering with airflow mensupply udara kering dengan kelembaban rendah. Udara tersebut akan menyerap humidity yang ada dalam baju dan kemudian dialirkan keluar mesin pengering[9]. Sementara itu, mesin pengering dengan pemanas memiliki drum yang bagian luarnya dipanaskan oleh gas

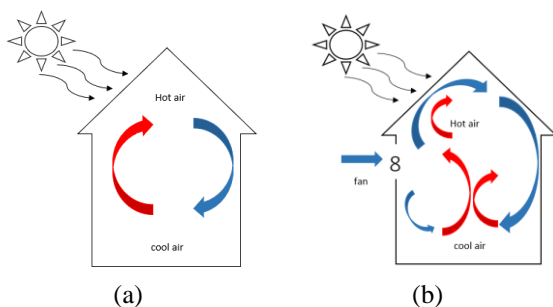
ataupun elemen pemanas elektrik. Drum panas akan berputar dan mengeringkan baju yang diputar. Pengering berbahan dasar gas membutuhkan konsumsi daya yang lebih rendah dan konsumsi bahan bakar lebih murah. Namun sumber pemanas harus terus diperhatikan agar kalor yang dihasilkan lebih stabil. Sedangkan mesin pengering yang dihubungkan dengan elemen pemanas menghasilkan energi panas yang lebih stabil. Namun penggunaan elemen pemanas pada pengering membutuhkan konsumsi energi listrik yang lebih tinggi [3]. Penggunaan pengering dengan drum pemutar memiliki kekurangan dimana beberapa pakaian menjadi kusut dan tidak rapi. Sehingga saat ini mulai dikembangkan pengering pakaian dengan model gantung.

Pengering baju dengan hanger type dikembangkan di beberapa penelitian. Bentuk paling sederhana yang digunakan adalah pengering dengan model hanger Garment Hanger Dryer (GHDryer) dengan fan axial dikedua ujungnya [10]. Model pengering ini digunakan tanpa menggunakan lemari, sehingga ukurannya lebih kecil dan mudah dipindahkan. Pada salah satu penelitian, Lemari pengering baju dikombinasikan dengan pengering makanan. Elemen yang digunakan pada penelitian itu meliputi : fan, blower dan komponen pemanas electric coil. Udara panas yang masuk kedalam lemari pengering dihisap dengan menggunakan blower kedalam lemari pengering. Udara panas yang masuk menyerap kelembaban yang ada di baju ataupun makanan [11]. Model pengering bertingkat memiliki temperatur berbeda antara laci pengering makanan dan pengering pakaian. Laci pengering makanan memiliki temperatur 35 – 45 C. Sedangkan lemari pengering pakaian memiliki temperatur yang lebih tinggi antara 45 – 60 C. Proses pengeringan makanan membutuhkan waktu antara 2 – 4 jam. Sedangkan proses pengeringan pakaian memerlukan waktu antara 15 – 25 menit. Model pengeringan ini dapat menimbulkan bau makanan pada baju. Selain itu terdapat model pengering dengan model hanger

clothes dengan blower dan pemanas yang dibagikan inlet. Model pengering dengan model portable terbuat dari sailcloth agar panas yang dihasilkan dapat ditahan [12]. Penelitian tersebut hanya dilakukan untuk mengetahui hubungan antara jumlah pakaian yang dikeringkan dengan waktu pengeringan. Namun pada penelitian ini mesin pengering ini digunakan 2 blower, sehingga daya yang diperlukan menjadi lebih besar. Penggunaan multi inlet airflow merupakan salah satu langkah untuk dapat mengurangi konsumsi listrik pada pengering pakaian [13]. Mesin pengering dengan inlet disamping mampu tidak mengurangi humiditas secara merata. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui kecepatan pengeringan pakaian dalam portable dryer machine dengan elemen pemanas yang dipasang di bawah. Mesin pengering terbuat dari alumunium dengan betuk lemari. Melalui penelitian ini diharapkan mampu mengetahui waktu pengeringan yang dibutuhkan pakaian pada berbagai variasi kecepatan inlet.

Tinjauan Pustaka

Sistem perpindahan panas diklasifikasikan menjadi 3 yaitu konduksi, konveksi dan radiasi. Secara umum perpindahan panas secara konduksi terjadi saat kalor merambat melalui partikel solid. Perpindahan panas secara konduksi terjadi apabila kalor berpindah melalui aliran fluida baik berupa cairan maupun gas. Sedangkan perpindahan panas radiasi terjadi saat kalor berpindah tanpa perantara. Perpindahan panas radiasi terjadi melalui perubahan gelombang yang merujuk pada radiasi elektri magnetik.



Gambar 1. Proses konveksi (a) natural (b) force

Proses Konveksi diklasifikasikan menjadi natural convection dan force convection. Proses natural konveksi terjadi saat fluida yang mengalir disekitar benda padat memiliki temperatur yang berbeda dengan surface area. Perpindahan panas melalui konveksi natural terjadi melalui konsep gaya buoyancy [14]. Fluida dengan temperatur yang lebih tinggi memiliki densitas yang lebih rendah dan melayang ke atas. Sedangkan fluida dengan temperatur yang lebih tinggi memiliki densitas yang lebih tinggi sehingga berada dibawah. Aliran fluida akan bersirkulasi saat terjadi perpindahan panas. Kondisi tersebut disebut dengan gaya buoyancy. Force konveksi terjadi saat fluida dengan temperatur berbeda mengalir akibat adanya blower, fan maupun peralatan lainnya[15]. Perpindahan panas pada konveksi natural terjadi saat fluida mengalir akibat adanya perubahan tekanan..

Metode Penelitian

Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui kinerja lemari pengering yang terbuat dari alumunium. Lemari pengering memiliki dimensi 100 x 60 x 160 cm. Lemari pengering ditunjukkan pada gambar 2. Proses pengeringan pakaian dilakukan dengan mengurangi kadar air melalui udara panas yang dihembuskan kedalam. Pakaian yang berada pada kondisi semi-wet dimasukkan kedalam lemari dengan menggunakan hanger. Lemari pengering dilengkapi dengan blower dan elemen pemanas elektrik untuk menghasilkan aliran udara panas. Blower dipasang diatas lemari pengering sedangkan elemen pemanas dipasang dibawah lemari. Udara yang dihembuskan ke dalam Lemari pengering memiliki temperatur yang lebih tinggi dibandingkan dengan udara sekitar. Udara bersih dihisap blower dan masuk melalui lubang inlet dibagian bawah lemari pengering. Temperatur udara menjadi lebih tinggi karena melalui pemanas ruangan. Pengecekan temperatur dan humidity dilakukan dengan menggunakan sensor. Biaya pembutaan mesin pengering ini

adalah sebesar Rp.2.300.000,-. Penelitian dilakukan dengan menggunakan variasi kecepatan aliran inlet sebesar 3m/s, 4m/s dan 5m/s.



Gambar 2. Desain Lemari Pengering

Perpindahan kalor secara umum dinyatakan dalam persamaan :

$$Q = m \cdot c \cdot \Delta T \quad (1)$$

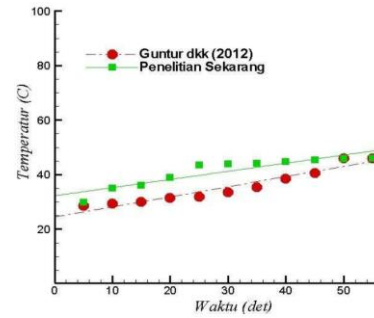
Proses Perpindahan kalor yang terjadi selama pengeringan pakaian ditunjukkan melalui nilai kalor konveksi :

$$\frac{Q}{t} = h \cdot A \cdot \Delta T \quad (2)$$

Pada penelitian ini dilakukan pengukuran kecepatan aliran udara panas dengan menggunakan anemometer. Selain itu temperatur pakaian sebelum dan sesudah proses pengeringan di ukur dengan menggunakan thermogun.

Hasil dan Pembahasan

Proses eksperimen dilakukan dengan mengeringkan 5 buah pakaian dalam lemari pengering. Pada proses pengeringan pakaian memiliki kondisi semi-wet. Proses pengambilan data dilakukan hingga pakaian kering. Data eksperimen divalidasi dengan menggunakan data penelitian [16].

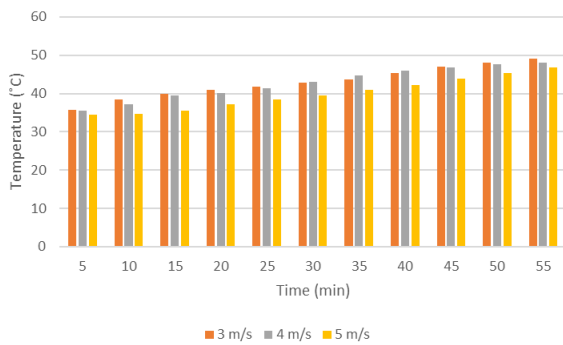


Gambar 3. Validasi penelitian saat ini dengan penelitian sekarang dengan penelitian terdahulu [16].

Proses pengeringan dilakukan selama 50 menit. Setelah itu temperatur permukaan baju diukur dengan menggunakan thermogun, Hasil validasi ditunjukkan melalui grafik 3. Grafik tersebut menunjukkan hubungan antara temperatur pakaian dengan waktu pengeringan. Temperatur pakaian mengalami peningkatan seiring dengan waktu pengeringan . Peningkatan temperatur pakaian terjadi akibat udara kering panas yang mengalir disekitar pakaian meningkatkan temperatur permukaan kain dan menyebabkan penguapan. Hasil pengambilan data menunjukkan bahwa data pengeringan yang dilakukan sudah sesuai dengan data pengeringan oleh penelitian sebelumnya oleh peneliti [16].

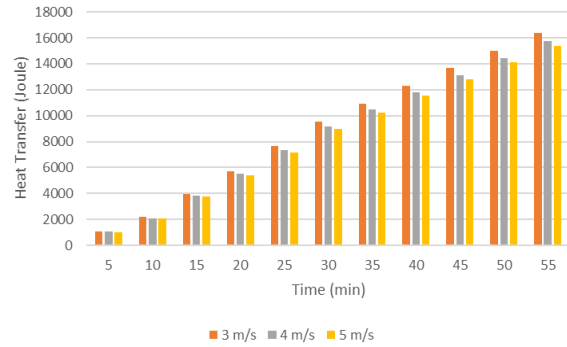
Selanjutnya penelitian dilanjutkan dengan memvariasikan kecepatan udara yang masuk kedalam lemari pengering. Kecepatan udara masuk divariasikan antara 3m/s, 4m/s dan 5m/s. proses pengeringan dilakukan selama 55 menit. Proses pengambilan data temperatur dilakukan setiap 5 menit dengan menggunakan thermogun. Hasil pengukuran ditunjukkan pada grafik 4. Temperatur permukaan kain mengalami peningkatan seiring dengan bertambahnya durasi pengeringan. Diawal proses pengeringan, aliran fluida inlet dengan kecepatan 3 m/s meningkatkan temperatur permukaan pakaian dibandingkan dengan kecepatan lainnya. Setelah 30 sekon proses pengeringan, temperatur permukaan tertinggi pada permukaan pakaian ditunjukkan pada saat udara masuk pada lemari pengering dengan

kecepatan 4 m/s. Sedangkan temperatur pakaian terendah dapat dicapai saat kecepatan aliran masuk 5 m/s. Pada kecepatan aliran fluida yang cukup tinggi, proses konveksi terjadi dengan lebih cepat. Proses pertukaran energi panas terjadi dengan sangat singkat dan penguapan terjadi dengan lebih lambat.



Gambar 4. Perubahan temperatur permukaan pakaian terhadap variasi kecepatan inlet

Jumlah kalor yang berpindah selama proses perpindahan panas saat pengeringan pakaian dapat dihitung dengan persamaan 2. Nilai kalor yang berpindah dapat dihitung melalui perubahan Temperatur permukaan pakaian. Grafik perubahan kalor saat proses pengeringan pakaian ditunjukkan pada gambar 5. Grafik tersebut menunjukkan bahwa kalor yang berpindah selama proses pengeringan akan semakin meningkat seiring dengan peningkatan waktu pengeringan. Kalor tertinggi selama proses konveksi terjadi saat kecepatan inlet fluida berada pada kecepatan rendah yaitu 3 m/s. Pada saat udara melalui elemen pemanas dengan kecepatan rendah, proses konveksi terjadi dalam waktu yang cukup lama, sehingga temperatur udara yang masuk ke lemari pemanas akan lebih tinggi. Selanjutnya udara panas dengan kecepatan rendah memiliki waktu yang cukup lama untuk mentrasfer kalor ke permukaan pakaian. Dengan demikian jumlah energi kalor yang dipindahkan menjadi lebih tinggi.



Gambar 5. Perubahan Kalor permukaan pakaian terhadap variasi kecepatan inlet

Hasil penelitian menunjukkan bahwa lemari pengering efektif digunakan pada kondisi kecepatan inlet rendah. Pada kecepatan rendah fluida memiliki waktu yang cukup untuk melakukan pertukaran kalor. Saat kecepatan angin rendah, temperatur permukaan baju menjadi lebih tinggi. Kondisi ini mengindikasikan bahwa energi panas yang ditransfer ke permukaan baju lebih tinggi saat proses konveksi.

Kesimpulan

Proses pengeringan pakaian dengan menggunakan lemari pengering memanfaatkan konsep perpindahan panas konveksi. Pada penelitian ini kecepatan aliran masuk fluida sebesar 3m/s, 4m/s dan 5m/s. Hasil penelitian menunjukkan bahwa aliran fluida dengan kecepatan rendah lebih efektif digunakan pada mesin pengering. Udara berkecepatan rendah memiliki waktu untuk melakukan pertukaran panas secara konveksi.

Ucapan terimakasih

Terimakasih kepada ITATS yang telah membiayai penelitian mandiri ini dan telah memfasilitasi dari sisi peralatan-peralatan yg ada di laboratorium guna terlaksananya penelitian ini.

Referensi

- [1] Kapp KJ, Miller RZ. Electric clothes dryers: An underestimated source of microfiber pollution. *PLoS One* 2020; 15: e0239165.

- [2] Niu J. Some significant environmental issues in high-rise residential building design in urban areas. *Energy Build* 2004; 36: 1259–1263.
- [3] Ahmadi M, Gluesenkamp KR, Bigham S. Energy-efficient sorption-based gas clothes dryer systems. *Energy Convers Manag* 2021; 230: 113763.
- [4] Bae SH, Kim DH, Kim HS, et al. Biomechanical Study on the Convenience of Loading and Unloading Laundry in Clothes Dryer. *International Journal of Precision Engineering and Manufacturing* 2018; 19: 907–915.
- [5] Jones CR, Corona A, Amador C, et al. Dynamics of fabric and dryer sheet motion in domestic clothes dryers. <https://doi.org/10.1080/0737393720211918706> 2021; 40: 2087–2104.
- [6] Wei Y, Su Z, Zhang Y, et al. The effect of fabric movement on drying performance of the domestic drum dryer. <https://doi.org/10.1080/0040500020181537104> 2018; 110: 1059–1071.
- [7] Qiu J, Kloosterboer K, Guo Y, et al. Conductive thin film drying kinetics relevant to drum drying. *J Food Eng* 2019; 242: 68–75.
- [8] Sonoda Y, Yamamoto H, Yokoi Y. Development of the vibration control system ‘G-Fall Balancer’ for a drum type washer/dryer. *IEEE/ASME International Conference on Advanced Intelligent Mechatronics, AIM* 2003; 2: 1140–1144.
- [9] Plata S, Vicente W, Salinas-Vazquez M, et al. Analysis of the kinetic parameters of clothes drying in an electric vented dryer. Part I: Validation of a model and influence of power. <https://doi.org/10.1080/073739372022075379> 2022; 40: 3631–3647.
- [10] Wong YQ, Tan RHG, Goh YH, et al. Design of garment hanger dryer. *ICCAIE 2010 - 2010 International Conference on Computer Applications and Industrial Electronics* 2010; 94–97.
- [11] Kalyankar AN, Kedar AR, Khandekar PS, et al. Electric cloths dryer and dehydrator. *International Research Journal of Engineering and Technology*; 5, www.irjet.net (2018, accessed 15 February 2023).
- [12] Suntivarakorn P, Satmarong S, Theerakulpisut S. An experimental study on clothes drying using waste heat from split type air conditioner. *Citeseer* 2009; 29: 168–173.
- [13] Ambarita H, Nasution AH, Siahaan NM, et al. Performance of a clothes drying cabinet by utilizing waste heat from a split-type residential air conditioner. *Case Studies in Thermal Engineering* 2016; 8: 105–114.
- [14] Ahn C-S, Bang B-H, Park C, et al. Experimental, analytical, and computational study of natural convection in asymmetrically-heated vertical shafts. *International Journal of Thermal Sciences* 2021; 170: 107131.
- [15] Dong C, Lu G, Chen R, et al. Heat transfer of air turbulent mixed convection in the passive containment air-cooling system of a modular small nuclear reactor. *International Journal of Thermal Sciences* 2022; 182: 107793.
- [16] Guntur and Suryanto, Ari and Darmanto. 2012. Modifikasi plat penyerap kalor matahari dan alat pendukungnya untuk proses pengeringan plat galvanis dan plat seng gelombang, Tugas Akhir D-III Mesin, Undip.