

INOVASI MESIN PENGERING PAKAIAN YANG PRAKTIS, AMAN DAN RAMAH LINGKUNGAN

PK Purwadi*, Wibowo Kusbandono**

Teknik Mesin Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Sanata Dharma

*pur@mailcity.com, **bowo@usd.ac.id

ABSTRAK

Pada saat ini mesin pengering pakaian sangat diperlukan terutama pada saat musim hujan tiba atau ketika sinar matahari sulit untuk diperoleh. Tujuan dari penelitian ini adalah mendapatkan mesin pengering yang praktis, aman dan ramah lingkungan. Hasil dari pengeringan pakaian ini adalah kondisi pakaian kering yang siap untuk disetrika.

Mesin pengering pakaian yang diteliti mempergunakan sumber energi dari listrik. Energi listrik dipergunakan untuk menggerakkan kompresor rotari dan kipas angin. Dalam bekerjanya, mesin pengering mempergunakan mesin siklus kompresi uap dengan komponen utama : kompresor, kondensor, pipa kapiler, evaporator dan peralatan tambahan filter. Kompresor yang dipergunakan sebanyak 2 buah, masing masing sebesar 1 PK, sedangkan ukuran komponen yang lain menyesuaikan dengan besarnya daya kompresor. Untuk mengalirkan udara, dipergunakan 2 kipas angin masing masing berdaya 54 watt. Almari pengering dirancang untuk kapasitas 20 pakaian, dengan ukuran $p \times l \times t$: 120 cm x 60 cm x 130 cm, dengan sistem terbuka.

Mesin pengering pakaian yang dirakit (a) mampu mengkondisikan udara di dalam lemari tanpa beban, pada suhu udara kering (T_{db}) 59,5°C dan dengan kelembaban udara (RH) sekitar 5%. (b) mampu mengeringkan 20 pakaian baju basah hasil perasan tangan sekaligus dalam waktu 120 menit dan mampu mengeringkan 20 pakaian baju basah hasil perasan mesin cuci sekaligus dalam waktu 60 menit. Untuk 15 pakaian basah hasil perasan tangan diperlukan waktu 110 menit.

Kata kunci : mesin pengering pakaian, siklus kompresi uap, kecepatan pengeringan.

I. Pendahuluan

Indonesia memiliki 2 musim, musim kemarau dan musim hujan. Pada saat musim kemarau, masyarakat tidak mengalami kesulitan dalam mengeringkan pakaian, karena dapat memanfaatkan energi matahari untuk mengeringkannya. Pada saat musim hujan, masyarakat merasakan bahwa mengeringkan pakaian dengan mempergunakan energi matahari tidak dapat diandalkan. Bagi pengusaha jasa laundry, yang tidak mempunyai mesin pengering pakaian, maka datangnya musim hujan dapat menimbulkan kecemasan yang berarti bagi pengembangan usahanya.

Mesin pengering yang banyak dipergunakan di masyarakat terutama yang dipergunakan untuk usaha jasa laundry adalah mesin pengering dengan sumber energi dari LPG. Bagi penulis, penggunaan sumber energi LPG, menimbulkan beberapa perhatian khusus (a) gas buang yang dihasilkan dapat mencemari lingkungan (b) udara yang dipanaskan untuk mengeringkan pakaian bercampur dengan gas buang hasil pembakaran LPG, sehingga gas buang berpotensi untuk mencemari pakaian (c) penggunaan LPG, harus hati hati, karena jika ada kebocoran gas LPG yg tidak terkendali dan ada api di sekitarnya dapat menimbulkan ledakan yang membahayakan (d) pemakaian LPG untuk mesin pengering pakaian dirasa kurang praktis.

Berangkat dari persoalan di atas, penulis tertarik untuk merancang, merakit dan melakukan penelitian mesin pengering pakaian dengan sumber energi dari listrik yang aman, praktis dan ramah lingkungan. Praktis berarti mesin pengering mudah dipergunakan dan dijalankan, aman berarti ketika mesin dijalankan relatif tidak menimbulkan bahaya dan aman saat ditinggalkan atau saat tidak dijaga, serta ramah lingkungan berarti tidak mencemari lingkungan seperti menimbulkan gas buang. Mesin pengering yang dirancang, diperuntukkan untuk pengeringan sekitar 20 pakaian basah sekaligus.

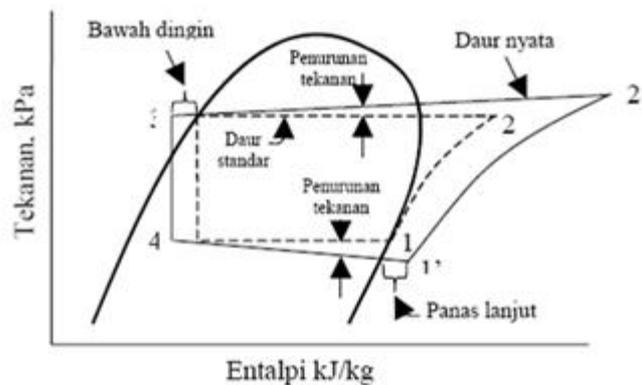
Penelitian terkait mesin pengering pakaian dengan energi listrik pernah dilakukan. Beberapa diantara mesin pengering tersebut, melibatkan penggunaan mesin yang bekerja dengan siklus kompresi uap untuk mendapatkan kondisi udara yang dipergunakan mengeringkan pakaian. Udara yang dipergunakan untuk mengeringkan pakaian adalah udara kering dan bersuhu cukup tinggi. Cara pertama, udara luar sebelum dimasukkan ke lemari pengering dilewatkan evaporator dan kemudian ke kondensor, setelah dipergunakan untuk pengeringan, udara dibuang keluar dari lemari pengering. Cara kedua, udara yang telah dipakai untuk mengeringkan pakaian, disirkulasikan kembali untuk dipergunakan lagi, dilewatkan evaporator, kondensor dan dikirim kembali ke dalam lemari pengering. Cara ketiga, untuk mempercepat pengeringan, sebelum pakaian dikeringkan, pakaian diperas terlebih dahulu untuk diambil airnya dengan memasukkannya ke dalam drum berlubang banyak yang berputar.

Perumusan masalah di dalam penelitian ini adalah mendapatkan mesin pengering pakaian yang ramah lingkungan, aman dan praktis. Sedangkan tujuan dari penelitian ini untuk mengetahui kondisi udara (suhu udara dan kelembaban) di dalam lemari pengering yang dipergunakan untuk pengeringan pakaian serta kecepatan pengeringan dari mesin pengering yang dirakit. Batasan-batasan yang dipergunakan untuk menghasilkan mesin pengering ini adalah : (a) mesin bekerja dengan mempergunakan energi listrik (b) mesin pengering mampu mengeringkan sekitar 20 pakaian baju basah secara bersamaan (c) mesin pengering bekerja dengan sistem terbuka, udara yang telah dipergunakan untuk proses pengeringan, tidak dipergunakan untuk proses pengeringan lagi (d) mesin bekerja dengan daya listrik 2 pk (e) mesin pengering bekerja dengan mempergunakan mesin siklus kompresi uap. Manfaat penelitian yang diharapkan, selain hasil penelitian dapat dipergunakan untuk menambah kasanah ilmu pengetahuan, juga dapat dipergunakan sebagai referensi bagi para peneliti yang berminat melakukan penelitian terkait mesin pengering pakaian. Mesin pengering yang dihasilkan juga dapat dibuat dan dapat dipergunakan dalam usaha jasa pengeringan pakaian atau yang lain.

II. Landasan Teori

II.1 Siklus Kompresi Uap

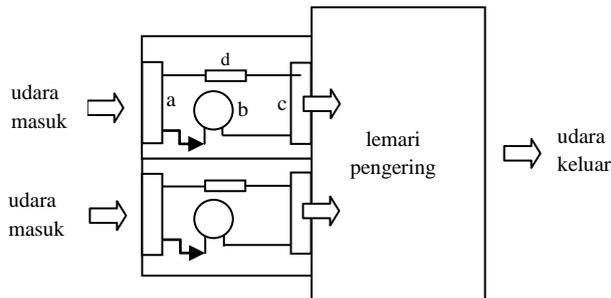
Pada penelitian ini, mesin pengering mempergunakan mesin yang bekerja dengan siklus kompresi uap. Komponen utama dan tambahan dari siklus kompresi uap terdiri dari evaporator, kompresor, kondensor, pipa kapiler dan filter. Fluida kerja dari siklus kompresi uap adalah refrigeran. Siklus kompresi uap yang disertai dengan proses pendinginan lanjut dan pemanasan lanjut pada p-h diagram disajikan pada Gambar 1. Proses yang terjadi pada siklus kompresi uap adalah proses kompresi, proses pengembunan refrigeran, proses penurunan tekanan dan proses pendidihan refrigeran. Proses kompresi 1-2 atau 1'-2' berlangsung dikompresor, proses pengembunan 2-3 atau 2'-3 berlangsung di kondensor, proses 3-4 adalah proses penurunan tekanan berlangsung di pipa kapiler dan proses 4-1 atau 4-1' adalah proses pendidihan yang berlangsung di evaporator. Suhu kerja evaporator dapat ditentukan berdasarkan tekanan kerja evaporator (tekanan rendah) dan suhu kerja kondensor dapat ditentukan berdasarkan tekanan kerja kondensor (tekanan tinggi). Pada saat proses pendidihan refrigeran di evaporator suhu refrigeran dapat dianggap tetap, demikian juga pada saat pengembunan refrigeran di kondensor, suhu refrigeran dapat dianggap tetap.



Gambar 1. Siklus kompresi uap pada p-h diagram

II.2 Mesin Pengering Pakaian

Mesin pengering mempunyai fungsi untuk mengeringkan pakaian yang ada di dalam lemari pengering. Udara yang dimasukkan ke dalam lemari pengering adalah udara yang telah dikondisikan oleh mesin yang bekerja dengan siklus kompresi uap. Udara berasal dari udara luar. Udara luar sebelum masuk ke dalam lemari pengering berturut turut dilewatkan melalui peralatan utama mesin siklus kompresi uap : evaporator, kompresor dan kondensor. Skematik mesin pengering disajikan pada Gambar 2. Sistem yang dipakai adalah sistem terbuka, udara yang telah dipergunakan di dalam pengeringan pakaian tidak lagi dipergunakan untuk mengeringkan pakaian, tetapi langsung di buang ke udara bebas. Kondisi udara yang dipergunakan di dalam lemari pengering adalah udara kering yang bersuhu cukup panas. Udara kering adalah udara yang memiliki kandungan air rendah. Pakaian basah yang akan dikeringkan ditempatkan di dalam lemari pengering dengan posisi digantung pada *hanger* yang berjejer secara beraturan.



Gambar 2 : Skematik mesin pengering pakaian (pandangan atas)

Keterangan pada Gambar 2 (a) evaporator (b) kompresor (c) kondensor (d) pipa kapiler.

III. Metode Penelitian

III.1 Spesifikasi mesin pengering.

Objek penelitian ini adalah mesin yang memiliki skematik seperti pada Gambar 2 dan memiliki spesifikasi sbb :

- Ukuran lemari pengering (ruang pengeringan pakaian) : 60 cm x 120 cm x 130 cm
- Mesin kompresi uap tersusun atas : kompresor sebanyak 2 buah, @ 1 pk, jenis kompresor rotari, evaporator sebanyak 2 buah, @ 1 pk, jenis evaporator pipa U bersirip, kondensor sebanyak 2 buah, @ 1 pk, jenis kondensor pipa U bersirip, pipa kapiler berdiameter pipa 0,032 inch dengan panjang : 63 cm.
- Tekanan kerja evaporator sekitar : 51,7 psig dan tekanan kerja kondensor sekitar : 360 psig.
- Kipas angin 2 buah, @ 54 watt (diletakkan sebelum kondensor).

III.2 Variasi penelitian

Penelitian dilakukan dengan variasi jumlah pakaian : (1) tanpa ada pakaian (tanpa beban) (2) 15 pakaian basah hasil perasan tangan dan (3) 20 pakaian basah hasil perasan tangan. Dilakukan juga pengujian terhadap 20 pakaian basah hasil perasan mesin cuci.

III.3 Pakaian yang dikeringkan

Pakaian yang dikeringkan adalah baju batik pekalongan, dengan ukuran seragam XL.

III.4 Cara mendapatkan data penelitian

Untuk mendapatkan data penelitian, dilakukan dengan cara sebagai berikut : (1) menimbang massa awal pakaian kering (b) membasahi pakaian kemudian melakukan perasan terhadap pakaian yang telah dibasahi dan menimbang massa awal pakaian basah (c) memasukkan pakaian basah ke dalam ruang pengeringan dengan *hanger* (d) menghidupkan mesin (e) mencatat data yang diperlukan dalam selang waktu tertentu (f) mematikan mesin jika massa pakaian basah yang dikeringkan sudah mencapai massa pakaian awal

IV. Hasil Penelitian dan Pembahasan

Hasil pengujian yang telah dilakukan, menghasilkan mesin pengering sistem terbuka yang dapat bekerja dengan baik. Mesin dapat menyala dan dapat bekerja secara terus menerus tanpa terjadi hambatan dan gangguan. Hasil penelitian untuk proses tanpa beban (tanpa ada pakaian yang dikeringkan), dengan 15 pakaian dan 20 pakaian, disajikan pada Tabel 1. Pada sistem terbuka, udara yang dipergunakan untuk mengeringkan berasal dari udara luar lemari pengering dan udara yang telah dipergunakan untuk pengeringan dibuang keluar dari lemari pengering.

Hasil pengujian memperlihatkan bahwa ketika mesin pengering pakaian bekerja dengan tanpa beban, kondisi udara di dalam lemari pengering mampu mencapai suhu udara kering (T_{db}) sekitar $59,5^{\circ}\text{C}$ dengan suhu udara basah (T_{wb}) sekitar 23°C . Hal ini berarti bahwa kelembaban udara (RH) di dalam lemari pengering sekitar 5%. Pada saat pengujian, kondisi udara di luar lemari pengering memiliki suhu udara kering (T_{db}) sekitar 28°C dengan suhu udara basah (T_{wb}) sekitar $25,5^{\circ}\text{C}$. Kelembaban udara di luar lemari sekitar 80%. Dengan demikian mesin pengering pakaian, pada kondisi udara luar seperti itu mempunyai kemampuan menaikkan suhu udara kering sekitar $31,5^{\circ}\text{C}$, dan mampu menurunkan kelembaban udara sekitar 75%.

Penurunan kelembaban udara (RH udara) yang terjadi pada udara luar disebabkan karena sebelum masuk ke lemari pengering, udara luar dilewatkan terlebih dahulu ke evaporator, dengan bantuan sebuah kipas. Evaporator adalah komponen mesin siklus kompresi uap yang berfungsi untuk mengembunkan uap air yang ada di udara yang melewati evaporator. Air hasil pengembunan evaporator ditampung di dalam tempat penampungan air. Banyaknya air yang dihasilkan evaporator, sekitar 1,2 liter/jam. Setelah melewati evaporator, suhu udara turun dan memiliki suhu kering sekitar 5°C . Kondisi udara masuk ke dalam lemari cukup tinggi sekitar $62-65^{\circ}\text{C}$, dengan kondisi seperti ini kondisi udara di dalam lemari pengering (tanpa beban) mampu mencapai suhu sekitar $59,5^{\circ}\text{C}$. Hal ini disebabkan karena kondisi udara setelah melewati evaporator, udara dilewatkan terlebih dahulu melalui kompresor dan

kondensor. Pada saat mesin siklus kompresi uap bekerja, kompresor melepas kalor ke udara, demikian juga dengan kondensor. Ketika kompresor bekerja, rumah kompresor menjadi panas. Karena suhu rumah kompresor lebih tinggi dari suhu udara, maka kalor berpindah dari kompresor ke udara. Kalor yang dilepas kompresor cukup besar, sehingga mampu memberikan kenaikan suhu udara kering keluar evaporator dari 5°C menjadi sekitar 40°C. Suhu udara ini meningkat menjadi sekitar 62-65°C setelah melewati kondensor. Dengan kondisi udara masuk ke lemari pengering seperti ini, kondisi udara di dalam lemari pengering pada saat tanpa beban dapat mencapai suhu udara kering sekitar 59,5°C, dengan suhu udara basah sekitar 23°C atau dengan kelembaban udara sekitar 5%.

Tabel 1 : Data hasil penelitian

Jumlah Pakaian	Massa total awal pakaian kering, gram	Massa total awal pakaian basah, gram	Massa pakaian basah setelah mengalami proses pengeringan selama t menit, gram					Kondisi udara luar		Kondisi udara dalam lemari pengering	
			0 Menit	30 menit	60 menit	90 menit	120 menit	T _{db} , °C	T _{wb} , °C	T _{db} , °C	T _{wb} , °C
0	-	-	-	-	-	-	-	28	25,5	59,5	23
15	2276	5355	5355	4356	3263	2447	2181	28	25,5	47,1	27,5
20	3064	7170	7170	5784	4594	3555	3009	28	25,5	46,8	28
20	3064	4670*	4670	3650	3025	-	-	28	25,5	47,0	27
20	3064	7170**	7170	5898	4650	3916	3360	36,7	27,8	-	-

* kondisi pakaian basah yang diperas dengan mempergunakan mesin cuci

** pengeringan pakaian basah yang dilakukan dengan sinar matahari (12.00 WIB s.d selesai), cuaca cerah pada bulan Juli, pada menit ke 150 menit, berat pakaian basah : 3146 gram.

Pada saat lemari pengering bekerja dengan beban, kondisi udara yang dihasilkan di dalam lemari pengering berbeda dengan ketika tanpa beban. Suhu udara kering yang dicapai lebih rendah dibandingkan dengan tanpa beban, dan suhu udara basah yang dicapai lebih tinggi dibandingkan tanpa beban, atau kelembaban yang udara yang dimiliki menjadi lebih tinggi. Penurunan suhu udara kering disebabkan karena adanya sedotan kalor dari udara yang dipergunakan untuk memanaskan pakaian dan juga untuk menguapkan air yang ada di dalam pakaian, saat udara mengeringkan dan memanaskan pakaian. Sedangkan kenaikan kelembaban udara, disebabkan karena kandungan uap air yang ada di udara bertambah. Pertambahan ini disebabkan karena ada perpindahan massa air dari pakaian ke udara.

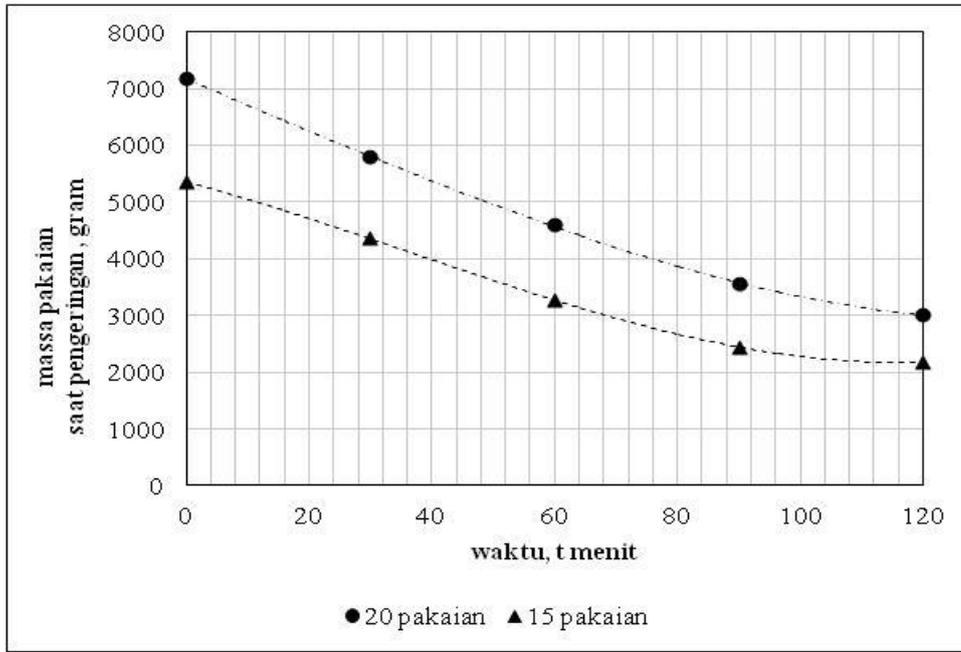
Tabel 2 Hasil perhitungan kecepatan pengeringan rata rata untuk 15 pakaian (perasan pakaian basah dilakukan dengan tangan)

Jumlah Pakaian	Massa awal pakaian kering, gram	Massa awal pakaian basah, gram	Massa pakaian basah saat t ₁ , gram	Massa pakaian basah saat t ₂ , gram	Selang waktu Δt=t ₂ -t ₁	Kecepatan pengeringan rata rata selama selang Δt, gram/menit
15	2276	5355	5355	4356	30	33,30
			4356	3263	30	36,47
			3263	2447	30	27,17
			2447	2181	30	8,87
Kecepatan pengeringan rata rata =						26,45
20	3064	7170	7170	5784	30	46,20
			5784	4594	30	39,67
			4594	3555	30	34,63
			3555	3009	30	18,20
Kecepatan pengeringan rata rata =						34,68
20*	3064	4670	4670	3650	30	34,00
			3650	3025	30	20,83
Kecepatan pengeringan rata rata =						27,42

*hasil perasan mesin cuci

Dari Tabel di 1 dan Tabel 2, dapat disimpulkan bahwa waktu yang diperlukan untuk mengeringkan pakaian bergantung pada massa awal pakaian basah. Semakin pakaian dalam kondisi basah, semakin lama proses pengeringannya. Waktu tercepat yang diperlukan untuk mengeringkan diperoleh jika massa awal pakaian basah didapat dari pemerasan pakaian yang dilakukan mesin cuci secara maksimal. Waktu yang diperlukan untuk mengeringkan 20 pakaian basah tersebut hanya 60 menit, lebih cepat 60 menit dibandingkan dengan massa awal

pakaian basah yang dilakukan dengan cara perasan tangan. Waktu yang diperlukan untuk mengeringkan 20 pakaian basah hasil perasan tangan selama 120 menit dan untuk 15 pakaian basah selama 110 menit. Kecepatan rata rata pengeringan untuk 20 pakaian basah hasil perasan tangan sebesar 34,68 gram/menit, sedangkan untuk 20 pakaian basah hasil perasan mesin cuci sebesar 27,42 gram/menit. Untuk 15 pakaian basah perasan tangan, memiliki kecepatan rata-rata sebesar 26,45 gram/menit. Dibandingkan dengan pengeringan energi matahari, mesin pengering ini memiliki waktu mengeringkan yang lebih cepat. Pengeringan dengan energi matahari memerlukan waktu sekitar 3 jam, untuk 20 pakaian basah hasil perasan tangan.



Gambar 3. Proses pengeringan pakaian selama 120 menit.

V.

Gambar 3 menyajikan proses pengeringan pakaian selama 120 menit yang menggambarkan hubungan antara massa pakaian basah dengan waktu, untuk proses pengeringan 15 pakaian, dan untuk 20 pakaian, hasil perasan tangan. Tampak bahwa kecepatan pengeringan pakaian tidak konstan, baik ketika dipergunakan untuk 15 pakaian maupun untuk 20 pakaian. Di awal pengeringan, kecepatan pengeringan memiliki kecepatan yang besar, kemudian dengan berjalannya waktu, kecepatan pengeringan menurun pelan pelan, sampai pada akhirnya kecepatan pengeringan mencapai nilai nol. Pada pengujian ini, pengeringan dilakukan selama 2 jam, karena massa pakaian yang dikeringkan telah mencapai massa pakaian sebelum pakaian dibasahi. Bila massa awal pakaian basah yang akan dikeringkan telah diketahui, Gambar 3 dapat dipergunakan untuk menentukan waktu yang diperlukan untuk mengeringkan pakaian. Oleh karenanya, untuk mendapatkan kecepatan pengeringan yang tinggi, massa awal pakaian basah dapat di buat seminimal mungkin.

Mesin pengering ini lebih efektif dipergunakan untuk mengeringkan 20 pakaian sekaligus dibandingkan dengan bila dipergunakan untuk mengeringkan 15 pakaian sekaligus. Bila mesin pengering dipergunakan untuk mengeringkan misalnya 60 pakaian, maka mesin pengering ini hanya melakukan 3 kali proses pengeringan untuk 20 pakaian per pengeringan, yang berarti hanya membutuhkan waktu 6 jam, sedangkan jika dipergunakan untuk 15 pakaian per pengeringan, maka membutuhkan waktu 7 jam lebih 20 menit. Selain hemat waktu, tentunya juga hemat energi listrik.

VI. Kesimpulan

5.1 Kesimpulan

Dari hasil pengujian terhadap mesin pengering pakaian yang telah dirakit, dapat diperoleh beberapa kesimpulan :

- Mesin pengering pakaian sistem terbuka yang dirakit dapat bekerja dengan baik. Mesin pengering mampu mengkondisikan udara di dalam ruang pengering pakaian yang berukuran 60 cm x 120 cm x 130 cm, pada suhu udara kering (T_{dw}) 59,5°C dan RH sekitar 5%, pada kondisi udara luar bersuhu (T_{dw}) 28°C dan RH 80%.
- Mesin pengering mampu mengeringkan 20 pakaian baju basah hasil perasan tangan sekaligus dalam waktu 120 menit dan mampu mengeringkan 20 pakaian pakaian baju basah hasil perasan mesin cuci sekaligus dalam waktu 60 menit. Untuk mengeringkan 15 baju basah hasil perasan tangan sekaligus, diperlukan waktu 110 menit.

5.2 Saran

Dari hasil pengujian terhadap mesin pengering pakaian yang telah dirakit, dapat diberikan beberapa saran :

- a. Pada mesin yang telah dirakit perlu ditambahkan mesin pemeras pakaian untuk meminimalkan massa awal pakaian basah, agar dapat mempercepat proses pengeringan selain itu juga tidak merepotkan pengguna.
- b. Untuk mendapatkan kondisi udara dalam lemari yang benar benar kering, luas permukaan evaporator yang bersentuhan dengan udara dapat diperluas dan suhu kerja evaporator dapat diturunkan lebih rendah lagi.
- c. Untuk mendapatkan kondisi udara yang masuk ke dalam lemari pengering lebih tinggi dari rancangan yang dihasilkan, dapat ditambahkan penukar kalor yang ditempatkan setelah kondensor yang bekerja dengan suhu kerja yang jauh dari suhu kondensor.

Daftar Pustaka

1. Balioglu, et al., 2013, *Heat Pump Laundry Dryer Machine*, Patent Application Publication, Pub. No. : US 2013/0047456 A1, Feb. 28, 2013.
2. Mitsunori T, et al., 2013, *Dehumidifying and heating apparatus and clothes drying machine using the same*, European Patent specification, EP 2 468 948 B1, 27.11.2013.
3. Stoecker, WF, Jones, JW, 1982, *Refrigeration and Air Conditioning*.