

MESIN PENGERING HANDUK DENGAN ENERGI LISTRIK

Kurniandy Wijaya¹, PK Purwadi²

^{1,2} *Teknik Mesin Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Sanata Dharma, Yogyakarta, Indonesia*

¹Email : kurniandywijaya6@gmail.com

²Email : pur@mailcity.com

Telephone : 08122969809

Keywords :

Pengering handuk
Siklus kompresi-uap

Abstract :

Dewasa ini mesin pengering handuk yang praktis, aman, dan ramah lingkungan serta dapat dipergunakan kapan saja sangat dibutuhkan. Terutama untuk kebutuhan penyediaan handuk bersih sehari-hari di rumah sakit maupun di hotel. Tujuan dari penelitian ini adalah: (a) merancang dan merakit mesin pengering handuk dengan energi listrik dan (b) mengetahui waktuyang diperlukan mesin pengering untuk mengeringkan 20 handuk secara serentak. Mesin pengering handuk yang dirakit mempergunakan mesin yang bekerja dengan siklus kompresi-uap. Komponen utama siklus kompresi-uap meliputi: kompresor, evaporator, kondensor dan pipa-kapiler. Kompresor rotari yang dipergunakan memiliki daya sebesar ½ HP. Komponen utama yang lain, ukurannya menyesuaikan dengan besarnya daya kompresor yang dipergunakan. Fluida kerja yang dipergunakan pada mesin siklus kompresi-uap: R134a. Selain mempergunakan mesin siklus kompresi-uap, mesin pengering juga mempergunakan satu buah alat penukar kalor. Mesin pengering bekerja dengan menggunakan sistem-terbuka. Variasi penelitian dilakukan terhadap kondisi awal handuk yang akan dikeringkan: (a) hasil perasan tangan dan (b) hasil perasan mesin-cuci. Handuk terbuat dari katun, dengan ukuran 30 cm x 75 cm x 1,4 mm. Jumlah handuk yang dikeringkan sebanyak 20 sekaligus. Ukuran ruang pengering handuk : 150 cm x 90 cm x 156 cm. Hasil penelitian menunjukkan (a) mesin pengering handuk dapat bekerja dengan baik, dengan kondisi udara rata-rata di dalam ruang pengering memiliki suhu udara bola-kering (T_{db}): 53,7°C, suhu udara bola-basah(T_{wb}): 28°C, dan kelembaban relative udara (RH) sekitar: 13%. (b) Untuk 20 handuk dengan kondisi awal hasil perasan tangan, memerlukan waktu pengeringan 165 menit, dengan massa awal handuk basah 4,833 kg sampai menjadi massa handuk kering 1,779 kg. (2) untuk handuk dengan kondisi awal hasil perasan mesin cuci, memerlukan waktu pengeringan 45 menit untuk 20 handuk, dengan massa awal handuk basah 2,575 kg sampai menjadi massa handuk kering 1,777 kg.

PENDAHULUAN

Selama ini, dalam mengeringkan handuk, masyarakat umum mempergunakan energi panas dari matahari. Selain energi yang dipergunakan gratis, juga mudah dilakukan. Memiliki kapasitas pengeringan yang tidak terbatas. Ramah lingkungan dan suhu udara yang dipergunakan untuk proses pengeringan tidak terlalu tinggi. Meski demikian, pengeringan dengan mempergunakan sumber energi matahari memiliki beberapa kekurangan. Apabila musim hujan tiba, masyarakat sering tidak dapat mengeringkan handuk dengan hasil baik, dikarenakan cuaca yang tidak mendukung, seperti mendung atau hujan seharian. Padahal musim hujan di Indonesia berlangsung cukup lama, sekitar 6 bulan. Pada saat musim hujan, pengeringan handuk hanya dijemur di dalam ruangan.

Hasil pengeringan handuk tidak berhasil baik. Seringkali ketika handuk hendak dipakai, handuk masih dalam keadaan basah, sehingga menyebabkan handuk tidak nyaman saat digunakan, bahkan memberikan aroma yang kurang sedap. Kelemahan lain dari penggunaan energi matahari adalah proses pengeringan yang juga tidak dapat dilakukan pada malam hari. Beberapa kekurangan ini, menyebabkan pelaku bisnis yang bergerak dalam bidang terkait dengan proses pengeringan handuk, tidak sepenuhnya mengandalkan pengeringan dengan energi matahari.

Berangkat dari persoalan di atas penulis tertarik untuk merancang dan merakit mesin pengering handuk dengan kapasitas yang cukup banyak, dengan mempergunakan energi listrik. Penggunaan energi listrik dimaksudkan, agar mesin dapat dipergunakan

setiap saat bila diperlukan, baik pada siang hari maupun malam hari, baik pada saat musim kemarau maupun musim hujan. Selain itu, penggunaannya tidak ribet seperti halnya penggunaan mesin pengering yang memakai sumber energi dari gas LPG. Serta ramah lingkungan, karena penggunaan energi listrik tidak berdampak buruk baik bagi lingkungan maupun bagi pakaian yang akan dikeringkan. Penggunaan energi listrik juga lebih praktis dan lebih aman, dengan suhu udara yang dihasilkan untuk proses pengeringan tidak tinggi. Suhu udara yang tinggi seperti yang dihasilkan pada proses pengeringan dengan gas LPG akan mempercepat kerusakan pada handuk yang akan dikeringkan. Kekurangan energi listrik adalah, selain boros listrik, mesin tidak dapat dipergunakan saat listrik mati. Mesin pengering handuk energi listrik dengan kapasitas yang cukup banyak ini, dapat dipergunakan untuk membantu rumah sakit atau hotel yang setiap hari harus menyediakan handuk bersih dalam jumlah yang cukup banyak.

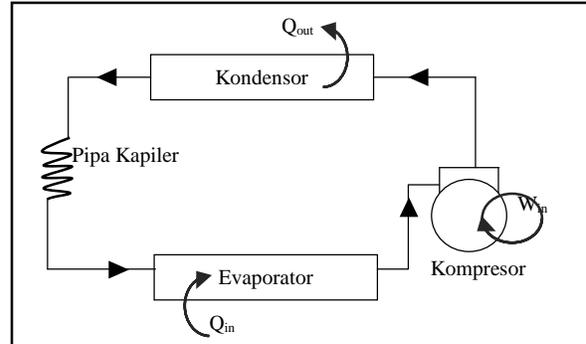
Beberapa orang telah melakukan perancangan dan pembuatan mesin pengering dengan mempergunakan sumber energi yang berasal dari listrik, seperti halnya Goldberg (2005), Bison, Alberto (2012), Beers (2013), dan Balioglu (2013). Dalam rancangannya, mereka semua mempergunakan mesin siklus kompresi uap untuk mendapatkan kondisi udara yang dipergunakan untuk pengeringan.

Mesin Pengering Handuk

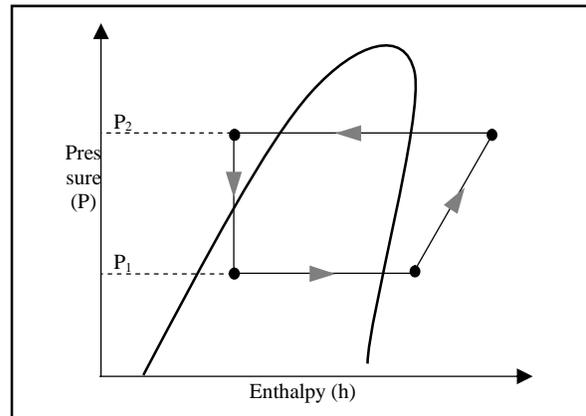
Mesin pengering yang dipergunakan di dalam penelitian ini mempergunakan mesin yang bekerja dengan siklus kompresi uap, dengan fluida kerja yang dikenal dengan refrigeran. Mesin siklus kompresi uap ini berfungsi untuk mendapatkan udara kering yang bersuhu cukup tinggi. Komponen utama mesin kompresi adalah kompresor, evaporator, kondensor dan pipa kapiler. Fluida kerja yang dipergunakan di dalam siklus kompresi uap pada penelitian ini adalah : R134a, yang mempunyai sifat ramah lingkungan. Evaporator, berfungsi untuk mendinginkan udara dan menyerap uap air yang terdapat di dalam udara sehingga udara menjadi kering dan bersuhu rendah (mengembunkan udara). Dapat juga dikatakan, evaporator berfungsi untuk menurunkan kelembaban spesifik dari udara. Sedangkan kondensor berfungsi untuk menaikkan suhu udara kering agar udara memiliki kemampuan yang lebih besar dalam menyerap uap air. Seperti diketahui ketika bekerja kondensor melepaskan kalor ke udara di sekitarnya. Dengan kata lain, kondensor berfungsi untuk menurunkan nilai kelembaban relatif udara. Untuk menaikkan suhu udara kering dapat pula dilakukan dengan mempergunakan sumber kalor yang lain, seperti contohnya alat penukar kalor.

Udara kering dan bersuhu cukup tinggi yang dihasilkan oleh pengolahan mesin siklus kompresi uap maupun alat penukar kalor, dipergunakan untuk

mengeringkan benda basah yang ada di ruang pengering, dalam penelitian ini, benda yang akan dikeringkan berupa handuk basah. Udara kering adalah udara yang memiliki kandungan uap air yang relatif sedikit di dalam setiap 1 m^3 udara.



Gambar 1. Rangkaian komponen siklus kompresi uap.



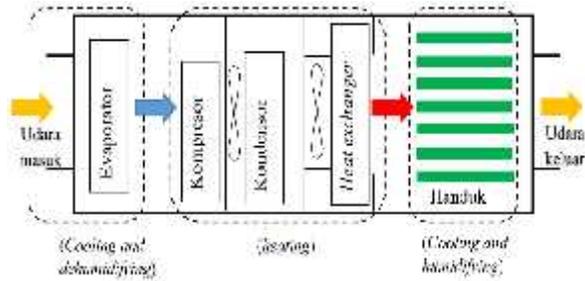
Gambar 2. Siklus kompresi uap pada p-h diagram.

Rangkaian komponen siklus kompresi uap tersusun seperti pada Gambar 1. Gambar 2 menyajikan siklus kompresi uap dalam diagram p-h. Fungsi kompresor adalah menaikkan tekanan refrigeran dengan proses iso-entropi. Fungsi kondensor adalah melepaskan kalor dari refrigeran yang bersuhu tinggi ke udara yang melewati kondensor yang bersuhu lebih rendah yang berlangsung pada tekanan tetap. Fungsi pipa kapiler adalah menurunkan tekanan refrigeran agar suhu refrigeran mencapai suhu rendah sesuai yang diinginkan, yang berlangsung dengan proses iso-entalpi. Fungsi evaporator adalah menyerap kalor dari udara yang melewati evaporator, agar refrigeran berubah wujud dari campuran cair dan gas menjadi wujud gas sepenuhnya. Dari evaporator, gas refrigeran disedot oleh kompresor dan ditekan kembali menuju kondensor. Siklus kompresi-uap berulang kembali seperti semula, dan berlangsung secara terus menerus, selama ada energi listrik yang diberikan ke kompresor.

Pada mesin pengering handuk yang dipergunakan dalam penelitian ini, mesin pengering bekerja dengan

sistem terbuka. Udara yang dipergunakan dalam proses pengeringan handuk, diambil dari udara luar. Setelah udara luar diproses oleh mesin siklus kompresi uap, udara dipergunakan untuk mengeringkan handuk di ruang pengering. Udara yang telah dipergunakan untuk mengeringkan handuk, kemudian di keluarkan dari ruang pengering dan tidak dipergunakan lagi.

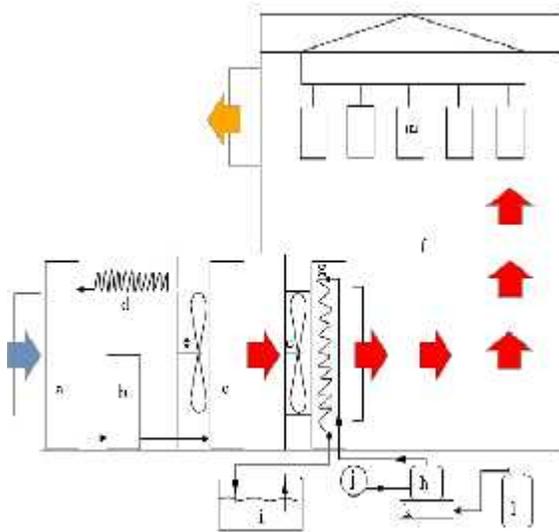
Ada 2 perlakuan yang dialami udara luar ketika masuk ke dalam mesin siklus kompresi uap. Pertama, udara didinginkan dan diturunkan kadar airnya yang ada di dalam udara, oleh evaporator. Kedua, udara hasil perlakuan evaporator dipanaskan atau dinaikkan suhu udara keringnya oleh kompresor, kondesor dan penukar kalor. Hasil akhir dari perlakuan udara luar ini menghasilkan udara kering yang bersuhu cukup tinggi. Udara hasil pengolahan mesin pengering, kemudian dikirimkan atau dialirkan kipas menuju ruang pengering. Handuk basah yang di dalam ruang pengering, ketika dilewati udara kering yang bersuhu cukup tinggi dengan berjalannya waktu akan mengalami proses pengeringan. Air yang ada di dalam handuk akan tersedot oleh udara kering.



Gambar 3 Sirkulasi udara pada mesin pengering

METODOLOGI PENELITIAN

Obyek Penelitian



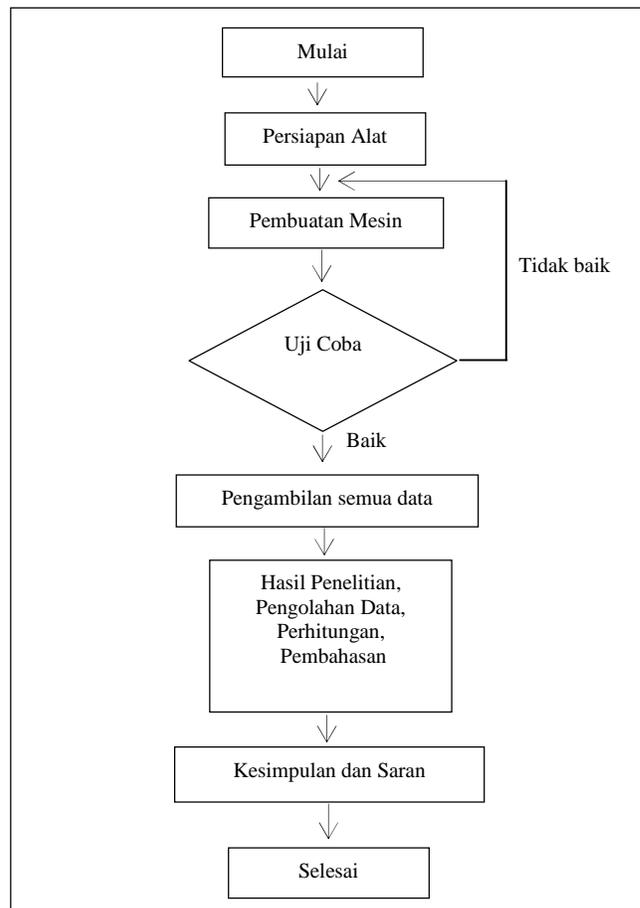
Gambar 4 Skematik Mesin Pengering

Obyek yang diteliti di dalam penelitian ini adalah mesin pengering handuk hasil perakitan sendiri, yang meliputi ruang mesin pengering dan ruang pengering handuk. Di dalam ruang mesin pengering terdapat (a) mesin yang bekerja dengan siklus kompresi uap (b) penukar kalor dan (c) kipas. Di dalam ruang pengering, terdapat handuk yang akan dikeringkan. Ukuran dari ruang pengering handuk : 150 cm x 90 cm x 156 cm dan ukuran dari ruang mesin pengering : 176 cm x 31 cm x 60 cm. Gambar 4 menyajikan skematik dari mesin pengering handuk.

Keterangan untuk Gambar 4: (a) evaporator (b). kompresor (c) kondensator (d) pipa kapiler (e) kipas (f) ruang pengering (g) penukar kalor (h) water heater (i) penampungan air (j) pompa air (k) kompor (l) gas LPG (m) handuk

Spesifikasi komponen mesin, sebagai berikut : (a) kompresor rotari, daya : 1/2 HP (b) kondensator dan evaporator jenis pipa bersip, dengan ukuran yang menyesuaikan besarnya daya kompresor (c) kipas 2 buah, daya @ 38 watt (diletakkan sebelum dan sesudah kondensator) (d) Refrigeran: R134a

Alur Penelitian



Gambar 5. Alur Penelitian

Variasi Penelitian

Variasi penelitian dilakukan terhadap kondisi awal handuk sebelum dikeringkan : (a) hasil perasan tangan dan (b) hasil perasan mesin cuci. Jumlah handuk 20 buah, berukuran : 30 cm x 75 cm x 1,4 mm. Bahan handuk dari katun. Dilakukan juga, pengeringan handuk yang dilakukan dengan mempergunakan energi surya.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil dari penelitian yang telah dilakukan, mesin pengering handuk dengan sistem terbuka dapat bekerja secara baik dan dapat bekerja secara terus menerus tanpa terjadi hambatan (kebocoran dan kemacetan). Kondisi udara di dalam ruang pengering sebelum penelitian dilakukan, memiliki kondisi sama dengan kondisi udara lingkungan. Ketika mesin bekerja, suhu kerja evaporator mampu mendinginkan dan mengembunkan uap air dari udara yang melewatinya. Kondisi udara setelah melewati evaporator dapat mencapai suhu udara kering rata-rata 18,4°C. Suhu udara masuk ruang pengering, setelah udara melewati kompresor, kondensor dan penukar kalor, berkisar pada suhu 53,4°C-54,1°C dengan nilai kelembaban relatif (RH) sekitar 13%. Kompresor mampu memberikan kenaikan suhu udara yang semula rata-rata 18,4°C menjadi sekitar 32,7°C. Suhu udara kemudian meningkat setelah melewati kondensor menjadi sekitar 40,5°C dan terjadi peningkatan suhu lagi ketika udara melewati penukar kalor, suhu udara meningkat menjadi sekitar 53,4°C-54,1°C. Suhu udara keluar dari ruang pengering setelah dipergunakan untuk mengeringkan handuk masih cukup tinggi yaitu sekitar 47,7°C-48,1°C Udara panas yang melewati mesin siklus kompresi uap dan penukar kalor dialirkan secara terus menerus ke dalam ruang pengering dengan menggunakan kipas. Mesin pengering handuk dengan siklus kompresi uap dapat bekerja dengan baik.

Waktu pengeringan untuk jumlah 20 handuk dengan kondisi awal pengeringan hasil perasan tangan memerlukan 165 menit, dengan massa air yang menguap dari handuk seberat 3,033 kg (massa awal handuk 4,833 kg, dan massa akhir handuk 1,779 kg). Untuk jumlah 20 handuk dengan kondisi awal pengeringan hasil perasan mesin cuci hanya memerlukan waktu 45 menit dengan massa air yang menguap dari handuk seberat 0,775 kg (massa awal 2,575 kg sampai 1,777 kg). Laju pengeringan handuk dengan perasan tangan sebesar 0,0184 kg_{air}/menit sedangkan laju pengeringan handuk dengan perasan mesin cuci sebesar 0,0172 kg_{air}/menit. Dari hasil tersebut dapat disimpulkan bahwa waktu yang diperlukan untuk mengeringkan handuk tergantung pada kondisi massa awal pengeringan, semakin besar massa handuk basah, maka waktu yang dibutuhkan untuk mengeringkan membutuhkan waktu yang lebih

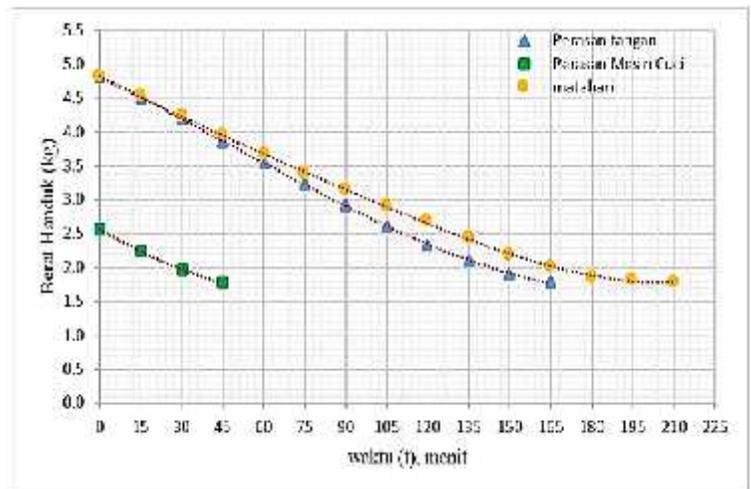
lama. Jika diperlukan untuk pengeringan yang cepat, maka usaha yang dapat dilakukan adalah memperkecil massa awal handuk basah.

Tabel 1 menyajikan hasil penelitian yang dihasilkan dengan kondisi awal handuk dengan (a) perasan tangan dan perasan mesin cuci.

Tabel 1. Hasil penelitian

Perlakuan	Jumlah Handuk	Massa handuk kering (kg)	Massa handuk basah (kg)	Massa handuk basah setelah mengalami proses pengeringan selama t menit (kg)					Massa air keluar dari handuk selama pengeringan (kg)
				Menit ke-					
				0	60	120	180	240	
Panas Matahari	20	1,8	4,830	4,830	4,635	4,440	4,245	4,050	3,045
Perasan Tangan	20	1,8	4,833	4,833	4,638	4,443	4,248	4,053	3,054
Perasan Mesin cuci	20	1,8	2,575	2,575	2,400	2,225	2,050	1,875	0,798

Gambar 6 menyajikan besarnya massa handuk selama proses pengeringan baik untuk kondisi awal pengeringan (a) perasan tangan maupun untuk (b) perasan mesin cuci.



Gambar 6. Massa handuk dari waktu ke waktu

KESIMPULAN

Penelitian memberikan hasil :

- a. Mesin pengering handuk dengan siklus kompresi uap dibantu dengan satu buah penukar kalor berhasil dibuat dan dapat bekerja sesuai dengan yang diharapkan, dengan kondisi udara rata-rata di dalam ruang pengering $T_{db}: 53,7^{\circ}\text{C}$, $T_{wb}: 28^{\circ}\text{C}$, RH: 13% (kondisi berbeban dengan 20 handuk basah)
- b. Mesin pengering handuk mampu mengeringkan 20 handuk berbahan katun dengan ukuran 30 cm x 75 cm x 1,4 mm pada kondisi awal pengeringan hasil perasan tangan dalam waktu 165 menit dengan massa awal 4,833 kg sampai 1,779 kg, serta pada kondisi awal pengeringan hasil perasan mesin cuci dalam waktu 45 menit dengan massa awal 2,575 kg sampai 1,777 kg.
- c. Besarnya laju pengeringan dengan kondisi awal pengeringan hasil perasan tangan adalah 0,0184 $\text{kg}_{\text{air}}/\text{menit}$. Besarnya laju pengeringan dengan kondisi awal pengeringan hasil mesin cuci adalah 0,0172 $\text{kg}_{\text{air}}/\text{menit}$.

SARAN

Beberapa saran dapat diberikan terkait dengan penelitian ini :

- a. Aliran udara kering bersuhu cukup tinggi harus dirancang sedemikian rupa agar udara tersebut dapat melewati semua handuk yang akan dikeringkan dengan lancar dan cepat.
- b. Jika suhu buang masih cukup tinggi dan masih memiliki kemampuan untuk menyerap uap air, sebaiknya masih dimanfaatkan untuk melakukan proses pengeringan handuk. Kapasitas handuk di dalam ruang pengering perlu ditambah atau ada tambahan ruang pengering yang diletakkan setelah ruang pengering pertama

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Balioglu, et al., 2013, Heat Pump Laundry Dryer Machine, Patent Application Publication, Pub. No: US 2013/0047456 A1, Apr. 15, 2015.
- [2] Beers, et al., 2013, Apparatus and Method for Refrigeration Cycle Elevation by Modification of Cycle Start Condition, United States Patent, Patent No: US 8,533,975 B2, May. 27, 2015.
- [3] BISON, et al., 2012, Heat Pump Laundry Dryer and a Method for Operating a Heat Pump Laundry Dryer, Patent Application Publication, Pub. No: US 2012/0210597 A1, May. 27, 2015.
- [4] Goldberg, et al., 2005, Heat Pump Clothes Dryer, Patent Application Publication, Pub. No: US 2005/0066538 A1, May. 27, 2015.
- [5] Moran Michael, 2004, Termodinamika Teknik, Jakarta: Erlangga, Hal 144-153.

- [6] Pita, Edward, G., 2002, *Air Conditioning Principles and System*, New York, Pearson Education, pp. 191-192.