

PENGUJIAN LEMARI PENDINGIN YANG BERFUNGSI UNTUK MENDINGINKAN SAYUR- SAYURAN DAN BUAH- BUAHAN

Christianto¹, Tulus B Sitorus², M. Sabri³, A. Husein Siregar⁴, Farida Ariani⁵

^{1,2,3,4,5}Departemen Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Sumatera Utara, Medan-Indonesia
E-mail : ichris_hsu1991@hotmail.com

ABSTRAK

Lemari pendingin digunakan untuk mendinginkan makanan dan minuman. Dalam penelitian ini, akan didinginkan sayur dan buah dan diuji ketahanan kesegaran sayur dan buah. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui besar beban pendingin maksimal yang diterima lemari pendingin. Pada pendingin ini tidak menggunakan refrigeran sebagai media pendingin. Sebagai penggantinya, digunakan air sebagai media untuk menyerap panas dari buah dan sayur yang kemudian dibuang dengan cara penguapan atau evaporasi. Penyemprotan air dilakukan secara rutin sebanyak 3 kali sehari dan air yang disemprotkan memiliki suhu sekitar 25°C. Lemari pendingin ini diuji di luar ruangan dan dalam ruangan. dan pengecekan kesegaran buah dilakukan setiap pagi hari. Besar beban pendingin terbesar diperoleh pada siang hari dan ketika lemari pendingin diuji di dalam ruangan yaitu sebesar 206.280,256 sampai 210.000 watt.

Kata kunci: lemari pendingin, air, beban pendingin

1. PENDAHULUAN

Mesin pendingin merupakan mesin yang berfungsi untuk memindahkan panas dari lingkungan bersuhu rendah ke lingkungan bersuhu tinggi. Mesin pendingin dapat dibayangkan sebagai mesin kalor yang beroperasi secara terbalik [1].

Pendinginan telah dilakukan manusia sejak lama. Proses ini dilakukan terutama untuk mendinginkan air atau bahan makanan. Bangsa Cina dan Italia mengambil es atau salju dan menyimpannya dengan jerami agar tidak mencair [2]. Es tersebut kemudian digunakan untuk mendinginkan, sedangkan salju digunakan saat musim panas untuk mendapatkan kesegaran. Bangsa Mesir menampung air di bejana yang diletakkan di atap rumah pada malam hari untuk mendapatkan air dingin [3].

Lemari pendingin yang dilakukan pengujian kali ini memiliki kapasitas daya tampung 15kg sayur dan buah dengan menggunakan air sebagai media pendingin. Selain itu, dilakukan perhitungan beban pendingin dengan ketentuan lemari pendingin diletakkan dalam ruangan dan luar ruangan.

2. TINJAUAN PUSTAKA

Refrigerasi Tradisional

Refrigerasi tradisional hingga sekarang masih digunakan oleh masyarakat kalangan menengah ke bawah [4]. Penggunaan refrigerasi tradisional digunakan untuk menyimpan buah dan sayur [5]. Namun penyimpanan buah dan sayur kebanyakan hanya menggunakan goni, yang kemudian disiram dengan air sebagai media penyerap panas. Penyimpanan dengan cara ini kurang higienis. Oleh karena itu, lemari pendingin yang digunakan dalam penelitian ini menggunakan kerangka dari kayu dan dilapisi dengan kain goni sebagai media tempat menyerap air dan tempat terjadinya penguapan.

Proses Penelitian

Penelitian dilakukan 2 kali yaitu pertama dilakukan di tempat terbuka dimana lemari pendingin terkena paparan sinar matahari dan kedua dilakukan di dalam ruangan (tidak terkena paparan sinar matahari). Dalam penelitian ini digunakan 15 kilogram sayur dan buah sebagai bahan makanan yang akan didinginkan. Sayur dan buah

dimasukkan ke dalam lemari pendingin dan lemari pendingin disemprotkan air yang bersuhu 22,76 - 23°C. Penelitian ini juga menggunakan alat termokopel, dimana alat termokopel mengukur besar suhu dlam lemari pendingin tersebut. Titik suhu yang diukur sebanyak 5 buah yaitu pada kiri, kanan, belakang lemari pendingin dan 2 titik lagi pada tempat diletakkannya sayur dan buah. Untuk mendapatkan data temperatur cuaca dan intensitas radiasi, digunakan alat HOBO, dimana data cuaca per hari akan disimpan dalam Excel. Dengan menggunakan data HOBO dan hasil percobaan yang diinput ke dalam Excel dan dapat dihitung besar beban pendingin.

Material Pembuatan Lemari Pendingin

1. Kayu - Ada beberapa jenis kayu yang dapat digunakan dalam pembuatan lemari pendingin. Namun jenis kayu yang digunakan harus dipertimbangkan pula kekuatannya. Kayu jati dipilih dan digunakan sebagai kayu pembuat rangka lemari pendingin dikarenakan kekuatannya yang cukup besar, tahan air dan rayap serta memiliki harga yang cukup murah [6].
2. Goni - Pemilihan goni karena memiliki daya serap air yang tinggi. Oleh karena itu, goni digunakan sebagai tempat penyimpanan air yang diperlukan untuk menyerap panas sayur dan buah. Pada konstruksi ini harus digunakan jenis goni yang bersih dan tidak berbau [7].
3. Papan Triplek - Papan triplek digunakan sebagai alas dan tutup atas dari mesin pendingin. Papan triplek yang digunakan harus kedap air agar tidak cepat rusak.

Air Sebagai Media Pendingin

Air sebagai media pendingin telah digunakan sejak lama [8]. Bahkan sebelum ditemukannya jenis- jenis refrigeran lainnya, air telah digunakan sebagai media pendingin. Pada masa sekarang ini, penggunaan air sebagai media pendingin telah semakin berkurang dikarenakan kemampuan air dalam menurunkan suhu lebih lambat daripada refrigeran lainnya. Namun dikarenakan beberapa hal, air juga memiliki beberapa keunggulan jika dibandingkan dengan refrijeran- refrijeran lainnya. Beberapa faktor yang membuat air menjadi *coolant* yang baik adalah :

1. Sangat berlimpah dan tidak mahal
2. Dapat ditangani dengan mudah dan aman digunakan
3. Dapat membawa panas per unit volume dalam jumlah besar
4. Mengalami pengembangan atau penyusutan volume dalam jumlah cukup kecil pada perubahan suhu dalam range normal
5. Tidak bersifat beracun dan ramah lingkungan

3 METODOLOGI PENELITIAN

Bahan

1. Goni
2. Kayu Jati
3. Papan Triplek
4. Paku
5. Baut
6. Komponen percobaan lain seperti air, alat penyemprot, sayur dan buah

Alat

1. Martil/ palu
2. Gunting
3. Gergaji Linstrik

4. Bor Listrik
5. Laptop
6. Agilent

4 HASIL DAN PEMBAHASAN

Perancangan Lemari Pendingin

Perancangan lemari pendingin didasari dengan bentuk atau volume benda yang akan dimasukkan ke dalamnya. Dengan menggunakan sistem perhitungan volume balok, diperoleh bahwa ukuran lemari pendingin yaitu 0,4m x 0,6m x 1,2m.

Perhitungan Beban Pendingin

Besar beban pendingin didasarkan pada 3 faktor yaitu:

1. Besar infiltrasi udara
2. Besar panas buah dan sayur
3. Besar konduksi udara luar

Besar infiltrasi udara terbagi atas 2 yaitu panas sensibel dan panas laten. Panas sensibel dihitung dengan rumus [9] :

$$Q_s = Q_p C_p dT$$

Dimana:

Q_s = Panas sensibel (Watt)

Q = Laju udara (L/s)

ρ = massa jenis udara (kg/m^3)

C_p = kalor jenis udara (kJ/kg K)

dT = perubahan suhu (K)

Sedangkan panas laten dapat dihitung dengan rumus^[9]:

$$Q_l = Q \rho h_{fg} dW$$

Dimana:

Q_l = Panas laten (Watt)

Q = Laju udara (L/s)

ρ_{fg} = panas laten uap air (J/kg)

dW = perbedaan kelembaban (kg air/ kg udara)

Panas dari buah dan sayur juga terdiri atas dua jenis yaitu panas laten dan panas sensibel yang dapat dihitung dengan rumus berikut [10].

$$Q_s = m C_p dT \text{ dan } Q_l = \Delta m \times L_f$$

Dimana:

Q_s = Panas sensibel (Watt)

Q_l = Panas laten (Watt)

m = massa buah (kg)

Δm = perubahan massa (kg)

dT = perubahan suhu (K)

L_f = kalor laten buah dan sayur (kJ/kg)

Panas konduksi buah dan sayur dihitung dengan rumus:

$$Q_{\text{kond}} = k \times A \times \Delta T / L$$

Dimana :

Q_{kond} = Panas konduksi (Watt)

k = konduktivitas termal (W/m.K)

A = luas penampang (m^2)

ΔT = perubahan suhu (K)

L = tebal dinding (m)

Dari hasil perhitungan di atas diperoleh semua nilai beban pendingin, dan dalam perhitungan total beban pendingin, kita hanya perlu menjumlahkan ketiga panas di atas.

Misalkan perhitungan dilakukan pada tanggal 5 Oktober 2014 jam 01.00 WIB, diperoleh :

- Kebocoran udara :
 $Q_s = 6.8432$ Watt
 $Q_l = 0.0263$ Watt
- Panas sensibel dan laten buah
 $Q_s \text{ buah} = 26022.3$ Watt
 $Q_s \text{ sayur} = 20654.7$ Watt
 $Q_l \text{ buah} = 5600$ Watt
 $Q_l \text{ sayur} = 7890$ Watt
- Panas konduksi pada buah dan sayur
 $Q_{kond} = 1263.87$ Watt

Gambar 4.1 menunjukkan kesegaran sayur dan buah pada hari pertama, dimana buah dan sayur tersebut baru saja dibeli dari pasar.



Gambar 4.1 Kondisi buah dan sayur pada hari pertama

Gambar 4.2 menunjukkan kondisi kesegaran daripada buah dan sayur pada hari kelima, dimana kondisi sayur telah layu dan sudah tidak layak dimakan.



Gambar 4.2 Kondisi buah dan sayur pada hari kelima

Gambar 4.3 menunjukkan kondisi buah pada hari kesembilan dimana kadar air dalam buah telah menipis dan sudah tidak layak untuk dimakan



Gambar 4.3 Kondisi buah pada hari kesembilan

Berikut ini adalah gambar kondisi sayur dan buah ketika pendingin diletakkan di dalam ruangan. Gambar 4.4 menunjukkan gambar buah dan sayur pada hari pertama, dimana sayur dan buah baru saja dibeli dari pasar.



Gambar 4.4 Kondisi buah dan sayur pada hari pertama

Gambar 4.5 menunjukkan kondisi sayur dan buah pada hari kelima, dimana sayur telah mulai layu dan telah tidak layak untuk dimakan.



Gambar 4.5 Kondisi buah dan sayur pada hari kelima

Gambar 4.6 menunjukkan kondisi buah pada hari kedua belas, dimana kadar air dalam buah telah menipis sehingga tidak layak lagi untuk dimakan.



Gambar 4.7 Kondisi buah pada hari kedua belas

5 KESIMPULAN

Dari hasil proses pembuatan diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

1. Dimensi daripada mesin pendingin yang telah dirancang adalah 0,4m X 0,6m X 1,2m.
2. Total beban pendingin rata- rata terbesar adalah pada siang hari sekitar pukul 11.00 - 14.00 yaitu sekitar 197000.764 sampai 200000 watt untuk lemari pendingin yang diletakkan di luar. Untuk lemari yang diletakkan dalam ruangan, total beban pendingin terbesar terjadi pada siang hari yaitu sebesar 206280.256 sampai 210000 watt.
3. Mesin pendingin tanpa energi dengan media pendingin berupa air cocok digunakan di daerah yang bermusim kemarau panjang dan digunakan oleh pedagang sayur atau buah serta masyarakat kurang mampu.
4. Jika lemari pendingin diletakkan di luar ruangan, ketahanan kesegaran sayur berkisar antara 5-6 hari, sedangkan buah- buahan sekitar 9-10 hari. Jika lemari pendingin diletakkan di dalam ruangan, ketahanan kesegaran sayur berkisar 5-6 hari, sedangkan buah sekitar 12 - 13 hari.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Sitorus T.B., Napitupulu F.H. & Ambarita H. 2016. International Journal of Technology, IJTech Journal, Vol. 7 Issue 5, pp. 910-920.
- [2] Tulus B. Sitorus, Farel H. Napitupulu, Himsar Ambarita. 2017. J. Eng. Technol. Sci., Vol. 49, No. 5, 657-670.
- [3] Young & Freedman. 2002. *College Physics*. San Francisco: Pearson Education ,Inc, publishing as Addison-Wesley
- [4] Anon.2001.Best inventions of 2001: Food Cooling System. Time: Lists. Time
- [5] T. B. Sitorus, F. H. Napitupulu, H. Ambarita, T. G. Manik. TAE 2016 - Proceedings of 6th International Conference on Trends in Agricultural Engineering 2016.
- [6] Hoadley, R. Bruce.2000. Understanding Wood: A Craftsman's Guide to Wood Technology. Taunton Press.
- [7] http://id.wikipedia.org/wiki/Karung_goni (online tanggal 3 Desember 2014)
- [8] Mutiara Septiani, Cindy. 2013. *Makalah Air Pendingin*, Malang
- [9] ASHRAE. 1997. *1997 ASHRAE Handbook*
- [10] Stoecker, Wilbert F.1989. *Industrial Refrigeration Handbook*. McGraw- Hill.Inc.