

# Rancangbangun Lemari Pendingin untuk Pengawetan Buah-Buahan Lokal

Matheus M. Dwinanto

Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Sains dan Teknik, Universitas Nusa Cendana

Jl. Adi Sucipto, Penfui, Kupang, NTT, 851000

Email : m2dwir3fri@gmail.com

## ABSTRAK

Buah-buahan segar merupakan salah satu kebutuhan utama di dalam keluarga karena berperan penting pada nutrisi manusia, khususnya sebagai sumber vitamin (C, B6, A, thiamin, niacin), mineral, dan serat. Namun buah-buahan segar akan cepat mengalami penurunan mutu dan kesegarannya apabila tidak dilakukan perlakuan pendinginan sesuai dengan standar mutu produk buah-buahan. Observasi dan wawancara langsung dengan para pedagang buah di tempat pedagang buah eceran tempat mitra menjalankan usahanya, para pedagang buah ini tidak memiliki lemari pendingin untuk mengawetkan buah-buahan sehingga hal ini dirasakan sebagai suatu kendala bagi mitra dalam menjalankan usahanya. Bagi pedagang buah idealnya mereka harus memiliki lemari pendingin yang dapat menampung buah-buahan dengan suhu pendinginannya tidak boleh mencapai titik beku buah. Penyimpanan buah-buahan segar membutuhkan suhu yang optimum, yaitu di bawah suhu 15 oC dan di atas titik beku (umumnya 5–15 oC) untuk mempertahankan mutu dan kesegarannya. Hasil pengujian lemari pendingin hasil rancangbangun ini menunjukkan penurunan temperatur ruang pendingin yang dapat mencapai  $\pm -6$  oC dalam waktu pengujian 60 menit. Lemari pendingin ini memberikan koefisien performansi (COP) termodinamik sebesar 6,0 dan dengan kapasitas refrigerasi sebesar 300 W.

**Kata kunci:** Lemari pendingin, pengawetan buah, Buah-buahan segar, pedagang buah, koefisien performansi.

## ABSTRACT

*Fresh fruit is one of the major needs in the family because it plays an important role in human nutrition, especially as a source of vitamins (C, B, A, thiamin, niacin), minerals, and fiber. But fresh fruits will rapidly decline if the quality and freshness of cooling treatment is not carried out in accordance with the standards of product quality fruits. Observations and interviews with fruit traders in the retail fruit merchant partners run the business; these fruit traders do not have refrigerators to preserve fruits so it is perceived as an obstacle for partners in business. For fruit traders ideally they should have a refrigerator that can accommodate fruits with cooling temperature should not reach the freezing point of fruit. Storage of fresh fruits require optimum temperature, i.e. below 15 °C and a temperature above the freezing point (generally 5 – 15 °C) to maintain quality and freshness. Test results refrigerator manufacturing results showed a decrease in the cooling chamber temperatures that can reach  $\pm -6$  °C within 60 minutes of testing time. This refrigerator gives the coefficient of performance (COP) of 6.0 and the thermodynamic refrigeration capacity of 300 W.*

**Keywords:** *Refrigerators, preservation of fruits, fresh fruits, fruit merchant, coefficient of performance.*

## PENDAHULUAN

Buah-buahan segar merupakan salah satu kebutuhan utama di dalam keluarga sehingga komoditi ini hampir setiap hari dibeli oleh konsumen dari para pedagang buah. Buah-buahan segar banyak diminati oleh para konsumen karena berperan penting pada nutrisi manusia, khususnya sebagai sumber vitamin

(C, B6, A, thiamin, niacin), mineral, dan serat. Namun buah-buahan segar akan cepat mengalami penurunan mutu dan kesegarannya apabila tidak dilakukan perlakuan pendinginan sesuai dengan standar mutu produk buah-buahan. Dari segi ekonomi mutu dan kesegaran buah memegang peranan penting dan sangat menentukan harga jual dari komoditi ini, bahkan ikut menentukan apakah komoditi ini akan laku terjual atau tidak. Dengan demikian

maka pedagang buah harus cermat dan teliti saat menyimpan dagangannya agar senantiasa dalam keadaan segar dan dapat disimpan dalam waktu yang cukup lama sehingga laku terjual dan pedagang tidak mengalami kerugian.

Hasil observasi dan wawancara langsung dengan para pedagang buah di tempat pedagang buah eceran (rombongan buah) tempat mitra menjalankan usahanya, para pedagang buah ini tidak memiliki lemari pendingin untuk mengawetkan buah-buahan sehingga hal ini dirasakan sebagai suatu kendala bagi mitra dalam menjalankan usahanya. Dengan kondisi seperti ini seringkali mitra secara terpaksa menjual dagangannya dengan harga murah sekedar untuk mengembalikan modal, bahkan tidak jarang mengalami kerugian akibat buah-buahnya tidak laku dijual karena kesegarannya menurun atau rusak. Bagi pedagang buah idealnya mereka harus memiliki lemari pendingin yang dapat menampung buah-buahan dengan kapasitas yang banyak dan suhu pendinginannya tidak boleh mencapai titik beku buah. Sistem pendingin seperti ini tidak terdapat di toko-toko elektronik, karena lemari pendingin yang dijual dipasaran merupakan lemari pendingin rumah tangga yang fungsinya untuk mendinginkan dan membekukan produk pangan. Penyimpanan buah-buahan segar membutuhkan suhu yang optimum, yaitu di bawah suhu 15 °C dan di atas titik beku (umumnya 5–15 °C) untuk mempertahankan mutu dan kesegarannya.

## METODA PENELITIAN

Kegiatan penelitian ini merupakan penelitian tindakan (*action research*) yang berorientasi pada penelitian pengembangan teknologi (*development reseach*) khususnya teknologi lemari pendingin untuk mempertahankan mutu buah-buahan local agar nilai jualnya tetap tinggi.

Perancangan lemari pendingin ini dimulai dari pemilihan konsep dan mekanisme, pembuatan gambar pra-rancang, dimana dari gambar pra-rancang ini akan ditentukan kesetaraan dimensi, bentuk dan jenis material, modifikasi komponen apabila diperlukan dengan berdasarkan pemilihan konsep dan

mekanisme serta dasar pertimbangannya. Rancangbangun lemari pendingin, diawali dengan menentukan urutan pekerjaan berdasarkan gambar pra-rancangan, proses pembuatan komponen dan kontrol kualitas, perakitan dan *finishing*, kemudian dilanjutkan dengan uji coba fungsional tiap komponen dan konstruksi, evaluasi kekurangan dan penyempurnaan lemari pendingin.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Rancangbangun lemari pendingin pengawet buah-buahan lokal ini telah dilakukan di Laboratorium Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Sains dan Teknik, Universitas Nusa Cendana. Tahap pertama dalam rancangbangun ini adalah perancangan konstruksi rangka lemari pendingin yang meliputi ruang sistem pendingin dan ruang penyimpanan buah. Lemari pendingin ini terbuat dari alumunium dengan isolatornya adalah polyurethane. Penggunaan alumunium dan isolator ini sebagai bahan kotak pendingin dikarenakan bahan-bahan ini ringan dan isolatornya memiliki konduktivitas termal yang rendah sehingga dapat menghambat laju perpindahan kalor akibat gradient temperature antara temperatur lingkungan dan temperatur di dalam lemari pendingin. Dengan demikian maka rugi kalor yang besar dapat dihindari. Selanjutnya lemari pendingin ini diberi kaca bening sehingga buah-buahan yang ditempatkan di dalam dapat terlihat dari luar oleh konsumen. Kaca bening ditempatkan pada bagian atas dan pintu daripada lemari pendingin tersebut.

Pengujian akhir dilakukan pada putaran kompresor 1000 rpm dan massa refrigeran R134a yang digunakan sebesar 200 gram, dengan jangka waktu pengambilan data adalah 65 menit. Data dari hasil pengujian awal yang telah didapatkan yaitu tekanan dan temperature untuk masing-masing titik pada sisi masuk dan keluar kondensor, dan sisi masuk dan keluar kompresor. Data untuk tekanan (P) tersebut terlebih dahulu dikonversi ke dalam  $P_{absolut}$  dengan persamaan, yaitu :

$$P_{absolut} = P_{gauge} + 1 \text{ atmosfer,}$$

dimana alat pengukur yang digunakan memiliki

satuan bar maka persamaan yang digunakan adalah :

$$P_{\text{absolut}} = P_{\text{gauge}} + 1,01 \text{ bar}$$



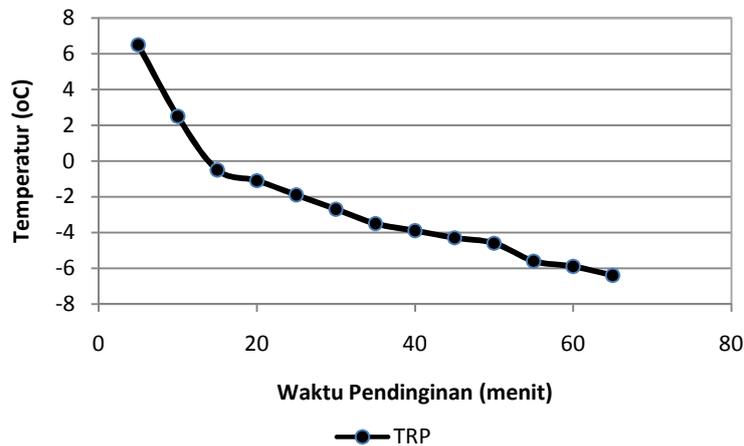
**Gambar 1.** Hasil rancangbangun lemari pendingin

**Tabel 1.** Data hasil pengujian

Waktu (Menit)	P1 (bar) <sub>abs</sub>	T1 (°C)	P2 (bar) <sub>abs</sub>	T2 (°C)	P3 (bar) <sub>abs</sub>	T3 (°C)	P4 (bar) <sub>abs</sub>	T4 (°C)	T <sub>RP</sub> (°C)
05	2,88	0,1	9,07	20	8,93	36	3,0	-10	6,5
10	2,88	0,1	9,07	20	8,93	36	3,0	-10	2,5
15	2,88	0,1	9,07	20	8,93	36	3,0	-10	-0,5
20	2,88	0,1	9,07	20	8,93	36	3,0	-10	-1,1
25	2,88	0,1	9,07	20	8,93	36	3,0	-14	-1,9
30	2,88	0,1	9,07	20	8,93	36	3,0	-14	-2,7
35	2,88	0,1	9,07	20	8,93	36	3,0	-14	-3,5
40	2,88	0,1	9,07	20	8,93	36	3,0	-14	-3,9
45	2,88	0,1	9,07	20	8,93	36	3,0	-14	-4,3
50	2,88	0,1	9,07	20	8,93	36	3,0	-14	-4,6
55	2,88	0,1	9,07	20	8,93	36	3,0	-14	-5,6
60	2,88	0,1	9,07	20	8,93	36	3,0	-14	-5,9
65	2,88	0,1	9,07	20	8,93	36	3,0	-14	-5,9

Keterangan tabel :

- P<sub>1</sub> = tekanan masuk kompresor
- P<sub>2</sub> = tekanan keluar kompresor
- P<sub>3</sub> = tekanan keluar kondensor
- P<sub>4</sub> = tekanan masuk evaporator
- T<sub>1</sub> = temperatur keluar evaporator
- T<sub>2</sub> = temperatur keluar kompresor
- T<sub>3</sub> = temperatur keluar kondensor
- T<sub>4</sub> = temperature masuk evaporator
- T<sub>RP</sub> = temperatur ruang pendingin



**Gambar 2.** Temperatur ruang pendingin vs waktu

Gambar 2 yang merupakan hubungan antara temperatur ruang pendingin terhadap waktu terlihat bahwa dengan bertambahnya

waktu maka temperatur ruang pendingin akan semakin menurun. Penurunan temperatur terjadi dengan cepat, dimana terbukti pada

menit ke-60 (satu jam kerja mesin refrigerasi) temperatur kedua kotak pendingin hampir mencapai  $\pm -6$  °C. Ini membuktikan bahwa sistem pendingin hasil rancangbangun ini bekerja dengan baik. Data hasil pengujian awal (tanpa beban pendinginan berupa buah-buahan) dapat digunakan untuk menganalisa performansi awal sistem pendingin ini. Berdasarkan data-data tersebut maka besaran-besaran utama dari performansi dapat ditentukan, yaitu kapasitas refrigerasi, laju aliran refrigeran, pelepasan kalor, dan koefisien prestasi (COP). Dari tabel sifat-sifat termodinamika refrigeran R134a (tabel tekanan) :

$$P_1 = 0,28 \text{ MPa}$$

maka :

$$h_1 = h_g @ 0,28 \text{ MPa} = 246,52 \text{ KJ/kg}$$

$$S_1 = S_g @ 0,28 \text{ MPa} = 0,9197 \text{ KJ/kg. K}$$

$$P_2 = 0,907 \text{ MPa}$$

maka :

$$S_2 = S_1 = 0,9197 \text{ KJ/kg. K}$$

dengan interpolasi dari tabel *superheated refrigerant* - R134a maka ditentukan nilai  $h_2$ , yaitu

$$h_2 = 266,18 +$$

$$271,25 - 266,18 \frac{0,9197 - 0,9054}{0,9217 - 0,9054}$$

$$h_2 = 270,63 \text{ kJ/kg}$$

$$P_3 = 0,893 \text{ MPa} \quad 0,9 \text{ MPa}$$

maka

$$h_3 = h_f @ 0,9 \text{ MPa} = 99,56 \text{ kJ/kg}$$

dan  $h_3 = h_4$  (throttling) sehingga  $h_4 = 99,56$  kJ/kg, kompresor mendapat masukan daya 50 W dari motor induksi satu phase arus AC dengan demikian maka laju aliran massa refrigeran :

$$W_c = m h_2 - h_1$$

atau

$$m = \frac{W_c}{h_2 - h_1} = \frac{0,05 \text{ kW}}{270,63 - 246,52 \text{ kJ/kg}} = 2,07E - 3 \text{ kg/s}$$

Kapasitas refrigerasi yang menunjukkan besar panas yang dipindahkan di dalam kotak pendingin (proses 4 - 1). Besarnya nilai bagian ini sangat penting diketahui karena proses ini merupakan tujuan utama dari seluruh sistem. Dengan demikian maka kapasitas refrigerasi sistem pendingin ini adalah :

$$Q_L = m h_1 - h_4$$

$$= 2,07E - 3 \frac{\text{kg}}{\text{s}} 246,52 - 99,56 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$$

$$= 0,30 \text{ kW}$$

Pelepasan kalor adalah perpindahan panas dari refrigeran di dalam kondensor (proses 2 - 3). Nilai pelepasan kalor diperlukan untuk merancang kondensor, dan untuk menghitung aliran fluida pendingin kondensor. Pelepasan kalor di kondensor sistem pendingin ini adalah :

$$Q_H = m h_2 - h_3$$

$$= 2,07E - 3 \frac{\text{kg}}{\text{s}} 270,63 - 99,56 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$$

$$= 0,35 \text{ kW}$$

Koefisien prestasi (COP) yang merupakan tujuan akhir dari analisa performansi system pendingin ini adalah perbandingan antara kapasitas refrigerasi terhadap kerja kompresi. Oleh karena itu COP sistem pendingin ini adalah

$$\text{COP} = \frac{Q_L}{W_c} = \frac{0,30 \text{ kW}}{0,05 \text{ kW}} = 6,0$$

## KESIMPULAN

Beberapa kesimpulan yang dapat diberikan pada hasil rancangbangun lemari pendingin ini adalah :

- Lemari pendingin yang menggunakan sistem pendingin siklus kompresi uap, hasil rancangbangun ini telah mampu bekerja dengan baik. Hal ini ditunjukkan dengan penurunan temperatur ruang pendingin yang dapat mencapai  $\pm -6$  °C dalam waktu pengujian 65 menit.
- Rangka lemari pendingin yang digunakan dari bahan aluminium mampu menjadi rangka lemari pendingin yang baik, dikarenakan bahan ini ringan dan mampu dibentuk serta tidak akan terjadi karat. Dengan demikian maka buah-buahan yang didinginkan akan aman dikonsumsi.
- Pengujian akhir mesin refrigerasi ini memberikan koefisien performansi (COP) sebesar 6,0 dan dengan kapasitas refrigerasi sebesar 0,3 kW (= 300 Watt pendinginan).

## UCAPAN TERIMA KASIH

Kegiatan ini didanai oleh Kementerian

Pendidikan dan Kebudayaan melalui Program IPTEKS bagi Masyarakat (IbM) Universitas Nusa Cendana tahun anggaran 2013; untuk itu dihaturkan terima kasih.

#### **DAFTAR PUSTAKA**

- [1] Dincer, I., and Kanoglu, M., 2010, Refrigeration Systems and Applications, Second Edition, John Wiley & Sons, Ltd, Publication
- [2] Duran Hore, 2008, Pengembangan Lemari Pendingin Sederhana untuk Sayuran dan Buah, MITRA, Tahun XIV, Nomor 3, Desember, hal. 239 – 244.
- [3] Gerlach, D. W., dan Newell, T. A., 2007, Dual Evaporator Household Refrigerator Performance Testing and Simulation, Air Conditioning and Refrigeration Center, University of Illinois, Mechanical & Industrial Engineering Dept. 1206 West Green Street, Urbana, IL 6180
- [4] Santoso, 2006, Teknologi Pengawetan Bahan Segar, Laboratorium Kimia Pangan, Faperta, UWIGA Malang.
- [5] Stoecker, W. F., dan Jones, J. W., 2000, Refrigerasi dan Pengkondisian Udara, terjemahan Supratman Hara, Edisi Ketiga, Penerbit Airlangga, Jakarta
- [6] Tawali, A. B., dkk., 2004, Pengaruh Suhu Penyimpanan Terhadap Mutu Buah-Buahan Impor yang dipasarkan di Sulawesi Selatan, Laporan Akhir Proyek Rantai Pendingin Indonesia, Program Penelitian Pasca Panen, Kerjasama Indonesia Cold Chain Project dengan Jurusan Teknologi Pertanian, Fapertahut, Universitas Hasanudin.