

Rancang Bangun Alat Pendingin Buah dengan Metoda Siklus Refrigerasi Absorpsi Tenaga Surya

Dendi Adi Saputra M^{1,a,*}, Adjar Pratoto^{2,b}, Endriyani^{3,c}, Fachri Rozi Afandi^{4,d}

^{1,2,3,4}Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik Universitas Andalas Padang - Indonesia

email: dendi_as@ft.unand.ac.id, adjar.pratoto@ft.unand.ac.id, endriyani@ft.unand.ac.id,
fachriroziafandi@gmail.com

Abstrak

Buah-buahan merupakan jenis makanan yang cepat mengalami penurunan kualitas. Hal ini terjadi akibat adanya perkembangbiakan mikroba pada buah. Mikroba berkembang karena temperatur tempat penyimpanan buah tidak ideal, dimana temperatur ideal buah berkisar dari 2°C – 25°C. Salah satu upaya untuk mengatasi hal tersebut adalah dengan menggunakan alat pendingin seperti kulkas atau *freezer*. Namun, konsumsi daya alat pendingin tersebut masih tinggi dan membutuhkan sumber energi listrik statis. Pada makalah ini dilakukan rancang bangun alat pendingin absorpsi dengan memanfaatkan panas matahari. Konsumsi daya yang kecil dan ketersediaan panas matahari yang cukup akan menghasilkan temperatur ideal penyimpanan buah. Refrigeran dan absorben yang digunakan yaitu NH₃ – H₂O dengan kadar 22,5%. Pengambilan data dilakukan pada cuaca cerah, berawan dan mendung setiap 5 menit untuk mengetahui unjuk kerja yang dihasilkan. Hasil dari pengujian didapatkan temperatur ruang pendingin terendah mencapai 18°C pada saat temperatur evaporator 13°C. Sedangkan COP tertinggi dapat mencapai 0,8 pada saat cuaca cerah dengan intensitas cahaya 728,4 W/m².

Kata kunci : amoniak-air, kualitas, pendingin, siklus absorpsi

Pendahuluan

Buah merupakan salah satu jenis makanan yang banyak mengandung serat dan vitamin. Untuk menjaga kualitas buah tetap baik maka buah harus disimpan pada temperatur 2 °C – 25 °C^[1]. oleh sebab itu diperlukan tempat penyimpanan buah yang khusus, saat itu banyak digunakan sistem pendingin kompresi. Sistem pendingin kompresi membutuhkan daya listrik cukup besar serta adanya efek buruk dari refrigeran yang digunakan terhadap lingkungan sekitar.

Salah satu jenis sistem pendingin yang tidak membutuhkan listrik sebagai sumber energi utamanya adalah sistem pendingin absorpsi. Sumber energi utama sistem pendingin absorpsi adalah energi panas. Energi panas dapat dimanfaatkan dari panas matahari.

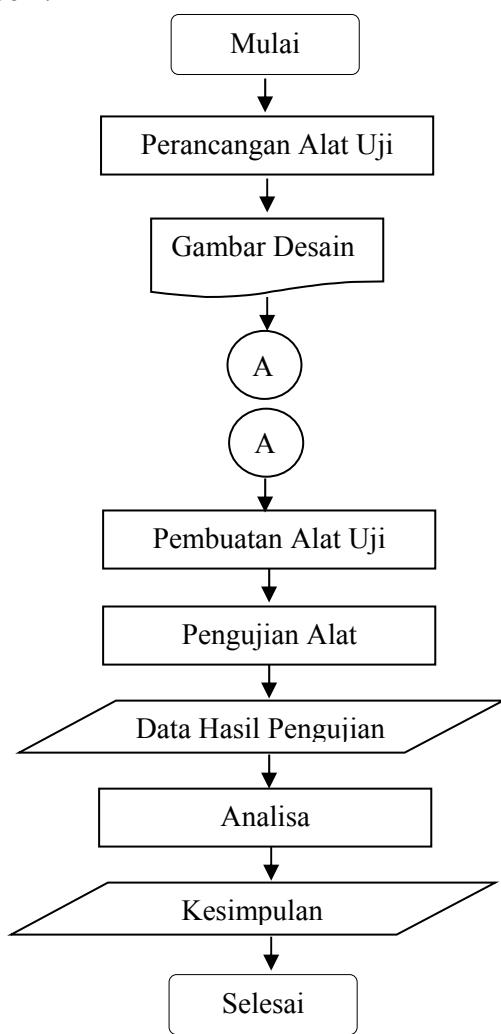
Di Australia, M.G Rasul dan A. Murphy^[2] sudah melakukan penelitian untuk sistem pendingin absorpsi bertenaga matahari. Pada penelitian ini didapatkan temperatur terendah evaporator 2 °C saat ada matahari dan pada saat tidak ada matahari didapatkan temperatur terendah evaporator 17 °C. Di Indonesia, I Ketut bersama timnya^[3]

menggunakan refrigeran amoniak dengan kadar 30% dengan memanfaatkan sumber panas matahari. Temperatur evaporator terendah yang dicapai -5 °C.

Dalam penelitian ini, dilakukan perancangan, pembuatan dan pengujian sistem pendingin absorpsi untuk mengetahui unjuk kerja dari sistem pendingin absorpsi.

Metodologi

Metodologi pada penelitian ini dapat dilihat pada Gb 1.



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

Perancangan Alat Uji

Pada perancangan alat uji ini dilakukan pemilihan refrigeran yang digunakan. Kemudian melakukan penetapan komponen dan tata letak. Setelah itu dilakukan *sizing* komponen sistem pendingin.

Pada *sizing* komponen sistem pendingin absorpsi ini, ukuran evapotaor dan kondensor didapatkan dengan menggunakan persamaan sebagai berikut^[4] :

$$Q = U \times A \times \Delta T_{ln} \quad (\text{Pers. 1})$$

$$A = \frac{Q}{U \times \Delta T_{ln}} \quad (\text{Pers. 2})$$

$$A = \pi D L \quad (\text{Pers. 3})$$

di mana :

Q	= jumlah panas (W)
U	= koefisien perpindahan panas total ($\text{W}/\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$)
A	= luas permukaan perpindahan panas (m^2)
D	= diameter tube (m)
L	= panjang tube (m)
ΔT_{ln}	= beda temperatur logaritmik ($^\circ\text{C}$)

Untuk *sizing* kolektor pemanas dapat digunakan persamaan sebagai berikut^[5] :

$$A = L \times W \times \cos \theta \quad (\text{Pers. 4})$$

$$W = n \times P \quad (\text{Pers. 5})$$

di mana :

L	= panjang tube
W	= lebar modul
P	= jarak antar tube
n	= jumlah tube
θ	= sudut kemiringan

Gambar Desain

Pembuatan gambar desain digunakan software Autodesk Inventor 2013 untuk mempermudah pembuatan gambar.

Pembuatan Alat Uji

Pembuatan alat dilakukan dilaboratorium dan dibengkel – bengkel manufaktur.

Pengujian Sistem Pendingin

Pengujian yang dilakukan pada penelitian ini adalah mengukur temperatur tiap titik yang telah ditentukan yaitu di generator, di kondensor, di evapotaor, dan di absorber dengan menggunakan termokopel seperti pada Gb 2.



Gambar 2. Cara Mengukur Temperatur

Kemudian mengukur tekanan di evaporator dan kondensor dengan menggunakan *pressure gauge*. Kemudian mengukur intensitas sinar matahari dengan menggunakan solarimeter. Solarimeter ini diletakan di tempat yang disinari matahari agar

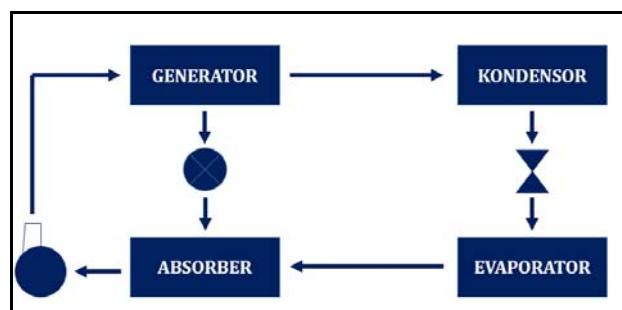
nilai intensitas yang dicatat tidak keliru seperti pada Gb 3. Semua pengukuran yang dilakukan untuk mengetahui performa dari sistem pendingin.



Gambar 3. Solarimeter

Hasil dan Pembahasan

Prinsip Kerja Alat



Gambar 4. Prinsip Kerja Alat

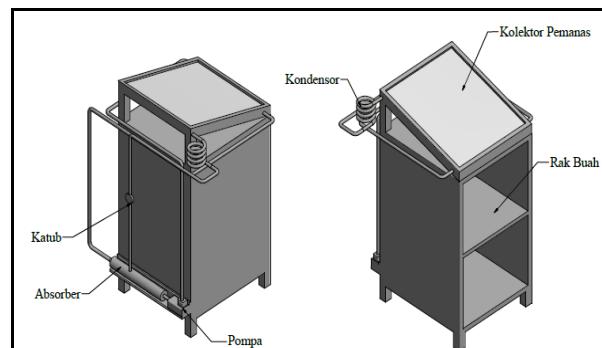
Pada Gb 4. dapat dilihat prinsip kerja dari alat ini yaitu cairan refrigeran (amoniak) dan absorben (air) dipompakan menuju generator. Pada generator refrigeran dan absorben akan dipisahkan dengan memanfaatkan panas matahari yang diserap oleh generator. Amoniak dan air terpisah dikarenakan oleh perbedaan titik didih dari kedua fluida tersebut. Dimana titik didih amonia lebih rendah dari pada titik didih air. Oleh sebab itu air akan kembali menuju absorber, sedangkan amoniak yang telah menjadi uap akan menuju kondensor. Di kondensor uap amoniak bertekanan dan bertemperatur tinggi diembunkan, panas dari amoniak tersebut dilepaskan ke lingkungan. Sehingga fasa amoniak berubah menjadi fasa cair dengan tekanan tinggi dan temperatur rendah. Amoniak cair dengan tekanan tinggi akan dikurangi tekanannya dengan melewati katup ekspansi sehingga dihasilkan amoniak cair dengan tekanan rendah dan temperatur rendah. Kemudian amoniak akan mengalir melewati evaporator. Pada

saat dievaporator cairan dingin amoniak akan menyerap panas dari dalam kotak pendingin yang akan didinginkan, sehingga amoniak cair berubah menjadi fasa uap dengan tekanan rendah. Kemudian uap amoniak tersebut akan diikat oleh cairan absorben untuk dipompakan kembali ke generator dan begitu seterusnya.

Prototipe Sistem Pendingin Absorpsi

❖ Komponen dan Tata Letak

Setelah dipilih komponen maka dilakukan tata letak dari komponen tersebut. Adapun hasil dari rancangan tata letak sistem pendingin dapat dilihat pada Gb 5.



Gambar 5. Tata Letak Sistem Pendingin

❖ Sizing Komponen Sistem Pendingin

Tabel 1. Spesifikasi Kondensor

Besaran	Hasil
Diameter tube	5 mm
Panjang tube	2000 mm
Material tube	Tembaga

Tabel 2. Spesifikasi Evaporator

Besaran	Hasil
Diameter tube	5 mm
Panjang tube	3000 mm
Material tube	Tembaga

Tabel 3. Spesifikasi Kolektor Pemanas

Bagian	Keterangan
Penutup transparan	Material = Crystal galass Transmisivitas = 0,09 Tebal = 3 mm Diameter = 5 mm
Pipa pengalir	Material = Tembaga Panjang = 520 mm Tebal = 1 mm Konduktivitas = 380 W/m°C
Pelat modul	Material = Aluminium

Bagian	Keterangan
	Tebal = 1 mm
	Konduktivitas = 204 W/m°C
	Material = Papan MDF
	Tebal = 3 mm
Kotak Kolektor	Panjang = 530 mm Lebar = 500 mm Konduktivitas = 0,048 W/m°C

Tabel 4. Spesifikasi Absorber

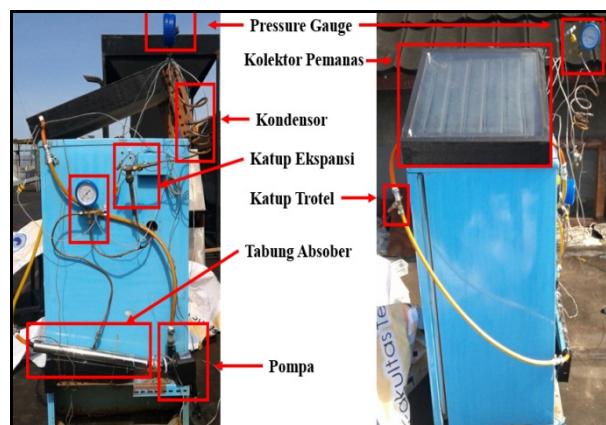
Besaran	Hasil
Diameter tube	40 mm
Panjang tube	400 mm
Material tube	Stainless Steel

Tabel 5. Spesifikasi Pompa

Besaran	Hasil
Power	32 watt
Head	2 meter
Debit	2000 L/h

❖ Hasil Perakitan Komponen Sistem Pendingin

Adapun hasil perakitan dari komponen sistem pendingin absorpsi dapat dilihat pada Gb 6.

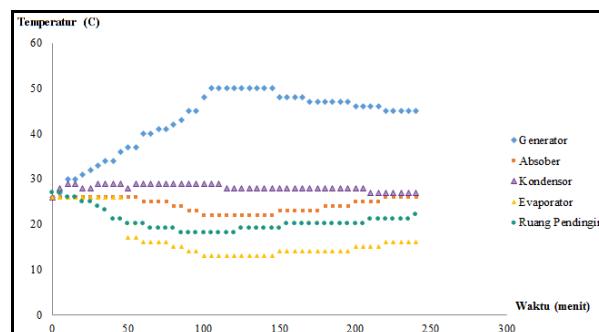


Gambar 6. Hasil Perakitan

Pengujian Prototipe Sistem Pendingin Absorpsi

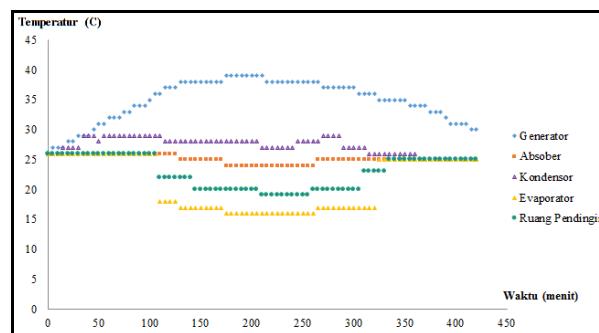
❖ Pengaruh Waktu Terhadap Temperatur Komponen Sistem Pendingin Absorpsi

Pada Gb. 7 pengujian dilakukan pada pukul 12.10 WIB saat cuaca cerah. Saat matahari semakin terik kisaran menit 100 – 160 proses pendinginan terjadi pada ruang pendingin. Pada kondisi tersebut terjadi pemisahan amoniak dan air sehingga terjadi proses pendinginan. Temperatur pendinginan terendah yang dapat dicapai adalah 18 °C.



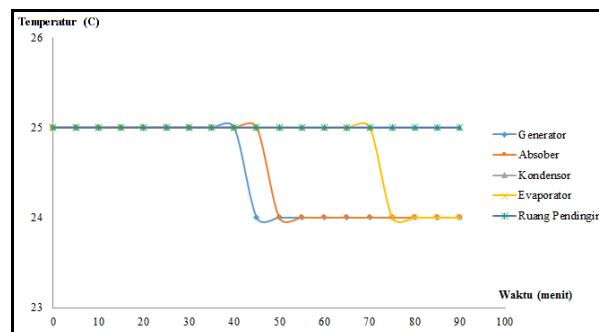
Gambar 7. Pengaruh Waktu Terhadap Temperatur Komponen Saat Cuaca Cerah

Pada Gb. 8. pengujian dilakukan pada pukul 10.00 WIB saat cuaca berawan. Pada menit 130 – 300 terjadi proses pendinginan. Pada kondisi tersebut temperatur ruang pendingin terendah dapat mencapai 19 °C.



Gambar 8. Pengaruh Waktu Terhadap Temperatur Komponen Saat Cuaca Berawan

Pada Gb. 9. pengujian dilakukan pada 14 Juni 2014 pukul 16.00 WIB saat cuaca mendung. Pada saat cuaca mendung ini tidak terjadi proses pendinginan. Hal ini disebabkan oleh tidak terpisahnya antara amoniak dengan air.

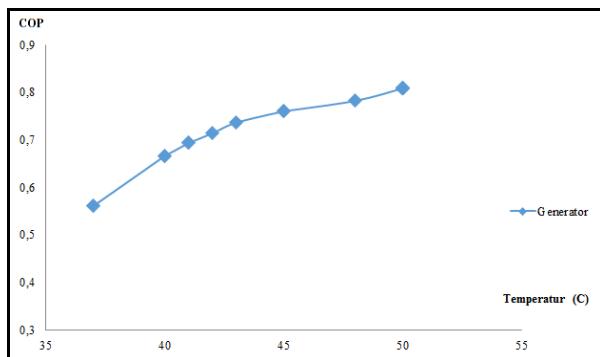


Gambar 9. Pengaruh Waktu Terhadap Temperatur Komponen Saat Cuaca Mendung

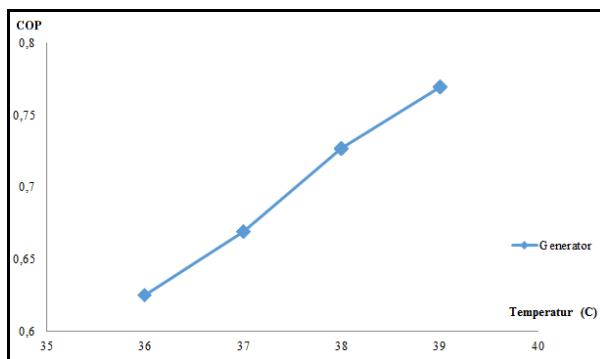
❖ Pengaruh Temperatur Generator Terhadap COP Sistem Pendingin

Pada Gb. 10. dapat dilihat bahwa semakin meningkat temperatur generator maka semakin meningkat pula COP sistem pendingin. Pada saat kondisi cuaca cerah didapatkan COP tertinggi

mencapai 0,8 pada temperatur generator 50 °C. Sedangkan pada saat cuaca berawan dapat dilihat pada Gb 11. COP tertinggi dapat mencapai 0,76 pada temperatur generator 39 °C.



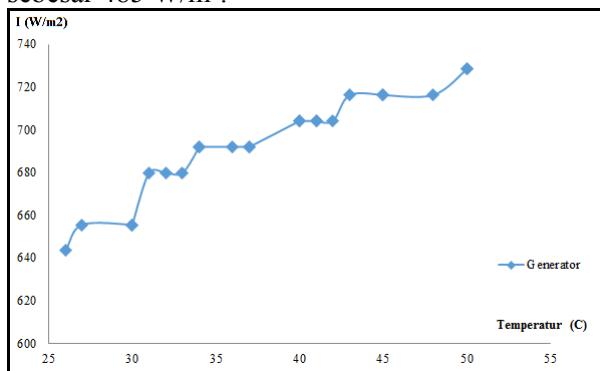
Gambar 10. Pengaruh Temperatur Generator Terhadap COP Saat Cuaca Cerah



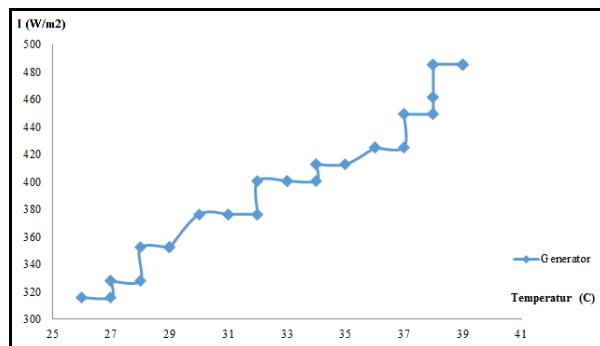
Gambar 11. Pengaruh Temperatur Generator Terhadap COP Saat Cuaca Berawan

❖ Pengaruh Intensitas Cahaya Matahari Terhadap Temperatur Generator

Pada Gb 12. dapat dilihat bahwa semakin meningkat intensitas cahaya matahari maka semakin meningkat pula temperatur generator. Pada kondisi cuaca cerah didapatkan temperatur generator tertinggi mencapai 50 °C dengan intensitas cahaya matahari sebesar 728 W/m². Sedangkan pada saat cuaca berawan dapat dilihat pada Gb 13. temperatur generator tertinggi mencapai 39 °C dengan intensitas cahaya matahari sebesar 485 W/m².



Gambar 12. Pengaruh Intensitas Cahaya Matahari Terhadap Temperatur Generator Saat Cuaca Cerah



Gambar 13. Pengaruh Intensitas Cahaya Matahari Terhadap Temperatur Generator Saat Cuaca Mendung

Kesimpulan

Setelah dilakukan perancangan, pembuatan dan pengujian alat pendingin absorpsi, maka dapat disimpulkan beberapa hal sebagai berikut :

1. Unjuk kerja (COP) sistem pendingin absorpsi tertinggi mencapai 0,8 pada saat cuaca cerah dengan temperatur generator 50 °C dan intensitas cahaya matahari mencapai 728 W/m².
2. Temperatur ruang pendingin terendah mencapai 18 °C dengan temperatur evaporator 13 °C.
3. Unjuk kerja (COP) sistem pendingin absorpsi pada cuaca berawan mencapai 0,7 dengan temperatur generator 39 °C dan intensitas cahaya matahari mencapai 485 W/m².
4. Temperatur ruang pendingin pada saat cuaca berawan mencapai 19 °C dengan temperatur evaporator 16 °C.

Referensi

- [1] Zuhairini, Endah ., 1996. *Memperpanjang Kesegaran Buah*. Surabaya: PT.Trubus Agrisarana
- [2] Rasul, M.G., Murphy, A., *Solar Powered Intermittent Absorption Refrigeration Unit*. Australia : Universitas Queensland
- [3] Puja, I Gusti Ketut, Sambada, Rusdi., 2012. *Alat Pendingin Absorpsi Energi Panas Untuk Penyimpan Obat dan Bahan Makanan Di Daerah Terpencil*. Yogyakarta: PDII-LIPI
- [4] Pratoto, Adjarn., 2003. *Diktat Perancangan Sistem Termal*. Padang : Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Andalas
- [5] Zainuddin, Dahnil., 1990. *Solar Technik II*. Padang : Universitas Andalas