

SISTEM PENDINGINAN ABSORPSI SURYA PADAT DAN TERPADU

Mulyanef¹⁾ dan K.Sopian²⁾

¹⁾Jurusan Teknik Mesin Universitas Bung Hatta

²⁾Jabatan Kejuruteraan Mekanik dan Bahan
Universiti Kebangsaan Malaysia

ABSTRAK

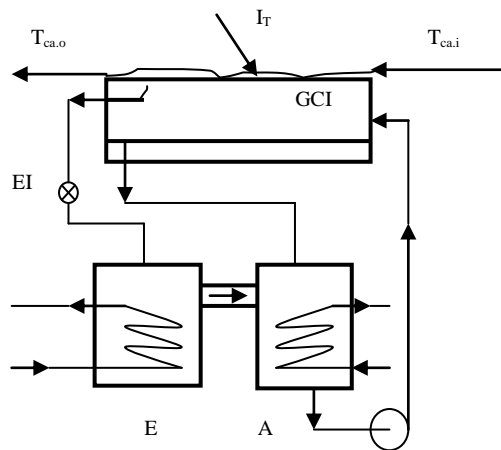
The optimum performance of a new compact and integrated solar absorption cooling system has been determined. Conventional solar absorption cooling system consist the collector, generator, condenser, absorber and evaporator. A new compact solar absorption cooling unit with the collector, generator and condenser integrated into one single unit has been designed, fabricated and tested. The experimental setup was tested under a solar simulator. The simulator has 45 halogen lamps and the highest solar radiation value achieved was 590 W/m². The data logger was used to measure the absorber, condenser, evaporator and generator temperature. The Coefficient of Performance (COP) of 0.32 was obtained at a flow rate 0.0107 kg/s at a solar radiation value of 590 W/m² and ambient temperature of 31.5°C. The concentration of the solution lithium bromide-water (LiBr-H₂O) was 30% and the lowest temperature of the evaporator is 22.1°C. The COP of a conventional non compact system integrated solar cooling absorption was in the range of 0.09-0.45. The evaporator temperature was not as low as expected since the evaporator was undersized and the evaporator room was not evacuated.

Keyword: cooling system, compact and integreted collector.

1. Pendahuluan

Penelitian sistem pendinginan absorpsi surya telah banyak dilakukan oleh peneliti, baik secara eksperimen maupun secara simulasi. Sistem yang biasa terdiri dari kondensor, evaporator, absorber, generator dan kolektor surya. Sistem pendinginan absorpsi surya padat dan terpadu yang diteliti ini mempunyai kolektor surya, generator dan kondensor di buat dalam satu sistem padat dan terpadu. Perbedaannya dengan sistem pendinginan absorpsi surya konvensional

terletak pada proses pemanasan larutan dan proses kondensasi. Pada sistem yang konvensional pemanasan larutan dilakukan di dalam generator dan proses kondensasi dilakukan pada kondensor. Sistem yang baru ini, kedua proses berlangsung pada kolektor bersepadu. Sistem pendinginan absorpsi surya yang baru terdiri dari kolektor surya terpadu, absorber, evaporator dan tangki air pendingin. Gambar 1 menunjukkan sistem pendinginan absorpsi surya padat dan terpadu.



I_T = intensitas surya; GCI = kolektor terpadu;
 EI = katup ekspansi; E = evaporator; A = absorber;
 $T_{cw,i}$ = air pendingin masuk; $T_{cw,o}$ = air pendingin keluar

Gambar 1 Skema sistem pendinginan absorpsi surya

ANALISIS TERMODINAMIK

Untuk menentukan prestasi sistem (COP) dapat dilakukan dengan membuat tiga persamaan yaitu:

- Keseimbangan massa massa

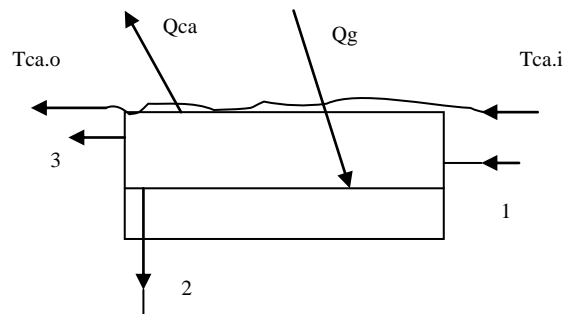
$$\sum \dot{m} = 0$$
- Keseimbangan bahan bahan

$$\sum \dot{m}.x = 0$$
- Keseimbangan energi energi

$$\sum Q + \sum \dot{m}.h = 0$$

a. Analisis kolektor terpadu

Kolektor terpadu berfungsi sebagai kolektor panas, generator dan kondensor. Air dialirkan ke atas kaca penutup untuk berlaku proses kondensasi di dalam kolektor. Keseimbangan massa dan energi pada kolektor terpadu dapat ditentukan dengan berpedoman kepada Gambar 2.



Gambar 2 Kesetimbangan massa dan energi pada kolektor terpadu

Keseimbangan massa:

$$\dot{m}_1 = \dot{m}_2 + \dot{m}_3 \tag{1}$$

Keseimbangan LiBr:

$$\dot{m}_1 X_1 = \dot{m}_2 X_2 + \dot{m}_3 X_3 \tag{2}$$

dengan \dot{m} dan X adalah massa dan kepekatan larutan LiBr-H₂O.

Laju perpindahan panas dalam kolektor terpadu (Q_{GCI})

$$Q_{GCI} + Q_1 = Q_2 + Q_3 + Q_{ca} \dots\dots\dots (3)$$

$$Q_{GCI} + \dot{m}_1 C_p (\Delta T_1) = \dot{m}_2 C_p (\Delta T_2) + \dot{m}_3 C_p (\Delta T_3) + Q_{ca}$$

..... (4)

$$Q_{GCI} = \dot{m}_2 C_p (T_2 - T_{ref}) + \dot{m}_3 C_p (T_3 - T_{ref}) + Q_{ca} - \dot{m}_1 C_p (T_1 - T_{ref})$$

..... (5)

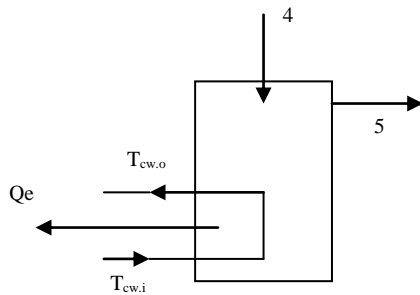
dimana:

$$Q_{ca} = \dot{m} \cdot C_p (T_{ca.o} - T_{ca.i})$$

Q_{ca} = laju perpindahan panas air pendingin di atas kaca penutup, watt

b. Analisis evaporator

Keseimbangan massa dan energi pada evaporator dapat dituliskan dengan berpedoman kepada Gambar 3.



Gambar 3. Keseimbangan energi pada evaporator

Laju perpindahan panas pada evaporator:

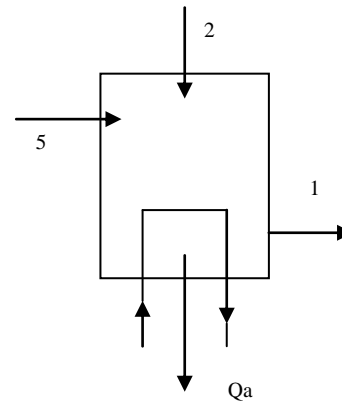
$$Q_e = \dot{m}_{cw} C_p (\Delta T) \quad (6)$$

$$Q_e = \dot{m}_{cw} C_p (T_{cw,i} - T_{cw,o}) \quad (7)$$

dengan \dot{m}_{cw} , C_p , $T_{cw,i}$ dan $T_{cw,o}$ adalah laju massa refrigeran, panas spesifik, temperatur air dingin masuk dalam evaporator dan temperatur air dingin keluar dari evaporator.

c. Analisis absorber

Keseimbangan massa dan energi pada evaporator dapat dituliskan dengan berpedoman kepada Gambar 4.



Gambar 4. Keseimbangan massa dan energi pada absorber

Keseimbangan massa:

$$\dot{m}_2 + \dot{m}_5 = \dot{m}_1$$

$$\dot{m}_2 X_2 + \dot{m}_5 X_5 = \dot{m}_1 X_1$$

Keseimbangan energi:

$$Q_a + Q_1 = Q_2 + Q_5 \quad (8)$$

$$Q_a = Q_1 - Q_2 - Q_5 \quad (9)$$

d. Analisis katup ekspansi

Keseimbangan massa pada katup ekspansi:

$$\dot{m}_3 = \dot{m}_4$$

Dengan menggunakan persamaan-persamaan di atas dapat dihitung :

- Laju energi yang diperlukan dalam kolektor terpadu
- Laju pendinginan yang dihasilkan dalam evaporator

Prestasi sistem (COP) didefinisikan sebagai perbandingan laju pendinginan yang dihasilkan dalam evaporator dengan laju penambahan energi yang diperlukan dalam generator (kolektor terpadu).

$$COP = \frac{Q_e}{Q_{GCI}} \quad (10)$$

$$COP = \frac{\dot{m}_{cw} C_p (T_{cw.o} - T_{cw.i})}{\dot{m}_2 C_p (T_2 - T_{ref}) + \dot{m}_3 C_p (T_3 - T_{ref}) + Q_{ca} - \dot{m}_1 C_p (T_1 - T_{ref})} \quad (11)$$

METODOLOGI

Penelitian dijalankan dalam suasana laboratorium yaitu dengan menggunakan simulator surya. Alat uji sistem pendinginan absorpsi surya diletakkan di bawah simulator. Peralatan yang digunakan adalah lampu halogen sebanyak 45 lampu, setiap lampu

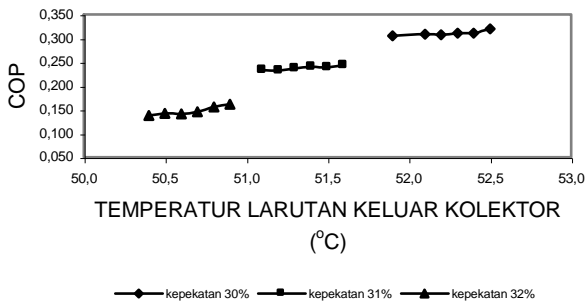
mempunyai 300 watt. Larutan LiBr- H₂O digunakan, sebagai bahan penyerap adalah lithium bromida (LiBr) dan refrigeran adalah air (H₂O). Data intensitas sinaran surya diukur menggunakan piranometer, data temperatur diukur dengan menggunakan termokopel dan dihubungkan ke sistem perekam data. Pengujian dilakukan dengan mengubah-ubah laju aliran larutan (0.0107 kg/s, 0.013 kg/s, 0.016 kg/s) dan kepekatan larutan LiBr-H₂O (30%, 31%, 32%). Data-data yang dihasilkan dianalisis untuk mendapatkan prestasi sistem pendinginan atau COP.

HASIL DAN DISKUSI

Hubungan antara COP dengan temperatur larutan ke luar kolektor

Gambar 5 menunjukkan nilai COP naik dengan naiknya temperatur larutan keluar kolektor, tetapi mempunyai perbedaan nilai COP dan temperatur larutan keluar

kolektor. COP tertinggi dihasilkan pada kepekatan 30% yaitu 0.320. Kepekatan 31% dan kepekatan 32% dihasilkan nilai COP tertinggi 0.243 dan 0.161. Temperatur larutan keluar kolektor pada kepekatan 30% dihasilkan 52.5 °C, sedangkan untuk kepekatan 31% dan kepekatan 32% dihasilkan temperatur larutan keluar kolektor 51.6 °C dan 50.9 °C. Sehingga dapat disimpulkan bahwa kepekatan 30% lebih baik dalam hal ini.

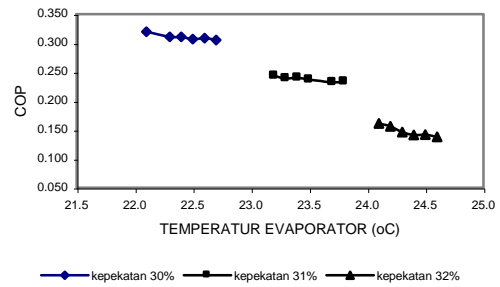


Gambar 5 Grafik hubungan temperatur larutan keluar kolektor melawan COP untuk laju aliran 0.0107 kg/s

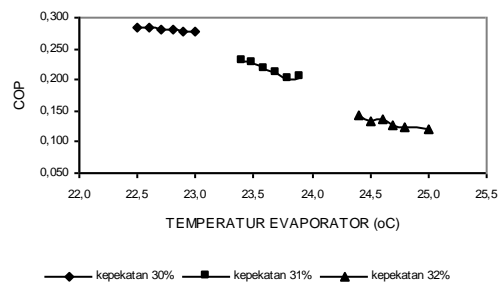
Hubungan antara COP dengan Temperatur Evaporator

- Evaporator berfungsi sebagai bahagian yang menghasilkan pendinginan. Temperatur di dalam evaporator sama dengan temperatur air dingin keluar evaporator. Hubungan COP

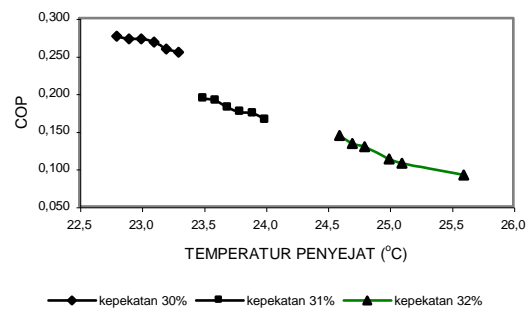
dengan temperatur evaporator untuk laju aliran larutan dan kepekatan berbeda-beda ditunjukkan pada Gambar 6, Gambar 7 dan Gambar 8.



Gambar 6 Grafik hubungan temperatur evaporator melawan COP untuk laju aliran 0.0107 kg/s untuk kadar aliran 0.0107 kg/s



Gambar 7 Grafik hubungan temperatur evaporator melawan COP untuk laju aliran 0.013 kg/s



Gambar 8 Grafik hubungan temperatur evaporator melawan COP untuk laju aliran 0.016 kg/s untuk kadar aliran 0.016 kg/s

Laju aliran larutan dan kepekatan larutan yang berbeda-beda sangat menentukan COP sistem pendinginan surya. Temperatur pendinginan paling rendah dihasilkan sistem adalah 22.1 °C, yaitu pada kepekatan larutan 30% dan laju aliran 0.0107 kg/s dibandingkan dengan kepekatan larutan dan laju aliran larutan lainnya. Kemungkinan ini disebabkan oleh energi panas yang diserap lebih banyak dan ini akan menghasilkan uap air yang banyak. Jumlah uap air banyak menghasilkan volume refrigeran (air) sampai di evaporator lebih banyak. Bila volume refrigeran lebih besar, proses absorpsi panas oleh absorber dari evaporator lebih besar dan lebih lama. Ini sesuai dengan teori, yaitu semakin rendah temperatur evaporator, maka COP juga akan naik. Ini juga sesuai dengan riset yang dilakukan oleh Hammad dan Audi (1992).

Dari Grafik yang diplotkan di atas dapat dilihat bagaimana kaitan antara temperatur evaporator dengan COP. Ketiga-tiga Grafik menunjukkan COP dan temperatur pendinginan terendah dihasilkan pada kepekatan larutan 30%. Manakala yang tertinggi dihasilkan pada kepekatan 32%. Ini disebabkan oleh kepekatan larutan yang tinggi memerlukan energi yang tinggi untuk memanaskan larutan. Sedangkan energi

yang tersedia pada riset ini yaitu energi sinaran lampu halogen maksimum 590 W/m².

KESIMPULAN

Riset telah dijalankan ke atas sistem pendinginan absorpsi surya padat dan terpadu. Sistem yang terdiri dari empat bahagian penting yaitu, kolektor terpadu, evaporator, absorber dan katup ekspansi. Sistem pendinginan surya ini telah dapat menghasilkan prestasi yang tinggi. Eksperimen dilakukan dengan mengubah-ubah kepekatan larutan dan laju aliran larutan masuk ke dalam kolektor. Prestasi optimum dari sistem ini dihasilkan, yaitu antara 0.305 hingga 0.320 pada kepekatan larutan 30%, laju aliran larutan 0.0107 kg/s dan laju aliran air pendingin ke atas kaca penutup 0.05 kg/s. COP yang dihasilkan dalam eksperimen ini hampir sama dengan yang dilakukan oleh peneliti lain. Hasil riset ini dapat membantu bagaimana memanfaatkan energi surya untuk sistem pendinginan.

SIMBOL

C_p	Panas spesifik	kJ/kg °C
m	Laju aliran massa	kg/s
Q	Laju perpindahan panas	kW
T	Temperatur	°C
X	Kepekatan larutan	kg/kg larutan

Simbol

<i>a</i>	Absorber
<i>ca</i>	Air pendingin
<i>e</i>	Evaporator
<i>GCI</i>	Kolektor Padat dan Terpadu

REFERENSI

- Arora, C P. 2000. *Refrigeration and Air Conditioning*. McGraw-Hill International Editions. Ch. 12, 427-462.
- Collier, R. K. 1979. The Analysis and Simulation of an Open Cycle Absorption Refrigeration System. *Solar Energy*, vol. **23**. 357-366.
- Duffie, J.A. and Beckman, W.A. 1980. *Solar energy of thermal process*. New York. John Wiley and Son Inc. Ch. 11, 376-407.
- Hammad, M., and Zurigat, Y. 1998. Performance of a Second Generation Solar Unit. *Solar Energy*. 62. No.2, 79-84.