

# EXPERIMENTAL STUDY OF THE ABSORPTION AIR CONDITIONING SYSTEM OF LITHIUM BROMIDE

Oleh :

**Hariadi**

*Jurusan Teknik Mesin*

*Universitas Muhammadiyah Sumatera Barat*

---

## Abstract

*The optimum performance of air conditioning system has been studied. The air conditioning system consists of a generator, a condenser, a evaporator, an absorber, pump and piping. The design and the analysis of the system is touse electrical heater for heating in the generator which has been designed, fabricated, and tested. LiBr-H<sub>2</sub>O in the generator vaporises. The high temperature and pressure vapor is passed to the condenser, and the vapor changes to be liquid, and then passed to the evaporator to provide the cooling. In the absorber, the strong solution absorbs the water vapor leaving the evaporator to form the weak solution which is re-circulated back to the generator. The experimental equipment was tested at the generator temperatur of 60°C, 70°C, and 80°C. The data logger was uded to measure the temperature of absorber, the condenser, and the generator. The high Coefficient of Performance COP of 0.67 is obtained from the LiBr solution the concentration of 40% with the pump flow rate of 0.03 kg/s. The lowest temperature of the evaporator achieved was 19.43°C, which can be used in the internal air conditioning, while the ambient temperature 29°C. The study has shown that a simple equition was obtained ( $Y_1=0.0016 X_1+0.2188$ ) for designed generator, where  $Y_1$  = achieved vapor volume in the generator is divided with generator volume,  $X_1$  is concentration of the LiBr solution and 0.2118 is a constant.*

*Keywords : Air conditioning system, Lithium Bromide, absorber, generator, absorption system*

---

## PENDAHULUAN

Sistem penyejukan mempunyai berbagai kegunaan yang sangat bermanfaat dalam kehidupan manusia, dapat digunakan untuk pembuatan es (David Boyle 1870), untuk mempertahankan kesegaran makanan yang disimpan seperti es krim, buah-buahan atau sayur-sayuran, daging, minuman, dan lain-lain. Tanpa sistem penyejukan, makanan tentunya tidak segar dan mudah busuk.

Dengan demikian, dapatlah dinyatakan bahwa sistem penyejukan merupakan salah satu alat yang digunakan untuk mempertahankan suhu sejuk dan kelembaban yang sesuai untuk penyejuk makanan, penyejukan pada penghasilan produk, dan peyejukan untuk nyaman udara. Sebagai alat penyamanan udara, sistem ini mengeluarkan panas dari ruangan yang akan dinyamankan kemudian dibuang ke atmosfer. Ruangan yang dinyamankan akan selalu diberikan dengan udara bersih dan segar. Keadaan udara yang demikian memberikan kenyamanan kepada penghuni. Fungsi sistem penyamanan udara

sangat penting dalam ruangan yang kecil seperti ruangan kendaraan dan mobil.

Pada saat ini sistim-sistim penyejukan masih menggunakan bahan penyejuk R12, R22 (freon atau CFC). Bahan penyejuk R22 (freon) berbahaya pada lingkungan dan dapat menyebabkan kematian. Bila terjadi kebocoran, freon, bahan penyejuk R22, dari kumpulan CFC dapat memberi kerusakan buruk terhadap lapisan ozon. Menurut para ahli lingkungan bahan penyejuk CFC juga berbahaya. Mereka melihat bahwa CFCs adalah penyebab utama yang menyebabkan menipisnya atau habisnya lapisan ozon di atsmosfir. Penipisan lapisan ozon (ozone layer depletion) dan kesan daripada rumah kaca (greenhouse) kesan sama dengan secara langsung maupun tidak langsung merupakan masalah lingkungan yang utama yang dikaitkan akibat dengan penggunaan CFCs. Pada tahun 1974, Molina dan Rowland memerhatikan sebuah lubang pada lapisan ozon di Antartika, dan pendapat mereka, bahwa itu adalah keadaan yang luar biasa. Tiga tahun kemudian, mereka membuat penelitian dan menyeminarkan kerusakan

lapisan ozon yang dikaitkan dengan pelepasan bahan CFCs itu.

Berdasarkan uraian diatas, dapat dikatakan bahwa bahan-bahan penyejuk seperti R12, R22 (freon) itu sangat berbahaya bagi kehidupan manusia. Dapat menyebabkan kerusakan terhadap lapisan ozon di atmosfer. Oleh karena itu, perlu didisign satu sistem penyamanan udara yang menggunakan bahan penyejuk yang lebih aman dan tidak merusak kesehatan bagi kehidupan manusia. Sebagai pengganti bahan-bahan penyejuk itu, para ahli dalam bidang penyamanan udara telah menemukan bahan penyejuk yang aman bagi kehidupan manusia dan ramah dalam lingkungan. Bahan penyejuk itu adalah air yang digunakan dalam larutan lithium bromida-air (LiBr-H<sub>2</sub>O).

Sistim penyamanan udara serapan Lithium Bromida-Air adalah sistem penyamanan yang telah banyak digunakan tetapi baru dalam disign kecil, sebagai sistem alternatif yang lebih nyaman, aman, dan ramah lingkungan. Walaupun masih memerlukan banyak percobaan dan analisis sebelum dapat digunakan atau dikomersilkan pada kegunaan domestik. Oleh karena itu, percobaan dan penelitian terhadap sistem penyamanan udara serapan itu adalah perlu. Penelitian itu akan meneliti design yang sesuai dengan sistem penyamanan udara serapan (Arora 2001).

Sampai saat ini, kendaraan masih menggunakan sistem pemampatan uap dengan bahan penyejuk CFCs. Sistem penyamanan itu mengguna pemampat yang memerlukan tenaga yang tinggi. Maknanya sistem dapat bekerja dengan pemberian tenaga yang besar yang digerakkan oleh mesin kendaraan. Untuk menggerakkan sistem penyamanan itu, mesin kendaraan bekerja lebih, karena mesin memberikan tenaga sebagai penggerak kendaraan dan penggerak sistem penyamanan udara. Cara kerja mesin kendaraan yang demikian, di samping menghabiskan banyak bahan bakar, juga akan menyebabkan kurangnya tenaga mesin untuk menggerakkan kendaraan. Pengendara tentunya kurang nyaman apabila mesin kurang bertenaga.

Penelitian design sistem ini perlu diuji dalam beberapa bentuk, untuk kesesuaian penggunaan sistem serapan sebagai sistem penyamanan udara pada ruangan kendaraan

dan bagaimana penelitian erhadap sistem serapan itu dapat dipergunakan pada kendaraan. Diharapkan hasil penelitian ini dapat diperoleh data-data untuk design baru yang dapat digunakan sebagai model bagi penyempurnaan sistem penyamanan udara serapan yang masih dalam tahap pengujian.

## TINJAUAN PUSTAKA

Jumlah uap didapat di generator dengan pemanas arus listrik sebesar 3 KW pada temperatur mendekati 100°C secara perhitungan telah dibuat. Hasil perhitungan diambil dari persamaan keseimbangan massa. Untuk menganalisa jumlah massa yang mengalir dalam siklus absorpction (Gambar 1), menggunakan persamaan.

$$\dot{m}_{ws} = \dot{m}_{ss} + \dot{m}_w = m_p \quad (1)$$

dengan  $\dot{m}_{ss}$  sebagai jumlah aliran massa LiBr larutan pekat,  $\dot{m}_{ws}$  jumlah aliran massa larutan cair,  $\dot{m}_w$  jumlah aliran massa uap air dan  $m_p$  jumlah aliran pompa.

Untuk keseimbangan massa LiBr:

$$m_{ws} \cdot X_{ws} = m_{ss} \cdot X_{ss} \quad (2)$$

dengan  $X_{ss}$  adalah kepekatan LiBr larutan pekat dan  $X_{ws}$  adalah kepekatan LiBr larutan cair. Kepekatan merupakan perbandingan dari massa LiBr dalam dengan massa total LiBr dan jumlah air dalam larutan,

$$X = \frac{\text{massa LiBr}}{\text{massa LiBr} + \text{massa H}_2\text{O}} \quad (3)$$

dari persamaan (1) dan (2) didapat :

$$\frac{\dot{m}_{ws}}{\dot{m}_w} = \frac{X_{ss}}{X_{ss} - X_{ws}} \quad (4)$$

dan

$$\frac{\dot{m}_{ss}}{\dot{m}_w} = \frac{X_{ws}}{X_{ss} - X_{ws}} \quad (5)$$

Untuk perhitungan panas serapan, nilai entalpi untuk larutan LiBr diperlukan, dengan menggunakan (gambar.1). untuk menghitung kesetabilan aliran tenaga pada persamaan dengan menganggap keseimbangan komponen dan keseimbangan temperatur.

1. Generator, jumlah perpindahan panas larutan adalah :

$$\dot{Q}_G = \dot{m}_5 h_5 + \dot{m}_1 h_1 - \dot{m}_4 h_4 \quad (6)$$

dimana,

$$\dot{m}_1 = \dot{m}_2 = \dot{m}_{SS}$$

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

$$\dot{m}_5 = \dot{m}_6 = \dot{m}_7 = \dot{m}_8 = \dot{m}_W$$

2. Kondensor, jumlah perpindahan panas dari kondensor adalah :

$$\dot{Q}_C = \dot{m}_W (h_5 - h_6) \quad (7)$$

dimana :

$$h_6 = \text{entalpi pada } T_6$$

$$T_6 = T_C = \text{suhu kondensor}$$

3. Tenaga air pada proses katup:

$$h_6 = h_7 \quad (8)$$

dimana :

$$h_7 = \text{entalpi dari pada } T_7$$

4. Evaporator , jumlah perpindahan panas :

$$\dot{Q}_E = \dot{m}_W (h_8 - h_7) \quad (9)$$

$$= \dot{m}_W (h_8 - h_6)$$

Dimana :

$$h_8 = \text{entalpi dari uap air pada } T_8$$

$$T_8 = T_E = \text{suhu evaporator}$$

6. Absorber, jumlah perpindahan panas :

$$\dot{Q}_A = \dot{m}_2 h_2 + \dot{m}_8 h_8 - \dot{m}_3 h_3 \quad (10)$$

$$= \dot{m}_{SS} h_2 + \dot{m}_W h_8 - \dot{m}_{WS} h_3$$

Dimana :

$$h_3 = \text{entalpi larutan pekat pada } T_3 \text{ dan } x_{WS}$$

$$h_8 = \text{entalpi uap air pada } T_E$$

$$T_3 = T_A = \text{Suhu absorber.}$$

7. Pompa, kerja pompa

$$:\dot{W}_p = \dot{m}_{WS} (h_4 - h_3) \quad (11)$$

Prestasi sistem :

$$\begin{aligned} COP &= \frac{\dot{Q}_E}{\dot{Q}_G} = \frac{\dot{m}_W (h_8 - h_7)}{\dot{m}_W h_5 + \dot{m}_{SS} h_1 - \dot{m}_{WS} h_4} \\ &= \frac{\dot{m}_W c_p (T_8 - T_7)}{\dot{m}_W c_p T_5 + \dot{m}_{SS} c_p T_1 - \dot{m}_{WS} T_4} \end{aligned}$$

Effisiensi sistem

$$\eta = \frac{-\dot{Q}_E \left(1 - \frac{T_o}{T_r}\right)}{\dot{Q}_G \left(1 - \frac{T_o}{T_r}\right) + \dot{Q}_C \left(1 - \frac{T_o}{T_{cf1}}\right) + \dot{Q}_A \left(1 - \frac{T_o}{T_{cf2}}\right)}$$

Dimana :

$$T_r = \text{Rata-rata suhu dari air pendingin} = \frac{T_{CHW,i} + T_{CHW,e}}{2}$$

$$T_H = \text{Suhu pemanas elektrik}$$

$$T_{cf,1} = \text{Rata-rata suhu dari air penyejuk masuk} = \frac{T_{CW1,i} + T_{CW1,e}}{2}$$

$$T_{cf,2} = \text{Rata-rata suhu dari air penyejuk keluar} = \frac{T_{CW2,i} + T_{CW2,e}}{2}$$

$$T_0 = \text{Suhu udara lingkungan}$$

Dalam menganalisa siklus absorption dengan menggunakan hukum pertama dan kedua. Persamaan aliran energi untuk sistem tertutup dan sistem terbuka digunakan analisa hukum pertama, hukum kedua adalah untuk menganalisa kehilangan kerja untuk mendapatkan COP sistem yang unggul.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Percobaan telah dilakukan untuk sistem penyamanan udara absorption di labor . Tujuan percobaan ini adalah untuk menguji design sistem penyamanan udara absorption yang telah dibuat dan analisa hasil yang menggunakan pemans dari pemanas elektrik.

Hasil percobaan telah memperlihatkan bahwa sistem penyejukan dapat menghasilkan prestasi yang baik. Percobaan ini juga bertujuan untuk mendapat nilai prestasi dan persamaan yang dapat digunakan untuk medesign generator dan evaporator sehingga didapat suhu air penyejukan yang rendah untuk

digunakan dalam penyamanan udara. Dalam percobaan ini dilakukan dengan beberapa kecepatan pompa larutan yang masuk ke generator ; 0,03 kg/s, 0,06 kg/s, 0,09 kg/s, dengan suhu awal generator 60°C, 70°C, 80°C dan kepekatan larutan yang berbeda; 30%, 35% dengan 40% larutan LiBr. Dari Tabel di bawah ini jelas menunjukkan bahwa dari kecepatan pompa aliran 0.03 kg/s (jumlah aliran yang rendah) nilai COP yang tinggi didapat. Ini bermakna bahwa jumlah aliran yang rendah di dalam generator yang menggunakan waktu lebih lama, akan menghasilkan uap yang lebih banyak dan sejalan dengan itu COP menjadi lebih tinggi pula.

Tabel 1. COP. aliran pompa 0,03 kg/s

Suhu Generator (°C)	Kepekatan (% LiBr)	COP
60	30	0.631
	35	0.643
	40	0.662
70	30	0.631
	35	0.643
	40	0.662
80	30	0.640
	35	0.649
	40	0.671

Tabel 2. COP, aliran pompa 0,06 kg/s

Suhu Generator (°C)	Kepekatan (% LiBr)	COP
60	30	0.550
	35	0.553
	40	0.578
70	30	0.556
	35	0.563
	40	0.584
80	30	0.564
	35	0.575
	40	0.598

Tabel 3. Data COP, aliran pompa 0,09kg/s

Suhu Generator (°C)	Kepekatan (% LiBr)	COP
60	30	0.550
	35	0.553
	40	0.578
70	30	0.556
	35	0.563
	40	0.584
80	30	0.564
	35	0.575
	40	0.598

Perbandingan antara ketiga percobaan dengan suhu generator dapat dilihat pada tabel dibawah ini.

Tabel 4. Jumlah uap dengan aliran 0.03kg/s

Suhu Generator (°C)	Kepekatan (% LiBr)	$\dot{m}_w$ (kg/s)
60	30	0.002261
	35	0.002313
	40	0.002410
70	30	0.002303
	35	0.002360
	40	0.002443
80	30	0.002354
	35	0.002409
	40	0.002501

Tabel 4. menunjukkan bahwa suhu generator yang tinggi akan menghasilkan jumlah uap yang banyak. Ini bermakna bahwa jumlah aliran pompa yang rendah masuk ke generator bersuhu tinggi maka akan lebih banyak uap yang dihasilkan sehingga dapat menyerap panas dari air penyejuk di dalam sistem penyejukan evaporator.

Begitu juga percobaan terhadap kepekatan menunjukkan bahwa kepekatan juga mempengaruhi nilai COP. Semakin tinggi kepekatan, semakin tinggi pula nilai COP yang didapat (Tabel 1, Tabel 2 dan Tabel 3). Semakin tinggi kepekatan, semakin tinggi pula jumlah uap yang didapat dan sejalan dengan itu jumlah uap akan lebih banyak diperoleh (Tabel 4).

Sebagai perbandingan *Coeffisien of Performance (COP)* hasil percobaan dengan *COP* yang dilakukan oleh peneliti lain ditunjukkan pada Tabel 5, *COP* yang dihasilkan oleh sistem penyejukan yang menggunakan pemanas elektrik adalah 0.67. Nilai *COP* ini tinggi dibandingkan dengan *COP* yang dihasilkan oleh peneliti lain yang menggunakan sistem pemanas matahari.

Tabel 5. Perbandingan *COP* yang peneliti.

Peneliti	<i>COP</i>
Coolier, 1979	0.09 – 0.45
Hammad dan Audi, 1992	0.30 – 0.69
Li dan Sumathy, 2001	0.07

Dari tabel diatas design ini dapat digunakan pada suhu generator yang rendah yaitu 60°C (gas buangan kenalpot) dengan jumlah aliran rendah dan kepekatan larutan yang tinggi, untuk design generator dapat digunakan persamaan :

$$Y_1 = 0.016 X_1 + 0.2118$$

dimana  $X_1$  = kepekatan,  $Y_1$ = uap yang dihasilkan, ini bermakna bila ukuran generator dipesbesar, maka uap yang dihasilkan lebih banyak sejalan dengan jumlah uap yang dapat menyerap pans air penyejuk didalam sistem penyejukan sehingga air sejuk yang bersuhu rendah.

## KESIMPULAN

Percobaan sistem penyejukan absorption menggunakan pemanas elektrik telah dilakukan. Dari hasil percobaan serta analisa, sistem ini dapat digunakan sebagai satu sistem yang sesuai untuk penyamanan udara. Selama percobaan dilaksanakan, dilakukan pengambilan data dan nilai *COP* setiap 10 menit sampai 60 menit.

1. Dari hasil percobaan suhu generator yang rendah (60°C) menghasilkan *COP* yang tinggi yaitu 0,653 dan penurunan suhu air evaporator 8,55°C (29°C-20,45°C) dapat menyerap panas dari air penyejuk didalam sistem penyejukan evaporator (beban penyejukan) sebesar 1,71 kW.
2. Percobaan hubungan kepekatan dengan jumlah uap yang dihasilkan. Kepekatan yang semakin tinggi akan menaikkan jumlah uap yang dihasilkan seperti dalam persamaan yang didapat dari generator. Semakin tinggi kepekatan larutan akan menyebabkan kemampuan garam larutan menyerap lebih banyak air dalam absorber untuk dihasilkan menjadi uap. Dalam percobaan ini kepekatan yang paling sesuai 40% LiBr.
3. Hasil kajian mendapati bahawa kadar aliran yang memberikan nilai penting keatas *COP* adalah kadar aliran pam yang rendah iaitu 0,03 kg/s. Kadar aliran yang rendah didalam penjana akan menggunakan masa yang lebih lama, akan menghasilkan wap yang lebih banyak dan

selari dengan itu *COP* akan menjadi lebih tinggi. Sistem kadar aliran yang automatik perlu direkabentuk untuk mengelakkan masalah "*crystalization*" dalam larutan.

4. Nilai *COP* yang optimum adalah 0,67 hasil dari jumlah aliran 0,03 kg/s pada suhu generator 80°C dengan kepekatan 40% LiBr.

## SARAN

Untuk medapatkan suhu air evaporator yang lebih rendah sistem perlu diberi :

1. Mengurangkan kehilangan panas generator kepada lingkungan, ini dapat dilakukan dengan memberikan isolasi yang baik.
2. Untuk mempercepat proses penguapan bahan pendingin (air) pada generator tekanan rendah diperlukan, agar bahan penyejuk dapat diuapkan keluar dari larutan cair dalam generator lebih banyak pada suhu yang rendah.
3. Pada absorber diperlukan satu buah pompa untuk menyemburkan larutan pekat didalam absorber. Ini diperlukan untuk menjadikan larutan pekat lebih banyak bersentuhan dengan uap air. Perbaikan dalam sistem katup juga membantu.
4. Peralatan yang digunakan dipilih bahan yang tahan karat karena menggunakan larutan Lithium Bromida adalah sejenis garam dan dapat membuat bahan yang dilalui menjadi korosi.

## DAFTAR PUSTAKA

- Alizadeh, S., Baher, F & Geola, F. 1979, Design and optimization of an absorption refrigeration system operated by solar energy, *Solar Energy* **22**: 49-54.
- Anand, D.K,1984. Second Law analysis of solar powered absorption cooling cycles and systems. *Journal Solar Energy Engine* **106**: 291-298.
- Arora, C.P, 2000, *Refrigeration and air conditioning*,Ed.ke-2. New Delhi: Tata McGraw Hill.

Eisa, M.A.R & Holland, F.A, 1986. A study of the operating parameters in a water-lithium bromide absorption cooler. *Energy Research* **10**: 137-144.

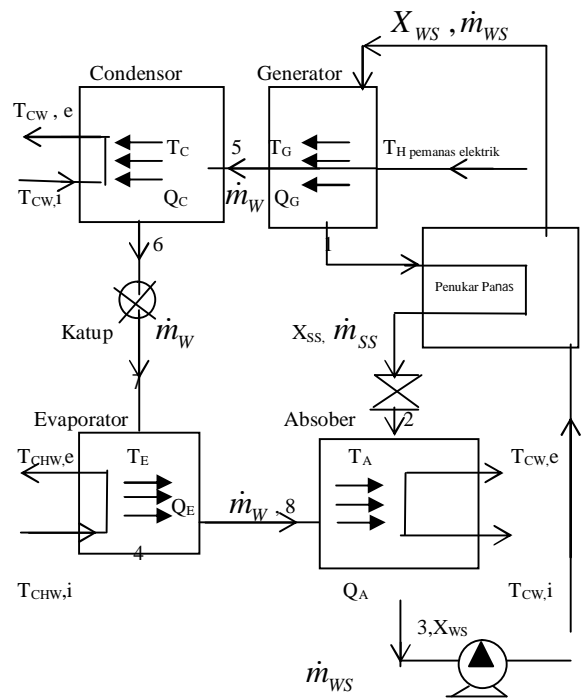
Eisa, M.A.R., Diggory, P & Holland, F.A, 1987, Experimental studies to determine the effect of differences in absorber and condenser temperatures on the performance of a water-lithium bromide cooler. *Energy Convers* **27**: 253-259.

Grossman, G., Bourne, J.R., Ben-Dror, J., Kimchi, Y & Vardi, I. Design improvements in lithium bromide absorption chillers for solar applications, *Journal Solar Energy Engineering* **103**: 56-61.

Hammad, M.A & Audi, M, 1980, Performance of solar LiBr-water absorption refrigeration system. *International Journal Renewable Energy* **2**(3): 275-282.

Hammad, M.A & Abuzahra, B, 1995, Optimization study of solar refrigeration system works by LiBr-H<sub>2</sub>O absorption cycle, *Journal Application Energy* **52**(2): 519-533.

Haywood, R.W. 1974. A critical review of the theorems of thermodynamic availability. *Journal of Mechanical Engine Science* **16**: 160-173.



Gambar 1. Sistem Dasar LiBr



Gambar 2. Design Sistem Percobaan