

Analisa Kinerja Sistem *Absorption Chiller* di Gedung Sanggar Ksatria Liema Bogor

Nurochman B. P¹, AP. Edi Sukamto², Arda Rahardja L³

¹Jurusan Teknik Refrigerasi dan Tata Udara, Politeknik Negeri Bandung
Email : nurochman.budi.tptu416@polban.ac.id

²Jurusan Teknik Refrigerasi dan Tata Udara, Politeknik Negeri Bandung
Email : edisukamto_ap@yahoo.com

³Jurusan Teknik Refrigerasi dan Tata Udara, Politeknik Negeri Bandung
Email : ardar1@yahoo.com

ABSTRAK

Sistem refrigerasi merupakan sistem yang sudah menjadi hal yang penting dibidang komersial atau industri. Salah satu jenis sistem refrigerasi yang digunakan di gedung dapat menggunakan sistem *absorption chiller*, dimana sistem ini memiliki absorber, generator, kondenser dan pompa untuk mensirkulasikan larutan fluida kerja. *Absorption chiller* memiliki COP atau kinerja yang sangat kecil yaitu sekitar 0,7 karena sumber energi utamanya adalah panas. Maka diperlukan analisis performansi pada *absorption chiller* ini agar dapat diketahui apakah mesin masih berfungsi dengan optimal. Pengolahan data yang dilakukan menggunakan data aktual yang dilakukan secara berkala 2 jam sekali selama 4 hari dan data awal yang sudah tercatat, didapat COP data aktual bernilai 0,62 yang mengalami penurunan performansi dibanding data awal dengan nilai 0,70. Maka sistem *absorption chiller* ini harus dilakukan perawatan agar kinerja tetap terjaga.

Kata Kunci

Generator, *absorption chiller*, COP

1. PENDAHULUAN

Sistem refrigerasi absorpsi merupakan salah satu jenis sistem refrigerasi pertama dan tertua dari sistem pengkondisian udara dan refrigerasi yang digunakan. Sistem ini menggunakan energi *thermal* (panas) untuk menghasilkan pendinginan, dengan larutan LiBr sebagai absorbennya dan air sebagai refrigerannya. Sistem absorpsi biasa digunakan di gedung-gedung pusat perbelanjaan, industri, dan sebagainya. Pada gedung yang akan diobservasi ini, *absorption chiller* digunakan untuk mendinginkan ruang *server* yang memiliki *setting temperature* 7 °C . Dengan menggunakan sistem ini harus diketahui performansi sistem (COP) atau kinerja yang dilakukan oleh sistem ini agar tetap terjaga kinerja mesinnya, dengan melakukan perbandingan nilai performansi (COP) dari data pengukuran yang telah dilakukan dengan data awal.

2. LANDASAN TEORI

2.1. Sistem Absorpsi

Pendinginan merupakan proses pengeluaran panas untuk menurunkan serta menjaga temperatur dari suatu benda atau ruangan dibawah temperatur sekelilingnya. Panas diambil dari bahan atau ruangan yang akan didinginkan dan dipindahkan ke suatu zat yang temperaturnya lebih rendah daripada bahan atau ruangan yang akan didinginkan sehingga

terjadi peningkatan temperatur dan perubahan fase dari zat yang digunakan tersebut. Zat yang berfungsi sebagai penyerap panas dalam proses pendinginan ini disebut refrigeran (Dossat, 1961).

Prinsip pendinginan absorpsi telah di kenal sejak awal tahun 1800-an. Misalnya proses pendinginan absorpsi yang dilaporkan oleh John Leslie pada tahun 1810. Tetapi mesin pendingin sistem absorpsi yang pertama direalisasikan dan dipatenkan adalah karya seorang *engineer* Francis, Ferdinand P.E. Carre pada tahun 1860. Mesin sistem absorpsi pertama ini bekerja secara *intermittent* (tidak kontinyu) dengan menggunakan pasangan Amoniak-Air, yang dapat menghasilkan es dalam jumlah kecil. Pada saat itu Carre telah melakukan pengembangan beberapa kali terhadap mesinnya dan hasil terbaik yang pernah dilaporkannya adalah dapat memproduksi es sampai 100 kg/jam (pada mesin generasi ke 5). Pada sistem pendingin absorpsi digunakan absorber dan generator. Uap yang bertekanan rendah diserap di absorber, tekanan ditingkatkan dengan pompa dan pemberian kalor panas di generator. Sistem pendingin absorpsi memerlukan masukan energi panas disebut sebagai siklus yang digerakkan dengan panas (*heat operated*).

Siklus absorpsi adalah termasuk siklus termodinamika yang dapat digunakan untuk menghasilkan efek refrigerasi. Siklus ini

menggunakan panas sebagai sumber energi utama untuk menghasilkan efek pendinginan. Kunci utama siklus ini adalah memanfaatkan kemampuan mengikat-melepas pasangan zat kimia antara refrigeran dan absorben. Ada beberapa pasangan larutan dan refrigeran yang dapat digunakan pada siklus absorpsi. Pasangan yang sering digunakan adalah Amonia dengan Air dan pasangan Litium Bromida dengan Air. Pasangan ini dapat dijumpai di pasaran pada mesin-mesin pendingin siklus absorpsi (Cengel, 1989).

Berdasarkan penelitian Tahaineh dan Frihat (2013) Nilai COP dapat dipengaruhi oleh meningkatnya temperatur generator dan temperatur evaporator yang berbeda, karena jika temperatur generator yang diberikan terlalu rendah maka akan menyebabkan penguapan refrigeran yang akan mengalir ke evaporator itu kurang sehingga temperatur yang dihasilkan juga tidak sesuai.

Menurut Jian Wang (2017) terjadi peningkatan COP ketika temperatur generator meningkat, karena dari sisi temperatur generator yang meningkat menyebabkan larutan pekat lebih menyerap uap panas.

2.2. Komponen Sistem Absorpsi

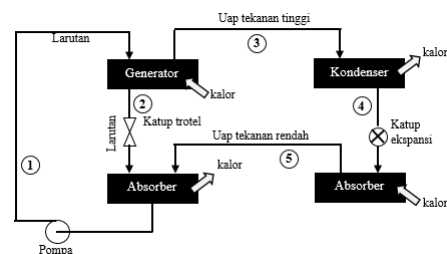
Mesin pendingin absorpsi bekerja secara siklus dimana terdapat beberapa komponen yang saling berhubungan satu sama lain diantaranya sebagai berikut:

1. Generator
Pada siklus absorpsi generator berperan untuk menaikkan tekanan serta memberikan kalor terhadap larutan LiBr-air sehingga uap air terpisah dari absorben. Generator akan menghasilkan uap air bertekanan tinggi yang selanjutnya masuk ke kondensor.
2. Absorber
Absorber merupakan wadah untuk proses pelarutan uap air dengan absorben sekaligus sebagai alat penukar kalor untuk membuang panas yang dihasilkan selama proses absorpsi. Absorber memiliki dua sumber masukan yaitu uap air dari evaporator dan larutan konsentrasi lemah dari generator.
3. Kondensor
Tugas kondensor pada siklus absorpsi sama halnya pada siklus kompresi uap yaitu membuang panas ke lingkungan dengan media pendingin udara yang di alirkan oleh kipas ke sisi pipa kondensor. Pada kondensor terjadi perubahan fasa yaitu dari fasa uap menjadi fasa cair, refrigeran cair dengan tekanan tinggi selanjutnya masuk menuju alat ekspansi.
4. Evaporator
Evaporator bertugas untuk menyerap panas dari air yang akan di dinginkan, proses di evaporator

merupakan kebalikan dari kondensor, pada evaporator terjadi perubahan fasa dari refrigeran dimana akibat proses penyerapan kalor dari air, refrigeran akan berubah dari cair menjadi uap dengan tekanan yang sama. Uap refrigeran ini selanjutnya masuk menuju absorber.

5. Alat ekspansi
Alat ekspansi adalah komponen siklus absorpsi yang berfungsi untuk menurunkan tekanan dari refrigeran setelah keluar dari kondensor sehingga akibat dari penurunan tekanan ini temperatur dari refrigeran juga akan menurun sesuai dengan penurunan tekanan.
6. Katup trotel atau katup cekik
Cara kerja katup cekik ini sama seperti alat ekspansi yang fungsinya untuk menurunkan tekanan agar menjaga perbedaan antara tekanan generator dan absorber.

2.3. Prinsip Kerja Siklus Absorpsi



Gambar 1 Prinsip kerja sistem refrigerasi absorpsi (Stoecker, 1987)

Untuk prinsip kerja siklus ini awalnya diberikan kalor pada generator menggunakan *burner* hingga refrigeran menguap dan terpisah dengan larutan kemudian refrigeran menuju kondenser terjadi perubahan fasa dari uap menjadi cair karena terjadi pelepasan kalor. Refrigeran cair dari kondenser menuju ke evaporator melalui alat ekspansi sehingga tekanan menjadi rendah dan temperatur pun rendah. Di evaporator terjadi penyerapan kalor sehingga refrigeran akan menguap dan menuju absorber. Larutan yang tersisa di generator akan mengalir ke absorber melalui katup cekik lalu bercampur dengan uap refrigeran dan temperatur akan menjadi panas bertekanan tinggi, padahal tekanan di absorber dijaga lebih rendah dari evaporator sehingga dibutuhkan pompa untuk mensirkulasikan larutan dari absorber menuju generator.

2.4. Perhitungan COP

Untuk menentukan nilai kinerja (COP) dari sistem *absorption chiller* ini adalah dengan membagi jumlah kalor yang dapat diserap evaporator (Q_e) lalu dibagi dengan energi input pada generator (Q_g), sehingga persamaannya menjadi:

$$COP_{abs} = \frac{Q_e}{Q_g} = \frac{\text{laju pendinginan}}{\text{input panas pada generator}} \quad (1)$$

Perhitungan terhadap siklus pendinginan absorpsi dapat dilakukan dengan menggunakan gambar 1 sebagai berikut:

1. Keseimbangan laju aliran massa

Di absorber:

$$\dot{m}_1 = \dot{m}_2 + \dot{m}_5 \quad (2)$$

Di generator:

$$\dot{m}_1 = \dot{m}_2 + \dot{m}_3 \quad (3)$$

Di kondensator dan evaporator:

$$\dot{m}_3 = \dot{m}_4 = \dot{m}_5 \quad (4)$$

Laju aliran massa total

$$\dot{m}_1 = \dot{m}_2 = \dot{m}_3 \quad (5)$$

2. Keseimbangan LiBr

$$\dot{m}_1x_1 = \dot{m}_2x_2 \quad (6)$$

3. Keseimbangan energi

$$Q_e = \dot{m}_5h_5 - \dot{m}_4h_4 \quad (7)$$

$$Q_g = \dot{m}_2h_2 + \dot{m}_3h_3 - \dot{m}_1h_1 \quad (8)$$

$$Q_c = \dot{m}_3h_3 - \dot{m}_4h_4 \quad (9)$$

$$Q_a = \dot{m}_2h_2 + \dot{m}_5h_5 - \dot{m}_1h_1 \quad (10)$$

3. METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan pada Gedung Sanggar Ksatria Liema di Bogor dengan menggunakan *absorption chiller* berkapasitas 280 TR dengan LiBr sebagai absorben dan Air refrigeran yang digunakan. Penelitian ini akan dilakukan analisis yang meliputi pengaruh perubahan temperatur generator, absorber, *strong concentration*, *Coefficient of Performance* (COP). Proses pengukuran yang dilakukan menggunakan alat ukur yang sudah dipasang pada *chiller*. Kemudian pengukuran yang terbaca alat ukur akan ditampilkan pada monitor *chiller*, sehingga data dapat ditampilkan secara otomatis dan langsung tercatat dalam lembar kerja dalam bentuk excel.

4. HASIL DAN ANALISA

4.1. Hasil Pengukuran

Pengambilan data pengukuran dilakukan selama 24 jam diambil dari *datasheet* yang sudah otomatis tercatat pada monitor, diambil selama 4 hari selama bulan Januari tahun 2020.

Tabel 1 Pengukuran data aktual

No	Parameter	Tanggal Pengukuran				Unit
		1	2	3	4	
1.	Temp Chilled water inlet	9,2	9,5	9,7	9,6	°C

2.	Temp Chilled water outlet	6,7	7,1	7,2	7,1	°C
3.	Temp Condensation	31,2	31,3	31,6	31,8	°C
4.	Low Temperatur Generator	71,2	71,2	72,1	72,6	°C
5.	High Temperatur Generator	122,4	121,9	123,4	124,3	°C
6.	Generator Pressure	40	40	40	40	mmHg
7.	Strong Concentration	57,9	57,8	58,2	58,3	%
8.	Dilute Concentration	54,3	54,3	54,3	54,3	%
9.	Temperatur Absorber	32,5	33,0	33,0	33,0	°C
10.	Laju Aliran Massa	3,165	3,165	3,165	3,165	kg/s

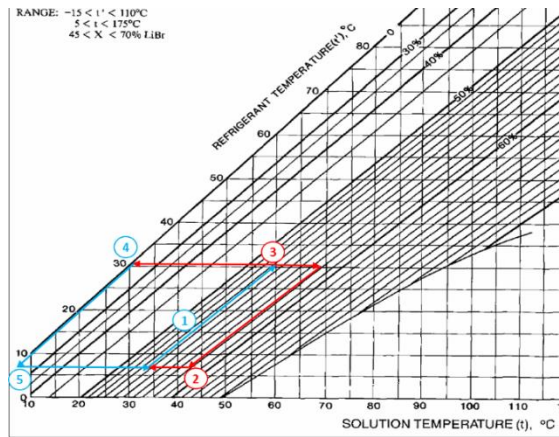
Proses pengukuran ini dilakukan pada saat bulan September 2013 yang sudah di rekap pada excel.

Tabel 2 Pengukuran data awal

No	Parameter	Tanggal				Unit
		1	2	3	4	
1.	Temp Chilled water inlet	9,4	9,7	9,7	9,4	°C
2.	Temp Chilled water outlet	7,1	7,0	6,9	7,0	°C
3.	Temp Condensation	32,2	31,3	31,9	31,8	°C
4.	Low Temperatur Generator	71,5	70,7	70,7	69,4	°C
5.	High Temperatur Generator	122,5	118,0	122,4	118,9	°C
6.	Generator Pressure	43,8	45,0	42,5	42,5	mmHg
7.	Strong Concentration	58,1	57,6	57,4	56,8	%
8.	Dilute Concentration	52,4	52,4	52,4	52,4	%
9.	Temp Absorber	32,0	32,0	31,0	31,0	°C
10.	Laju Aliran Massa	3,23	3,23	3,23	3,23	kg/s

Data dari hasil pengukuran bisa diolah untuk mencari nilai COP atau kinerja mesin dengan beberapa parameter tambahan yang berasal dari hasil laboratorium. Berikut contoh pengolahan data dengan menggunakan data pengukuran pada tanggal 1 Januari 2020. Untuk melakukan pengolahan data

mencari nilai COP, ada beberapa parameter yang harus dicari untuk mengetahui nilai entalpi pada absorber dan generator. Selain itu juga mencari nilai entalpi pada evaporator dengan menggunakan tabel sifat-sifat cairan dan uap jenuh. Berikut contoh plot data pengukuran pada Duhring Diagram dan bisa didapat temperatur absorbernya.



Gambar 2. Duhring Diagram Tanggal 1 Januari

Setelah memasukkan data pengukuran ke Duhring Diagram diketahui temperatur absorber lalu mencari entalpi menggunakan diagram entalpi-konsentrasi LiBr dan dari tabel sifat-sifat cairan dan uap jenuh maka didapat nilai entalpi:

Diketahui:

- h1 = -170 kJ/kg
- h2 = -100 kJ/kg
- h3 = 2628,94 kJ/kg
- h4 = 130,68 kJ/kg
- h5 = 2513,86 kJ/kg

Selain data entalpi, untuk melakukan perhitungan dibutuhkan parameter lainnya yaitu laju aliran massa yang harus dilakukan perhitungan terlebih dahulu dengan menggunakan data kapasitas pompa yang didapat dari *nameplate* dan densitas larutan didapat dari hasil laboratorium. Berikut perhitungan untuk mencari laju aliran massa:

$$\dot{m} = \frac{W_p \frac{l}{m}/60}{\rho \text{ kg/l}} \quad (11)$$

Diketahui:

- Wp = 300 l/m
 - ρ = 1,58 kg/l
- maka,

$$\dot{m}_1 = \frac{300 \frac{l}{m}/60}{1,58 \text{ kg/l}}$$

$$\dot{m}_1 = 3,16 \text{ kg/s}$$

Setelah didapatkan hasil laju aliran massa, kemudian lakukan perhitungan keseimbangan massa yaitu laju aliran yang terbagi saat keluar dari generator.

Berikut perhitungan untuk keseimbangan laju aliran massa:

$$\dot{m}_1 x_1 = \dot{m}_2 x_2$$

maka,

$$(3,16 \text{ kg/s}) (57,9 \%) = \dot{m}_2 (54,3 \%)$$

$$\dot{m}_2 = 2,96 \text{ kg/s}$$

$$\dot{m}_3 = \dot{m}_1 - \dot{m}_2$$

$$= 0,20 \text{ kg/s}$$

Setelah melakukan pengukuran dan perhitungan data sebagai parameter perhitungan COP seperti contoh diatas, maka didapatkan hasil data rata-rata perhari yang telah diolah ditunjukkan pada Tabel IV.3 dan IV.4.

Tabel 3. COP data pengukuran

Parameter	Unit	Tanggal			
		1	2	3	20
\dot{m}_1	kg/s	3,16	3,16	3,16	3,16
\dot{m}_2	kg/s	2,96	2,97	2,95	2,95
\dot{m}_3	kg/s	0,20	0,19	0,21	0,22
h1	kJ/kg	-170	-170	-175	-175
h2	kJ/kg	-100	-100	-100	-100
h3	kJ/kg	2628,94	2628,98	2630,53	2631,28
h4	kJ/kg	130,68	130,99	132,17	133,04
h5	kJ/kg	2513,86	2514,49	2514,75	2514,57
Qg	kW	757,37	743,39	820,99	834,96
Qe	kW	468,24	456,08	509,27	512,09
COP		0,62	0,61	0,62	0,62

Tabel IV.4 Coefficient Of Performance data awal

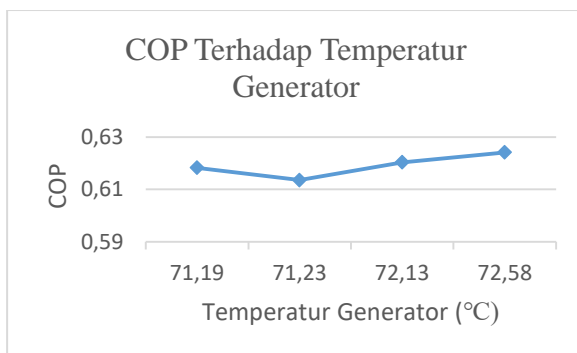
Parameter	Unit	Tanggal			
		1	2	3	4
\dot{m}_1	kg/s	3,23	3,23	3,23	3,23
\dot{m}_2	kg/s	2,91	2,93	2,94	2,94
\dot{m}_3	kg/s	0,32	0,29	0,28	0,25
h1	kJ/kg	-165	-165	-165	-170
h2	kJ/kg	-100	-100	-100	-105
h3	kJ/kg	2629,40	2628,01	2628,08	2625,87
h4	kJ/kg	134,86	131,23	133,39	133,36
h5	kJ/kg	2514,49	2514,39	2514,22	2514,42
Qg	kW	1073,46	1007,60	978,58	896,85
Qe	kW	753,09	697,05	671,03	599,15
COP		0,70	0,69	0,69	0,67

4.2 Analisa

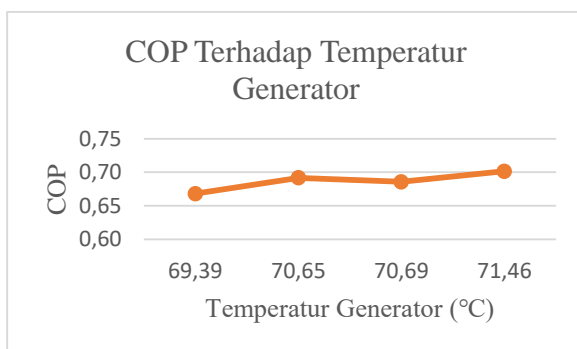
Data yang telah diolah kemudian akan dibuat kedalam grafik untuk dilakukan analisa, analisa yang dilakukan diantaranya data temperatur generator, temperatur absorber, *strong concentration*, dan analisis COP setelah dilakukan perhitungan.

4.2.1 Temperatur Generator

Dapat dilihat pada Gambar 3 dan 4 yang menunjukkan grafik temperatur generator data aktual rata-rata dan data awal rata-rata bahwa kenaikan pada temperatur generator dapat mempengaruhi COP, sesuai dengan teori bahwa jika temperatur generator naik maka COP juga akan naik (Stoecker, 1982). Dapat dilihat untuk COP data awal rata-rata lebih baik karena pada temperatur generator 71,46 °C bisa menghasilkan performansi sistem atau COP sebesar 0,70 dan pada data aktual rata-rata hanya menghasilkan COP sebesar 0,62 pada temperatur generator 72,58 °C. Tetapi masih ada faktor lain yang mempengaruhi perubahan COP selain dari temperatur generator.



Gambar 3. Temperatur Generator Data Aktual Rata-rata

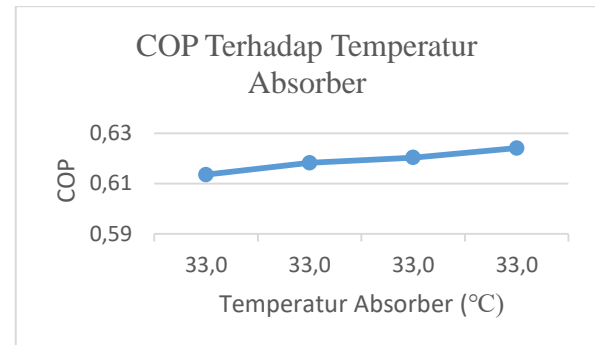


Gambar 4. Temperatur Generator Data Awal Rata-rata

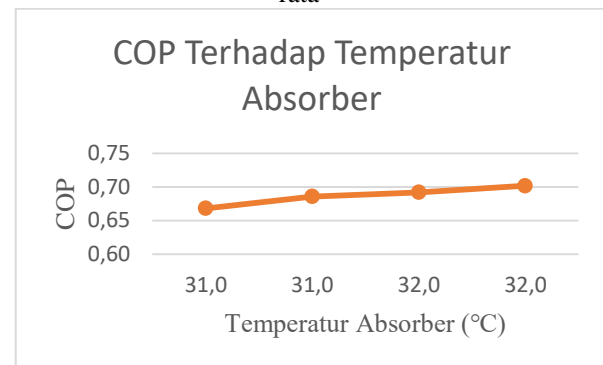
4.2.2 TEMPERATUR ABSORBER

Pada temperatur absorber juga mempengaruhi kenaikan performansi pada sistem karena di absorber terjadi penyerapan uap refrigeran dari evaporator sehingga terjadi peningkatan temperatur pada absorber dan konsentrasi larutan di absorber menurun. Temperatur absorber didapat dari asumsi

plot data pada Duhring Diagram, pada data aktual temperturnya stabil tetapi COP tetap meningkat, pada data awal temperatur absorber meningkat dan COP pun ikut meningkat, dapat dilihat pada gambar 5 dan 6.



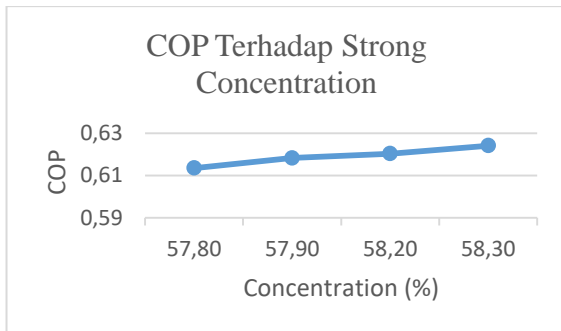
Gambar 5. Temperatur Absorber Data Aktual Rata-rata



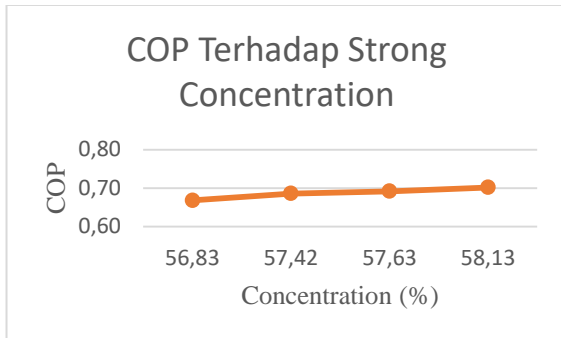
Gambar 6. Temperatur Absorber Data Awal Rata-rata

4.2.3 Strong Concentration

Konsentrasi ini didapat pada saat generator diberikan panas sehingga terjadi peningkatan konsentrasi larutan dari larutan encer menjadi larutan pekat atau bisa disebut *strong concentration* yang mengalir dari generator terbagi ada yang menuju absorber melewati katup trotel dan masuk ke kondenser. Pada data pengukuran konsentrasi larutan pekat ini menunjukkan bahwa semakin meningkat konsentrasinya maka nilai COP juga meningkat, dapat dilihat grafiknya pada Gambar 7 dan 8. Pada data pengukuran aktual rata-rata menunjukkan jika pada konsentrasi 58,30 % hanya menghasilkan nilai COP atau performansi sebesar 0,62 sedangkan pada data pengukuran awal rata-rata memiliki COP sebesar 0,70 pada saat konsentrasi 58,13 %. Meningkatnya konsentrasi ini dihasilkan karena temperatur generator yang meningkat juga. Hal ini menunjukkan bahwa pada aktualnnya sistem ini mengalami penurunan performansi walaupun tidak terlalu jauh perbedaannya tetapi harus tetap dilakukan perawatan agar tetap terjaga kinerja dari sistemnya.



Gambar 7 Strong Concentration Data Aktual Rata-rata



Gambar 8 Strong Concentration Data Awal Rata-rata

5. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil keseluruhan dari tugas akhir ini maka diperoleh simpulan sebagai berikut :

1. Sistem refrigerasi absorpsi ini bekerja pada tekanan dibawah atmosfer atau harus selalu dilakukan pemvakuman.
2. Energi panas yang diberikan mengalami kenaikan pada temperatur generator sebesar 1,55 %.
3. Pada konsentrasi larutan pekat terjadi kenaikan yang tidak terlalu signifikan sebesar 0,3 %.

4. COP sistem absorpsi yang didapat mengalami penurunan sebesar 11,43 %.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis ucapkan terima kasih kepada Politeknik Negeri Bandung – Pusat Penelitian dan Pengabdian Masyarakat.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Al-Tahaine, H., Frihat, M., & Al-Rashdan, M. (2013). Exergy Analysis Of A Single-Effect Water-Lithium Bromide Absorption Chiller Powered By Waste Energy Source For Different Cooling Capacities. *Energy And Power*, 106-108.
- [2] Cengel, Y. A., & Bole, M. A. (1989). *Thermodynamics: An Engineering Approach*.
- [3] Dossat, R. J. (1961). *Principles Of Refrigeration*. Tokyo, Japan.
- [4] Herold, K. E., Radermacher, R., & Klein, S. A. (1996). *Absorption Chiller And Heat Pump*. Florida: CRC Press Inc.
- [5] Martin, L. (2011). Studi Kelayakan Dari Penggunaan Mesin Pengkondisi Udara Jenis Absorption Chiller Pada Gedung Di Negara Beriklim Tropis. *Industrial Research Workshop and National Seminar*, 66-72.
- [6] Stoecker, W. F., Jones, J. W., & Hara, S. (1982). *Refrigerasi Dan Pengkondisian Udara*. Erlangga.
- [7] Tassou, S. A. (2001). *Air Conditionig Part 1*. London.
- [8] Yusuf, Y. (2016). Analisa Performa Sistem Pendinginan Absorpsi Menggunakan Energi Panas Matahari Pada Sebuah Gedung Perkantoran. *Energi Dan Manufaktur Vol. 9 No. 2*, 150-153.