

Analisis Performansi *Centrifugal Water Cooled Chiller* Di Grand Indonesia Mall (*West Mall*)

Al Wahyudi Andriansyah^{1,*}, Apip Badarudin², Arda Rahardja Lukitobudi³

^{1,2,3}Jurusan Teknik Refrigerasi dan Tata Udara Politeknik Negeri Bandung, Bandung 40012
E-mail: ^{1,*}al.wahyudi.tptu20@polban.ac.id; ²apipbdr@polban.ac.id; ³ardarl@yahoo.com

ABSTRAK

Semakin meningkatnya pusat perbelanjaan di kota-kota besar maka akan semakin banyak juga pendingin yang dibutuhkan sesuai dengan kapasitas, seperti mall dan plaza yang memiliki pengunjung dengan jumlah ratusan hingga ribuan dalam satu ruangan. Maka dari itu mall dan plaza menggunakan pendingin *water cooled chiller* yang menyesuaikan dengan beban penghuni yang tinggi, dan jam operasional hingga 12 jam dalam sehari. Karena memiliki waktu *running time* yang panjang sehingga harus diperhatikan dalam performansi unit pendingin *water cooled chiller* seperti melakukan *performance test* secara berkala agar mengetahui bahwa unit bekerja secara maksimal dan mencegah kerusakan komponen yang tidak diinginkan. *Water cooled chiller* yang dianalisis di Grand Indonesia Mall adalah untuk mendinginkan lalu di *supply* ke AHU untuk mengkondisikan udara dan di *supply* langsung ke ruangan-ruangan. Grand Indonesia Mall memiliki 3 buah *chiller* pada gedung *West Mall* masing-masing 2090 TR dan *chiller* A3 dengan kapasitas yang sama digunakan sebagai back up. Tujuan penelitian ini untuk mengetahui performansi *chiller* yang beroperasi di Grand Indonesia Mall (*West Mall*) dengan metode pengambilan data dilakukan selama 3 hari pada tanggal 27, 28, dan 29 Januari 2020, hasil analisa yang dilakukan bahwa *chiller* A1 memiliki performansi COP dengan nilai 7,16 serta efisiensi sebesar 73,5 %, sedangkan *chiller* A2 memiliki performansi COP dengan nilai 7,89 serta efisiensi sebesar 68,8 %. Dari hasil performansi tersebut terlihat bahwa kondisi *chiller* memiliki performansi yang baik.

Kata Kunci

Water Cooled Chiller, AHU, Grand Indonesia Mall, Performansi

1. PENDAHULUAN

Dengan berkembangnya teknologi maka akan semakin maju pula pola pikir manusia untuk terus berkembang menyesuaikan dengan kebutuhan sehari-hari, pada hakikatnya manusia adalah makhluk yang selalu merasa kekurangan maka dari itu akan terus melahirkan penemuan serta solusi dari setiap masalah yang ada. Terutama pada bidang pendingin atau HVAC (*Heating Ventilation and Air Conditioning*) yang berkuat pada kebutuhan manusia dari sektor makanan, minuman, kesehatan, serta pelayanan. Tentunya hal ini dapat kita rasakan sendiri perkembangan dan kemajuannya.

Pada sebuah *mall* dimana suhu udara, kelembaban, dan kebersihan harus dijaga karena untuk mencegah bakteri menyebar luas dan berkembang biak. Hal ini dilakukan karena demi kenyamanan pengunjung didalamnya. Apabila satu aspek di atas tidak terpenuhi maka akan berdampak langsung bagi pengunjung. Contoh apabila suhu udara tidak nyaman maka temperatur di dalam mall akan meningkat seiring bertambahnya jumlah beban penghuni didalamnya dan akan terasa sangat tidak nyaman bila itu terjadi.

Tujuan dari penelitian ini yaitu untuk mengetahui performansi dari *centrifugal water cooled chiller* A1 dan *chiller* A2 serta

menganalisis COP dan efisiensi pada *chiller* A1 dan *chiller* A2.

2. TINJAUAN PUSTAKA

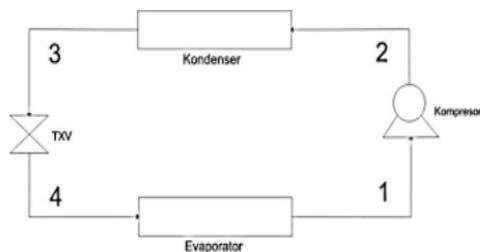
Chiller adalah perangkat yang mendinginkan fluida dengan menghilangkan panas dari fluida tersebut, baik melalui siklus refrigerasi kompresi uap atau absorpsi dengan komponen utama adalah kompresor, kondensor, evaporator (*coil*), dan alat ekspansi [1]. Kondensor pada *chiller* terbagi menjadi 3 jenis yaitu *water cooled condenser*, *air cooled condenser*, dan *evaporative condenser* [2].

Cara kerja dari *water cooled condenser* yaitu kalor dari refrigeran pada kondensor akan melepaskan panasnya ke air, yang mana air tersebut telah melalui proses penurunan temperatur pada *cooling tower*. Refrigeran pada kondensor akan mengalami perubahan fasa menjadi cair dan air hasil pertukaran kalo dengan refrigeran refrigeran mengalami kenaikan temperatur yang kemudian akan diturunkan kembali temperaturnya oleh *cooling tower* [3].

Selanjutnya, *air cooled condenser* yang mana cara kerjanya yaitu refrigeran akan melepaskan kalornya ke lingkungan dan fasa refrigeran saat keluar dari kondensor akan berubah menjadi cair [4].

Evaporative condenser merupakan proses pendinginan udara yang mengalir melintasi permukaan basah dengan menguapkan air dari permukaan basah tersebut sehingga temperatur udara sekitarnya turun menjadi lebih rendah (mendinginkan udara) [5].

Water cooled chiller adalah mesin refrigerasi yang berfungsi untuk mendinginkan air pada sisi evaporatornya [6]. Prinsip dasar dari *water cooled chiller* adalah proses penyerapan panas dan pelepasan panas dengan menggunakan media berupa air yang didinginkan ditabung pendingin [7].



Gambar 1. Siklus Sistem Refrigerasi Kompresi Uap [8]

Gambar 1 menjelaskan perihal siklus sistem refrigerasi yang dimulai dari proses kompresi yaitu dimana kondisi awal refrigeran pada saat masuk kompresor adalah uap jenuh bertekanan rendah, setelah dikompresi refrigeran menjadi uap bertekanan tinggi dan temperaturnya pun menjadi tinggi [9]. Selanjutnya proses kondensasi atau pengembunan dimana refrigeran yang keluar dari kompresor akan dilepaskan kalornya dan dirubah fasanya menjadi cair. Lalu proses ekspansi, yaitu proses penurunan tekanan yang mengakibatkan temperatur refrigeran menjadi rendah. Setelah itu proses evaporasi, proses dimana refrigeran cair yang bertekanan dan bertemperatur rendah akan menyerap kalor pada beban atau ruangan yang dikondisikan, sehingga refrigeran yang keluar dari evaporator adalah refrigeran berfasa uap jenuh bertekanan rendah.

Performansi sistem bertujuan untuk menyatakan hasil kerja sistem selama beroperasi. Performansi sistem refrigerasi dinyatakan oleh COP (*Coefficient of Performance*) dan efisiensi. Tekanan kerja dan temperatur mempengaruhi nilai dari COP. Nilai efisiensi bergantung dengan hasil COP_{actual} dan COP_{carnot} [10].

$$COP_{actual} = \frac{q_e}{q_w} \quad (1)$$

$$COP_{carnot} = \frac{T_e}{T_k - T_e} \quad (2)$$

$$\eta = \frac{COP_{actual}}{COP_{carnot}} \quad (3)$$

Keterangan:

- q_e = Efek refrigerasi (kJ/kg)
- q_w = Kerja kompresi (kJ/kg)
- T_k = Besaran temperatur evaporasi (K)
- T_e = Besaran temperatur evaporasi (K)
- η = Nilai efisiensi sistem refrigerasi (%)

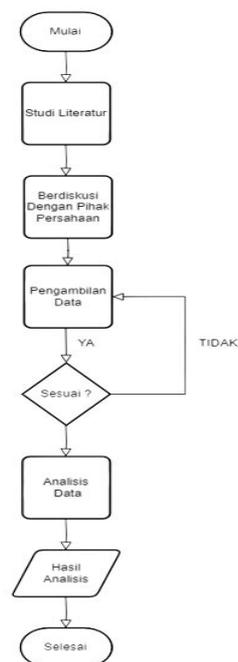
3. METODOLOGI

Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui kinerja atau performansi pada *water cooled chiller* di Grand Indonesia Mall (*West Mall*) serta melakukan analisa perhitungan COP dan efisiensi sistem. Mengetahui bagaimana performansi pada *chiller A1* dan *chiller A2* yang dilakukan selama tiga hari pada tanggal 27, 28, dan 29 Januari 2023. Sebelum melakukan pengolahan data dan menganalisis, perlu dilakukan pengumpulan data.

Proses pengambilan data dilakukan setiap 1 jam sekali dari rentang waktu pukul 09:00-20:00 WIB, data yang diambil berdasarkan tampilan pada *display* unit *chiller* dan dilakukan pada saat unit beroperasi.

Tabel 1. Spesifikasi Chiller A1 dan Chiller A2

INDIKATOR	Chiller A1	Chiller A2
Unit Model	YKVHTDJ45 DGF	YKVHTDJ45 DGF
Serial Number	M50023661	M50023663
Operating Hours	45158	23997
Control Source	Lokal	Lokal
Kapasitas	2090 TR	2090 TR
Refrigeran	R-134a	R-134a
Pengisian	1481 kg	1481 kg
Tegangan	3300 V	3300 V
Phasa	3	3
Frekuensi	50 Hz	50 Hz



Gambar 2. Diagram Alir Penelitian

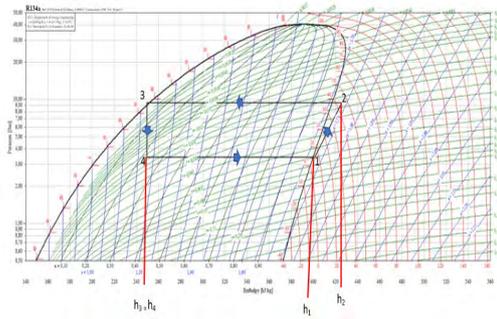
4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan data yang diperoleh pada sistem *water cooled chiller* yang beroperasi di Grand Indonesia Mall, terdapat 2 *chiller* dengan masing-masing diberi huruf A yang menunjukkan *chiller* tersebut berada pada gedung west mall. Pada *chiller* A1 dan *chiller* A2 dengan masing masing memiliki model kompresor *centrifugal* menggunakan refrigeran R-134a dengan kapasitas 2090 TR, data yang diperoleh dianalisa menggunakan nilai rata-rata pada saat sistem dalam keadaan *steady* yang dapat dilihat pada Tabel 1.

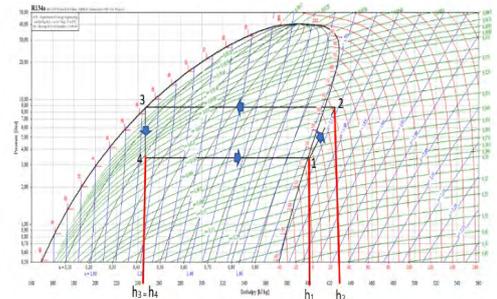
Tabel 2. Data Pengukuran Chiller A1 dan Chiller A2

No	Data	Chiller A1	Chiller A2	Satuan
1	Operating Hours	47258	25600	Hours
2	Capacity	2090	2090	TR
3	Tekanan Suction	2,4	2,4	Bar.g
4	Tekanan Discharge	8,4	7,7	Bar.g
5	Temperatur Suction	5,8	5,6	°C
6	Temperatur Discharge	44,7	43,2	°C
7	Return Chilled Water Temperatur evaporator	9,5	7,9	°C
8	Leaving Chilled Water Temperatur evaporator	5,8	7,2	°C
9	Return Chilled Water Temperatur kondenser	30	28,8	°C
12	Leaving Chilled Water Temperatur Kondenser	35,6	33,8	°C
11	FLA	95,6	78,4	%
12	Input Power	1,197	965	KW

Data yang sudah diperoleh dari hasil pengukuran, dilanjut dengan proses plot ke p-h diagram. Hasil plot p-h diagram dapat dilihat pada Gambar 4 dan Gambar 5.



Gambar 3. P-h Diagram Chiller A1

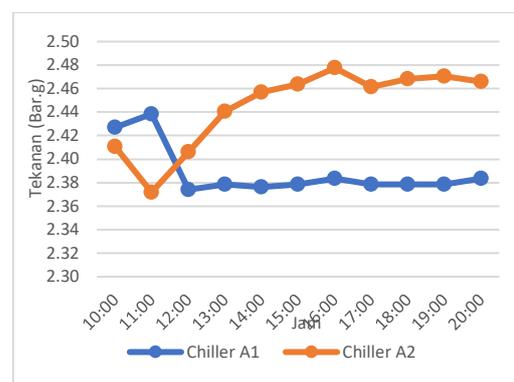


Gambar 4. P-h Diagram Chiller A2

Setelah mendapatkan nilai dari hasil plot diagram p-h, dilanjutkan dengan proses perhitungan untuk mengetahui perbandingan performansi dari *chiller* A1 dan *chiller* A2. Tabel 3 menunjukkan perbandingan hasil perhitungan yang diperoleh dari *chiller* A1 dan *chiller* A2.

Tabel 3. Perbandingan Hasil Perhitungan Chiller A1 dan Chiller A2

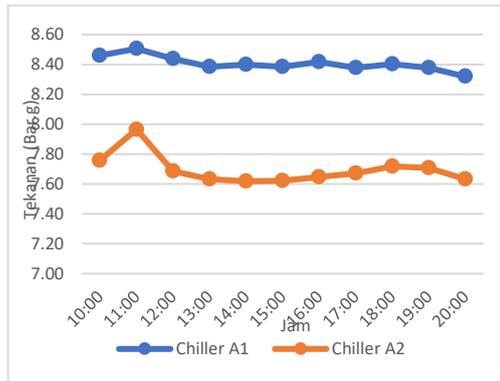
No	Parameter	Chiller A1	Chiller A2
1	COP _{actual}	6,19	6,34
2	COP _{Carnot}	8,42	9,21
3	Efisiensi Sistem	73,5%	68,8%



Gambar 5. Grafik Tekanan Suction Terhadap Waktu

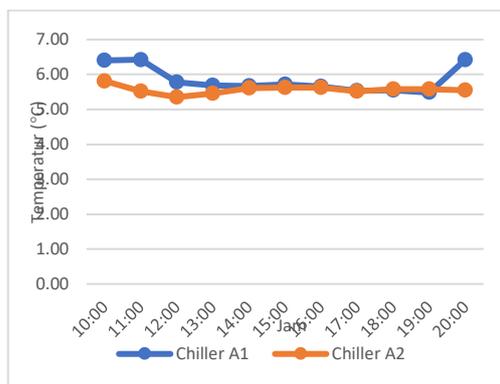
Berdasarkan Gambar 5 terlihat perbandingan tekanan *suction* pada *chiller* A1 dan *chiller* A2. Dapat dilihat bahwa tekanan *suction* pada *chiller* A2 memiliki nilai tekanan yang lebih tinggi dibandingkan dengan *chiller* A1. Tekanan *suction* pada *chiller* A1 relatif konstan

saat *steady* dengan *range* 2,37 – 2,39 bar.g., sedangkan untuk *chiller* A2 relatif konstan saat *steady* dengan *range* 2,45 – 2,47 bar.g.



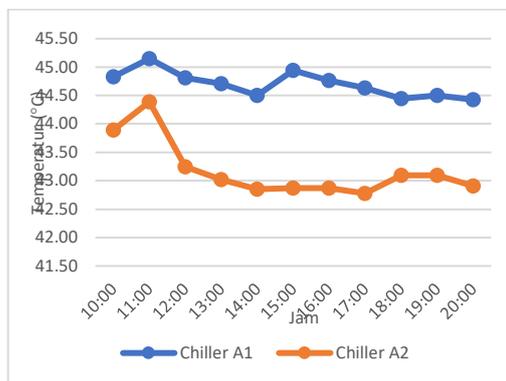
Gambar 6. Grafik Tekanan Discharge Terhadap Waktu

Pada Gambar 6 dapat dilihat bahwa tekanan *discharge* untuk *chiller* A1 memiliki nilai tekanan yang lebih tinggi dibandingkan dengan *chiller* A2. Untuk *chiller* A1 nilai tekanan relatif konstan pada *range* 8,3 – 8,5 bar.g., sedangkan untuk *chiller* A2 relatif konstan pada *range* 7,6 – 7,7 bar.g walaupun ada kenaikan dan penurunan selama 3 jam pertama.



Gambar 7. Grafik Temperatur Suction Terhadap Waktu

Berdasarkan Gambar 7 terlihat perbandingan antara tekanan *suction* pada *chiller* A1 dan *chiller* A2. Temperatur *suction* pada masing-masing *chiller* cenderung konstan dan memiliki nilai temperatur yang hampir sama dengan *range* $\pm 5,5^{\circ}\text{C}$.



Gambar 8. Grafik Temperatur Discharge Terhadap Waktu

Pada Gambar 8 terlihat perbandingan antara temperatur *discharge* pada *chiller* A1 dan *chiller* A2. Untuk *chiller* A1 memiliki nilai temperatur *discharge* yang lebih tinggi dibandingkan dengan *chiller* A2. Pada *chiller* A1 memiliki nilai temperatur yang relatif konstan dengan *range* 44,5 - 45 $^{\circ}\text{C}$, sedangkan pada *chiller* A2 nilai temperaturnya relatif konstan di *range* 42,8 – 43,3 $^{\circ}\text{C}$ walaupun ada kenaikan dan penurunan pada 3 jam pertama.

5. PENUTUP

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan dapat diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

1. Kondisi *Chiller* A1 dapat menghasilkan efisiensi sebesar 73,5% yang beroperasi selama 45.158 jam, sedangkan *Chiller* A2 menghasilkan sebesar 68,8% yang beroperasi selama 23.997 jam. Sehingga dapat diasumsikan bahwa masing-masing *chiller* yang beroperasi di Grand Indonesia Mall (*West Mall*) memiliki performansi yang baik.
2. Berikut perbandingan beberapa nilai perhitungan dan analisa data terhadap performansi sistem:
 - a. COP_{actual} untuk *Chiller* A1 adalah sebesar 6,42 dan COP_{carnot} sebesar 8,42, sedangkan untuk *Chiller* A2 memiliki nilai COP_{actual} sebesar 6,34 dan COP_{carnot} sebesar 9,21.
 - b. Nilai efisiensi yang didapatkan pada *chiller* A1 yaitu sebesar 73,5%, sedangkan untuk nilai efisiensi pada *chiller* A2 yaitu sebesar 68,88%.

Saran dari penulis terkait penelitian ini yaitu melakukan *maintenance* rutin pada unit *chiller* A1 dan A2, seperti melakukan *annual shutdown* dan penggantian *spare part*, menurut petunjuk *manual handbook* York untuk pergantian *spare part* yang dilakukan setiap 5000 *operating hours* seperti *filter dryer*, *filter oil*, *dehydrator*, *strainer* dan penambahan cairan *coolant*. Hal tersebut bertujuan untuk meningkatkan performansi pada *chiller* dan sebagai langkah *preventive* kerusakan pada unit *chiller*.

UCAPAN TERIMA KASIH

Kami mengucapkan terima kasih kepada pihak Politeknik Negeri Bandung yang telah memberikan bantuan berupa dana dan fasilitas.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Dr. Neeraj Chavda, Jayesh S. Arya, Design and Performance Analysis of Water Chiller – A Research, International Journal of Engineering Research and Applications 4(6(4)):19- 25. (June 2014).
- [2] <http://eprints.polsri.ac.id/7671/3/BAB%20II.pdf>
- [3] <https://ojs.unud.ac.id/index.php/jem/article/download/2249/1455/>
- [4] Kusnandar., Sunanto., Tardi, H. IRWNS. (2014).
- [5] <https://journal.ppicurug.ac.id/index.php/jurnal-ilmiah-aviasi/article/download/164/161>
- [6] Abdi Pranata, I. G., Dantes, K. R., & Pasek Nugraha, I. N. Studi Komparasi Perbandingan Air Dan Udara Sebagai Media Pendingin Kondensor Terhadap Pencapaian Suhu Optimal Siklus Primer Pada Prototipe Water Chiller. *Jurnal Pendidikan Teknik Mesin Undiksha*, 7(1), 18. <https://doi.org/10.23887/jjtm.v7i1.18754>. (2019).
- [7] Syafitri, R., Suryatman M, A., & Edi S, A. Prosiding The 11th Industrial Research Workshop and National Seminar Bandung. (2020).
- [8] Apriliano, V., Lukitobudi, A. R., & Kunci, K. Prosiding The 13th Industrial Research Workshop and National Seminar Bandung. (2022).
- [9] Mitrakusuma H, Windy. Panduan Kuliah Dasar Refrigerasi. (2009).
- [10] Dossat, Roy J. Principles of Refrigeration *SI Version*, John Wiley and Sons, Inc. (1981).