

Kaji Performansi *Water Cooled Chiller Centrifugal CVHG 450 TR* di Gedung *Trans Studio Mall* Bandung

Sulthan Rachman Saleh^{1*}, Ade Suryatman Margana², Annisa Syafitri Kurniasetiawati³.

^{1,2,3}Jurusan Teknik Refrigerasi dan Tata Udara, Politeknik Negeri Bandung, Bandung 40559

^{1*}E-mail : sulthan.rachman.tptu421@polban.ac.id

²E-mail : adesmargana@polban.ac.id

³E-mail : annisa.syafitrik@polban.ac.id

ABSTRAK

Trans Studio Mall (TSM) adalah pusat perbelanjaan yang modern dan besar di Bandung dan di dalamnya memerlukan sistem tata udara yang baik untuk memberikan kenyamanan pada pengunjung mal. Salah satu komponen yang penting dari sistem tata udara adalah *chiller*. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui kinerja pada *chiller* yang di gunakan di Trans Studio Mall. *Chiller* yang digunakan di Trans Studio Mall adalah berjenis *water cooled chiller centrifugal* dengan tipe CVHG berkapasitas 450 TR dan berjumlah sebanyak dua *chiller*. *Chiller* tersebut bekerja selama 12 jam dengan pengoperasian menggunakan satu unit saja secara bergantian selama sepekan sekali. Kinerja yang diamati pada *chiller* dibagi menjadi 2, yaitu efisiensi refrigerasi dan efisiensi penggunaan energi. Dalam hal ini, kinerja yang diamati pada *chiller* CVHG 1 lebih tinggi dari *chiller* CVHG 2. Hal ini diketahui dari hasil pengolahan data, yaitu nilai efisiensi refrigerasi pada *chiller* CVHG 1 sebesar 57,33% dan lebih tinggi dari *chiller* CVHG 2 yang hanya sebesar 56,57%. Efisiensi penggunaan energi pada *chiller* CVHG 2 lebih boros yaitu sebesar 0,96 kW/TR dibandingkan *chiller* CVHG 1 yang sebesar 0,58 kW/TR. Hal ini berdampak pada konsumsi daya pada *chiller* CVHG 2 yang lebih tinggi dari *chiller* CVHG 1.

Kata kunci

Efisiensi, Konsumsi Daya, Kinerja, Trans Studio Mall Bandung, *Water Cooled Chiller* CVHG.

Trans Studio Mall (TSM) is a large and modern shopping center in Bandung that requires an effective air conditioning system to ensure visitor comfort. One critical component of this system is the chiller. This study aims to evaluate the performance of the chillers used at TSM. The mall uses two units of water-cooled centrifugal chillers, type CVHG, each with a capacity of 450 TR. These chillers operate for 12 hours daily, alternating weekly with only one unit in use at a time. The performance of the chillers is assessed based on refrigeration efficiency and energy usage efficiency. The results show that Chiller CVHG 1 performs better than Chiller CVHG 2. The refrigeration efficiency of Chiller CVHG 1 is 57.33%, slightly higher than Chiller CVHG 2 at 56.57%. In terms of energy consumption, Chiller CVHG 2 is less efficient, using 0.96 kW/TR compared to 0.58 kW/TR for Chiller CVHG 1. This indicates that Chiller CVHG 2 consumes more power than Chiller CVHG 1.

Keywords

Efficiency, Energy Consumption, Performance, Trans Studio Mall Bandung, Water Cooled Chiller CVHG.

1. PENDAHULUAN

Mal adalah pusat belanja yang modern serta bisa memenuhi semua kegiatan aktivitas berbelanja, hiburan dan rekreasi (1). Kegiatan tersebut tentunya menjadi beban pendinginan di mal. Beban pendinginan yang ada di dalam mal dapat ditangani oleh sistem tata udara yang baik sebagai sirkulasi bagian udara dalam mal. Dengan adanya sirkulasi udara, pertukaran udara segar dapat terjadi untuk upaya menjaga kualitas udara (2).

Dalam upaya menjaga kualitas udara, tentunya mal memerlukan sistem tata udara yang baik. Sistem tata udara adalah suatu sistem yang mengkondisikan udara pada suatu ruangan tertutup guna pengendalian temperatur, kelembaban relatif, sirkulasi udara, dan kualitas udara (3). Sistem tata udara yang lengkap biasanya terdiri dari AHU (*Air Handling Unit*), *ducting*, *diffuser*, *chiller*, dan *cooling tower* (4).

Komponen paling penting dalam sistem tata udara adalah *chiller*. Jenis *chiller* yang biasa digunakan pada mal dengan kapasitas besar adalah *water-cooled chiller*. Beberapa mal besar seperti pada *Grand Indonesia Mall* bahkan menggunakan tipe *water-cooled chiller centrifugal* dengan kapasitas yang besar (5).

Salah satu mal yang menjadi objek penelitian dalam studi ini adalah Trans Studio Mall (TSM) Bandung. Penelitian berfokus ke komponen paling penting dalam sistem tata udara yaitu *chiller*. *Chiller* adalah mesin yang menghilangkan panas dari cairan melalui siklus refrigerasi (6). *Chiller* yang digunakan di Trans Studio Mall terdapat dua jenis *chiller* yang digunakan yaitu *chiller screw* dan *chiller centrifugal*. Fokus pada penelitian ini yaitu pada *chiller centrifugal*.

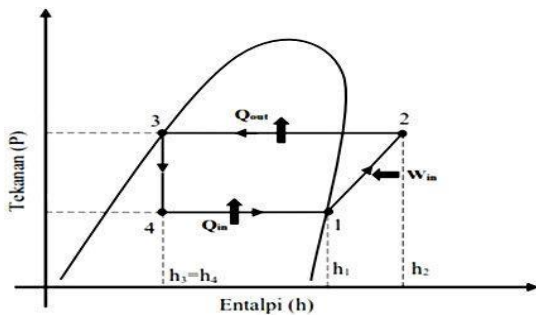
Pada penelitian kali ini berfokus untuk mengkaji performansi dari *chiller centrifugal* yang ada di Trans Studio Mall yaitu *chiller centrifugal* bermerk TRANE dengan kapasitas 450 TR. Tujuan dari penelitian ini adalah mengetahui nilai

efisiensi baik dari efisiensi refrigerasi dan efisiensi penggunaan energi per satuan ton refrigerasi.

2. TINJAUAN PUSTAKA

Chiller adalah suatu mesin pendingin yang berfungsi untuk mendinginkan fluida pada sisi evaporatornya (7). Fluida pendingin yang biasa digunakan pada *chiller* adalah air dan biasa dikenal dengan sebutan *water cooled chiller* (8) (9). *Water cooled chiller* adalah salah satu tipe AC sentral dengan pendinginan refrigeran menggunakan air dan pendinginan air melalui menara pendingin (10). *Water cooled chiller* yang digunakan bertipe *centrifugal* dan tentunya menggunakan sistem refrigerasi kompresi uap.

Pada sistem *water cooled chiller centrifugal*, proses kompresi uap memanfaatkan aliran fluida refrigeran sebagai media perpindahan kalor. Proses perpindahan kalor dapat terjadi dengan cara fluida mengalami proses kompresi, kondensasi, ekspansi, dan evaporasi pada siklus kompresi uap (11). Berikut adalah diagram siklus refrigerasi kompresi uap.



Gambar 1. Diagram Siklus Refrigerasi kompresi uap pada diagram p-h (12)

Pada Gambar 1 yaitu menjelaskan tentang diagram p-h yang dimana refrigeran pada langkah 1 menuju 2 adalah kerja kompresi. Dilanjutkan dengan langkah 2 ke 3 yaitu proses kondensasi dimana disana refrigeran melepas kalor ke lingkungan. Setelah kalor dilepas akan dilanjutkan dengan langkah 3 menuju 4 yaitu proses ekspansi dimana refrigeran diturunkan tekanannya. Selanjutnya setelah terjadinya penurunan tekanan, maka refrigeran mengalami proses evaporasi pada langkah 4 menuju 1 dan siklus tersebut akan terus berulang.

Diagram p-h dibutuhkan untuk mengetahui kapasitas pada sistem di sisi refrigerannya. Kapasitas pada sisi refrigeran dapat ditentukan dengan menggunakan COP (*Coefficient of Performance*). Secara singkat, COP (*Coefficient of Performance*) dapat diartikan sebagai perbandingan antara energi panas atau dingin yang disuplai dengan kerja (energi listrik yang dibutuhkan) (13). Dalam sistem refrigerasi terdapat dua jenis COP yaitu COP aktual dan COP carnot (14). Setelah didapatkannya dua parameter tersebut maka efisiensi refrigerasi dari sistem dapat dihitung. Berikut persamaan untuk menentukan kapasitas pada sisi refrigeran.

$$COP_{aktual} = \frac{w}{q_e} \quad (1)$$

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

$$\eta_{Ref} = \frac{COP_{aktual}}{COP_{carnot}} \quad (3)$$

Keterangan:

COP_{aktual} = COP aktual / sebenarnya yang dimiliki oleh sistem

w = Kerja kompresi (kJ/kg)

q_e = Efek refrigerasi (kJ/kg)

COP_{carnot} = COP maksimum yang dapat dicapai pada temperatur kerja yang sama dengan sistem refrigerasi sebenarnya

T_e = Temperatur evaporasi (°C)

T_c = Temperatur kondensasi (°C)

η_{Ref} = Efisiensi refrigerasi (%)

Kapasitas sistem lainnya pada *water cooled chiller centrifugal* adalah kapasitas penggunaan energi per satuan ton refrigerasi. Kapasitas tersebut adalah perbandingan konsumsi daya pada sistem dengan kapasitas pendinginan yang diberikan (15).

$$W = \sqrt{3} \times V \times I \times \cos \theta \quad (4)$$

$$\eta_{kW/TR} = \frac{W (kW)}{Q_E (kW)} = \frac{W (kW)}{Q_E \times 3,516 (TR)} \quad (5)$$

Keterangan:

W = Daya (kW)

V = Tegangan / voltase (V)

I = Arus (A)

$\cos \theta$ = Faktor daya

$\eta_{kW/TR}$ = Efisiensi Penggunaan Energi per Ton Refrigeran (kW/TR)

Q_E = Kapasitas pendinginan pada evaporator (TR)

3. METODOLOGI

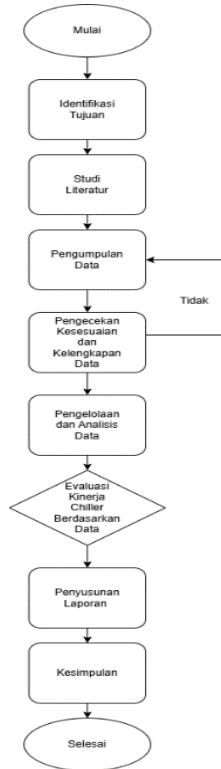
Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui performansi pada *water cooled chiller centrifugal* yang ada di Trans Studio Mall Bandung dengan cara mengitung nilai efisiensi refrigerasi dan efisiensi penggunaan energi per satuan ton refrigerasi. Proses pengambilan data dilakukan secara langsung dan bergantian untuk *chiller* CVHG 1 pada pekan pertama dan *chiller* CVHG 2 pada pekan kedua dalam rentang waktu yang sama. Proses pengambilan data tersebut dilakukan mulai tanggal 28 Januari 2025 hingga 10 Februari 2025.

Spesifikasi untuk tiap *chiller* CVHG dapat dilihat pada Tabel 1.

Spesifikasi	Chiller 1	Chiller 2
Merk	TRANE	TRANE
Model Number	CVHG 480	CVHG 480
Serial Number	L11G02823	L11G02824
Kapasitas	450 TR	450 TR

Konsumsi Daya Refrigeran	240 kW R123	240 kW R123
--------------------------	----------------	----------------

Berikut adalah metodologi yang digunakan dalam penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Diagram Alir Penelitian

Proses pengambilan data dilakukan setiap 30 menit sekali dari rentang waktu pukul 09.30 WIB sampai 21.00 WIB. Parameter pengukuran saat pengambilan data dapat ditunjukkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Parameter Pengukuran

No	Parameter yang diukur			Satuan
1	Temperatur Evaporator	Air	Masuk	°C
2	Temperatur Evaporator	Air	Keluar	°C
3	Temperatur Kondenser	Air	Masuk	°C
4	Temperatur Kondenser	Air	Keluar	°C
5	Temperatur Refrigeran	Evaporasi	pada	°C
6	Temperatur Refrigeran	Kondensasi	pada	°C
7	Tekanan Refrigeran	Evaporasi		Bar Abs
8	Tekanan Refrigeran	Kondensasi		Bar Abs
9	Temperatur Refrigeran	Approach	pada	°C
10	Temperatur Kondenser	Approach	pada	°C
11	Rata-rata Arus Motor RLA			%
12	Rata-rata Tegangan Motor			A
13	Konsumsi Daya			V

No	Parameter	Chiller CVHG 1	Chiller CVHG 2	Satuan
14	Faktor Daya Laju Aliran Volumetrik Aktual pada Evaporator			kW -
15	Laju Aliran Volumetrik Aktual pada Evaporator	1080	1070	GPM
16	Faktor Daya Laju Aliran Volumetrik Aktual pada Kondenser			kW -
17	Laju Aliran Volumetrik Aktual pada Kondenser	1250	1230	GPM

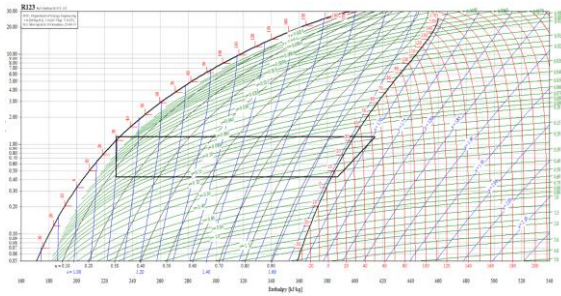
4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan data yang diperoleh dari sistem *Water Cooled Chiller CVHG* berkapasitas 450 TR yang beroperasi di Trans Studio Mall, terdapat 2 *Chiller CVHG* yang melayani beban pendinginan mal bagian selatan. Kedua *Chiller* tersebut bekerja secara bergantian tiap pekan. Data yang dapat diperoleh kemudian diolah ke diagram P-H untuk menentukan nilai COP dan efisiensi. Berikut merupakan data yang didapat dapat dilihat pada Tabel 3.

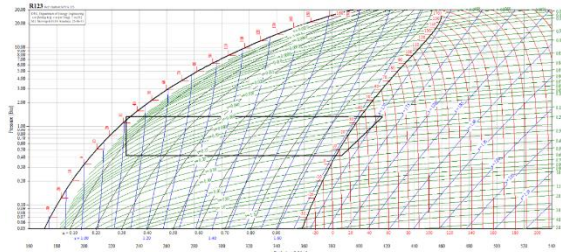
Tabel 3. Parameter Data Pengukuran pada Chiller CVHG 1 dan 2

No	Parameter Pengukuran	Chiller CVHG 1	Chiller CVHG 2	Satuan
1	Temperatur Air Masuk Evaporator	11,5	11,0	°C
2	Temperatur Air Keluar Evaporator	7,5	7,5	°C
3	Temperatur Air Masuk Kondenser	26,0	29,5	°C
4	Temperatur Air Keluar Kondenser	30,4	32,9	°C
5	Temperatur Evaporasi Refrigeran	6,3	6,0	°C
6	Temperatur Kondensasi Refrigeran	33,1	35,4	°C
7	Tekanan Evaporasi Refrigeran	0,429	0,422	Bar Abs
8	Tekanan Kondensasi Refrigeran	1,211	1,313	Bar Abs
9	Temperatur Refrigeran Approach pada Evaporator	1,2	1,4	°C
10	Temperatur Refrigeran Approach pada Kondenser	2,7	2,6	%
11	Rata-rata Arus Motor RLA	81,4	88,6	A
12	Rata-rata Tegangan Motor	370,7	403,3	V
13	Rata-rata Konsumsi Daya	390,0	388,7	kW -
14	Faktor Daya Laju Aliran Volumetrik Aktual pada Evaporator	201,5	225,3	GPM
15	Laju Aliran Volumetrik Aktual pada Evaporator	0,76	0,80	GPM
16	Faktor Daya Laju Aliran Volumetrik Aktual pada Kondenser	1080	1070	GPM
17	Laju Aliran Volumetrik Aktual pada Kondenser	1250	1230	GPM

Setelah mendapatkan parameter pengukuran maka dapat diolah menjadi data untuk efisiensi refrigerasi dan efisiensi penggunaan energi per satuan ton refrigerasi.



Gambar 3. Diagram p-h pada Chiller CVHG 1



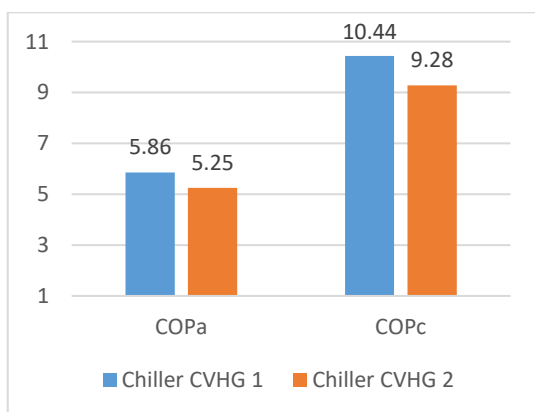
Gambar 4. Diagram p-h pada Chiller CVHG 2

Pada Gambar 3 dan Gambar 4. Di diagram p-h dapat dilihat untuk chiller CVHG 1 dan 2 didapatkan nilai-nilai untuk menghitung parameter COP baik COP aktual maupun COP carnot. Kedua COP tersebut kemudian dibutuhkan untuk efisiensi refrigerasi baik dari chiller CVHG 1 dan 2.

Pembahasan dari baik dari COP, efisiensi refrigerasi, dan efisiensi satuan energi per satuan ton refrigerasi dibahas pada sub bab berikut.

4.1. COP_{aktual} dan COP_{carnot} Pada Chiller CVHG 1 dan 2

Nilai COP ialah parameter yang digunakan untuk menunjukkan kinerja pada mesin refrigerasi terutama di dalam sistem *water cooled chiller centrifugal*. COP pada sistem refrigerasi pada umumnya dibedakan menjadi 2 yaitu COP_{aktual} dan COP_{carnot} . Berikut pada Gambar 5 adalah grafik perbandingan antara COP_{aktual} dan COP_{carnot} pada chiller CVHG 1 dan 2.



Gambar 5. Grafik Perbandingan COP_{aktual} dan COP_{carnot} Pada Chiller CVHG 1 dan 2

Berdasarkan Gambar 5 terlihat bahwa COP_{aktual} dan COP_{carnot} pada chiller CVHG 1 lebih tinggi dibandingkan dengan nilai tersebut pada chiller CVHG 2. Pada chiller CVHG 1 nilai COP_{aktual} sebesar 5,86 dan COP_{carnot} sebesar 10,44. Sementara pada chiller CVHG 2 nilai COP_{aktual} sebesar 5,25 dan COP_{carnot} sebesar 9,28.

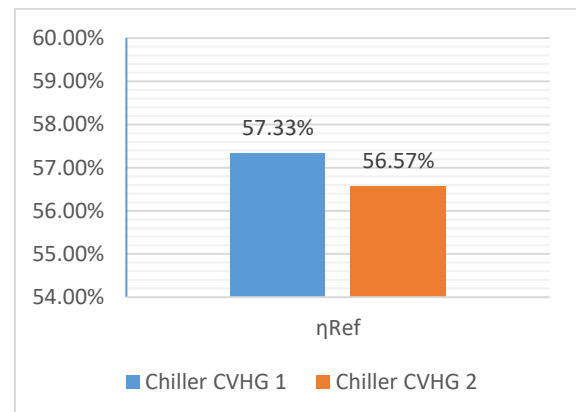
Terlihat jelas juga pada perbandingan nilai COP_{aktual} pada chiller CVHG 1 dan 2 dengan standar nilai menurut ASHRAE Standard 90.1-2013 pada beban paraisal pada Tabel 4.

Tabel 4 Perbandingan Nilai COP_{aktual} pada Chiller CVHG 1 dan 2 dengan Nilai Standar dari ASHRAE

	Chiller CVHG 1	Chiller CVHG 2	Nilai Standar ASHRAE
Nilai COP_{aktual}	5,86	5,25	6,40

4.2 Efisiensi Sistem Refrigerasi pada Chiller CVHG 1 dan 2

Efisiensi pada sistem refrigerasi ialah perbandingan antara COP aktual pada sistem dengan COP carnot. Semakin tinggi nilai COP carnot dan semakin rendah nilai COP aktual maka efisiensi akan semakin rendah. Begitupun sebaliknya, apabila nilai COP carnot rendah dan nilai COP aktual tinggi, maka efisiensi semakin tinggi. Berikut pada Gambar 6 dapat dilihat perbandingan efisiensi refrigerasi pada chiller CVHG 1 dan 2.

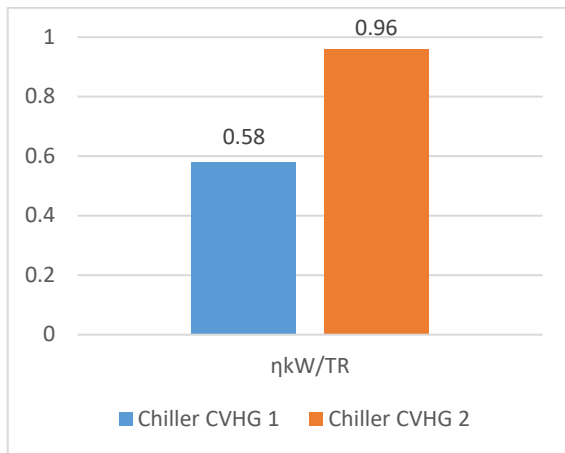


Gambar 6. Grafik Perbandingan Efisiensi Refrigerasi Pada Chiller CVHG 1 dan 2

Pada gambar 6, nilai efisiensi refrigerasi pada chiller CVHG 1 lebih tinggi dari nilai efisiensi pada chiller CVHG 2. Terlihat nilai efisiensi refrigerasi pada chiller CVHG 1 sebesar 57,33% dan nilai pada chiller CVHG 2 sebesar 56,57%. Kinerja pada chiller CVHG 1 lebih tinggi sehingga dapat dikatakan lebih efisien dalam kerja sistem refrigerasinya dibandingkan dengan kinerja sistem refrigerasi pada chiller CVHG 2.

4.2. Efisiensi Penggunaan Energi Per Ton Refrigerasi

Efisiensi penggunaan energi per satuan ton refrigerasi adalah kemampuan suatu alat pendingin dalam studi ini adalah *water cooled chiller* dalam menggunakan daya listrik untuk mendinginkan beban per satuan TR atau ton refrigerasi. Berikut pada Gambar 7 adalah grafik perbandingan efisiensi penggunaan energi per ton refrigerasi.



Gambar 7. Grafik Perbandingan Efisiensi Penggunaan Energi Per Ton Refrigerasi Pada *Chiller* CVHG 1 dan 2

5. KESIMPULAN

Dari hasil penelitian di dapat perbandingan performansi dari *chiller* CVHG 1 dan 2:

1. Performansi pada *chiller* CVHG 1 lebih tinggi dan efisien dibandingkan dengan *chiller* CVHG 2. Hal ini dikarenakan nilai COP_{aktual} dan COP_{carnot} pada *chiller* CVHG 1 yang lebih tinggi dibandingkan *chiller* CVHG 2. Hal ini didukung dengan hasil efisiensi refrigerasi pada *chiller* CVHG 1 lebih tinggi sebesar 57,33% dibandingkan dengan nilai efisiensi *chiller* CVHG 2 yaitu sebesar 56,57%. Penyebab dari efisiensi refrigerasi yang berbeda pada *chiller* CVHG 1 dan 2 dikarenakan pada saat pengoperasian di waktu lalu dititikberatkan pada *chiller* CVHG 2 sehingga efisiensi *chiller* tersebut menurun.
2. Konsumsi daya pada *chiller* CVHG 1 sebesar 190,30 kW lebih rendah dibandingkan konsumsi daya pada *chiller* CVHG 2 yaitu 217,21 kW. Hal ini berdampak pada nilai efisiensi penggunaan energi per ton refrigerasi sehingga nilai efisiensi penggunaan energi pada *chiller* CVHG 1 sebesar 0,58 kW/TR lebih rendah dibandingkan dengan efisiensi penggunaan energi pada *chiller* CVHG 2 sebesar 0,96 kW/TR. Perbedaan konsumsi daya pada *chiller* CVHG 2 yang lebih tinggi dari *chiller* CVHG 1 membuatnya lebih boros dalam penggunaan energi. Hal ini didukung dengan nilai efisiensi penggunaan energi pada *chiller* CVHG 2 lebih tinggi dibandingkan dengan *chiller* CVHG 1. Perbedaan ini dapat terjadi dikarenakan *chiller* CVHG 2 dioperasikan lebih lama dan tidak berganti operasi dengan *chiller* CVHG 1 pada waktu lalu sehingga menimbulkan perbedaan dari segi konsumsi daya dan efisiensi penggunaan energi.

Saran yang dapat diberikan pada penelitian ini adalah untuk lebih memerhatikan perawatan pada setiap komponen pada *chiller* dan sistem tata udara khususnya untuk *chiller* CVHG 2 dikarenakan performansi pada *chiller* CVHG 2 baik dari

sisi refrigerasi lebih rendah dan penggunaan energi lebih tinggi dari *chiller* CVHG 1. Hal ini dapat berdampak pada kinerja *chiller* yang lebih berat dan konsumsi daya listrik yang lebih tinggi.

UCAPAN TERIMA KASIH

Kami mengucapkan terima kasih kepada pihak Politeknik Negeri Bandung atas bantuan dana dan fasilitas yang telah diberikan sangat berarti bagi kelancaran dan keberhasilan penelitian kami.

DAFTAR PUSTAKA

1. Wawointana DR, Muhaling J, Sarajar KE, Pattymahu DR. Perancangan Marahai Mall sebagai pusat belanja modern. J Cahaya Mandalika. 2024.
2. Zhang D, Ding E, Bluysen PM. Guidance to assess ventilation performance of a classroom based on CO₂ monitoring. Indoor Built Environ. 2022;31(4).
3. Gunawan H, Adiriwanto D. Kajian sistem tata udara pada proses tableting di industri farmasi. J Ilm Tek Mesin. 2022;8(2).
4. Nasrullah, Hamdy A, Mustamin MT. Model manajemen hemat energi: sistem tata udara pada kamar hunian hotel. J Linears. 2024;7.
5. Andriansyah AW, Lukitobudi AR, Badarudin A. Analisis performansi centrifugal water cooled chiller di Grand Indonesia Mall (West Mall). Politeknik Negeri Bandung. 2023;449.
6. Fatoni A, Setiawan A. Analisis efisiensi energi pada penggunaan chiller satu kompresor dan dua kompresor. J Tek Mesin Sinergi. 2024;22(2).
7. Ramdan. Uji prestasi refrigeran R22 pada mesin pendingin. UNJ. 2018.
8. Santoso SB, Mohammad E. Analysis of heat flow in the condenser and evaporator in water chiller cooling systems using temperature variation with the LMTD method. J Tek Mesin Elemen. 2023;10.
9. Ulwani MH, Fahrudin, Wahyuni F. Optimalization of water cooled chiller through real-time data analysis. Int J Mar Eng Innov Res. 2024;9.
10. Rindika A, Saputra I. Analisis performansi tipe water cooled chiller centrifugal kapasitas 2000 TR pada gedung Central Park Mall Jakarta Barat. Politeknik Negeri Balikpapan. 2020.
11. Cengel YA, Boles MA. Thermodynamics: An Engineering Approach. New York: McGraw-Hill; 2006.
12. Mirmanto. Siklus kompresi uap mesin pendingin. [Online]. Available: https://www.researchgate.net/figure/Gambar-4-Siklus-kompresi-uap-mesin-pendingin-Sedangkan-laju-aliran-massa-air-yang_fig1_368905883. [Diakses: 5 Juni 2025].
13. Sutarsa IW, Putra AKW, Widiantara IWW. Pengaruh modifikasi AC chiller yang menggunakan heat recovery terhadap perbandingan coefficient of performance (COP). Indones J Lab. 2020;2:16.
14. Halimatussopiah Z, Umam HI. Analisa performa dan efisiensi mesin refrigerasi pada chiller R134a kapasitas 500 TR. Teknika J Ilm Bid Rekayasa. 2025;19.
15. Laksana KA, Aulia NF, Hendrawati D. Evaluasi kinerja air-cooled water chiller dengan kapasitas 594 kW. Eks J Tek Energi. 2021;17.