

Uji Performansi Sistem Mini *Air Cooled Water Chiller* Dengan Pengaruh Variasi Debit Aliran Air

Dayan Renaldi¹, Apip Badarudin², Arda Rahardja Lukitobudi³

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

E-mail : ¹dayan.renaldi.tptu420@polban.ac.id;

E-mail : ²apipbdr@polban.ac.id;

E-mail : ³ardarl@yahoo.com

ABSTRAK

Pada penelitian ini sistem mini *air cooled water chiller* dimodifikasi dari AC *split* dengan menghubungkan koil pipa evaporator untuk mendinginkan air dalam *thermal storage*. Sistem mini *air cooled water chiller* mendinginkan fluida jenis air yang nantinya didistribusikan ke FCU (*Fan Coil Unit*). Debit aliran air ke FCU berubah-ubah sesuai beban pendinginan. Penelitian ini dilakukan pengujian variasi debit aliran air pada sistem mini *air cooled water chiller* yang menggunakan refrigeran R-22. Penelitian ini bertujuan mengetahui performansi sistem mini *air cooled water chiller* dengan pengaruh variasi debit aliran air. Pengujian dilakukan dengan debit aliran air yang divariasikan mulai dari 100 l/h, 150 l/h, dan 200 l/h dengan pengambilan data pada tiap titik pengukuran dengan selang waktu tiap 5 menit dan ketika sistem *cut-off cut-in* selama 180 menit. Hasil dari penelitian diperoleh bahwa debit aliran air berpengaruh terhadap performansi sistem. Nilai efisiensi tertinggi pada variasi ketiga sebesar 78,40% dengan debit aliran air 200 l/h. Kemudian variasi kedua sebesar 76,07% dengan debit aliran air 150 l/h. Terakhir variasi pertama sebesar 72,75% dengan debit aliran air 100 l/h. Konsumsi energi tertinggi didapat pada debit aliran air 100 l/h sebesar 0,400 kWh dan konsumsi energi terendah didapatkan pada debit aliran air 200 l/h sebesar 0,341 kWh.

Kata Kunci

Mini *Air Cooled Water Chiller*, FCU, Performansi, R-22

ABSTRACT

On the research of mini air cooled water chiller system is modified from split ac by connecting the evaporator pipe coil to cool the water in the thermal storage tank. The mini air cooled water chiller system cools the water type fluid which is later distributed to the FCU (Fan Coil Unit). The water flow discharge to the FCU changes according to the cooling load. In this research, a variation of discharge flow is tested on a mini air cooled water chiller system that uses R-22 refrigerant. This research aims to determine the performance of the mini air cooled water chiller system with the influence of variations in water flow discharge. The test was carried out by varying the water flow discharge which was varied at 100 l/h, 150 l/h, and 200 l/h by taking data at each measurement point with an interval of every 5 minutes and when the system cut-off cut-in for 180 minutes. The results of the study obtained that the water flow discharge affects the performance of the system. The highest efficiency value in the third variation is 78.40% with a water flow rate of 200 l/h. Then the second variation amounted to 76.07% with a water flow rate of 150 l/h. Finally, the first variation amounted to 72.75% with a water flow rate of 100 l/h. The highest energy consumption is obtained at a water flow rate of 100 l/h of 0.400 kWh and the lowest energy consumption is obtained at a water flow rate of 200 l/h of 0.341 kWh.

Keywords

Mini *Air Cooled Water Chiller*, FCU, Performance, R-22

1. PENDAHULUAN

Dalam dunia refrigerasi dan tata udara teknologi akan terus mengalami perkembangan sesuai dengan jaman. Teknologi sistem refrigerasi yang

terus mengalami perkembangan salah satunya adalah *chiller*. *Chiller* adalah mesin refrigerasi yang berfungsi untuk mendinginkan air pada sisi evaporatornya (1). Terdapat dua jenis water chiller yang digunakan pada sistem HVAC yaitu mekanikal dan absorpsi, yang umumnya digunakan merupakan sistem chiller mekanikal (2). Sistem mini *air cooled water chiller* dapat digunakan untuk memahami cara kerja sistem *chiller* dengan kapasitas yang lebih kecil. Sistem mini *air cooled water chiller* ini dapat dibuat dengan memodifikasi dari *indoor* dan *outdoor ac split* (3).

Di Indonesia Penggunaan chiller sudah tidak asing lagi terutama pada industri-industri tanah air yang bergerak dalam berbagai bidang. Chiller dikategorikan sebagai mesin Pendingin untuk pengkondisian udara sekala besar seperti fasilitas industri (pabrik kimia, pabrik makanan dan minuman, stasiun Pembangkit listrik), dan fasilitas umum (hotel, aula, dll) (4).

Pengujian performansi pada sistem *water chiller* dengan perubahan debit aliran air dan beban pendinginan menunjukkan bahwa pada debit aliran air yang divariasikan, semakin besar debit aliran maka akan semakin besar nilai kapasitas evaporatornya. Variasi pada aliran air juga akan berpengaruh pada semakin kecilnya kerja kompresor. Pada beban pendinginan didapatkan hasil nilai COP yang semakin kecil seiring dengan meningkatnya beban pendinginan, salah satu penyebabnya adalah semakin besar beban pendinginan maka kerja kompresor yang digunakan semakin besar (5).

Uji performansi pada sistem mini *chiller* dengan variasi debit distribusi air menunjukkan bahwa efisiensi sistem akan semakin besar bila debit aliran air semakin besar dan semakin besar debit aliran maka akan semakin besar pula nilai efek refrigerasinya (6).

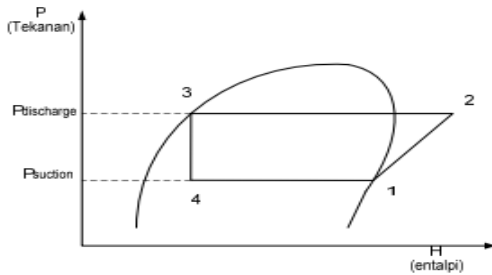
Efisiensi energi pada sistem refrigerasi pada bangunan gedung ataupun yang digunakan untuk mendinginkan mesin produksi pada dunia industri memang membutuhkan efisiensi energi. Pengoprasian pengkondisian udara yang benar (sesuai dengan spesifikasinya), perawatan yang teratur, perhitungan yang benar pada cooling load dapat menentukan spesifikasi pengkondisian udara yang akan digunakan sehingga merupakan salah satu cara untuk melakukan efisiensi energi (7).

Sehubungan dengan hal diatas, maka penulis akan melakukan pengujian performansi sistem mini *air cooled water chiller* berkapasitas pendinginan sebesar 3/4 PK dengan memvariasikan debit aliran air yang disirkulasikan ke FCU untuk mencari debit aliran yang sesuai. Variasi debit aliran air yang diujikan yaitu pada debit 100 l/h, 150 l/h, dan 200 l/h. Hasil pengujian ini terkait performansi sistem mini *air cooled water chiller*, yakni menghitung *Coefficient of Performance (COP)*, efisiensi sistem, serta konsumsi energi.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Siklus Sistem Refrigerasi Kompresi Uap

Dapat dilihat pada Gambar 1 merupakan siklus refrigerasi kompresi uap sederhana yang digunakan pada sistem mini *air cooled water chiller*. Sistem refrigerasi merupakan sistem yang dipergunakan untuk mengatur temperatur di bawah temperatur lingkungan. Sistem refrigerasi yang umumnya digunakan yaitu sistem refrigerasi kompresi uap. Sistem ini mempunyai empat komponen utama yaitu kompresor, kondenser, alat ekspansi dan evaporator (8). Siklus ini dimulai pada kompresor yang menghisap refrigeran masuk ke kompresor dengan fasa uap jenuh dan bertemperatur rendah serta bertekanan rendah (*suction*). Setelah itu refrigeran yang masuk ke kompresor akan dikompresi sehingga tekanannya menjadi naik dan temperaturnya juga meningkat (*discharge*) (9). Kemudian refrigeran dialirkan ke kondenser, kenaikan tekanan kondenser dibuat sehingga temperatur jenuhnya lebih tinggi dari temperatur lingkungannya (media pendinginnya) dan akibatnya refrigeran akan melepaskan kalor ke lingkungan dan refrigeran berkondensasi (fasanya berubah menjadi cair) (10). Kemudian refrigeran dialirkan ke alat ekspansi dan proses ini terjadi secara isoentalpi, hal ini berarti tidak terjadi penambahan entalpi selama proses ini berlangsung. Pada alat ekspansi ini refrigeran cair akan mengalami penurunan tekanan dan temperatur. Kemudian refrigeran masuk ke evaporator, pada evaporator ini refrigeran berfasa campuran (uap-air) bertekanan rendah masuk ke evaporator dan terjadi proses penyerapan kalor dikarenakan adanya perbedaan temperatur antara refrigeran dengan ruangan yang akan didinginkan. Lalu refrigeran mengalir kembali ke dalam kompresor dan siklus ini terus berlangsung selama kompresor masih bekerja.



Gambar 1. Siklus refrigerasi kompresi uap

2.2 Refrigeran Primer

Tabel 1 merupakan *physical properties* refrigeran R22. Refrigeran adalah zat atau bahan sistem refrigerasi yang bertindak sebagai media penyerap dan pembuang kalor dalam sistem. refrigeran dapat mengalami perubahan fasa dari cair menjadi uap ataupun sebaliknya. Pada sistem *mini air cooled water chiller* ini refrigeran yang digunakan yaitu refrigeran R22. *Physical properties* refrigeran R22 dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. *Physical properties* refrigeran R22 (11)

Properties	Unit	R22
Chemical Name		Difluorochloromethane
Chemical Formula		CHClF ₂
Molecular Weight	g/mol	86,48
Boiling Point at 101,325 kPa, °C	°C	-40,76
Ozone Depletion Potential (ODP)		0,055
Global Warming Potential (GWP)		1700
Critical Pressure	kPa	4974
Critical Temperature	°C	96

2.3 Refrigeran Sekunder

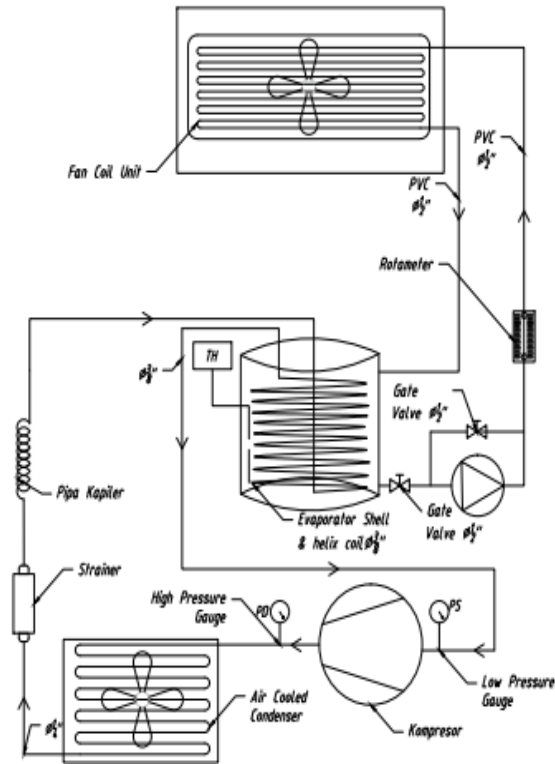
Tabel 2 merupakan tabel sifat air atau refrigeran sekunder. Refrigeran Sekunder merupakan fluida yang digunakan sebagai media pertukaran kalor dalam sistem refrigerasi kompresi uap tidak langsung. Secara umum refrigeran sekunder berupa air biasa, air garam, *ethylene glycol*, *propylene glycol* dan lain-lain. Refrigeran sekunder yang digunakan pada sistem *mini air cooled water chiller* ini yaitu menggunakan air sebagai refrigeran sekunder, air yang akan dikondisikan yaitu pada temperatur 7°C sampai 10°C. Tabel sifat air dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Sifat air (12)

Temperatur (°C)	Massa jenis (kg/m ³)	Kalor spesifik (kJ/kg.K)
0	999,8	4,217
5	999,9	4,205
10	999,7	4,194
15	999,1	4,186
20	998,0	4,182

2.4 Cara Kerja Sistem Mini Air Cooled Water Chiller

Dapat dilihat pada Gambar 2 merupakan diagram pemipaan sistem *mini air cooled water chiller*. Cara kerja sistem *mini air cooled water chiller* ini menggunakan sistem refrigerasi kompresi uap. Untuk pendinginan ruangan dilakukan oleh refrigeran sekunder yaitu air sebagai penukar kalor di ruangan. Kompresor akan menghisap refrigeran bertekanan dan bertemperatur rendah di evaporator lalu dikompresikan agar refrigeran yang melewati pipa *discharge* dapat mengalami kenaikan tekanan begitupun dengan temperaturnya. Selanjutnya refrigeran akan mengalir ke kondenser dan di kondenser refrigeran akan mengalami pertukaran kalor dengan udara lingkungan yang dibantu pembuangan panasnya oleh kipas sehingga refrigeran akan mengembun dan berubah fasa dari uap menjadi cair. Lalu menuju alat ekspansi, alat ekspansi yang digunakan adalah pipa kapiler pada saat refrigeran mengalir di pipa kapiler tekanannya akan turun begitupun temperaturnya dikarenakan adanya pengecilan luas penampang. Refrigeran tersebut akan mengalir ke evaporator yang menggunakan jenis *shell and helix coil*. Pipa dibuat melingkar lalu direndam dalam wadah yang berisi air sehingga kalor refrigeran akan menyerap kalor air dan mengakibatkan perubahan wujud dari cair menjadi uap dan temperatur air akan turun. Selanjutnya air yang telah didinginkan akan ditampung oleh *thermal storage* dan akan disirkulasikan oleh pompa menuju FCU untuk mendistribusikan udara dingin melalui hembusan udara oleh *blower indoor*. Air akan kembali menuju *thermal storage* untuk kembali didinginkan.



Gambar 2. Diagram pemipaan sistem mini *air cooled water chiller*

3. METODOLOGI

Prosedur pengujian dan pengambilan data yang dilakukan yaitu pada saat sistem beroperasi. Adapun langkah-langkah yang dilakukan sebagai berikut:

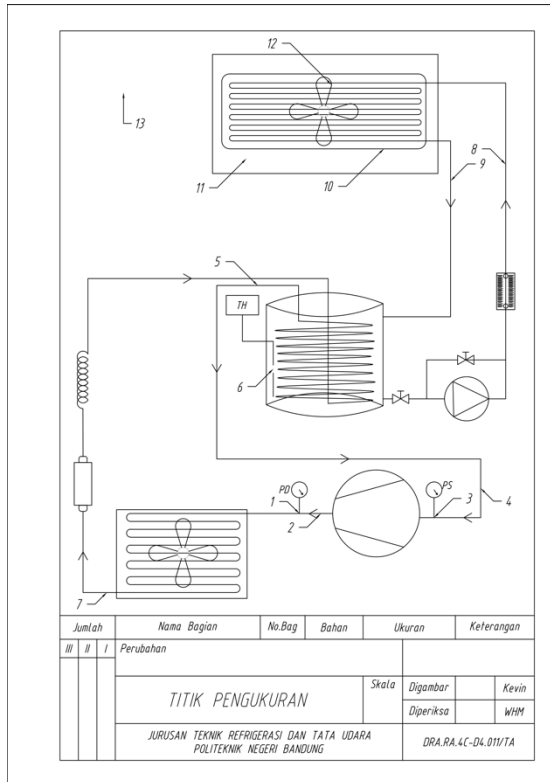
1. Persiapkan alat ukur yang akan digunakan untuk pengujian sistem.
2. Periksa masing-masing komponen dan pemipaan yang terpasang pada sistem yang akan diuji.
3. Apabila tidak ada kendala pada masing-masing komponen dan pemipaan yang terpasang dan sistem sudah siap dioperasikan, lalu pasang alat ukur sesuai dengan titik yang akan diukur.
4. Catat data awal sistem terlebih dahulu pada saat sistem belum beroperasi.
5. Kemudian nyalakan sistem dengan memasang kabel sistem pada *power supply*.
6. Naikkan saklar MCB hingga posisi *on*.
7. Putar *switch* pompa hingga *on*, pompa akan mensirkulasikan air menuju FCU lalu kembali ke *thermal storage*.

8. Nyalakan *outdoor* unit dengan memutar *switch* kompresor hingga *on* dan ketika *outdoor* unit beroperasi maka *stopwatch* dijalankan.
9. Atur bukaan *gate valve* yang berada dijalur *bypass*. Jika *gate valve bypass* ditutup penuh maka debit air yang mengalir ke FCU sebesar 200 l/h dan atur bukaan *gate valve bypass* hingga mendapatkan nilai debit yang akan diuji.
10. Lakukan pengambilan data dengan memvariasikan debit aliran air mulai dari variasi pertama dengan debit aliran air 100 l/h, variasi kedua dengan debit aliran air 150 l/h, dan variasi ketiga dengan debit aliran air 200 l/h. Lakukan pengambilan data pada tiap titik pengukuran dengan selang waktu tiap 5 menit sekali dan ketika kompresor mati (*cut off*) hingga kompresor nyala kembali (*cut in*) selama 180 menit.
11. Matikan *switch* pompa dan *switch* kompresor, lalu matikan FCU pada saat proses pengambilan data telah usai.
12. Kemudian turunkan saklar MCB hingga posisi *off*.
13. Cabut kabel sistem yang terpasang pada *power supply*.
14. Selesai.

3.1 Titik Pengukuran

Dapat dilihat pada Gambar 3 merupakan titik pengukuran yang diukur dalam penelitian ini. Pada penelitian ini dilakukan eksperimen dengan pengambilan data dan menempatkan alat ukur pada beberapa titik pengukuran. Berikut merupakan parameter yang dilakukan pengukuran:

1. Tekanan *discharge*
2. Temperatur *discharge*
3. Tekanan *suction*
4. Temperatur *suction*
5. Temperatur *out* evaporator
6. Temperatur produk (air)
7. Temperatur *out* kondenser
8. Temperatur *in* FCU
9. Temperatur *out* FCU
10. Temperatur udara *supply*
11. Temperatur udara kabin
12. Temperatur udara *return*



Gambar 3. Titik pengukuran

3.2 Performansi

Hasil dari pengujian ini yaitu pada performansi sebagai unjuk kerja sistem dari sisi refrigerasi. Performansi sistem refrigerasi dinyatakan oleh COP (*Coefficient of Performance*) dan efisiensi sistem. Tekanan kerja dan temperatur merupakan parameter yang dapat mempengaruhi nilai dari COP. Nilai efisiensi ini tergantung dari hasil COP_{aktual} dan COP_{carnot}. Untuk memperoleh nilai performansi, maka dilakukan proses *plotting* menggunakan diagram P-h pada *software Coolpack*.

Coefficient of Performance (COP)

Koefisien kinerja dari siklus refrigerasi yaitu ekspresi dari efisiensi suatu siklus, biasanya dinyatakan sebagai rasio kalor yang diserap dalam suatu ruang atau media yang didinginkan dengan energi kalor yang setara dengan energi yang disuplai ke kompresor (9). Besarnya nilai COP dapat diperoleh menggunakan persamaan (1).

$$COP_{aktual} = \frac{Q_e}{W} \quad (1)$$

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

Keterangan:

Q_e = Kalor yang diserap oleh evaporator (kJ/kg)

W = Kerja kompresi yang dilakukan (kJ/kg)

T_e = Temperatur Evaporasi (K)

T_c = Temperatur Kondensasi (K)

Efisiensi Sistem

Efisiensi sistem untuk menunjukkan kinerja efisiensi yaitu perbandingan antara COP_{aktual} dengan COP_{carnot} pada temperatur kerja yang sama (13). Besarnya nilai COP dapat diperoleh menggunakan persamaan (3).

$$\eta = \frac{COP_{aktual}}{COP_{carnot}} \times 100\% \quad (3)$$

Daya Input

Daya input merupakan konsumsi daya listrik yang dibutuhkan dalam pengoperasian mesin (14). Konsumsi daya dinyatakan dengan satuan Watt yang dapat dihitung menggunakan persamaan (4).

$$P = V \times I \times \cos \theta \quad (4)$$

Keterangan:

P = Daya listrik (Watt)

V = Tegangan (Volt)

I = Arus (Ampere)

Cos θ = Faktor daya

untuk menentukan konsumsi energi yang terpakai menggunakan persamaan (5).

$$\text{Energi} = \text{Daya} \times \text{Waktu} \quad (5)$$

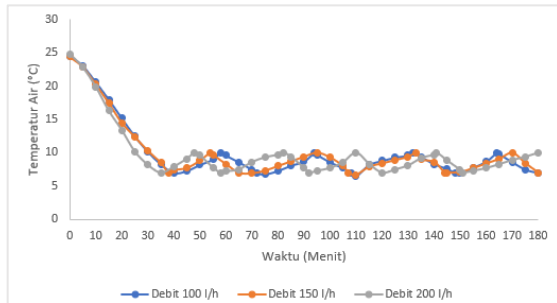
4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Bagian ini membahas hasil dari pengujian mengenai pengaruh variasi debit aliran air terhadap performansi sistem mini *air cooled water chiller*.

4.1 Temperatur Produk (Air)

Gambar 4 menunjukkan grafik temperatur air terhadap waktu. Pada saat sistem dinyalakan temperatur air pada *thermal storage tank* terus mengalami penurunan selama proses pendinginan terjadi, terlihat bahwa debit aliran air 200 l/h mengalami penurunan temperatur yang lebih cepat untuk mencapai temperatur air 7°C hingga mengalami *cut-off* pada menit ke-35, menit ke-38 untuk debit aliran air 150 l/h dan menit ke-40 debit

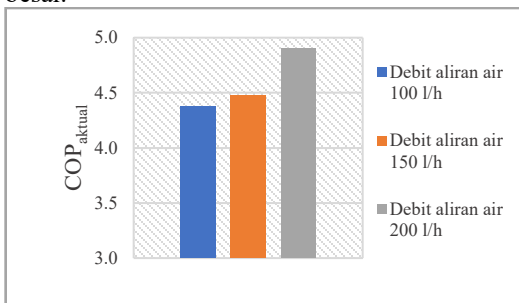
aliran air 100 l/h. Pada grafik terlihat periode *cut-off* yang lumayan lama pada tiap variasinya hal tersebut terjadi karena FCU mengalami *cut-off* dan pompa berhenti mendistribusikan air pada FCU sehingga tidak ada pertukaran kalor air di FCU hal inilah yang menyebabkan periode *cut-off* terjadi lumayan lama.



Gambar 4. Grafik temperatur produk terhadap waktu

4.2 COP_{aktual}

Gambar 5 menunjukkan perbandingan nilai COP pada tiga variasi pengujian. COP_{aktual} dari masing-masing variasi debit aliran air dianalisis dengan grafik. Pada Gambar 5. terlihat perbandingan COP_{aktual} tiap variasi debit alirannya. Nilai COP_{aktual} tertinggi didapatkan pada variasi ketiga debit aliran air 200 l/h yaitu sebesar 4,9 dan nilai COP_{aktual} terendah pada variasi pertama debit aliran air 100 l/h sebesar 4,38. Nilai COP_{aktual} sangat dipengaruhi oleh nilai efek refrigerasi (q_e) dan nilai kerja kompresi (w). Jika nilai efek refrigerasi kecil dan nilai kerja kompresi lebih besar maka nilai COP_{aktual} hasilnya akan kecil. Begitupun sebaliknya apabila nilai efek refrigerasi besar dan nilai kerja kompresi lebih kecil maka nilai COP_{aktual} yang dihasilkan besar.

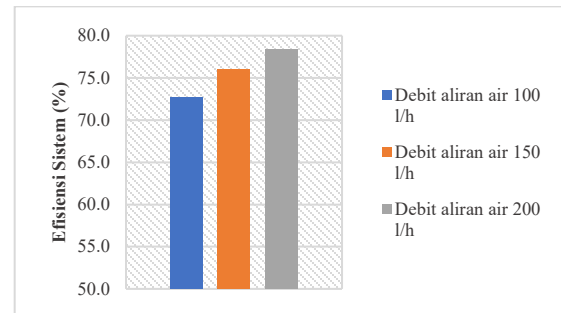


Gambar 5. Grafik COP_{aktual}

4.3 Efisiensi Sistem

Gambar 6 menunjukkan perbandingan efisiensi sistem pada tiga variasi pengujian. Pada grafik

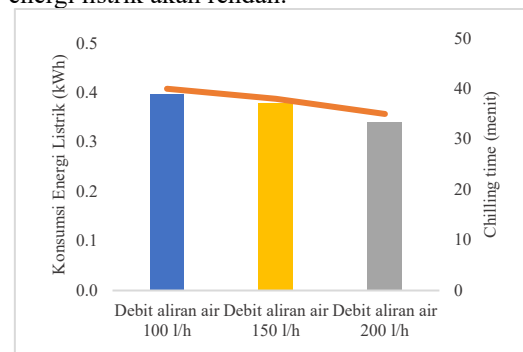
dibawah terlihat perbandingan efisiensi sistem tiap variasi debit alirannya. Nilai efisiensi sistem terbesar didapatkan pada variasi ketiga debit aliran air 200 l/h dengan nilai sebesar 78,40% dan nilai efisiensi sistem terendah pada variasi pertama dengan debit aliran air 100 l/h sebesar 72,75%. Nilai efisiensi sistem bergantung pada nilai COP_{aktual} dan COP_{carnot}. Apabila selisih nilai COP_{aktual} dan COP_{carnot} semakin kecil maka nilai efisiensi sistem semakin besar. Begitupun sebaliknya apabila selisih nilai COP_{aktual} dan COP_{carnot} semakin besar maka efisiensi sistem semakin kecil.



Gambar 6. Grafik efisiensi sistem refrigerasi

4.4 Konsumsi Energi

Gambar 7 menunjukkan konsumsi energi listrik yang terpakai pada tiap variasi debit aliran air. Untuk konsumsi energi yang memiliki nilai tertinggi diperoleh pada debit aliran air 100 l/h yaitu sebesar 0,400 kWh dengan *chilling time* selama 40 menit dan untuk nilai terendah diperoleh pada debit aliran air 200 l/h yaitu sebesar 0,341 kWh dengan *chilling time* selama 35 menit. Dari grafik diatas menunjukkan bahwa *chilling time* sangat berpengaruh besar atau kecilnya nilai konsumsi energi listrik semakin lama *chilling time* maka nilai konsumsi energi listrik akan semakin tinggi begitupun sebaliknya, semakin singkat *chilling time* maka nilai konsumsi energi listrik akan rendah.



Gambar 7. Grafik konsumsi energi

5. KESIMPULAN

Pengujian yang telah dilakukan pada sistem mini *air cooled water chiller* dengan variasi debit aliran air mulai dari 100 l/h, 150 l/h, dan 200 l/h didapatkan hasil bahwa COP_{aktual} akan semakin besar apabila debit aliran air semakin besar. COP_{aktual} tertinggi didapat pada variasi ketiga dengan debit aliran air 200 l/h sebesar 4,9. COP_{aktual} terendah didapat pada variasi pertama dengan debit aliran air 100 l/h sebesar 4,37. Efisiensi sistem akan semakin besar bila debit aliran air semakin besar. Efisiensi tertinggi didapatkan pada variasi ketiga dengan debit aliran air 200 l/h sebesar 78,40%. Dan efisiensi sistem terendah pada variasi pertama dengan debit aliran air 100 l/h sebesar 72,75%. Konsumsi energi listrik yang diperlukan sistem mini *air cooled water chiller* paling rendah pada debit aliran air 200 l/h sebesar 0,341 kWh sedangkan paling tinggi pada debit aliran air 100 l/h sebesar 0,400 kWh.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Politeknik Negeri Bandung yang telah mendanai penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

1. Senoadi, Arya AC, Zainulsjah, Erens. Pengaruh Debit Aliran Air Terhadap Proses Pendinginan Pada Mini Chiller. 2015;dil(Snttm Xiv):7–8.
2. Samuel C.Sugarman. HVAC Fundamentals, 2nd Edition. The Fairmont Press, Inc. 2007.
3. Mitrakusuma WH, Setyawan A, Putri RDR. Pengaruh Variasi Debit Refrigeran Sekunder Terhadap Kinerja Sistem Chiller Brine Cooling. Pros Nas Rekayasa Teknol Ind dan Inf XIII. 2018;2018(November):385–91.
4. Andini Y, Margana AS, Badarudin A, Kunci K. Analisis Audit Energi Sistem Tata Udara Pada Chiller , Cooling Tower , dan Air Handling Unit di Gedung Transmart Buah Batu. Electr - J Rekayasa dan Teknol Elektro. 2020;(1):26–7.
5. Maulana A, Bachtiar ARY, Putra K, Mesin JT, Industri FT. DEBIT AIR PENDINGINAN TERHADAP UNJUK KERJA SISTEM WATER CHILLER. 2018;
6. Raihan HT. Uji performansi sistem mini chiller menggunakan fan coil unit dengan pengaruh variasi distribusi air. 2021;
7. Reynaldi A, Koswara E. ANALISIS EFISIENSI KERJA CHILLER PADA MESIN EKSTRUDER DI PT. ARTERIA DAYA MULIA CIREBON.
8. Margana AS, Lukitobudi AR. Uji Eksperimental Sistem Kompresi Uap Mini Water Chiller Untuk Kabin Penyimpanan Pendinginan Produk dengan Metode Ice Bank.
9. Dossat RJ. Principles of refrigeration. Int J Refrig. 1961;3(3):172.
10. Deva Supriana P, Dantes KR, Nugraha INP. Pengaruh Variasi Fluida Pendingin Terhadap Capaian Suhu Optimal Pada Rancangan Mesin Pendingin Mini Water Chiller. J Pendidik Tek Mesin Undiksha. 2019;7(1):36–42.
11. Nasution DM, Idris M, Pambudi NA, Weriono. Room air conditioning performance using liquid-suction heat exchanger retrofitted with R290.
12. Cengel YA, Cimbala JM. Fluid Mechanics; Fundamental and Application. Angewandte Chemie International Edition, 6(11), 951–952. 2014. 5–24 p.
13. ASHRAE. ASHRAE Fundamental Handbook. Atlanta. 2001;30.
14. Margana AS, Margana L. Experimental Study Of Split Air Conditioning Modification That Changes The Function To Mini Water Chiller. 2020;198(Issat):46–9.