

Analisis Pengaruh Variasi Beban Pendinginan Ruangan Terhadap Unjuk Kerja *Prototype Mini Water Chiller*

Analysis Of The Effect Of Room Cooling Load Variations On Prototype Mini Water Chiller Work

Ryan Pratama Putra¹, I N Pasek Nugraha², I Gede Wiratmaja³

123Program Studi Pendidikan Teknik Mesin, Universitas Pendidikan Ganesha, Singaraja, Indonesia

e-mail: ryanpratamaputra22@gmail.com, paseknugraha@undiksha.ac.id,
wiratmaja@undiksha.ac.id

Abstrak

Dari waktu ke waktu teknologi mesin pengkondisian udara sudah mengalami perkembangan yang pesat. Mulai dari sistem untuk skala kecil (*direct expansion*) hingga untuk skala besar (*water chiller*). Adapun *prototype mini water chiller* telah dibuat sebelumnya oleh mahasiswa konsentrasi pendingin program studi pendidikan teknik mesin undiksha belum pernah diuji performansinya dengan pemberian beban pendinginan pada kabin/ruangannya. Sehingga perlu dilakukan penelitian lanjutan untuk mengetahui bagaimana pengaruh variasi beban pendinginan yang mana dalam penelitian ini menggunakan variasi pembebanan temperatur 30 °C, 35 °C, 40 °C, 45 °C, 50 °C terhadap laju pendinginan ruangan serta *coefficient of performance* (COP) pada unit *prototype mini water chiller*. Dalam penelitian ini metode yang digunakan adalah metode eksperimen (percobaan) dengan variabel bebas yaitu variasi beban pendinginan ruangan yang mana menggunakan variasi pembebanan temperatur 30 °C, 35 °C, 40 °C, 45 °C, 50 °C yang diperoleh dari penggunaan *hair dryer* berukuran 400 watt serta variabel terikat yaitu laju pendinginan ruangan dan *coefficient of performance* (COP) mesin pendingin. Proses pengujian dilakukan sebanyak 3 kali pengulangan pengambilan data pada setiap variasi pembebanan dengan total jumlah pengambilan data sebanyak 15 kali. Hasil dari pengujian mendapatkan data - data sebagai berikut : untuk laju pendinginan ruangan terendah terjadi pada pembebanan dengan temperatur 30 °C sedangkan untuk laju pendinginan ruangan tertinggi terjadi pada pembebanan dengan temperatur 50 °C dan untuk *coefficient of performance* (COP) terendah terjadi pada pembebanan dengan temperatur 50 °C sedangkan untuk *coefficient of performance* (COP) tertinggi terjadi pada pembebanan dengan temperatur 30 °C.

Kata kunci: *coefficient of performance* (COP), laju pendinginan ruangan, *prototype mini water chiller*.

Abstract

The rapid growth of air-coding technology from time to time. Ranging from a small scale (direct expansion) to a large scale (water chiller system) the prototype mini water chiller has been made previously by cooling concentration students undiksha mechanical engineering education study program has never been tested for performance by providing cooling load on the cabin/room. So more research is needed to find out how the variations in cooling load in this study used variations in

temperature loads of 30 °C, 35 °C, 40 °C, 45 °C, 50 °C on room cooling rates and coefficient of performance (COP) on prototype mini water chiller units. The methods used in this study are comparative experiments with free variables that are variations in the cooling load of the room which uses variations of temperature loads of 30 °C, 35 °C, 40 °C, 45 °C, 50 °C obtained from the use of a 400 watt hair dryer and variable bound that is cooling rate in the cab and coefficient of performance (COP) of cooling machine. The test process is carried out as many as 3 repetitions of data retrieval on each variation of the burden with a total amount of data retrieval of 15 times. The results of the test obtained the following data: for the lowest room cooling rate occurred at a charging temperature of 30 °C while for the highest room cooling rate occurred at a charging temperature of 50 °C and for coefficient of performance (COP) the lowest occurred at a charging temperature of 50 °C while for coefficient of performance (COP) the highest occurred at a charging temperature of 30 °C

Keywords: coefficient of performance (COP), room cooling rate, prototype mini water chiller.

1. PENDAHULUAN

Dari waktu ke waktu teknologi mesin pengkondisian udara sudah mengalami perkembangan yang pesat. Mulai dari sistem *direct expansion* untuk skala kecil hingga *water chiller* untuk skala besar. Dan ada bermacam-macam mesin pengkondisian udara yang sering kita jumpai sehari-hari seperti, *air conditioner* (AC), *refrigerator*, *freezer*, *chiller*. *Chiller* merupakan sebuah mesin pendingin yang menggunakan sistem kerja mesin pendingin jenis kompresi uap dimana perbedaannya dengan *air conditioner* (AC) adalah pada *chiller* yang disirkulasikan adalah air yang didinginkan oleh refrigeran pada sisi evaporatornya dan air dingin akan didistribusikan ke mesin penukar kalor atau *fan coil unit* (FCU). *Chiller* juga dikategorikan sebagai mesin pendingin untuk pengkondisian udara skala besar seperti fasilitas industri (pabrik kimia, pabrik makanan dan minuman, stasiun pembangkit listrik) dan fasilitas umum (hotel, aula, dll). Rancangan pada *prototype mini water chiller* telah dibuat sebelumnya oleh mahasiswa konsentrasi pendingin Program Studi Pendidikan Teknik Mesin Undiksha. *prototype mini water chiller* ini dibuat lebih sederhana tetapi tetap memiliki fungsi layaknya *Water chiller* pada umumnya. *Prototype mini water chiller* ini dibuat dari hasil modifikasi AC Split ukuran 1 PK, dikarenakan ukuran ruangan/kabin tidak begitu besar karena hanya berukuran panjang 30 cm, lebar 33 cm dan tinggi 50 cm dengan 3 unit ruangan yang berukuran sama. Sedangkan untuk *water tank supply* menggunakan kaca yang dilapisi *steroform* yang berukuran panjang 84 cm, lebar 28 cm, dan tinggi 29 cm. *Water tank supply* menggunakan kotak kaca dengan tujuan agar lebih memudahkan mengamati cara kerja evaporator yang direndam air pada *water tank supply*. Dan ukuran keseluruhan dari unit *Prototype Mini Water Chiller* dengan rangkanya yaitu dengan panjang 100 cm, lebar 50 cm dan tinggi 130 cm. Dalam penelitian ini penulis tertarik untuk melakukan penelitian lanjutan untuk mengetahui laju pendinginan ruangan dan *coefficient of performance (COP)* pada *prototype mini water chiller*, dengan variasi beban pendinginan ruangan yang mana hal ini belum diteliti pada penelitian sebelumnya yang mana pengujiannya masih terbatas pada pengujian tanpa beban sehingga penulis melakukan eksperimen dengan menguji *prototype mini water chiller* dengan penambahan beban sehingga mendapatkan suatu referensi data yang dapat dijadikan acuan apakah *prototype* ini berfungsi layaknya *water chiller* pada umumnya.

2. METODE

Metode yang akan digunakan pada penelitian ini adalah metode eksperimen yang termasuk bagian dari metode kuantitatif. Eksperimen merupakan kegiatan terinci yang

direncanakan untuk menghasilkan data untuk menjawab suatu masalah atau menguji sesuatu hipotesis. Keberhasilan dari suatu eksperimen dapat diukur jika variabel yang dimanipulasi dan jenis respon yang diharapkan dinyatakan secara jelas dalam suatu hipotesis, serta kondisi-kondisi yang akan dikontrol sudah tepat. Untuk mendapatkan keberhasilan, maka setiap eksperimen harus dirancang terlebih dahulu baru kemudian di uji coba. Metode eksperimen (percobaan) adalah suatu tuntutan dari perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi agar menghasilkan suatu produk yang dapat dinikmati masyarakat secara aman dan dalam pembelajaran melibatkan siswa dengan mengalami dan membuktikan sendiri proses dan hasil percobaan itu, (Sumantri, 1999:157). Djamarah (2002) adalah cara penyajian pelajaran, di mana siswa melakukan percobaan dengan mengalami sendiri sesuatu yang dipelajari. Dalam proses belajar mengajar, dengan metode eksperimen, siswa diberi kesempatan untuk mengalami sendiri atau melakukan sendiri, mengikuti suatu proses, mengamati suatu obyek, keadaan atau proses sesuatu. Dengan demikian, siswa dituntut untuk mengalami sendiri, mencari kebenaran, atau mencoba mencari suatu hukum atau dalil, dan menarik kesimpulan dari proses yang dialaminya itu. Dalam penelitian ini, perlakuan berupa menganalisis pengaruh variasi beban pendinginan ruangan terhadap unjuk kerja *prototype mini water chiller*. Dalam penelitian ini menganalisis datanya yaitu setelah mendapatkan hasil pengujian unjuk kerja *prototype mini water chiller* terhadap variasi beban pendinginan ruangan. Selanjutnya data hasil uji dimasukkan ke dalam tabel. Jika sudah semua terpenuhi, maka hasil data tersebut akan di analisis dengan menggunakan grafik, menggunakan media *software microsoft excel* sehingga dari data hasil atau nilai yang di dapat, sehingga dari grafik dapat ditarik kesimpulan hasil perbandingan pengaruh yang signifikan terhadap pengujian pengaruh variasi beban pendinginan terhadap unjuk kerja pada *prototype mini water chiller*.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan pada proses pengambilan data pada unit *prototype mini water chiller* yang telah penulis lakukan dengan pengulangan sebanyak 3 kali dalam proses pengambilan data untuk mengetahui laju pendinginan ruangan dengan variasi beban pendinginan, setelah mendapatkan data parameter untuk laju pendinginan ruangan dibutuhkan perhitungan untuk mencari laju pendinginan ruangan pada setiap variasi beban pendinginan. Dan berikut ini adalah contoh perhitungannya.

Dik : $\rho_{Udara} = 1,2 \text{ kg/m}^3$

$C_p_{Udara} = 1,005 \text{ Kj/Kg.K}$

$V_{ruangan} = 0,0495 \text{ m}^3$

$T_{awal} = 30 \text{ }^\circ\text{C}$

$T_{akhir} = 21 \text{ }^\circ\text{C}$

$\Delta t = 90,2 \text{ s}$

Dit : \dot{q}_{ud} = laju pendinginan ruangan ($\frac{\text{kJ}}{\text{s}}$)

Jawab : $\dot{q}_{ud} = \rho \cdot V \cdot c_p \cdot \frac{T_{awal} - T_{akhir}}{\Delta t}$

$$\dot{q}_{ud} = 1,2 \times 0,0495 \times 1,005 \times \frac{30-21}{90,2}$$

$$\dot{q}_{ud} = 1,2 \times 0,0495 \times 1,005 \times \frac{9}{90,2}$$

$$\dot{q}_{ud} = 1,2 \times 0,0495 \times 1,005 \times 0,099$$

$$\dot{q}_{ud} = 0,005 \text{ kJ/s}$$

Dengan cara yang sama, untuk perhitungan laju pendinginan ruangan dengan variasi beban pendinginan pada temperatur selanjutnya maka diperoleh data - data sesuai dengan

parameter pengujian yang dapat dijabarkan langsung dengan laju pendinginan ruangan di setiap pengujianya pada tabel 1 sampai dengan tabel 5.

Tabel 1 Data Parameter Pengujian Laju Pendinginan Ruangan Pada Variasi Beban Pendinginan 30 °C

Pengulangan Pengujian	Massa Jenis udara (ρ)	Volume ruangan (m^3)	Temp. Awal ruangan ($^{\circ}C$)	Temp. Akhir ruangan ($^{\circ}C$)	Selang waktu (s)	Laju pendinginan (Kj/s)
1	1,2	0,0495	30	21	90,2	0,005
2	1,2	0,0495	30	21	87,6	0,005
3	1,2	0,0495	30	21	85,7	0,005

Tabel 2 Data Parameter Pengujian Laju Pendinginan Ruangan Pada Variasi Beban Pendinginan 35 °C

Pengulangan Pengujian	Massa Jenis udara (ρ)	Volume ruangan (m^3)	Temp. Awal ruangan ($^{\circ}C$)	Temp. Akhir ruangan ($^{\circ}C$)	Selang waktu (s)	Laju pendinginan (Kj/s)
1	1,2	0,0495	35	21	104,44	0,007
2	1,2	0,0495	35	21	102,71	0,007
3	1,2	0,0495	35	21	98,7	0,007

Tabel 3 Data Parameter Pengujian Laju Pendinginan Ruangan Pada Variasi Beban Pendinginan 40 °C

Pengulangan Pengujian	Massa Jenis udara (ρ)	Volume ruangan (m^3)	Temp. Awal ruangan ($^{\circ}C$)	Temp. Akhir ruangan ($^{\circ}C$)	Selang waktu (s)	Laju pendinginan (Kj/s)
1	1,2	0,0495	40	21	115,16	0,008
2	1,2	0,0495	40	21	112,97	0,008
3	1,2	0,0495	40	21	111,99	0,009

Tabel 4 Data Parameter Pengujian Laju Pendinginan Ruangan Pada Variasi Beban Pendinginan 45 °C

Pengulangan Pengujian	Massa Jenis udara (ρ)	Volume ruangan (m^3)	Temp. Awal ruangan ($^{\circ}C$)	Temp. Akhir ruangan ($^{\circ}C$)	Selang waktu (s)	Laju pendinginan (Kj/s)
1	1,2	0,0495	45	21	120,2	0,010
2	1,2	0,0495	45	21	119,5	0,010
3	1,2	0,0495	45	21	117,35	0,010

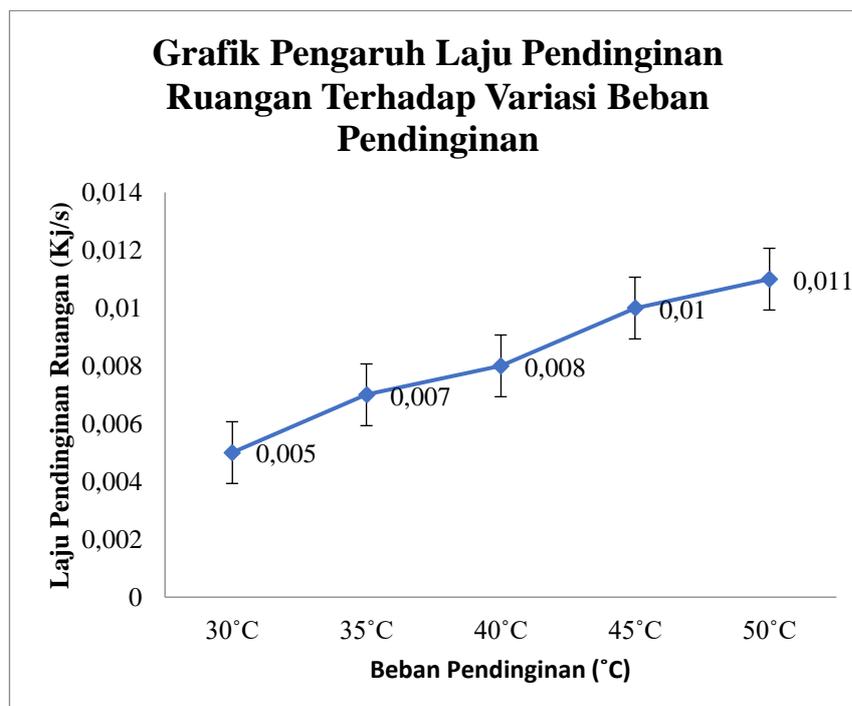
Tabel 5 Data Parameter Pengujian Laju Pendinginan Ruangan Pada Variasi Beban Pendinginan 50 °C

Pengulangan Pengujian	Massa Jenis udara (ρ)	Volume ruangan (m^3)	Temp. Awal ruangan ($^{\circ}C$)	Temp. Akhir ruangan ($^{\circ}C$)	Selang waktu (s)	Laju pendinginan (Kj/s)
1	1,2	0,0495	50	21	126,12	0,012
2	1,2	0,0495	50	21	127,76	0,011
3	1,2	0,0495	50	21	130,54	0,011

Dari 3 kali pengambilan data pada setiap variasi beban pendinginannya maka di dapatkan hasil laju pendinginan sesuai dengan data yang terlampir pada tabel 1 sampai dengan tabel 5, dan di rata-ratakan pada setiap variasi beban pendinginan dengan menghasilkan selang waktu dan laju pendinginan ruangan yang dapat dilihat pada tabel 6.

Tabel 6 Data Rata - Rata Hasil Laju Pendinginan Ruangan Terhadap Variasi Beban Pendinginan

Beban Pendinginan ($^{\circ}C$)	Laju Pendinginan (Kj/s)
30 $^{\circ}C$	0,005
35 $^{\circ}C$	0,007
40 $^{\circ}C$	0,008
45 $^{\circ}C$	0,010
50 $^{\circ}C$	0,011



Gambar 1 Grafik Pengaruh Laju Pendinginan Ruangan Terhadap Variasi Beban Pendinginan

Pada Gambar 1 diatas menampilkan pengaruh laju pendinginan ruangan pada Mesin Pendingin terhadap setiap variasi beban pendinginan ruangan yang diberikan. Dinyatakan bahwa pada teori rumus laju pendinginan ruangan seperti yang terlihat pada beban pendinginan 50 °C dimana semakin besar selisih temperatur antara temperatur awal dengan temperatur yang ditentukan, serta memerlukan waktu yang paling lama untuk mencapai suhu yang ditentukan akan menghasilkan laju pendinginan ruangan yang tinggi pula dengan dipengaruhi juga oleh volume ruangan. Jika sebaliknya dimana selisih temperatur awal dengan temperatur yang ditentukan kecil, serta waktu untuk mencapai suhu yang ditentukan diperlukan waktu yang singkat akan menghasilkan laju pendinginan ruangan yang rendah pula.

Dan berdasarkan pada proses pengambilan data pada unit *mini water chiller* yang telah penulis lakukan dengan pengulangan sebanyak 3 kali dalam proses pengambilan data untuk mengetahui *coefficient of perfomance (COP)* dengan variasi beban pendinginan, setelah mendapatkan data parameter untuk *coefficient of perfomance (COP)* dibutuhkan perhitungan untuk mencari *coefficient of perfomance (COP)* pada setiap variasi beban pendinginan. Dan berikut ini adalah contoh perhitungannya.

Dik : Efek Refrigerasi (ER) = $h_1 - h_4$

Kerja Kompresor (Wk) = $h_2 - h_1$

$h_1 = 412,88$

$h_2 = 414,15$

$h_3 = h_4 = 234,46$

Dit : COP = ?

Jawab : $COP = \frac{ER}{Wk}$

$$COP = \frac{412,88 - 234,46}{414,15 - 412,88}$$

$$COP = \frac{178,42}{1,27}$$

$$COP = 140,49$$

Dengan cara yang sama, untuk perhitungan *coefficient of perfomance (COP)* dengan variasi beban pendinginan pada temperatur selanjutnya maka diperoleh data – data sesuai dengan parameter pengujian yang dapat dijabarkan langsung dengan *coefficient of perfomance (COP)* di setiap pengujiannya pada tabel 7 sampai dengan tabel 11.

Tabel 7 Data Parameter Pengujian *Coefficient Of Perfomance (COP)* Pada Variasi Beban Pendinginan 30 °C

Pengulan Pengujian	Temp. Masuk Kompresor (h1) (°C)	Temp. Keluar Kompresor (h2) (°C)	Temp. kondens or akhir (h3=h4) (°C)	Entalpi titik 1 (h1)(Kj/ Kg)	Entalpi titik 2 (h2)(Kj/ Kg)	Entalpi titik 3 (h3=h4)(Kj /Kg)	Coefficient Of Perfomance (COP)
1	25,6	31,6	27,9	412,88	414,15	234,46	140,49
2	24,9	31	25,7	412,69	413,84	231,22	157,80
3	23,3	30	28,6	412,27	413,3	234,91	172,19

Tabel 8 Data Parameter Pengujian *Coefficient Of Perfomance (COP)* Pada Variasi Beban Pendinginan 35 °C

Pengulan Pengujian	Temp. Masuk Kompresor (h1) (°C)	Temp. Keluar Kompresor (h2) (°C)	Temp. kondens or akhir (h3=h4) (°C)	Entalpi titik 1 (h1)(Kj/Kg)	Entalpi titik 2 (h2)(Kj/Kg)	Entalpi titik 3 (h3=h4)(Kj/Kg)	Coefficient Of Performance (COP)
1	23	32	30,5	412,2	414,37	237,33	80,59
2	22,3	30,8	29,9	412,01	414,11	236,56	83,55
3	22	31,5	30,2	411,93	414,26	236,46	75,31

Tabel 9 Data Parameter Pengujian *Coefficient Of Performance (COP)* Pada Variasi Beban Pendinginan 40 °C

Pengulan Pengujian	Temp. Masuk Kompresor (h1) (°C)	Temp. Keluar Kompresor (h2) (°C)	Temp. kondens or akhir (h3=h4) (°C)	Entalpi titik 1 (h1)(Kj/Kg)	Entalpi titik 2 (h2)(Kj/Kg)	Entalpi titik 3 (h3=h4)(Kj/Kg)	Coefficient Of Performance (COP)
1	19,9	29	29,6	411,35	413,7	236,18	74,54
2	19,4	29,6	28,6	411,21	413,39	234,91	80,87
3	18,5	29,4	27,5	410,95	413,79	233,51	62,48

Tabel 10 Data Parameter Pengujian *Coefficient Of Performance (COP)* Pada Variasi Beban Pendinginan 45 °C

Pengulan Pengujian	Temp. Masuk Kompresor (h1) (°C)	Temp. Keluar Kompresor (h2) (°C)	Temp. kondens or akhir (h3=h4) (°C)	Entalpi titik 1 (h1)(Kj/Kg)	Entalpi titik 2 (h2)(Kj/Kg)	Entalpi titik 3 (h3=h4)(Kj/Kg)	Coefficient Of Performance (COP)
1	18,3	30	29,1	410,89	413,93	235,54	57,68
2	18,3	29,6	28,8	410,89	413,84	235,16	59,57
3	17,6	29,7	27,3	410,68	413,86	233,25	55,80

Tabel 11 Data Parameter Pengujian *Coefficient Of Performance (COP)* Pada Variasi Beban Pendinginan 50 °C

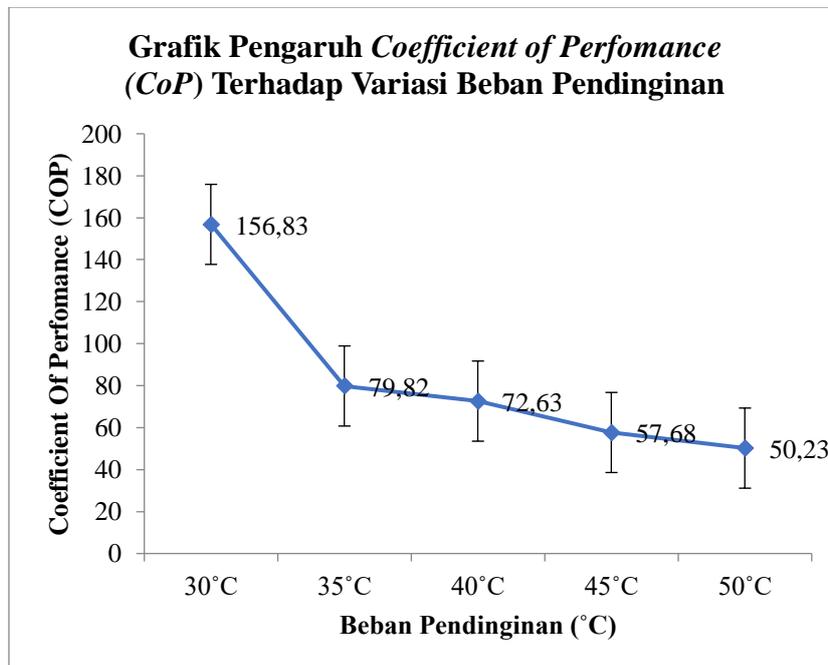
Pengulan Pengujian	Temp. Masuk Kompresor (h1) (°C)	Temp. Keluar Kompresor (h2) (°C)	Temp. kondens or akhir (h3=h4) (°C)	Entalpi titik 1 (h1)(Kj/Kg)	Entalpi titik 2 (h2)(Kj/Kg)	Entalpi titik 3 (h3=h4)(Kj/Kg)	Coefficient Of Performance (COP)
1	15,9	29,4	26	410,18	413,79	231,6	49,47
2	16,4	29,7	27	410,3	413,86	232,87	49,84
3	16,3	29,4	25,5	410,3	413,79	230,97	51,38

Dari 3 kali pengambilan data pada setiap variasi beban pendinginannya maka di dapatkan hasil *coefficient of performace (COP)* sesuai dengan data yang terlampir pada tabel 7

sampai dengan tabel 11, dan di rata-ratakan pada setiap variasi beban pendinginan dengan menghasilkan *coefficient of perfomance (COP)* yang dapat dilihat pada tabel 12.

Tabel 12 Data Rata - Rata Parameter Pengujian *Coefficient Of Perfomance (COP)* Terhadap Variasi Beban Pendinginan

Beban Pendinginan (°C)	Coefficient Of Performance (COP)
30°C	156,83
35°C	79,82
40°C	72,63
45°C	57,68
50°C	50,23



Gambar 2 Grafik Pengaruh *Coefficient of Perfomance (COP)* Terhadap Variasi Beban Pendinginan

Grafik 2 diatas menampilkan perbandingan *coefficient of perfomance (COP)* dari Mesin Pendingin pada setiap variasi beban pendinginan ruangan. Dinyatakan bahwa pada teori rumus *coefficient of perfomance (COP)* seperti yang terlihat pada beban pendinginan 50°C dimana semakin banyak kalor yang di serap oleh evaporator maka kerja kompresor pun akan semakin tinggi yang berdampak pada rendahnya nilai *coefficient of perfomance (COP)* yang dihasilkan. Dan jika semakin sedikit kalor yang di serap oleh evaporator maka kerja kompresor pun akan rendah yang bisa dilihat pada pembebanan 30 °C yang berdampak pada nilai *coefficient of perfomance (COP)* yang tinggi pula.

4. KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil penelitian tentang analisis variasi pembebanan terhadap unjuk kerja *prototype mini water chiller*, maka dapat ditarik beberapa kesimpulan sebagai berikut :

1. Terdapat pengaruh pada laju pendinginan ruangan terhadap peningkatan pembebanan ruangan, dikarenakan semakin tinggi beban yang diberikan pada ruangan juga menghasilkan laju pendinginan yang tinggi.
2. Terdapat pengaruh pada *coefficient of perfomance (COP)* berbanding terbalik dengan peningkatan pembebanan ruangan, dikarenakan semakin tinggi beban yang diberikan pada ruangan juga menghasilkan *coefficient of perfomance (CoP)* yang rendah.

Dan untuk menghasilkan perbandingan data yang lebih akurat dan mendalam tentang laju pendinginan ruangan dan *coefficient of perfomance (COP)* pada *prototype mini water chiller*, maka penulis memberikan beberapa saran sebagai berikut:

1. Menggunakan kabin lebih dari satu dengan memvariasikan beban pendinginan pada setiap kabinnya.
2. Menggunakan variasi *coolant* dan air yang berbeda- beda untuk mengetahui perbandingan efek refrigerasi yang dihasilkan di evaporator.
3. Bahwa *prototype mini water chiller* ini berfungsi atau digunakan layaknya water chiller pada umumnya.

DAFTAR RUJUKAN

- Agung., I. G. P. (2010). "Analisis Performansi Sistem Pendingin Ruangan Dikombinasikan dengan *Water Heater*". (Vol. 4 No. 1)
- Supriadi., P. D. (2019). "Pengaruh Variasi Fluida Pendingin Terhadap Capaian Suhu Optimal Pada Rancangan Mesin Pendingin *Mini Water Chiller*". (Vol. 7 No. 1)
- Mastur, dkk. (2016). "Pengaruh Variasi Beban, Waktu Pendinginan Dan Temperatur Ruang Terhadap Performasi Mesin Pendingin". (Volume 17 No. 1).
- Negara., K. M. T. (2010). "Analisa Performansi Sistem Pendingin Ruangan Dan Efisiensi Energi Listrik Pada Sistem *Water Chiller* Dengan Penerapan Metode *Coled Energy Storgae*". Hal. 3 - 5.
- Nugroho., S (2012) "*Cooling Load* Sistem Tata Udara". Tersedia pada : https://www.slideshare.net/septiadinugroho/sistemtataudara?next_slideshow=1 (diakses tanggal 15 Desember 2019 pukul 17.05)
- Rokhman., T. 2015. "Daya dan Efisiensi Kompresor". Tersedia pada : <https://taufiqurrokhman.wordpress.com/2015/03/05/daya-dan-efisiensi-kompresor/> (diakses tanggal 1 Mei 2019 pukul 23.12 wita)