

# Analisa Pengaruh Jumlah Sirip Pada Coil Chiller Terhadap Performa Radiant Cooling

Firdaus<sup>1</sup>, I Wayan Sujana<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Program Studi Teknik Mesin S1, Institut Teknologi Nasional Malang, KotaMalang, Indonesia

Email:[firdaus1911002@gmail.com](mailto:firdaus1911002@gmail.com)

## ABSTRACT

Penggunaan sistem pendingin semakin meningkat seiring dengan kebutuhan hidupan manusia, dengan pengaplikasian yang sudah melingkupi berbagai segi aspek kehidupan lingkup kerja mulai dari ruang kerja, industri, hotel, dan lain sebagainya. Dengan mengetahui jumlah sirip yang optimal, dapat menghasilkan *coil chiller* yang memiliki performa radiant cooling yang lebih baik. Memahami bagaimana pengaruh jumlah sirip pada *coil chiller* dapat mempengaruhi kinerja sistem pendinginan radiant cooling. Mengetahui pengaruh pendinginan dan penyerapan kalor yang di hasilkan pada *coil chiller* terhadap performa radiant cooling. Salah satu jenis sistem pendingin adalah radiant cooling, sistem pendingin yang menggunakan air dingin mengalir di pipa-pipa pada kontak termal dengan permukaan. Penelitian ini menggunakan system radiant cooling dengan refrigerant R134a pada kompresor, *Coil Chiller* diisi menggunakan air garam. Jumlah sirip 4, 12, 8, 16, pada *Coil Chiller* menggunakan bahan alumunium dengan ketebalan 1 mm, panjang 150 mm, lebar 50 mm. Tekanan ekspansi dari menit ke-20 sampai menit ke-160, tekanan mengalami kenaikan sekitar 1,4 bar dan tekanan pada evaporator 1,6 bar dengan presentase tertinggi. COP 6,05 temperatur yang dihasilkan 2,2 °C, COP 6,15 pada jumlah sirip 16 temperatur tertinggi -5,8 °C. Dari menit ke-20 sampai menit ke-160, temperatur terendah yang dihasilkan chiller -11,4 dengan jumlah sirip 16, sedangkan tertinggi berada pada suhu -5,5 dengan jumlah sirip 4. Kesimpulan dari penelitian ini adalah menunjukkan dampak refrigrasi menghasilkan perubahan kapasitas pendinginan yang lebih signifikan, penurunan waktu yang lebih cepat dalam mencapai suhu yang diinginkan, dan distribusi suhu di dalam ruangan yang lebih merata. Ketika jarak antar sirip pada *Coil Chiller* semakin rapat, performa pendingin radiant cooling dapat ditingkatkan, yang pada gilirannya akan mengakibatkan peningkatan nilai COP dan kinerja mesin pendingin yang lebih optimal.

**Keywords** *Coil Chiller*, sirip, radiant cooling, panas, Alumunium

**Paper type** Research paper

## PENDAHULUAN

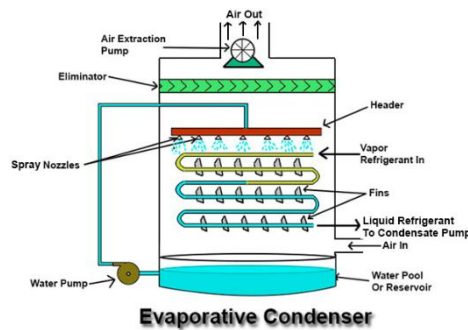
Radiant cooling merupakan sistem pendingin yang menggunakan air dingin mengalir di pipa-pipa pada kontak termal dengan permukaan. Air yang beredar hanya perlu 2-4°C di bawah suhu udara dalam ruangan yang diinginkan. Panas dihilangkan oleh air yang mengalir di jalur pemipaan air setelah panas dari sumber yang berbeda di ruang diserap oleh permukaan yang aktif mendinginkan. Sistem pendingin radiant menawarkan pengurangan yang signifikan dalam konsumsi energi pendinginan (Bauman dan Huizenga, 2006).

Penggunaan air sebagai refrigeran sekunder sudah menjadi umum. Tetapi untuk mesin pendingin dimana temperatur kerjanya lebih rendah, maka penggunaan refrigeran sekunder yang tidak membeku menjadi penting salah satu fluida yang biasa digunakan adalah *prophylane glycol*, *ethylen glycol*, dan air garam. Tujuan penelitian ini Untuk memahami bagaimana pengaruh jumlah sirip pada *coil chiller* dapat mempengaruhi kinerja sistem pendinginan radiant cooling. Mengetahui pengaruh pendinginan dan penyerapan kalor yang di hasilkan pada *coil chiller* terhadap performa radiant cooling. Untuk menentukan jumlah sirip yang optimal.

## TEORI

Chiller adalah mesin/alat pendingin utama dalam sistem ini. Chiller bekerja dengan siklus pendingin kompresi uap. Prinsip kerja chiller radiant cooling umumnya melibatkan dua komponen utama: chiller (pendingin) dan panel radiasi yang terpasang di langit-langit atau dinding ruangan. Sistem radiant cooling melibatkan pemanfaatan permukaan yang memancarkan panas (seperti dinding, langit-langit, dan lantai) untuk mentransfer panas dari ruangan ke lingkungan sekitarnya. Air atau cairan dingin dijalankan melalui sistem pipa atau panel berada di dalam permukaan ini. Panas dari ruangan diserap oleh permukaan dingin dan kemudian dipancarkan ke lingkungan dalam bentuk radiasi. Siklus Sistem refrigrasi adalah kombinasi komponen, peralatan, dan perpipaan yang dihubungkan dalam suatu urutan tertentu untuk menghasilkan efek pendinginan sehingga dapat menjadikan kondisi temperatur suatu ruangan berada di bawah temperatur semula (menjadikan temperatur di bawah temperatur siklus).

Evaporative Condenser adalah kondensor berpendingin air dan udara biasanya jenis pendinginan ini untuk sistem besar untuk menurunkan temperatur yang tinggi dari kondensor.

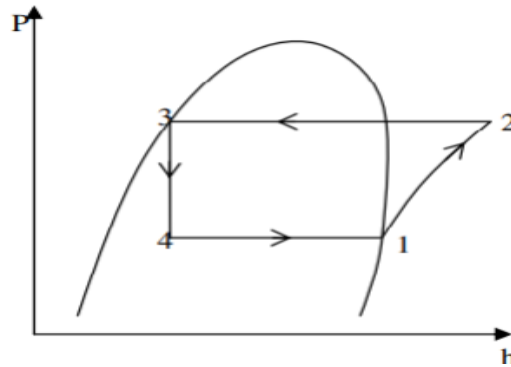


Gambar 1. Evaporative Condenser

Untuk sistem ini konsumsi energi lebih besar di bandingkan menggunakan Water Cooled Condensor dan Air Cooled Condenser karena energi listrik digunakan untuk menggerakkan fan dan juga pompa.

*Siklus kompresi uap*

adalah sistem dimana fluida kerja mengalami proses penguapan dan pengembunan, serta proses kompresi dan ekspansi secara terus menerus. Siklus kompresi uap standar yang diaplikasikan pada sistem pendingin udara standar terdiri dari empat komponen utama, komponen-komponen tersebut bekerja secara bersama-sama membentuk suatu proses yang berulang (siklus) dengan refrigeran sebagai media yang digerakkan.



Gambar 2. Siklus kompresi uap

Siklus Kompresi Uap :

- Siklus 1-2 kompresi di kompresor dari uap temperatur rendah di tekan.
- Siklus 2-3 pelepasan kalor pada refrigeran dimana temperatur dan tekanan yang tinggi.
- Siklus 3-4 refrigeran cair diturunkan temperatur dan tekanannya oleh alat ekspansi.
- Siklus 4-1 menyerap panas dari ruangan atau produk yang akan diturunkan temperaturnya.

*Refrigeran*

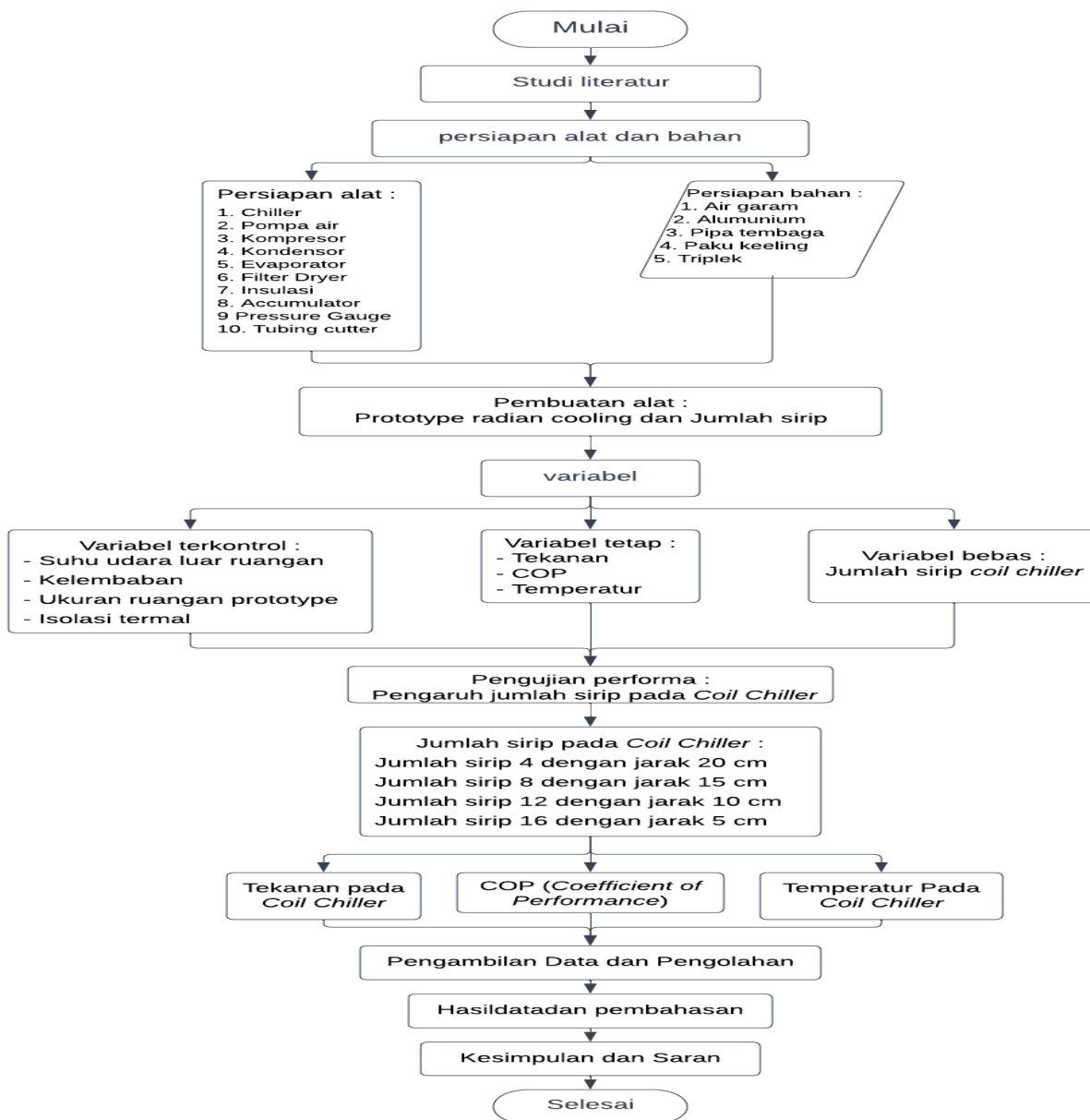
Refrigeran atau bahan pendingin adalah suatu zat yang mudah dirubah bentuknya dari gas menjadi cair atau sebaliknya, dan juga sebagai media pemindah panas dari evaporator kemudian di pindah ke kondensor. Kita perlu mendinginkan dalam beberapa tingkat temperatur yang berbeda-beda, maka bahan pendingin hanya dapat dikatakan tepat atau sesuai untuk satu keperluan saja. Untuk unit refrigerasi hendaknya dapat dipilih jenis refrigeran yang sesuai dengan jenis kompresor yang dipakai, dan karakteristik termodinamika antara lain meliputi temperatur penguapan dan tekanan penguapan serta temperatur pengembunan dan tekanan pengembunan.



Gambar 3. Refrigerant

**METODE PENELITIAN**

**Diagram alir**



Pengaruh jumlah sirip pada *coil chiller*, jumlah sirip berdasarkan jaraknya. Dari diameter 30 cm, ini didapat dari benda uji sistem pendingin yang akan digunakan sebagai simulasi sistem pendingin radiant cooling. Dengan jarak maka ditentukan jumlah sirip, jarak 5 cm jumlah sirip 16, jarak 10 cm jumlah sirip 12, jarak 15 cm jumlah sirip 8, jarak 20 cm jumlah sirip 4.

**Beban Pendinginan**

Dalam perhitungan beban pendinginan dengan metode radiant cooling, dilakukan untuk menghitung keperluan pendinginan yang harus ditangani untuk menentukan kapasitas peralatan yang dibutuhkan.

a. Panjang Evaporator

Untuk menghitung panjang evaporator diperlukan data untuk proses perhitungan. Pertama dilihat dari data kompresor yang digunakan meliputi cooling capacity, evaporating temperatur, kondensing temperatur. Dengan memasukan data tersebut dapat digambarkan siklus ideal pada sistem kompresi uap dengan menggunakan software coolpack. Kemudian bisa didapatkan refrigeration effect untuk digunakan pada tahap perhitungan panjang evaporator.

## b. Penentuan Laju Aliran Massa

Adalah menghitung laju aliran massa dengan menggunakan variabel yang telah didapatkan sebelumnya.

$$\dot{m} = \frac{Q}{q_e} \quad \dot{m} = \text{Laju aliran massa refrigeran (kg/s)}$$

$Q = \text{Beban Total Pendinginan (kW)}$   
 $q_e = \text{Efek Refrigerasi (J/kg)}$

## c. Kecepatan Refrigeran

Perhitungan kecepatan memerlukan data dari massa jenis refrigeran pada temperatur evaporasi yang diharapkan. Massa jenis tersebut dapat diketahui dari tabel properti refrigeran yang digunakan.

$$v = \frac{\dot{m}}{\rho \times \frac{\pi}{4} \times di^2}$$

$\dot{m} = \text{Laju aliran massa refrigeran (kg/s)}$   
 $\rho = \text{Massa jenis (kg/m)}$   
 $di = \text{Diameter dalam pipa (m)}$

## d. Dampak Refrigrasi

Dampak refrigerasi merupakan besarnya kalor yang dipindahkan pada proses 4-1 yaitu sebagai berikut :

$$q_r = h_1 - h_4 \quad (\text{kJ/kg})$$

Keterangan:

$q_r = \text{Efek refrigerasi (kJ/kg) atau (Btu/lb)}$   
 $h_1 = \text{Entalpi refrigeran keluar evaporator (kJ/kg) atau (Btu/lb)}$   
 $h_4 = \text{Entalpi refrigeran masuk evaporator (kJ/kg) atau (Btu/lb)}$

## e. Kerja Kompresi

Kerja kompresi merupakan perubahan entalpi pada proses 1-2 pada gambar Hubungan ini diturunkan dari persamaan energi umum untuk analisa volume atur (*control volume*) :

$$w_c = h_2 - h_1 \left( \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} \right)$$

Keterangan:

$w_c = \text{Kerja kompresor (kJ/kg) atau (Btu/lb)}$   
 $h_2 = \text{Entalpi refrigeran keluar kompresor (kJ/kg) atau (Btu/lb)}$   
 $h_1 = \text{Entalpi refrigeran masuk kompresor (kJ/kg) atau (Btu/lb)}$

## f. Kapasitas Refrigerasi

Kapasitas refrigerasi adalah laju aliran massa dikalikan pengurangan refrigeran yang meninggalkan dan memasuki evaporator. Besarnya kapasitas refrigerasi dinyatakan dengan:

$$Q = \dot{m} (h_1 - h_4)$$

Keterangan:

$Q = \text{Kapasitas refrigerasi (kW)}$   
 $\dot{m} = \text{Laju aliran massa (kg/det) atau (gr/det)}$   
 $h_1 = \text{Entalpi refrigeran keluar evaporator (kJ/kg) atau (Btu/lb)}$   
 $h_4 = \text{Entalpi refrigeran masuk evaporator (kJ/kg) atau (Btu/lb)}$

g. COP (Coefficient of Performance)

COP dari siklus kompresi uap standar adalah dampak refrigerasi dibagi kerja kompresi, yaitu:

$$COP = \frac{q_r}{w_c} = \frac{h_1 - h_4}{h_2 - h_1}$$

Keterangan :

qr = Efek refrigerasi, (kJ/kg) atau (Btu/lb)

h1 = Entalpi refrigeran keluar evaporator, (kJ/kg) atau (Btu/lb)

h2 = Entalpi refrigeran keluar kompresor, (kJ/kg) atau (Btu/lb)

h4 = Entalpi refrigeran masuk evaporator, (kJ/kg) atau (Btu/lb)

h. ASHRAE SYSTEM AND EQUIPMENT 2008 Chapter 49 Hal. 49.2

EER (Energy Efficiency Ratio)  $EER = \frac{COP}{0,2931}$

**HASIL DATA DAN PEMBAHASAN**

Dari hasil penelitian yang telah dilaksanakan melalui pengujian pengaruh jumlah sirip pada *coil chiller* terhadap performa radiant cooling.

**A. Hasil Data Penelitian**

• Tekanan

P1 = tekanan Kompresor

P2 = tekanan Kondensor

P3 = tekanan Exspansi

P4 = tekanan Evaporator

• Temperatur

T1 = temperatur keluar chiller

T1 = temperatur masuk chiller

Temperatur dry = temperatur kering dalam ruangan radiant cooling

Temperatur wet = temperatur basah dalam ruangan radiant cooling

**Jumlah Sirip 4**

Waktu (Menit)	Tekanan				Temperatur					
	P1 (kgf/cm <sup>2</sup> )	P2 (kgf/cm <sup>2</sup> )	P3 (bar)	P4 (bar)	T1 (°C)	T2 (°C)	t1 (°C)	t2 (°C)	Temperatur Dry (°C)	Temperatur Wet (°C)
20	15	18,6	3,8	3,4	19,1	26,5	-5,5	6,5	25,5	26,2
40	15	18,7	3,8	3,5	19,6	26,2	-4,0	7,8	25,7	26,7
60	15	19	3,9	3,6	19,0	26,4	-3,6	8,6	26,6	26,5
80	15	19,1	3,9	3,6	19,3	26,5	-2,3	9,5	26,3	26,4
100	15	19,3	4	3,7	19,9	26,5	-2,0	9,9	26,2	26,4
120	15	19,4	4	3,7	19,4	26,2	-1,8	10,8	26,2	26,0
140	15	19,4	4	3,9	19,8	26,4	0,7	12,5	26,7	26,5
160	15	19,5	4	4	19,7	26,7	2,2	13,3	26,0	26,3

**Jumlah Sirip 8**

Waktu (Menit)	Tekanan				Temperatur					
	P1 (kgf/cm <sup>2</sup> )	P2 (kgf/cm <sup>2</sup> )	P3 (bar)	P4 (bar)	T1 (°C)	T2 (°C)	t1 (°C)	t2 (°C)	Temperatur Dry (°C)	Temperatur Wet (°C)
20	15	18,5	3,8	3,4	19,3	26,5	-7,8	5,7	26,0	26,4
40	15	18,8	3,8	3,5	19,8	26,9	-5,8	7,4	26,5	26,6
60	15	18,9	3,9	3,6	19,2	26,3	-3,5	8,5	26,8	26,9
80	15	19,1	4	3,7	19,6	26,7	-3,6	9,0	26,3	26,8
100	15	19,3	4	3,8	19,1	26,0	-2,3	9,6	26,2	26,8
120	15	19,5	4,1	3,8	19,4	26,2	-1,7	10,5	26,5	26,0
140	15	19,7	4,2	3,9	19,4	26,2	0,3	11,4	26,7	26,3
160	15	19,8	4,2	3,9	19,5	26,4	2,0	13,4	26,6	26,4

**Jumlah Sirip 12**

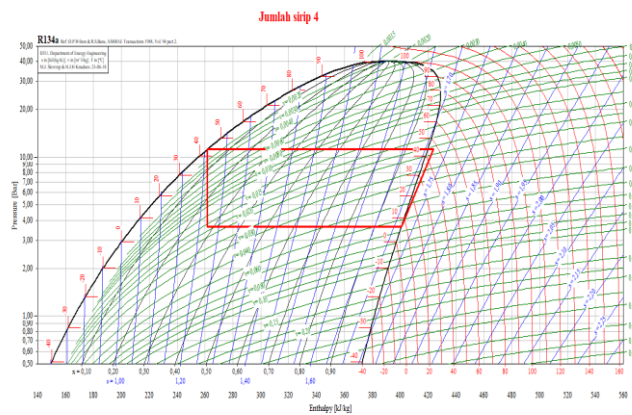
Waktu (Menit)	Tekanan				Temperatur					
	P1 (kgf/cm <sup>2</sup> )	P2 (kgf/cm <sup>2</sup> )	P3 (bar)	P4 (bar)	T1 (°C)	T2 (°C)	t1 (°C)	t2 (°C)	Temperatur Dry (°C)	Temperatur Wet (°C)
20	15	18,7	3,8	3,4	19,2	25,5	-10,0	5,4	26,2	26,8
40	15	19,5	3,9	3,6	19,2	26,4	-5,5	6,3	26,4	26,4
60	15	19,5	4	3,7	19,9	26,7	-5,9	7,6	26,7	26,2
80	15	19,6	4	3,7	19,1	26,0	-4,0	7,7	26,5	26,7

100	15	19,6	4	3,8	19,2	26,1	-4,2	8,0	26,1	26,4
120	15	19,7	4	3,8	19,1	26,1	-3,4	8,7	26,8	26,3
140	15	19,8	4,1	3,8	19,3	26,3	-1,6	10,8	26,1	26,5
160	15	19,9	4,2	3,9	19,4	26,5	-0,0	11,8	26,5	26,7

**Jumlah Sirip 16**

Waktu (Menit)	Tekanan				Temperatur					
	P1 (kgf/cm <sup>2</sup> )	P2 (kgf/cm <sup>2</sup> )	P3 (bar)	P4 (bar)	T1 (°C)	T2 (°C)	t1 (°C)	t2 (°C)	Temperatur Dry (°C)	Temperatur Wet (°C)
20	15	18,9	3,8	3,4	19,3	26,5	-11,4	6,3	25,5	25,1
40	15	19,3	3,9	3,6	19,8	26,9	-7,5	6,5	25,3	25,5
60	15	19,4	3,9	3,6	19,2	26,3	-7,4	7,2	25,9	25,9
80	15	19,7	4	3,8	19,6	26,7	-6,6	7,3	25,6	25,5
100	15	19,8	4	3,8	19,1	26,0	-6,5	7,5	25,7	25,8
120	15	19,8	4	3,9	19,4	26,2	-6,3	7,7	25,1	25,3
140	15	19,9	4,1	3,9	19,4	26,2	-6,2	8,2	25,3	25,3
160	15	19,9	4,2	3,9	19,5	26,4	-5,8	8,8	25,3	26,1

Data-data yang sudah diperoleh akan diplotkan ke diagram tekanan – entalpi (P-h) dalam software coolpack, hasil plot akan menunjukkan nilai entalpi suatu proses. Konversi satuan tekanan dilakukan untuk memudahkan input data ke dalam software. Data yang di input kedalam software meliputi data dari kondensor dan evaporator.



Gambar 4. Diagram P-h

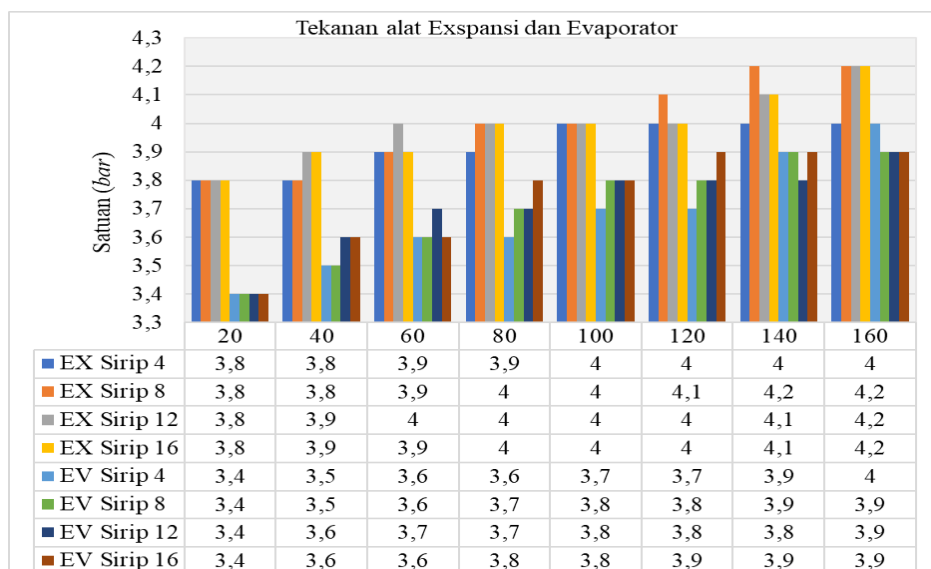
Waktu Menit	Nilai Entalpi				COP
	$h_1$	$h_2$	$h_3$	$h_4$	
20	399,616	424,187	424,187	261,627	5,62
40	400,090	424,056	424,056	261,627	5,78
60	400,552	423,948	423,948	261,679	5,94
80	400,552	423,950	423,950	261,684	5,94
100	401,002	423,832	423,832	261,694	6,10
120	401,002	423,834	423,834	261,699	6,10
140	401,872	423,605	423,605	261,699	6,45
160	402,293	423,499	423,499	261,705	6,63
<b>Rata-rata</b>	400,872	423,864	423,864	261,677	6,05

**B. Pembahasan**

Hasil data setiap jumlah sirip *coil chiller* yang telah dihitung hasil performa pada radiant cooling. perbandingan antara tekana, COP (*Coefficient of Performance*), dan temperatur, pada *coil chiller* terhadap performa radiant cooling.

*Tekanan pada Coil chiller*

Tekanan pada coil chiller refrigeran cair diturunkan temperatur dan tekanannya oleh alat ekspansi, Jenis evaporator berdasarkan fluida yang didinginkan.



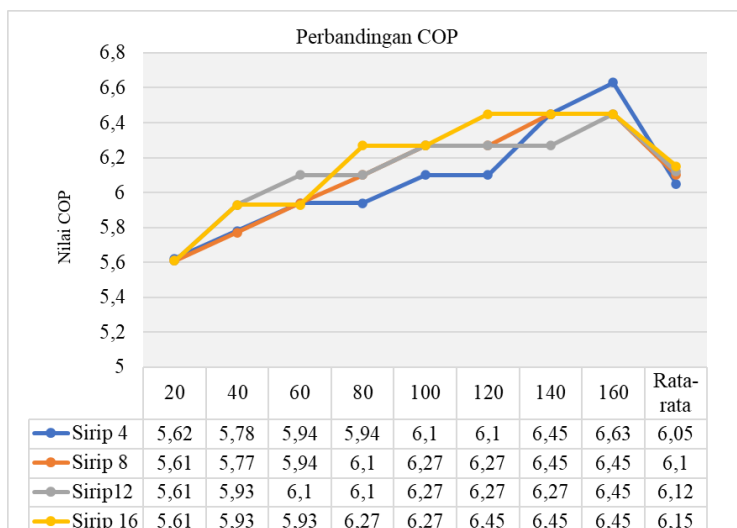
Terdapat perbedaan tekanan yang dialami pada jumlah sirip 4, 8, 12, 16, mengalami kenaikan tekanan ekspansi dari menit ke-20 sampai menit ke-160 ekspansi mengalami kenaikan tekanan, dari 3,8 bar pada saat kondisi chiller normal dan pada saat chiller bekerja mengalami kenaikan dengan presentase tekanan tertinggi 4,2 bar di alami jumlah sirip 8, 12, 16, yang terjadi pada coil chiller saat sedang ekspansi.

Sedangkan evaporator adalah tekanan yang merupakan tempat refrigeran untuk menyerap panas dari ruangan kemudian di turunkan temperaturnya. Tekanan evaporator 3,4 bar dalam kondisi normal dan pada saat chiller bekerja mengalami kenaikan tekanan dengan presentase tertinggi 4 bar. Tekanan mengalami kenaikan sekitar 1,6 bar pada jumlah sirip 4, dan 1,5 bar pada jumlah sirip 8,12, dan 16. Bertambahnya jumlah sirip pada coil chiller dapat mengoptimalkan kerja tekanan pada evaporator.

Dalam hal ini terbukti bahwa perubahan tekanan terjadi pada tiap jumlah sirip yang mempengaruhi kebutuhan kapasitas pendinginan yang lebih besar untuk bekerja. Semakin banyak jumlah sirip yang ditambahkan, semakin besar pula pengaruhnya terhadap tekanan yang beroperasi. Hal ini pada akhirnya bisa memengaruhi performa dari sistem pendinginan. Berdasarkan perbandingan pada penelitian terdahulu hal ini bisa dikatakan benar, bahwa bertambahnya tekanan yang terjadi pada alat ekspansi dan evaporator dapat mempengaruhi kinerja pada sistem pendinginan

*COP (Coefficient of Performance)*

Didapat dari nilai entalpi melalui diagram P-h untuk menghitung COP (*Coefficient of Performance*) dari jumlah sirip 4, 8, 12, 16.

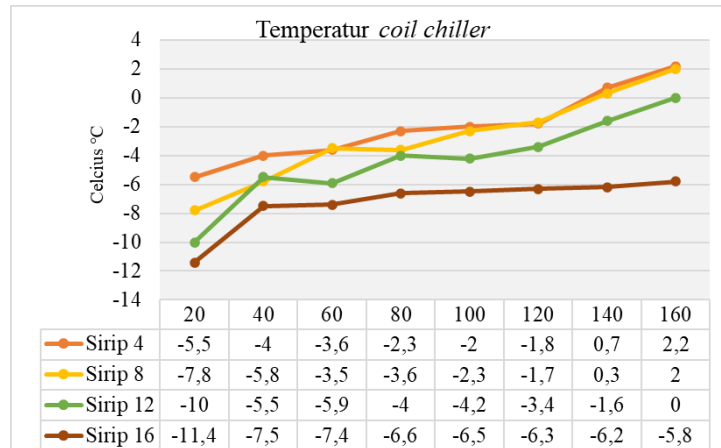


Dari grafik diatas di dapat nilai rata-rata COP terendah dengan nilai 6,05 pada jumlah sirip 4 temperatur tertinggi yang dihasilkan 2,2 °C, COP tertinggi dengan nilai 6,15 pada jumlah sirip 16 temperatur tertinggi -5,8 °C. Dapat diamati rata-rata nilai entalpi dari jumlah sirip yang berbeda, dengan diagram P-h refrigeran R134a kapasitas refrigerasi 5,8 kW dengan fluida larutan air garam pada jumlah sirip 4 didapat COP lebih rendah 6,05 dibandingkan jumlah sirip 16 dengan COP tertinggi 6,15 pada menit ke-160.

Hal ini menandakan bahwa nilai pada COP semakin tinggi maka proses pendinginan bekerja semakin bagus. Semakin bertambah jumlah sirip maka semakin bertambah nilai COPnya.

### Temperatur Pada Coil Chiller

Pendinginan dan penyerapan kalor yang di hasilkan pada *coil chiller* terhadap performa radiant cooling dapat di lihat pada temperatur yang di hasilkan oleh coil chiller dengan pengaruh jumlah sirip.



Data temperatur setiap jumlah sirip dari menit ke-20 sampai menit ke-160, temperatur terendah yang dihasilkan chiller -11,4°C dengan jumlah sirip 16, sedangkan tertinggi berada pada suhu -5,8°C dengan jumlah sirip 4. Dapat di lihat dari grafik kenaikan suhu yang di hasilkan coil chiller pada menit ke-160 mengalami kenaikan dari setiap jumlah sirip, pada jumlah sirip 4 temperatur 2,2°C penurunan temperatur sekitar 7°C, dan terendah ada pada jumlah sirip 16 dengan suhu -5,8°C penurunan temperatur sekitar 5°C, yang di hasilkan pada coil chiller dengan pengaruh jumlah sirip.

Hal ini dapat di simpulkan bahwa semakin rapat jarak antara sirip atau jumlah sirip yang optimal dapat penentuan performa mesin pendinginnya semakin bagus. Dan temperatur yang dihasilkan semakin bertahan pada *chiller*.

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### Kesimpulan

Berdasarkan data hasil dari pengujian pengaruh jumlah sirip pada *coil chiller* terhadap performa radiant cooling dapat di simpulkan Peningkatan dampak refrigrasi terhadap sistem pendingin mengakibatkan perubahan yang lebih signifikan dalam kapasitas pendinginan, percepatan waktu mencapai suhu yang lebih tinggi, serta distribusi suhu di dalam ruangan yang lebih merata sejalan dengan pertambahan jumlah sirip. Semakin besar dampak refrigrasi maka semakin besar juga panas yang dibuang. Dampak refrigrasi tertinggi pada jumlah sirip 16, sedangkan terendah yaitu pada jumlah sirip 4. Semakin rapat jarak antar sirip pada coil chiller pengaruhnya dapat meningkatkan performa pendingin radiant cooling, nilai COP naik sehingga performa mesin pendinginnya semakin bagus.

#### Saran

Dalam penelitian yang sudah dilakukan, tentunya masih ada kesalahan dan kekurangan. Untuk menyempurnakan penelitian selanjutnya peneliti ini memiliki saran : Agar tidak terpengaruh suhu luar ruangan sebaiknya alat pengujian di periksa kerapatannya. Gunakan jenis refrigeran yang tidak mudah membeku. Gunakan termometer yang baik kepekaannya terhadap suhu ruangan. Perhatikan temperatur in dan out berguna untuk penganbilan data yang akurat. Untuk penelitian selanjutnya gunakan bahan sirip yang berbeda dari alumunium.

### DAFTAR PUSTAKA

- [1] Artini, N. P. R., Mahardiananta, I. M. A., & Nugraha, I. M. A. (2022). Rancang Bangun Chiller Berbasis Mikrokontroler Untuk Evaporasi Senyawa Bahan Alam. *Jurnal Resistor (Rekayasa Sistem Komputer)*, 5(1), 10-16.
- [2] Hawali, & Harisuddin. (2017). Analisa Teknis dan Ekonomis Pengembangan Industri Komponen Peralatan Pendingin Ruang Muat (Cold Storage) Kapal Ikan di Indonesia. *Institut Teknologi Sepuluh Noverber, Surabaya*.
- [3] Holman, J. P., & White, P. R. S. (1992). Heat Transfer Seventh Edition in SI Units. *Professor of Mechanical Engineering Southern Methodist University*, 657, 7.
- [4] Lukitobudi, A. R., & Hidayat, A. R. (2018). Kaji Eksperimental Sistem Mini Brine Cooling Untuk Pendingin Kabin Dengan Metode Radiant Cooling. *KURVATEK*, 3(2), 85-90.



- [5] Lukitobudi, A. R., & Luthfi, W. (2020). Kaji Eksperimental Pengaruh Kondensat Untuk Mendinginkan Liquid Line Pada Chest Type Mini Cooler Dengan Metode Radiant Cooling. *Kurvatek*, 5(1), 51-57.
- [6] Mitrakusuma, W. H., Setyawan, A., & RiyantoPutri, R. D. (2018). Pengaruh Variasi Debit Refrigeran Sekunder Terhadap Kinerja Sistem Chiller Brine Cooling. *ReTH*.
- [7] Moore, T., Bauman, F., & Huizenga, C. (2006). Radiant Cooling Research Scoping Study.
- [8] Muharni, R., Suryadimal, S., Afrianda, A., Kaidir, K., Martiana, W., & Kesuma, D. S. (2023). Analisis Performa Sistem Pendingin Mesin Mini Water Chiller. *Jurnal Teknik Mesin*, 16(1), 30-36.
- [9] Nash, M. K., & Toar, H. (2023). Pengaruh Kinerja Chiller Terhadap Temperatur Udara Masuk Untuk Meningkatkan Output Generator Di Pt A Unit 1. *Jurnal Rekayasa Energi*, 2(1), 9-18.
- [10] Panjaitan, S. (2018). Rancang Bangun Mesin Water Chiller Kapasitas 6 Kilowatt. Surabaya: ITS Repository.
- [11] Putra Pramana, A. Analisis Variasi Jarak Fin Terhadap Performa Mesin Pendingin Double Evaporator Rangkaian Seri Menggunakan Refrigeran Lpg (Doctoral dissertation, Fakultas Teknik Universitas Jember).
- [12] Rejeki, T., Aziz, A., & Maryadi, M. (2020). Perhitungan Beban Pendingin Dan Desain Sistem Chiller Pada Hotel Xxx Di Jakarta. *Baut dan Manufaktur*, 2(1), 1-8.
- [13] Safytri, R., Margana, A. S., & Sukanto, A. E. (2020, September). Analisis Perbandingan Kinerja Mesin Pendingin (Chiller, Cooling Tower, dan Air Handling Unit) Sebelum dan Sesudah Maintenance di Transmart Buah Batu. In *Prosiding Industrial Research Workshop and National Seminar* (Vol. 11, No. 1, pp. 361-367).
- [14] Syahputra, S. A., Siregar, F., & Panjaitan, J. (2021). Perbandingan Coefficient Of Performance (Cop) Chiler Water Cooled Dengan Air Cooled. *Atds Saintech Journal Of Engineering*, 2(1), 21-28.
- [15] Zafer URE Zafer M.Sc., MCIBSE, MASHRAE, M.Inst.R. Secondary Refrigeration European Experiences, 2003 ASHRAE Winter Meeting Chicago, USA, 2003.