

KAJI EKSPERIMENTAL PENINGKATAN *SUB-COOLING* KONDESER PADA KULKAS SATU PINTU MENGGUNAKAN AIR KONDENSAT

M. Fathan Sugih Bagja^{1*}, Windy Hermawan Mitrakusuma¹, Triaji Pangripto Pramudantoro¹

¹Jurusan Teknik Refrigerasi dan Tata Udara, Politeknik Negeri Bandung

*Email: m.fathan.tptu18@polban.ac.id

Abstrak

Air kondensat yang tertampung pada wadah penyimpanan di bawah kabin freezer seringkali menjadi masalah pada kulkas-kulkas rumah tangga karena menyebabkan pembentukan es dan genangan air. Pada tugas akhir ini, dilakukan eksperimental peningkatan *sub-cooling* pada kulkas satu pintu menggunakan penyemprotan air kondensat pada kondenser di luar kulkas setiap 2 menit sekali. Hal tersebut bertujuan untuk pemanfaatan air kondensat dan meningkatkan kinerja sistem. Setelah dilakukan proses pengukuran dan pengkajian data, kondisi kondenser dengan penyemprotan didapatkan *chilling time* selama 38 menit dengan data rata-rata saat stabil dari menit ke-30 hingga ke-36 dihasilkan nilai COP_{aktual} sebesar 3,2, COP_{carnot} 4,21, dan nilai efisiensi sebesar 75,8%, sedangkan pada kondisi kondenser tanpa penyemprotan oleh air kondensat didapatkan *chilling time* selama 40 menit dengan rata-rata saat stabil dari menit ke-32 hingga ke-38 dihasilkan nilai COP_{aktual} sebesar 2,91, COP_{carnot} 3,97, dan nilai efisiensi sebesar 73,3%. Dapat disimpulkan bahwa peningkatan *sub-cooling* menggunakan air kondensat efektif memanfaatkan air kondensat dan meningkatkan kinerja sistem.

Kata kunci: kulkas, kondenser, *sub-cooling*, efisiensi

Abstract

Condensate water that collects in storage containers under the freezer cabin is often a problem in household refrigerators because it causes ice formation and puddles. In this final project, an experimental increase in *sub-cooling* in a single-door refrigerator is carried out by spraying condensate water on the condenser outside the refrigerator every 2 minutes. It aims to utilize condensate water and improve system performance. After the measurement and data assessment process was carried out, the condenser condition with spraying obtained *chilling time* for 38 minutes with the average data being stable from the 30th to the 36th minute resulting in an COP_{actual} value of 3.2, COP_{carnot} 4.21, and an efficiency value by 75.8%, while in condenser conditions without spraying by condensate water, *chilling time* is obtained for 40 minutes with an average stable time from 32 to 38 minutes resulting in an COP_{actual} value of 2.91, COP_{carnot} 3.97, and an efficiency value of 73.3 %. Then it can be concluded that the increase in *sub-cooling* using condensate water effectively utilizes condensate water and improves system performance.

Keywords: refrigerator, condenser, *sub-cooling*, efficiency

1. Pendahuluan

Air kondensat seringkali menjadi masalah pada kulkas-kulkas rumah tangga, air kondensat yang terbentuk di evaporator seringkali terbuang dan tertampung pada wadah penyimpanan di bawah kabin freezer sehingga menyebabkan terjadinya pembentukan es dan genangan air. Perkembangan bidang refrigerasi saat ini semakin dibutuhkan, baik pada sistemnya, pengaplikasiannya, dan desainnya untuk mendapatkan kinerja yang lebih efisien [1]. Proses pendinginan berlanjut (*sub-cooling*) menjadi salah satu solusi untuk meningkatkan efisiensi kinerja sistem dengan berbagai cara [2]. Solusi ini sudah banyak digunakan untuk sistem-sistem refrigerasi dan tata udara.

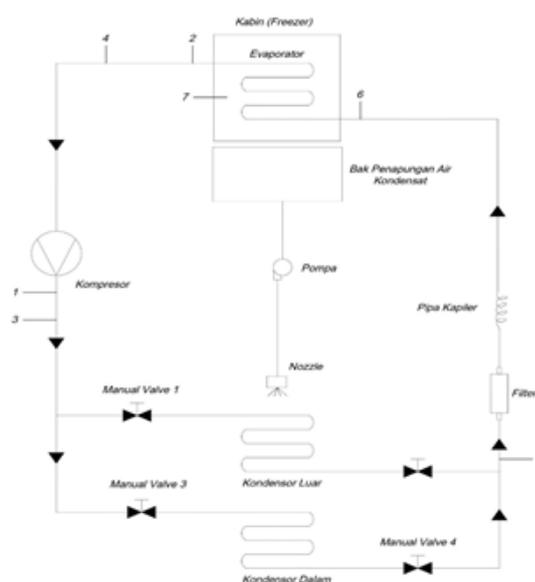
Air kondensat yang dihasilkan dari evaporator bertemperatur dingin karena dihasilkan dari proses *defrost* sehingga temperaturnya hampir sama dengan temperatur leleh air [3]. Air kondensat tersebut akan membantu proses pendinginan pada kondenser menjadi lebih baik karena kondisi temperatur kondenser lebih rendah dan meningkatkan *subcooled*. Pemanfaatan air kondensat diharapkan dapat meningkatkan kinerja sistem pendingin [3].



Gambar 1. Kulkas Sanyo SR-D181SB2

2. Metode Penelitian

Metodologi penelitian yang digunakan metode analisis data yang didukung oleh aplikasi *coolpack*. Analisis data dilakukan untuk mengetahui nilai efisiensi dari kondisi kondenser tanpa penyemprotan dan kondisi kondenser dengan penyemprotan air kondensat. Analisis data dilakukan setelah pengambilan data awal yang merupakan proses pengumpulan data yang akan dianalisa, yang bertujuan agar mengetahui kesalahan yang ada saat dilakukan pengumpulan data. Dalam pengambilan data awal ada beberapa hal yang harus diperhatikan diantaranya: penempatan sensor, tekanan *discharge* dan *suction*, temperatur, tegangan, arus, dan daya. Penempatan sensor sangat berpengaruh terhadap temperatur yang dihasilkan. Jika hasil data temperatur yang sudah di analisa dan di plot pada diagram P-h terjadi kesalahan maka penempatan sensor pada sistem harus diperbaiki hingga hasil dari analisa dan plot pada diagram P-h sudah benar. Tegangan, arus, dan daya mengacu pada spesifikasi atau *name plate* pada kompresor. Sistem yang akan dirancang adalah sistem refrigerasi kompresi uap dengan air kondensat yang berasal dari evaporator yang disebabkan oleh proses *defrost* [4] kemudian air kondensat tersebut akan disemprotkan ke kondenser menggunakan *nozzle* yang membuat tetesan air ke kondenser menjadi halus [3] dan akan dikontrol oleh sistem kontrol Arduino dan dibantu dengan komponen pendukung lainnya. Setiap komponen pada kulkas saat ini kompak dan kondenser yang digunakan adalah kondenser baru yang akan ditempatkan di belakang kulkas beserta sistem penyemprotannya. Kondisi kondenser secara manual akan diubah sesuai kebutuhan pengumpulan data, ketika menggunakan kondenser dalam yang kompak menyatu pada kulkas maka aliran masuk dan keluar pada kondenser yang terpasang di luar kulkas akan di tutup berlaku sebaliknya ketika kondisi kondenser menggunakan kondenser luar.



Gambar 2. Perancangan Sistem



Gambar 3. Proses Penyemprotan pada Kondenser

3. Hasil dan Analisis

Setelah dilakukan pengukuran data dari kondisi kondenser dengan penyemprotan dan tanpa penyemprotan oleh air kondensat, dilanjutkan dengan pengolahan data untuk mendapatkan nilai COP_{aktual} , COP_{carnot} , efisiensi refrigerasi [5], dan daya listrik dengan menggunakan aplikasi *coolpack* dan dihitung secara manual.

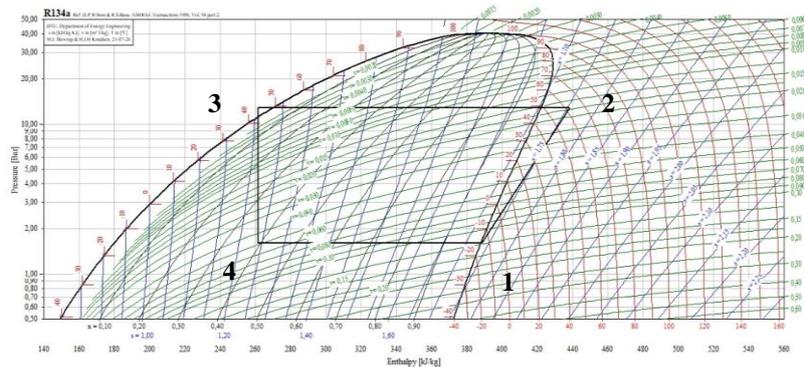
3.1. Hasil Pengkajian Data Kondisi Kondenser Tanpa Penyemprotan

Pada analisa data, diambil data dari rata-rata sistem saat stabil. Berikut data rata-rata yang diinput ke aplikasi *coolpack*.

Tabel 1. Data Kondenser Tanpa Penyemprotan

No	Parameter	Hasil Data Terukur
1	Tekanan <i>Discharge</i>	12,9 bar abs
2	Tekanan <i>Suction</i>	1,6 bar abs
3	Temperatur <i>Discharge</i>	62,25 °C
4	Temperatur <i>Suction</i>	-14,87 °C
5	Temperatur Keluaran Kondenser	43,7 °C

Data Tabel 1 dimasukkan ke aplikasi *coolpack* untuk diplot pada diagram P-h R134a, dapat dilihat pada Gambar 4.

**Gambar 4.** Siklus pada diagram P-h untuk Kondisi Kondenser Tanpa Penyemprotan

Hasil nilai dari grafik diatas didapatkan data dari *coolpack* dan dapat dijabarkan sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 h_1 &: 388,57 \text{ kJ/kg} \\
 h_2 &: 438,20 \text{ kJ/kg} \\
 h_3=h_4 &: 261,73 \text{ kJ/kg} \\
 T_e &: -15,62 \text{ }^\circ\text{C} = 257,53 \text{ K} \\
 T_k &: 49,16 \text{ }^\circ\text{C} = 322,31 \text{ K} \\
 Q_c &: 176,47 \text{ kJ/kg} \\
 Q_e &: 126,84 \text{ kJ/kg} \\
 W &: 43,51 \text{ kJ/kg}
 \end{aligned}$$

Dari nilai-nilai yang telah didapat, dapat dihitung sebagai berikut:

- Laju aliran massa kalor pada proses kondensasi [6]

$$\begin{aligned}
 Q_c &= 176,47 \text{ kJ/kg} \\
 Q_c &= \dot{m} (h_2 - h_3) \text{ [4]} \\
 176,47 \text{ kJ/kg} &= \dot{m} (438,20 \text{ kJ/kg} - 261,73 \text{ kJ/kg}) \\
 176,47 \text{ kJ/kg} &= \dot{m} (176,47 \text{ kJ/kg}) \\
 \dot{m} &= \frac{176,47 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}}{176,47 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}} \\
 \dot{m} &= 1 \text{ kg/s}
 \end{aligned}$$
- Laju aliran massa pada proses evaporasi [6]

$$\begin{aligned}
 Q_e &= 126,84 \text{ kJ/kg} \\
 Q_e &= \dot{m} (h_1 - h_4) \text{ [5]} \\
 126,84 \text{ kJ/kg} &= \dot{m} (388,57 \text{ kJ/kg} - 261,73 \text{ kJ/kg}) \\
 126,84 \text{ kJ/kg} &= \dot{m} (126,84 \text{ kJ/kg}) \\
 \dot{m} &= \frac{126,84 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}}{126,84 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}} \\
 \dot{m} &= 1 \text{ kg/s}
 \end{aligned}$$
- Laju aliran massa pada proses kompresi [6]

$$\begin{aligned}
 W &= 43,51 \text{ kJ/kg} \\
 W &= \dot{m} (h_2 - h_1) \text{ [5]} \\
 43,51 \text{ kJ/kg} &= \dot{m} (438,20 \text{ kJ/kg} - 388,57 \text{ kJ/kg}) \\
 43,51 \text{ kJ/kg} &= \dot{m} (49,63 \text{ kJ/kg}) \\
 \dot{m} &= \frac{43,51 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}}{49,63 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}} \\
 \dot{m} &= 0,87 \text{ kg/s} \\
 \text{d. } COP_{\text{actual}} \text{ [6]} \\
 COP_a &= \frac{Q_e}{W} \text{ [4]} \\
 &= \frac{126,84 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}}{43,51 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}} \\
 &= 2,91 \\
 \text{e. } COP_{\text{carnot}} \text{ [6]} \\
 COP_c &= \frac{T_e}{T_k - T_e} \text{ [5]} \\
 &= \frac{257,53 \text{ K}}{322,31 \text{ K} - 257,53 \text{ K}} \\
 &= 3,97 \\
 \text{f. Efisiensi refrigerasi [6]} \\
 \eta_R &= \frac{COP_a}{COP_c} \\
 &= \frac{2,91}{3,97} \\
 &= 73,3 \%
 \end{aligned}$$

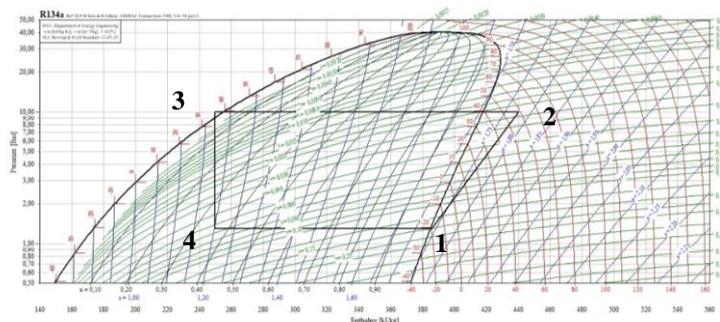
3.2. Hasil Pengkajian Data Kondisi Kondenser Dengan Penyemprotan

Pada analisa data, diambil data dari rata-rata sistem saat stabil. Berikut data rata-rata yang diinput ke aplikasi *coolpack*.

Tabel 2. Data kondenser dengan penyemprotan

No	Parameter	Hasil Data Terukur
1	Tekanan <i>Discharge</i>	10 bar abs
2	Tekanan <i>Suction</i>	1,3 bar abs
3	Temperatur <i>Discharge</i>	58,85 °C
4	Temperatur <i>Suction</i>	-19,72 °C
5	Temperatur Keluaran Kondenser	35,5 °C

Data Tabel 2. dimasukkan ke aplikasi *coolpack* untuk diplot pada diagram P-h R134a, dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Siklus pada Diagram P-h untuk Kondisi Kondenser dengan Penyemprotan

Hasil nilai dari grafik diatas didapatkan data dari *coolpack* dan dapat dijabarkan sebagai berikut:

h_1	: 385,62 kJ/kg	
h_2	: 440,06 kJ/kg	
$h_3=h_4$: 249,85 kJ/kg	
T_e	: -20,53 °C	= 252,62 K
T_k	: 39,39 °C	= 312,54 K
Q_c	: 190,20 kJ/kg	
Q_e	: 135,77 kJ/kg	
W	: 42,47 kJ/kg	

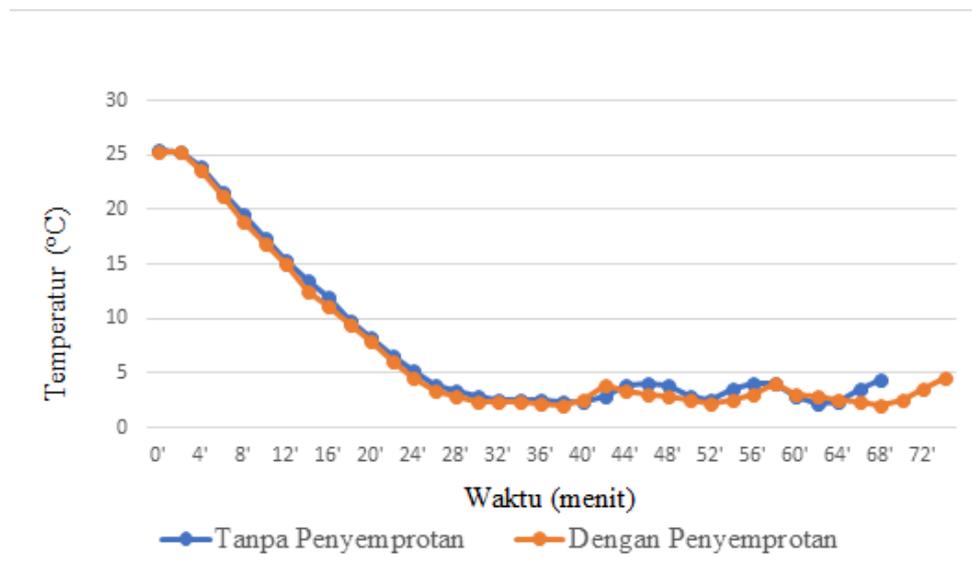
Dari nilai-nilai yang telah didapat, dapat dihitung dengan cara yang sama seperti yang dilakukan pada kondisi tanpa penyemprotan, diperoleh hasil sebagai berikut:

Tabel 3. Hasil Data Perhitungan Kondisi Kondenser dengan Penyemprotan

No	Parameter	Hasil Data Perhitungan
1	Laju aliran massa kalor pada proses kondensasi	1 kg/s
2	Laju aliran massa pada proses evaporasi	1 kg/s
3	Laju aliran massa pada proses kompresi	0,78 kg/s
4	COP_{actual}	3,2
5	COP_{carnot}	4,21
6	Efisiensi refrigerasi	75,8%

3.3. Analisis Temperatur Kabin Terhadap Waktu

Hasil dari pengumpulan data dan pengamatan temperatur kabin terhadap waktu dijelaskan melalui Gambar 6.

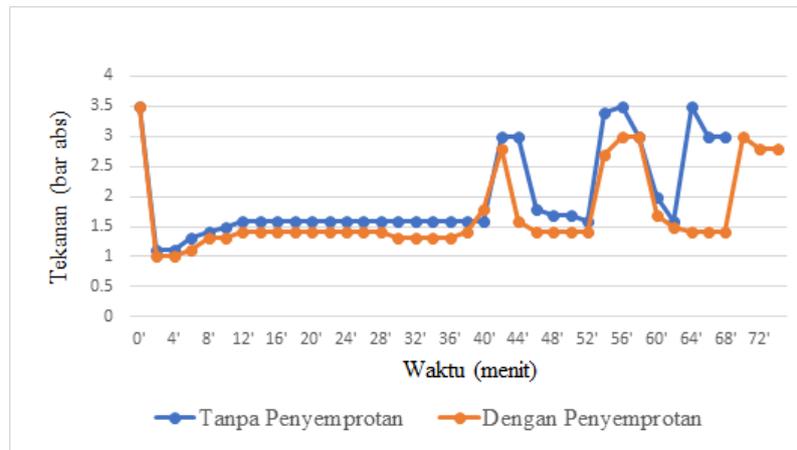


Gambar 6. Perubahan Temperatur Kabin

Dari Gambar 6 dapat dilihat temperatur tercapai pada kondisi kondenser dengan penyemprotan air kondensat lebih cepat yaitu berada di menit ke-38 dan pada kondisi kondenser tanpa penyemprotan air kondensat temperatur baru tercapai pada menit ke-40. Penyemprotan oleh air kondensat menjadikan temperatur dan tekanan pada kondenser turun [1] sehingga temperatur kondenser lebih rendah dari kondisi kondenser tanpa penyemprotan. Kemudian pipa kapiler menurunkan tekanan dan temperturnya, sehingga temperturnya lebih rendah dari temperatur kabin yang menjadikan temperatur masuk evaporator yang disemprotkan oleh air kondensat lebih rendah dari temperatur masuk evaporator yang tanpa disemprotkan oleh air kondensat yang disebabkan oleh penyemprotan secara kontinyu pada kondisi kondenser dengan penyemprotan oleh air kondensat.

3.4. Analisis Tekanan *Suction* Terhadap Waktu

Hasil dari pengumpulan data dan pengamatan tekanan suction terhadap waktu dijelaskan melalui Gambar 7.

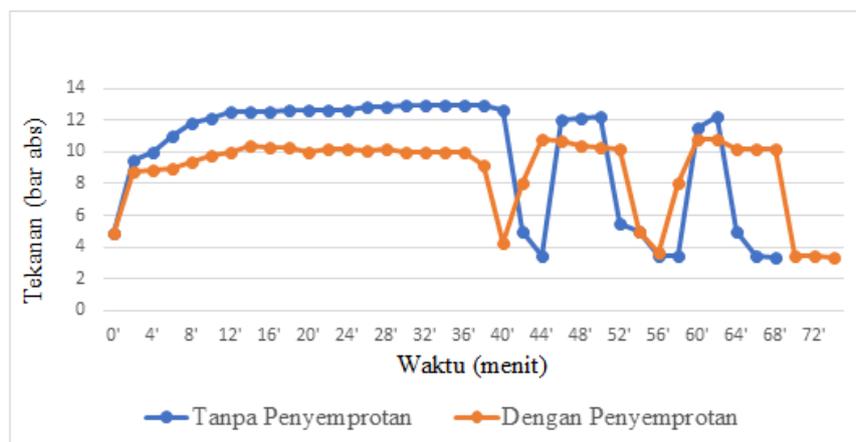


Gambar 7. Perubahan Tekanan *Suction*

Dari Gambar 7. dapat dilihat tekanan awal pada setiap kondisi kondenser sama yaitu berada pada tekanan 3,5 bar absolut. Pada menit ke-2 kondisi kondenser tanpa penyemprotan air kondensat mengalami penurunan tekanan yang lebih rendah dari kondisi kondenser dengan penyemprotan oleh air kondensat. Kondisi kondenser tanpa penyemprotan air kondensat berada ditekanan 1,1 bar absolut dan kondisi kondenser dengan penyemprotan oleh air kondensat berada pada tekanan 1 bar. Kestabilan tekanan pada kondisi kondenser tanpa penyemprotan air kondensat berada di menit ke-32 sampai menit ke-38 dengan tekanan 1,6 bar absolut dan pada kondisi kondenser dengan penyemprotan kestabilan tekanannya berada di menit ke-30 hingga menit ke-36 dengan tekanan 1,4 bar absolut. Selanjutnya pada dua kondisi mengalami fluktuasi karena adanya *cut-off* berada di 2 °C dan *cut-in* berada di 4 °C yang diatur pada selektor 1 temperatur kontrol pada kulkas.

3.5. Analisis Tekanan *Discharge* Terhadap Waktu

Hasil dari pengumpulan data dan pengamatan tekanan discharge terhadap waktu dijelaskan melalui Gambar 8.



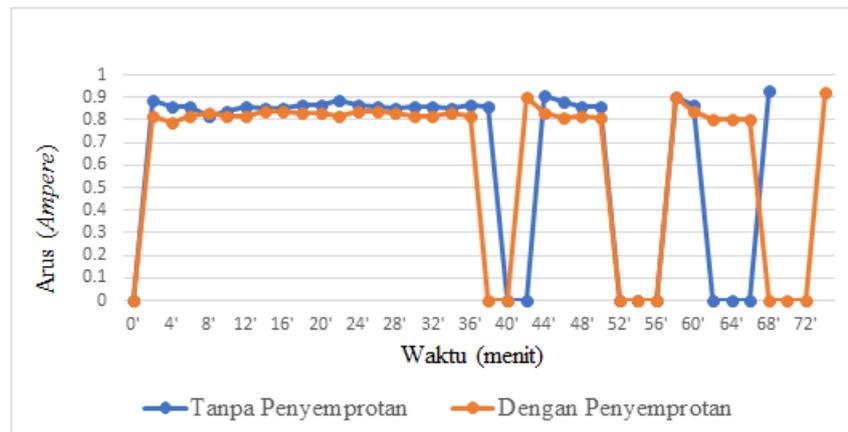
Gambar 8. Perubahan Tekanan *Discharge*

Dari Gambar 8. dapat dilihat tekanan awal pada setiap kondisi kondenser sama yaitu berada pada tekanan 4,9 bar absolut. Pada menit ke-2 kondisi kondenser tanpa penyemprotan oleh air kondensat mengalami kenaikan tekanan yang lebih tinggi dari kondisi kondenser dengan penyemprotan oleh air kondensat. Kondisi kondenser tanpa penyemprotan air kondensat berada pada tekanan 9,5 bar absolut dan

kondisi kondenser dengan penyemprotan air kondensat berada di tekanan 8,8 bar absolut. Kestabilan tekanan pada kondisi kondenser tanpa penyemprotan oleh air kondensat berada di menit ke-32 sampai menit ke-38 dengan tekanan 12,9 bar absolut dan pada kondisi kondenser dengan penyemprotan kestabilan tekanannya berada di menit ke-30 hingga menit ke-36 dengan tekanan 10 bar absolut. Selanjutnya pada dua kondisi mengalami fluktuasi karena adanya *cut-off* berada di 2 °C dan *cut-in* berada di 4 °C yang diatur pada selektor 1 temperatur kontrol pada kulkas.

3.6. Analisis Arus Terhadap Waktu

Hasil dari pengumpulan data dan pengamatan Arus terhadap waktu dijelaskan melalui Gambar 9.



Gambar 9. Perubahan Arus

Kerja kompresor sangat mempengaruhi arus listrik, semakin besar kerja kompresor maka nilai arus listrik pun akan meningkat. Seperti yang dilihat dari grafik, kondisi kondenser tanpa penyemprotan oleh air kondensat rata-rata arus listriknya lebih besar dibandingkan kondisi kondenser dengan penyemprotan oleh air kondensat. Hal ini dibuktikan oleh kerja kompresor pada kondisi kondenser tanpa penyemprotan oleh air kondensat lebih besar yaitu 43,51 kJ/kg daripada kerja kompresor pada kondisi kondenser dengan penyemprotan oleh air kondensat yaitu 42,47 kJ/kg pada kondisi stabil.

3.7. Analisis Konsumsi Daya Sistem

Dari pengumpulan data arus dan tegangan yang telah didapat, perhitungan daya dan energi listrik yang digunakan dengan Persamaan dibawah ini:

1. Kondisi kondenser tanpa penyemprotan oleh air kondensat dengan tegangan sebesar 194,67 V, arus sebesar 0,86, *chilling time* 40 menit, dan $\cos \varphi$ diasumsikan konstan pada 0,65.

$$\begin{aligned}
 P &= V \times I \times \cos \varphi \\
 &= 194,67 \times 0,86 \times 0,65 \\
 &= 108,82 \text{ watt}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 W &= P \times \text{Chilling Time} \\
 &= 108,82 \text{ watt} \times (40 / 60) \\
 &= 71,82 \text{ Wh} = 0,07 \text{ kWh}
 \end{aligned}$$

2. Kondisi kondenser dengan penyemprotan oleh air kondensat dengan tegangan sebesar 188,7 V, arus sebesar 0,82, *chilling time* 38 menit, dan $\cos \varphi$ diasumsikan konstan pada 0,65.

$$\begin{aligned}
 P &= V \times I \times \cos \varphi \\
 &= 188,7 \times 0,82 \times 0,65 \\
 &= 100,5 \text{ watt}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 W &= P \times \text{Chilling Time} \\
 &= 100,5 \text{ watt} \times (38 / 60) \\
 &= 63,65 \text{ Wh} = 0,06 \text{ kWh}
 \end{aligned}$$

Dari hasil perhitungan di atas, energi listrik pada kondisi kondenser tanpa penyemprotan oleh air kondensat untuk mencapai temperatur yang diinginkan adalah 0,07 kWh dan energi listrik pada kondisi

kondenser dengan penyemprotan oleh air kondensat untuk mencapai temperatur yang diinginkan adalah 0,06 kWh.

3.8. Perbandingan Hasil Eksperimental

Setelah dilakukan pengolahan data yang sudah dikumpulkan, maka didapatkan beberapa parameter yang dapat dibandingkan dari kondisi kondenser tanpa penyemprotan oleh air kondensat dan kondisi dengan penyemprotan oleh air kondensat dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Perbandingan Kondisi Kondenser Tanpa Penyemprotan dan dengan Penyemprotan

No	Parameter	Tanpa Disemprot	Disemprot
1	COP actual	2,91	3,2
2	COP carnot	3,97	4,21
3	Efisiensi	73,3 %	75,8 %
4	Chilling Time	40' menit	38' menit
5	Energi Listrik	0,07 kWh	0,06 kWh
6	Rasio Kompresi	43,51 kJ/kg	42,47 kJ/kg

Pada kondisi kondenser tanpa penyemprotan oleh air kondensat, dari COP hingga efisiensinya lebih kecil dibandingkan kondisi kondenser dengan penyemprotan oleh air kondensat [4]. Selain itu, hal ini berpengaruh pada *chilling time*, energi listrik yang dikeluarkan dan rasio kompresi. Pemanfaat air kondensat ini efektif untuk meningkatkan efisiensi dari sistem tersebut.

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengukuran dan pengkajian data, pemanfaatan dan hasil penggunaan air kondensat terhadap peningkatan sub-cooling kondenser kulkas satu pintu efektif [4] untuk meningkatkan kinerja sistem dengan hasil sebagai berikut:

1. Kondisi kondenser dengan penyemprotan oleh air kondensat lebih cepat mencapai temperatur rancangan yang diatur pada selektor 1 di temperatur kontrol kulkas pada suhu *cut-off* $\pm 2^{\circ}\text{C}$ dan *cut-in* $\pm 4^{\circ}\text{C}$ yang tercapai pada menit ke-38, sedangkan kondisi kondenser tanpa penyemprotan oleh air kondensat mencapai temperatur rancangan pada menit ke-40.
2. Nilai COP_{aktual}, COP_{carnot}, dan efisiensi pada kondisi kondenser dengan penyemprotan oleh air kondensat lebih besar dari kondisi kondenser tanpa penyemprotan oleh air kondensat. Nilai COP_{aktual} yang didapatkan pada kondisi kondenser dengan penyemprotan oleh air kondensat sebesar 3,2, COP_{carnot} sebesar 4,58, dan nilai efisiensinya sebesar 75,8%. Nilai COP_{aktual} yang didapatkan pada kondisi kondenser tanpa penyemprotan oleh air kondensat sebesar 2,91, COP_{carnot} sebesar 4,41, dan nilai efisiensinya sebesar 73,3%.
3. Energi listrik yang digunakan pada kondisi kondenser dengan penyemprotan oleh air kondensat lebih rendah dari kondisi kondenser tanpa penyemprotan oleh air kondensat sebesar 0,06 kWh dan energi listrik pada kondisi kondenser tanpa penyemprotan oleh air kondensat sebesar 0,07 kWh.

Daftar Pustaka

- [1] Selbas R, Kizilkan O, Sencan A, Thermoeconomic Optimization of Subcooled and Superheated Vapor Compression Refrigeration Cycle, (*Energy* 31 (2006) 2108–2128)
- [2] Sencan A, Selbas R, Kizilkan O, Kalogirou AS, Thermodynamic Analysis of Subcooling and Superheating Effects of Alternative Refrigerants for Vapour Compression Refrigeration Cycles, *International Journal of Energy Research*, (*Int. J. Energy Res.* 2006; 30:323–347)
- [3] Heidarinejad G, Moghaddam MRA, Pasharshahi H, Enhancing COP of an Air-cooled Chiller with Integrating a Water Mist System to Its Condenser: Investigating The Effect of Spray Nozzle Orientation, *International Journal of Thermal Sciences* 137 (2019) 508–525.
- [4] Lukitobudi AR, Luthfi ALW, Kaji Eksperimental Pengaruh Kondensat Untuk Mendinginkan Liquid Line Pada Chest Type Mini Cooler Dengan Metode Radiant Cooling, (*Kurvatek Vol.5, No. 1, April 2020, pp.51-57*)
- [5] Zubair MS, Thermodynamics of a Vapor-Compression Refrigeration Cycle with Mechanical Subcooling, (*Energy Vol. 19, No. 6, pp, 707–715, 1994*)
- [6] Dossat, RJ. Principle of Refrigeration and Air conditioning (2nd Edition): John Willey and Sons, New York. 1985.

