

# Verifikasi Mesin Pendingin Jenis *Cussons Technology* Dengan Serial Nomor 129 *OnWard* Ditinjau Secara Termodinamika

Ahmad Saifudin<sup>1</sup>, F.A. Widiarsa<sup>2</sup>, H.Moch.Ma'ruf<sup>3\*</sup>

<sup>1,3</sup>Jurusan Teknik Mesin Universitas Merdeka Malang

JalanTaman Agung 1 MalangIndonesia

<sup>1</sup>ahmadsaifudin2227@gmail.com, <sup>2</sup>fransiskus.widiarsa@unmer.ac.id,

<sup>3\*</sup>moch.ma'ruf@unmer.ac.id

**Abstrak**—Pengkondisian udara merupakan suatu proses pengendalian udara untuk mendapatkan temperatur dan kelembaban yang diharapkan terhadap kondisi udara suatu ruangan. Sistem pengkondisian udara menggunakan siklus kompresi uap. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui nilai unjuk kerja yang dinyatakan sebagai COP (coefficient of performance) mesin pendingin. Fluida kerja yang digunakan refrigerant R-134a. Variabel penelitian meliputi kondisi beban pemanasan awal (pre-heat), pemanas ulang (re-heat), dan variasi kecepatan udara.

Hasil dari pengujian menunjukkan bahwa nilai kalor udara tertinggi terjadi pada kondisi pre-heat 3 kW dan re-heat 1 kW dan terendah pada kondisi tanpa beban pre-heat dan re-heat. Laju aliran massa refrigerant yang tinggi menyebabkan nilai dari beberapa variabel menjadi naik seperti  $W_{\text{kompresor}}$ ,  $Q_{\text{kondensor}}$  dan  $Q_{\text{evaporator}}$ . Dari pengujian yang dilakukan didapatkan nilai coefficient of performance (COP) sebesar 3,8 sampai dengan 4,4. Nilai ini menunjukkan mesin pendingin masih dapat bekerja dengan sangat baik..

**Kata kunci**—siklus kompresi uap, laju aliran massa, pre-heat, re-heat, coefficient of performance.

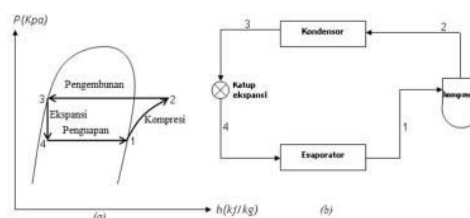
**Abstract**—Air conditioning is a process of air control to get the temperature and humidity that is desired for the air condition of the room. Air conditioning systems use a vapor compression cycle. In the cycle the refrigerant is compressed, then condensed to be liquid, then the pressure is lowered so that the fluid can evaporate. The purpose of this research is to know the coefficient performance of the cooling machine which uses the R-134a. The variable of this research consist of initial heating load (pre-heat) and reheater (re-heat) and variation of air speed.

The results of the test, shows that the highest value heat is obtained by pre-Heat 3 kW and re-heat 1 kW condition and the lowest  $Q_{\text{air}}$  value on pre-heat 0 kW and re-heat 0 kW without load condition. The high flow rate of the refrigerant mass causes the value of several variables to rise like the  $W_{\text{compressor}}$ ,  $Q_{\text{condenser}}$  and  $Q_{\text{evaporator}}$ . From the tests are obtained some value of coefficient of performance (COP) of 3.782 up to 4.375 which shows the performance value of the cooling machine is very good.

**Keywords**—vapor compression cycle, mass flow rate, pre-heat, re-heat, coefficient of performance.

## I. PENDAHULUAN

*Air Conditioning* (AC) merupakan suatu peralatan yang dapat mengkondisikan udara sehingga dapat menghasilkan temperatur dan kelembaban yang sesuai dengan kondisi kenyamanan standar. Keputusan Menteri Kesehatan Republik Indonesia No/1405/MENKES/SK/XI/2002 menjelaskan bahwa untuk udara ruangan suhu idealnya berkisar 18-28°C dengan kelembaban sebesar 40–60%, memberikan kenyamanan kerja bagi orang yang melakukan suatu kegiatan tertentu didalam ruangan tersebut. Kenyamanan dapat diperoleh dari AC yang dapat bekerja dengan baik dan dinyatakan pada nilai unjuk kerja. Alat ini bekerja dengan siklus pendingin kompresi uap.

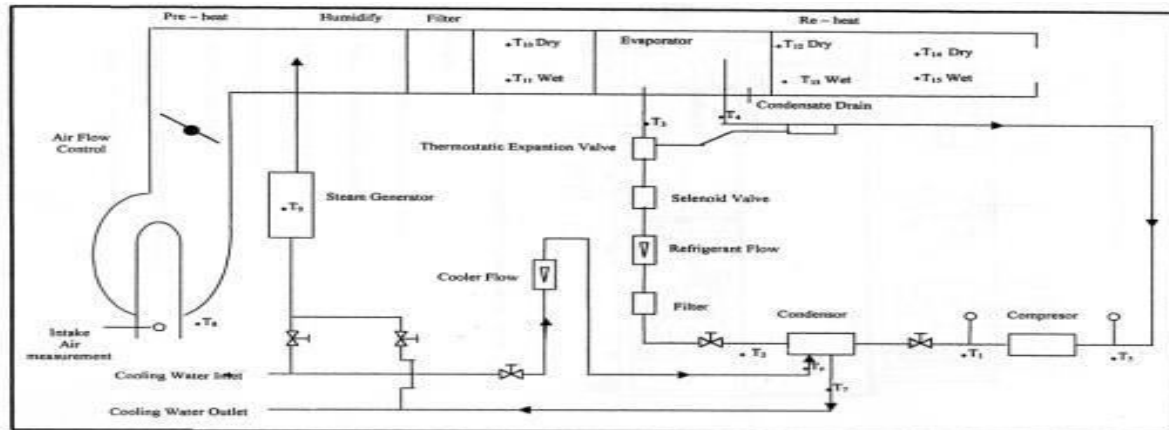


Gambar 1 : (a) Siklus pendingin kompresi uap (b) Diagram aliran.

Stoecker (1996) menyatakan unjuk kerja mesin pendingin dengan sistem kompresi uap dinyatakan dengan nilai COP (*Coefficient Of Performance*). Karena itu, penelitian ini bertujuan untuk mengetahui besar nilai COP mesin pendingin dengan menggunakan refrigeran R-134a dengan variasi beban pemanasan awal (*pre-heat*) dan pemanas ulang (*re-heat*).

## II. METODE

Metode eksperimental dengan pengujian dan pengambilan data variabel digunakan pada penelitian ini. Variabel penelitian terdiri dari variabel bebas, terikat dan kontrol. Variabel bebas yang digunakan pada penelitian ini meliputi, kecepatan udara yang melewati evaporator, beban pemanasan awal (*pre-heat*), pemanasan ulang (*re-heat*). Variabel terikat meliputi; tekanan masuk dan keluar kompresor, laju aliran massa refrigeran dan temperatur tiap-tiap titik pada sistem pendingin sebagaimana pada gambar 2.



Gambar 2 : Skema unit mesin pengkondisian udara

Alat uji pada penelitian ini berupa satu unit mesin pengkondisian udara jenis *Cussons Technology* dengan serial nomor 129 *OnWard*, digunakan untuk mendapatkan data penelitian.



Gambar 3 : Unit mesin pengkondisian udara jenis *Cussons Technology* dengan serial nomor 129 *OnWard*  
(Sumber: Laboratorium Prestasi Mesin, Teknik Mesin, Universitas Merdeka Malang)

Pembacaan data terdapat pada unit mesin pengkondisian udara berupa termometer dengan termokopel selector, flowmeter aliran air. Alat ukur lain yang digunakan pada meliputi windspeed anemometer untuk kecepatan aliran udara dan barometer.

## III. HASIL

Pengambilan data penelitian dilakukan dengan beberapa variasi; pertama tanpa beban pada *pre-heat* dan *re-heat*, dan yang kedua dengan memberikan beban pada *pre-heat* dan *re-heat*

sebagai simulasi beban pendinginan. Pemberian beban pada pemanas awal (*pre-heat*) dan pemanas ulang (*re-heat*) dilakukan dengan variasi; (1) *pre-heat* 1 kW dan *re-heat* 1 kW, (2) *pre-heat* 1 kW dan *re-heat* 3 kW dan (3) *pre-heat* 3 kW dan *re-heat* 1 kW. Data yang diperoleh disajikan pada tabel 1, 2, 3 dan 4.

TABEL I  
HASIL PENGUJIAN TANPA BEBAN PRE-HEAT DAN RE-HEAT

| NO | PARAMETER                                  | SATUAN              | PENGUJIAN |     |     |     |      |
|----|--------------------------------------------|---------------------|-----------|-----|-----|-----|------|
| A  | B                                          | C                   | 1         | 2   | 3   | 4   | 5    |
| 1  | Tekan Masuk Kompresor ( $P_1$ )            | Kgf/Cm <sup>2</sup> | 1         | 1   | 1   | 1   | 1    |
| 2  | Tekan Keluar Kompresor ( $P_2$ )           | Bar                 | 2.2       | 2   | 2   | 2.2 | 2.2  |
| 3  | Aliran Air ( <i>Water Flow</i> )           | gram/s              | 55        | 55  | 55  | 55  | 55   |
| 4  | Aliran Refigran ( <i>Refrigeran flow</i> ) | gram/s              | 22.4      | 21  | 20  | 22  | 21.8 |
| 5  | Pemanasan Awal ( <i>Pre-heat</i> )         | kW                  | 0         | 0   | 0   | 0   | 0    |
| 6  | Pemanasan Ulang ( <i>Re-heat</i> )         | kW                  | 0         | 0   | 0   | 0   | 0    |
| 7  | Listrik Yang di Pakai AC/DC                | Volt                | 220       | 220 | 220 | 220 | 220  |
| 8  | Laju aliran udara ( <i>air flow</i> )      | mph                 | 23.6      | 26  | 29  | 32  | 35   |
| 9  | Temperatur Thermocouple                    |                     |           |     |     |     |      |
|    | T <sub>1</sub>                             | <sup>0</sup> C      | 55        | 57  | 56  | 54  | 55   |
|    | T <sub>2</sub>                             | <sup>0</sup> C      | 39        | 39  | 39  | 41  | 41   |
|    | T <sub>3</sub>                             | <sup>0</sup> C      | 2         | 2   | 4   | 6   | 6    |
|    | T <sub>4</sub>                             | <sup>0</sup> C      | 10        | 5   | 7   | 8   | 8    |
|    | T <sub>5</sub>                             | <sup>0</sup> C      | 8         | 5   | 7   | 8   | 8    |
|    | T <sub>6</sub>                             | <sup>0</sup> C      | 21        | 21  | 21  | 21  | 22   |
|    | T <sub>7</sub>                             | <sup>0</sup> C      | 36        | 36  | 37  | 38  | 38   |
|    | T <sub>8</sub>                             | <sup>0</sup> C      | 18        | 20  | 20  | 21  | 20   |
|    | T <sub>9</sub>                             | <sup>0</sup> C      | 20        | 20  | 20  | 20  | 20   |
|    | T <sub>10</sub>                            | <sup>0</sup> C      | 20        | 21  | 21  | 22  | 22   |
|    | T <sub>11</sub>                            | <sup>0</sup> C      | 16        | 18  | 18  | 20  | 19   |
|    | T <sub>12</sub>                            | <sup>0</sup> C      | 13        | 12  | 13  | 14  | 14   |
|    | T <sub>13</sub>                            | <sup>0</sup> C      | 11        | 10  | 10  | 12  | 12   |
|    | T <sub>14</sub>                            | <sup>0</sup> C      | 13        | 13  | 14  | 15  | 15   |
|    | T <sub>15</sub>                            | <sup>0</sup> C      | 10        | 11  | 11  | 14  | 12   |

TABEL II  
HASIL PENGUJIAN DENGAN BEBAN PRE-HEAT 1 kW DAN RE-HEAT 1 kW

| NO | PARAMETER                                  | SATUAN              | PENGUJIAN 1 |      |     |     |     |
|----|--------------------------------------------|---------------------|-------------|------|-----|-----|-----|
| A  | B                                          | C                   | 1           | 2    | 3   | 4   | 5   |
| 1  | Tekan Masuk Kompresor ( $P_1$ )            | Kgf/Cm <sup>2</sup> | 1           | 1    | 1   | 1   | 1   |
| 2  | Tekan Keluar Kompresor ( $P_2$ )           | Bar                 | 2.2         | 2    | 2   | 2.2 | 2.2 |
| 3  | Aliran Air ( <i>Water Flow</i> )           | gram/s              | 55          | 55   | 55  | 55  | 55  |
| 4  | Aliran Refigran ( <i>Refrigeran flow</i> ) | gram/s              | 22.4        | 23.6 | 21  | 23  | 22  |
| 5  | Pemanasan Awal ( <i>Pre-heat</i> )         | kW                  | 1           | 1    | 1   | 1   | 1   |
| 6  | Pemanasan Ulang ( <i>Re-heat</i> )         | kW                  | 1           | 1    | 1   | 1   | 1   |
| 7  | Listrik Yang di Pakai AC/DC                | Volt                | 220         | 220  | 220 | 220 | 220 |
| 8  | Laju aliran udara ( <i>air flow</i> )      | mph                 | 23.6        | 26   | 29  | 32  | 35  |
| 9  | Temperatur Thermocouple                    |                     |             |      |     |     |     |
|    | T <sub>1</sub>                             | <sup>0</sup> C      | 57          | 57   | 55  | 55  | 55  |
|    | T <sub>2</sub>                             | <sup>0</sup> C      | 40          | 41   | 40  | 42  | 41  |
|    | T <sub>3</sub>                             | <sup>0</sup> C      | 6           | 7    | 6   | 8   | 7   |
|    | T <sub>4</sub>                             | <sup>0</sup> C      | 8           | 8    | 8   | 9   | 9   |
|    | T <sub>5</sub>                             | <sup>0</sup> C      | 8           | 8    | 8   | 9   | 9   |
|    | T <sub>6</sub>                             | <sup>0</sup> C      | 21          | 20   | 21  | 21  | 22  |
|    | T <sub>7</sub>                             | <sup>0</sup> C      | 37          | 37   | 38  | 39  | 39  |
|    | T <sub>8</sub>                             | <sup>0</sup> C      | 20          | 22   | 21  | 22  | 21  |
|    | T <sub>9</sub>                             | <sup>0</sup> C      | 20          | 20   | 20  | 20  | 21  |
|    | T <sub>10</sub>                            | <sup>0</sup> C      | 24          | 27   | 25  | 26  | 25  |

TABEL III  
HASIL PENGUJIAN DENGAN BEBAN PRE-HEAT 1 kW DAN RE-HEAT 3 kW

| NO | PARAMETER                                  | SATUAN              | PENGUJIAN |    |      |      |     |
|----|--------------------------------------------|---------------------|-----------|----|------|------|-----|
| A  | B                                          | C                   | 1         | 2  | 3    | 4    | 5   |
| 1  | Tekan Masuk Kompresor ( $P_1$ )            | Kgf/Cm <sup>2</sup> | 1         | 1  | 1    | 1    | 1   |
| 2  | Tekan Keluar Kompresor ( $P_2$ )           | Bar                 | 2.2       | 2  | 2    | 2.2  | 2.2 |
| 3  | Aliran Air ( <i>Water Flow</i> )           | gram/s              | 55        | 55 | 55   | 55   | 55  |
| 4  | Aliran Refigran ( <i>Refrigeran flow</i> ) | gram/s              | 22.4      | 22 | 22.6 | 23.8 | 23  |
| 5  | Pemanasan Awal ( <i>Pre-heat</i> )         | kW                  | 1         | 1  | 1    | 1    | 1   |

|   |                                       |                |      |     |     |     |     |
|---|---------------------------------------|----------------|------|-----|-----|-----|-----|
| 6 | Pemanasan Ulang ( <i>Re-heat</i> )    | kW             | 3    | 3   | 3   | 3   | 3   |
| 7 | Listrik Yang di Pakai AC/DC           | Volt           | 220  | 220 | 220 | 220 | 220 |
| 8 | Laju aliran udara ( <i>air flow</i> ) | mph            | 23.6 | 26  | 29  | 32  | 35  |
| 9 | Temperatur Thermocouple               |                |      |     |     |     |     |
|   | T <sub>1</sub>                        | <sup>0</sup> C | 55   | 56  | 55  | 57  | 60  |
|   | T <sub>2</sub>                        | <sup>0</sup> C | 41   | 40  | 40  | 42  | 46  |
|   | T <sub>3</sub>                        | <sup>0</sup> C | 7    | 7   | 7   | 7   | 12  |
|   | T <sub>4</sub>                        | <sup>0</sup> C | 9    | 8   | 9   | 9   | 14  |
|   | T <sub>5</sub>                        | <sup>0</sup> C | 9    | 8   | 9   | 9   | 14  |
|   | T <sub>6</sub>                        | <sup>0</sup> C | 20   | 20  | 21  | 21  | 26  |
|   | T <sub>7</sub>                        | <sup>0</sup> C | 38   | 37  | 38  | 39  | 43  |
|   | T <sub>8</sub>                        | <sup>0</sup> C | 22   | 23  | 22  | 24  | 28  |
|   | T <sub>9</sub>                        | <sup>0</sup> C | 20   | 19  | 20  | 20  | 25  |
|   | T <sub>10</sub>                       | <sup>0</sup> C | 27   | 26  | 26  | 28  | 31  |
|   | T <sub>11</sub>                       | <sup>0</sup> C | 23   | 23  | 22  | 25  | 28  |
|   | T <sub>12</sub>                       | <sup>0</sup> C | 17   | 15  | 16  | 17  | 21  |
|   | T <sub>13</sub>                       | <sup>0</sup> C | 10   | 11  | 10  | 12  | 14  |
|   | T <sub>14</sub>                       | <sup>0</sup> C | 27   | 30  | 28  | 29  | 29  |
|   | T <sub>15</sub>                       | <sup>0</sup> C | 19   | 22  | 19  | 21  | 23  |

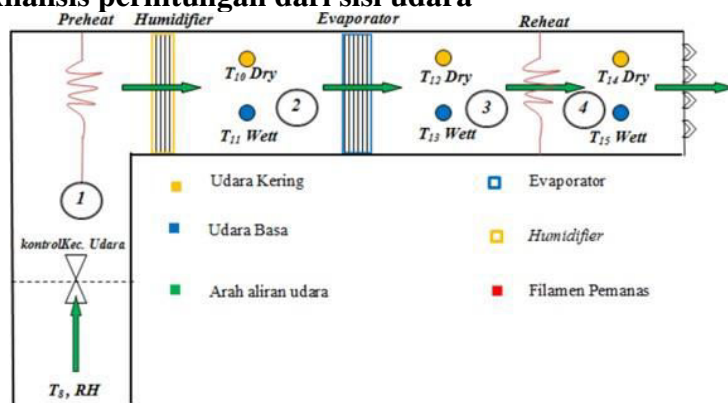
TABEL IV  
HASIL PENGUJIAN DENGAN BEBAN PRE-HEAT 3 kW DAN RE-HEAT 1 kW

| NO | PARAMETER                                  | SATUAN              | PENGUJIAN |      |     |     |     |
|----|--------------------------------------------|---------------------|-----------|------|-----|-----|-----|
| A  | B                                          | C                   | 1         | 2    | 3   | 4   | 5   |
| 1  | Tekan Masuk Kompresor (P <sub>1</sub> )    | Kgf/Cm <sup>2</sup> | 1         | 1    | 1   | 1   | 1   |
| 2  | Tekan Keluar Kompresor (P <sub>2</sub> )   | Bar                 | 2.2       | 2    | 2   | 2.2 | 2.2 |
| 3  | Aliran Air ( <i>Water Flow</i> )           | gram/s              | 55        | 55   | 55  | 55  | 55  |
| 4  | Aliran Refigran ( <i>Refrigeran flow</i> ) | gram/s              | 22        | 23.7 | 23  | 26  | 25  |
| 5  | Pemanasan Awal ( <i>Pre-heat</i> )         | kW                  | 1         | 1    | 1   | 1   | 1   |
| 6  | Pemanasan Ulang ( <i>Re-heat</i> )         | kW                  | 3         | 3    | 3   | 3   | 3   |
| 7  | Listrik Yang di Pakai AC/DC                | Volt                | 220       | 220  | 220 | 220 | 220 |
| 8  | Laju aliran udara ( <i>air flow</i> )      | mph                 | 23.6      | 26   | 29  | 32  | 35  |
| 9  | Temperatur Thermocouple                    |                     |           |      |     |     |     |

|          |                    |    |    |    |    |    |
|----------|--------------------|----|----|----|----|----|
| $T_1$    | $^{\circ}\text{C}$ | 57 | 54 | 56 | 55 | 61 |
| $T_2$    | $^{\circ}\text{C}$ | 41 | 42 | 42 | 43 | 47 |
| $T_3$    | $^{\circ}\text{C}$ | 8  | 9  | 9  | 10 | 14 |
| $T_4$    | $^{\circ}\text{C}$ | 10 | 10 | 11 | 12 | 16 |
| $T_5$    | $^{\circ}\text{C}$ | 10 | 10 | 11 | 12 | 16 |
| $T_6$    | $^{\circ}\text{C}$ | 21 | 20 | 21 | 21 | 26 |
| $T_7$    | $^{\circ}\text{C}$ | 38 | 38 | 39 | 40 | 44 |
| $T_8$    | $^{\circ}\text{C}$ | 22 | 24 | 23 | 24 | 29 |
| $T_9$    | $^{\circ}\text{C}$ | 20 | 19 | 20 | 20 | 25 |
| $T_{10}$ | $^{\circ}\text{C}$ | 32 | 34 | 33 | 34 | 38 |
| $T_{11}$ | $^{\circ}\text{C}$ | 30 | 33 | 33 | 34 | 37 |
| $T_{12}$ | $^{\circ}\text{C}$ | 18 | 18 | 19 | 20 | 24 |
| $T_{13}$ | $^{\circ}\text{C}$ | 13 | 17 | 14 | 17 | 20 |
| $T_{14}$ | $^{\circ}\text{C}$ | 22 | 25 | 24 | 25 | 28 |
| $T_{15}$ | $^{\circ}\text{C}$ | 19 | 23 | 21 | 21 | 26 |

Data hasil pengujian diolah dengan analisis perhitungan sebagai berikut;

#### Analisis perhitungan dari sisi udara



Gambar 4. Diagram Sisi Udara

Laju aliran massa udara

$$\dot{m} = \rho \cdot v \cdot A \quad (1)$$

Densitas udara  $\rho = 1,146254 \text{ kg/m}^3$  (tabel properties udara)

Kecepatan, aliran udara  $v = 35 \text{ mph} = 15,65 \text{ m/s}$  ( $1 \text{ mph} = 0,0447027 \text{ m/s}$ )

Diameter saluran  $D = 156 \text{ mm}$

Luasan penampang saluran  $A = \frac{1}{4} \pi D^2$

$$A = 0,01910376 \text{ m}^2$$

Sehingga laju aliran massa udara

$$\dot{m} = 1,146254 \left( \frac{kg}{m^3} \right) \times 15,645945 \left( \frac{m}{dt} \right) \times 0,0191(m^2) \\ = 0,3426 \text{ kg/s}$$

Panas yang melewati *pre-heat*

$$Q_{udara} = m_{udara} \cdot C_p \cdot \Delta T \dots\dots\dots (2)$$

$$Q_{udara} = m_{udara} \cdot \Delta h \quad \Delta h = (h_{keluar \text{ Preheat}} - h_{Masuk \text{ Preheat}})$$

$$Q_{udara} = m_{udara} \cdot (h_2 - h_1) \dots\dots\dots (3)$$

Nilai enthalpi pada tiap titik dapat diperoleh dengan menggunakan diagram psikometri untuk udara.

$$Q_{udara} = 0,3426 \frac{kg}{s} \cdot (60,5 \frac{kJ}{kg} - 123 \frac{kJ}{kg})$$

$$Q_{udara} = 21,4132 \frac{kJ}{s}$$

Panas yang melewati *re-heat*

$$Q_{udara} = m_{udara} \cdot C_p \cdot \Delta T \dots\dots\dots (4)$$

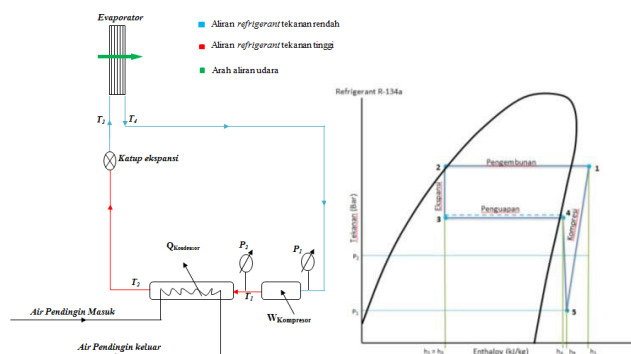
$$Q_{udara} = m_{udara} \cdot \Delta h \quad \Delta h = (h_{masuk \text{ Evaporator}} - h_{keluar \text{ Evaporator}})$$

$$Q_{udara} = m_{udara} \cdot (h_2 - h_3) \dots\dots\dots (5)$$

$$Q_{udara} = 0,024 \frac{kg}{s} \cdot (123 \frac{kJ}{kg} - 48 \frac{kJ}{kg})$$

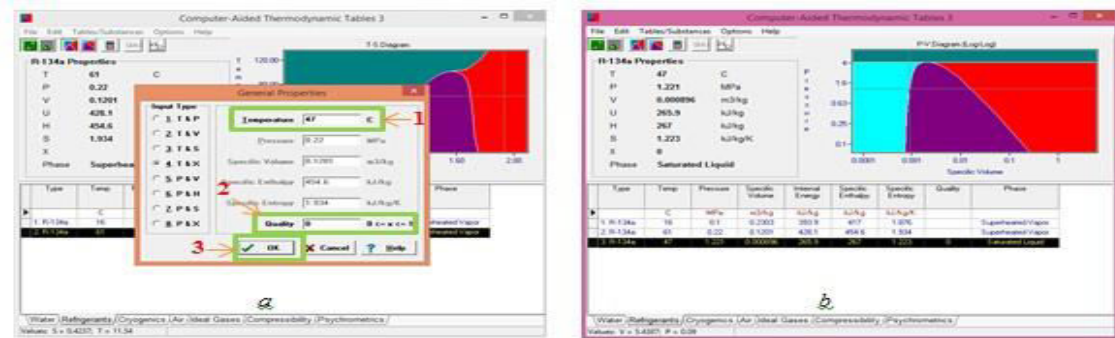
$$Q_{udara} = 26,1161 \frac{kJ}{s}$$

## Analisis perhitungan dari sisi refrijeran



Gambar 5 : (a) Diagram sisi refrijeran (b) P-h Diagram mesin refrigerasi

Perhitungan dengan siklus pendinginan kompresi uap pada sisi refrijeran dapat diselesaikan dengan bantuan aplikasi CATT (*Computer-Aided Thermodynamic Table-3*)



Gambar 6 : Tampilan (a) pemasukan data temperatur dan tekanan (b) hasil data entalpi

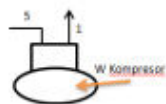
Entalpi pada tiap titik dapat diperoleh dengan memasukkan data berupa temperatur, tekanan atau kualitas cair-uap. Dengan bantuan perangkat lunak CATT, pada pengujian dengan *preheat* 3 kW dan *reheat* 1 kW didapatkan nilai entalpi pada dengan kondisi temperatur dan tekanan tiap titik yang diukur.

$$\begin{aligned}
 T_1 = 61 \text{ } ^\circ\text{C} &= 454 \text{ kJ/kg} \\
 T_2 = 47 \text{ } ^\circ\text{C} &= 267 \text{ kJ/kg} \\
 T_3 = 14 \text{ } ^\circ\text{C} &= 267 \text{ kJ/kg} \\
 T_4 = 16 \text{ } ^\circ\text{C} &= 417 \text{ kJ/kg} \\
 T_5 = 16 \text{ } ^\circ\text{C} &= 417 \text{ kJ/kg}
 \end{aligned}$$

$$\dot{m}_{\text{refrigerant}} = 25 \text{ gram/dt}$$

$$\dot{m}_{\text{refrigerant}} = \frac{22}{1000} \dot{m}_{\text{refrigerant}} = 0,025 \text{ kg/s}$$

Kerja yang dibutuhkan kompresor



$$\begin{aligned}
 W_{\text{kompresor}} &= \dot{m}_{\text{refrigerant}} \cdot (h_1 - h_5) \dots\dots\dots (8) \\
 W_{\text{kompresor}} &= 0,025 \frac{\text{kg}}{\text{s}} (454 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} - 417 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}) \\
 W_{\text{kompresor}} &= 0,9250 \frac{\text{kJ}}{\text{s}}
 \end{aligned}$$

Panas yang dibuang kondensor



$$\begin{aligned}
 Q_{\text{kondensor}} &= \dot{m}_{\text{refrigerant}} \cdot (h_1 - h_2) \dots\dots\dots (9) \\
 Q_{\text{kondensor}} &= 0,025 \frac{\text{kg}}{\text{s}} (454 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} - 267 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}) \\
 Q_{\text{kondensor}} &= 4,6750 \frac{\text{kJ}}{\text{s}}
 \end{aligned}$$

Panas yang diserap evaporator



$$Q_{\text{Evaporator}} = m_{\text{refrigerant}} \cdot (h_4 - h_3) \dots \dots \dots (10)$$

$$Q_{\text{Evaporator}} = 0,025 \frac{\text{kg}}{\text{s}} (417 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} - 267 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}})$$

$$Q_{\text{Evaporator}} = 3,75 \frac{\text{kJ}}{\text{s}}$$

Coefficient of performance(COP)

$$COP = \frac{Q_{\text{evaporator}}}{W_{\text{kompresor}}} \dots \dots \dots (11)$$

$$COP = \frac{3,75 \frac{\text{kJ}}{\text{s}}}{0,9250 \frac{\text{kJ}}{\text{s}}}$$

$$COP = 4,0541$$

Heat rejected ratio (HRR)

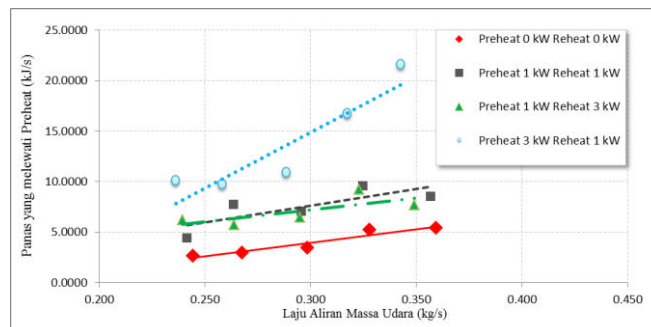
$$HRR = \frac{Q_{\text{kondensor}}}{Q_{\text{evaporator}}} \dots \dots \dots (12)$$

$$HRR = \frac{4,6750 \frac{\text{kJ}}{\text{s}}}{3,75 \frac{\text{kJ}}{\text{s}}}$$

$$HRR = 1,2467$$

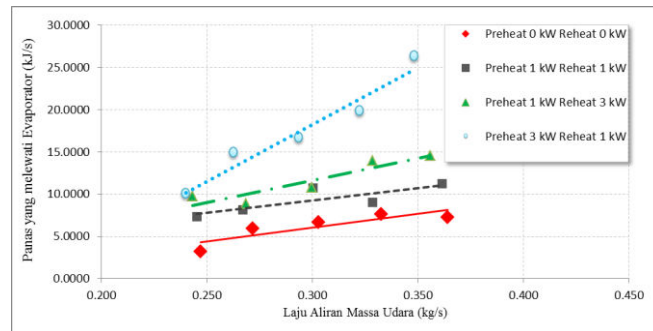
#### IV. PEMBAHASAN

Berdasarkan analisis data hasil pengujian dan perhitungan dapat dilihat hubungan antara parameter-parameter yang saling berpengaruh dan disajikan dalam grafik.



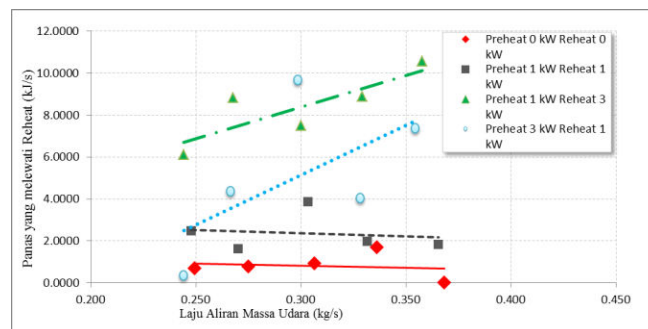
Gambar 7. Panas Yang Melewati Pre-heat terhadap Laju Aliran Massa Udara

Gambar 7 menunjukkan bahwa semakin tinggi laju aliran massa udara ( $\dot{m}$ ) akan berakibat semakin besar nilai panas ( $Q$ ) yang melewati *preheat*, pada pengujian dapat dilihat dengan beban pemanasan awal 3kW menghasilkan panas ( $Q$ ) paling besar dan laju aliran massa udara ( $\dot{m}$ ) kecil dengan beban pemanasan awal 0 kW akan menghasilkan nilai panas ( $Q$ ) paling kecil,



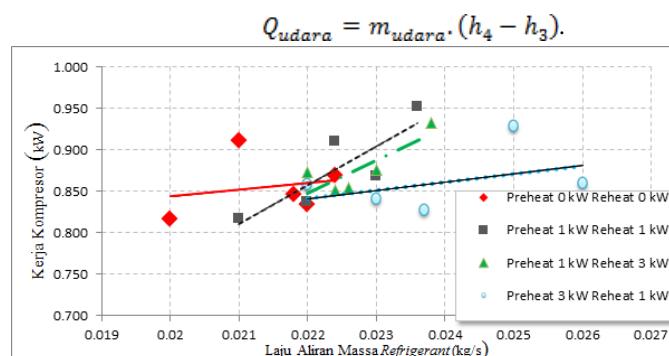
Gambar 8. Panas Yang Melewati Evaporator terhadap Laju Aliran Massa Udara

Pada gambar 8 dapat dilihat bahwa semakin tinggi laju aliran massa udara ( $\dot{m}$ ) akan berakibat semakin besar nilai panas ( $Q$ ) yang melewati evaporator, pada pengujian dapat dilihat dengan beban pemanasan awal 3kW menghasilkan panas ( $Q$ ) paling besar dan laju aliran massa udara ( $\dot{m}$ ) kecil dengan beban pemanasan awal 0 kW akan menghasilkan nilai panas ( $Q$ ) paling kecil,



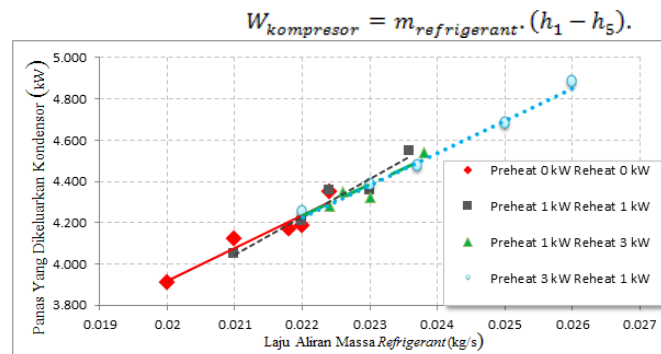
Gambar 9. Panas Yang Melewati Re-heat terhadap Laju Aliran Massa Udara

Pada gambar 9 dapat dilihat bahwa laju aliran massa udara ( $\dot{m}$ ) mempengaruhi besar nilai panas ( $Q$ ) yang melewati *re-heat*, dikarenakan laju aliran massa udara ( $\dot{m}$ ) berbanding lurus dan faktor pengalidengan panas pada *re-heat* sebagaimana pada persamaan



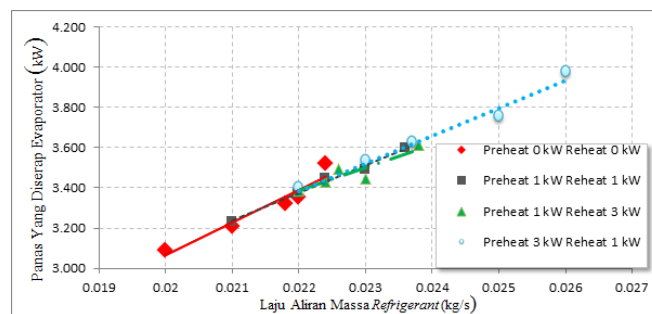
Gambar 10. Kerja Kompresor terhadap Laju Aliran Massa Refrijeran

Gambar 10 memperlihatkan grafik hubungan antar kerja kompresor ( $W_{kompresor}$ ) dengan laju aliran massa refrijerandapat dilihat dengan menarik garis linear bahwa terjadi peningkatan kerja kompresor. Hal ini disebabkan jumlah semakin banyak jumlah *refrigerant* yang mengalir mengakibatkan kompresor bekerja semakin besar untuk mensuplai *refrigerant* ke seluruh sistem. Hubungan ini memperlihatkan bahwa



Gambar 11 : Panas Yang Dikeluarkan Kondensor terhadap Laju Aliran Massa Refrijeran

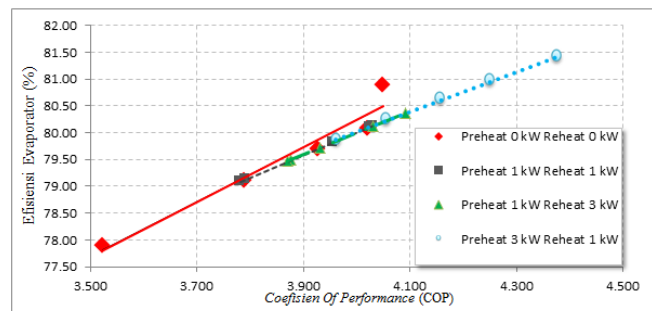
Gambar 11 memperlihatkan grafik hubungan antara panas yang dibuang kondensor ( $Q_{\text{kondensor}}$ ) dengan laju aliran massa refrigeranyang masuk menuju kondensor, semakin banyak refrijeranyang masuk ke kondensor maka semakin banyak panas yang dibuang oleh kondensor, hal ini memperlihatkan hubungan antara



Gambar 12. Panas Yang Diserap Evaporator terhadap Laju Aliran Massa Refrigerant

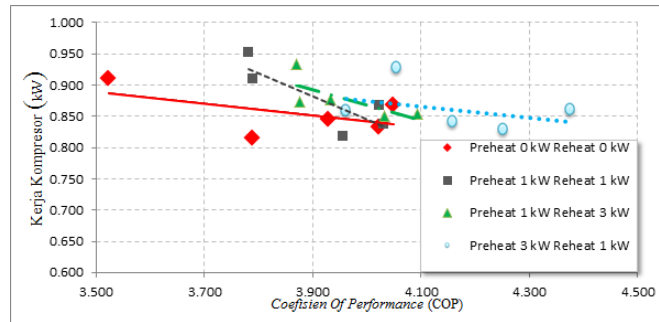
Pada gambar 12 memperlihatkan grafik hubungan antara panas yang diserap evaporator ( $Q_{\text{evaporator}}$ ) dengan laju aliran massa refrigerant ( $\dot{m}_{\text{refrigerant}}$ ), bahwa besar laju aliran massa refrigerant yang masuk akan mempercepat penyerapan panas udara yang melewati pada evaporator, hal ini disebabkan  $Q_{\text{evaporator}}$  merupakan fungsi dari persamaan

$$Q_{\text{Evaporator}} = m_{\text{refrigierant}} \cdot (h_4 - h_3).$$



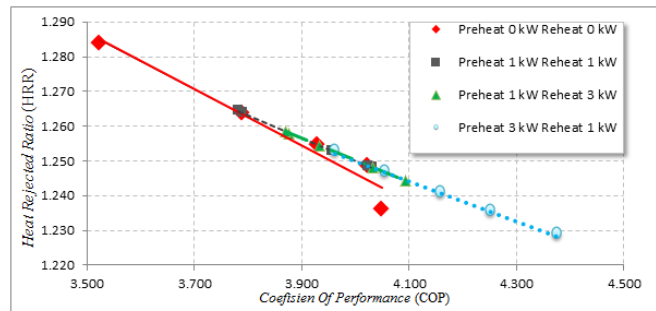
Gambar 13. Hubungan Efisiensi Evaporator dengan Coefisien Of Performance

Gambar13 menunjukkan hubungan antara efisiensi evaporator( $\eta$ ) dengan *coefficient of performance* (COP) bahwa semakin besar kemampuan evaporator dalam menerima panas ditunjukkan dengan nilai efisiensi dari evaporator semakin besar maka kemampuan dari mesin pendingin juga semakin baik ditunjukkan dengan nilai COP berbanding lurus dengan nilai efisiensi evaporator



Gambar 14. Kerja Kompresor dengan Coefficient Of Performance

Gambar 14 yang memperlihatkan hubungan antara COP dengan kerja yang dibutuhkan kompresor  $W_{\text{kompresor}}$ , bahwa semakin besar nilai  $W_{\text{kompresor}}$  maka semakin kecil nilai COP yang dihasilkan. Kerja kompresor  $W_{\text{kompresor}}$  berbanding terbalik dengan COP dan sesuai dengan persamaan



Gambar 15. Heat Rejected Ratio dengan Coefficient Of Performance

Gambar 15 yang memperlihatkan hubungan antara HRR dengan COP dapat dilihat semakin besar nilai HRR maka semakin kecil nilai COP. COP dan HRR memiliki variabel yang sama dalam fungsi yaitu panas pada evaporator,  $Q_{\text{evaporator}}$ .  $Q_{\text{evaporator}}$  berbanding lurus dengan COP yang mengakibatkan nilai COP tinggi apabila nilai  $Q_{\text{evaporator}}$  tinggi, sebaliknya akan berakibat nilai HRR rendah apabila  $Q_{\text{evaporator}}$  tinggi dikarenakan hubungan HRR dengan  $Q_{\text{evaporator}}$  berbanding terbalik. Hal ini diperlihatkan pada persamaan dibawah ini :

$$COP = \frac{Q_{\text{evaporator}}}{W_{\text{kompresor}}} \quad HRR = \frac{Q_{\text{kondensor}}}{Q_{\text{evaporator}}}$$

## V. KESIMPULAN

Dari serangkaian kegiatan pengujian, analisis dan pembahasan yang dilakukan terhadap mesin pendingin jenis cussons technology dengan serial nomor 129 onward ditinjau secara termodinamika dengan menggunakan refrigerant R134-a maka dapat ditarik simpulan sebagai berikut :

Dengan variasi kecepatan udara dari 23.6 mph sampai dengan 35 mph dengan variasi pemanasan awal (*pre-heat*) dan pemanasan ulang (*re-heat*) pada variasi preheat 3 kW dan reheat 1 kW didapat nilai  $Q_{\text{udara}}$  paling tinggi, dan pada kondisi tanpa beban preheat dan reheat diperoleh nilai  $Q_{\text{udara}}$  paling rendah. Kecepatan laju aliran massa *refrigerant* yang

tinggi menyebabkan nilai beberapa variabel menjadi naik seperti  $W_{kompresor}$ ,  $Q_{kondensor}$  dan  $Q_{evaporator}$ .

Dari empat pengujian yang dilakukan didapatkan nilai *coefisien of performance* (COP) sebesar 3,782 sampai dengan 4,375 yang menunjukkan nilai unjuk kerja dari mesin pendingin sangat bagus.

#### UCAPAN TERIMA KASIH

Kami ucapkan banyak terima kasih kepada Tuhan yang Maha Esa atas karunia dan terselesainya Jurnal ini, semoga isinya dapat bermanfaat dan dapat dipakai sebagai referensi bagi yang membutuhkannya walaupun masih banyak kekurangannya. Pada kesempatan ini juga tak lupa kami sampaikan terima kasih kepada Ketua Prodi Teknik Mesin dan Team Jurnal transmisi Unmer Malang yang sudah memfasilitasi, menerima dan meng upload Jurnal kami.

#### REFERENSI

- [1] Stoecker, W.F., Jones. J.W., 1996. Refrigeration and air conditioning. second edition., Tata McGraw-Hill Co LTD., New Delhi, 1980..
- [2] Cusson Tecnology. 1974. P5698 Air Conditoning Unit (Serial No. 129 Onward). U.K. G Cusson LTD.
- [3] Ma'ruf, M. Buku Ajar Teknik Pendingin. 2019. : Universitas Merdeka Malang Fakultas Teknik Jurusan Teknik Mesin.
- [4] Hartanto Tri Bayu. 2004. Pengaruh Beban Pemanasan Awal (Pre-Heat) Pada Refrigerant R-12 Terhadap Unjuk Kerja (Coefisient Of Performance) Mesin Pendingin Jenis Cussons Manchester M7 9RH England. Tugas akhir.

#### Daftar Notasi

Keterangannotasi pada gambar 2;

P1 : tekanan masuk kompresor

P2 : Tekanan keluar kompresor

T1 : Temperatur keluar kompresor, temperatur masuk kondensor

T2 : Temperatur keluar kondensor, temperatur masuk ketup ekspansi

T3 : Temperatur keluar katup ekspansi, temperatur masuk evaporator

T4 : Temperatur keluar evaporator

T5 : Temperatur masuk kompresor

T6 : Temperatur air masuk kondensor

T7 : Temperatur air keluar kondensor

T8 : Temperatur udara masuk blower

T9 : Temperatur alat pembuat uap

T10 : Temperatur udara kering keluar preheat

T11 : Temperatur udara basah keluar preheat

T12 : Temperatur udara kering keluar evaporator

T13 : Temperatur udara basah keluar evaporator

T14 : Temperatur udara kering keluar reheat

T15 : Temperatur udara basah keluar reheat

$\dot{m}$  = laju aliran massa { kg/s }  $\rho$  = massa jenis { kg/m<sup>3</sup> }

$v$  = Kecepatan { m/s }

$A$  = Luas { m<sup>2</sup> }

$h$  = Entalpi { kJ/kg }

$W_{\text{kompresor}}$  = Kerja yang dilakukan kompresor (kJ/s)

$Q_{\text{kondensor}}$  = Kalor yang dilepas kondensor (kJ/s)

$Q_{\text{evaporator}}$  = Kalor yang diserap evaporator (kJ/s)