

ANALISA PENGARUH ARUS ALIRAN UDARA MASUK EVAPORATOR TERHADAP COEFFICIENT OF PERFORMANCE

Ir. Syawalludin,MM,MT¹.,Muhaemin²

Lecture¹,College student²,Departemen of machine, Faculty of Engineering, University Muhammadiyah Jakarta, Jalan Cempaka Putih Tengah 27 Jakarta Pusat 10510, Tlp 021-4244016,4256024, email : syawaluddin@winayucorps.com

ABSTRAK

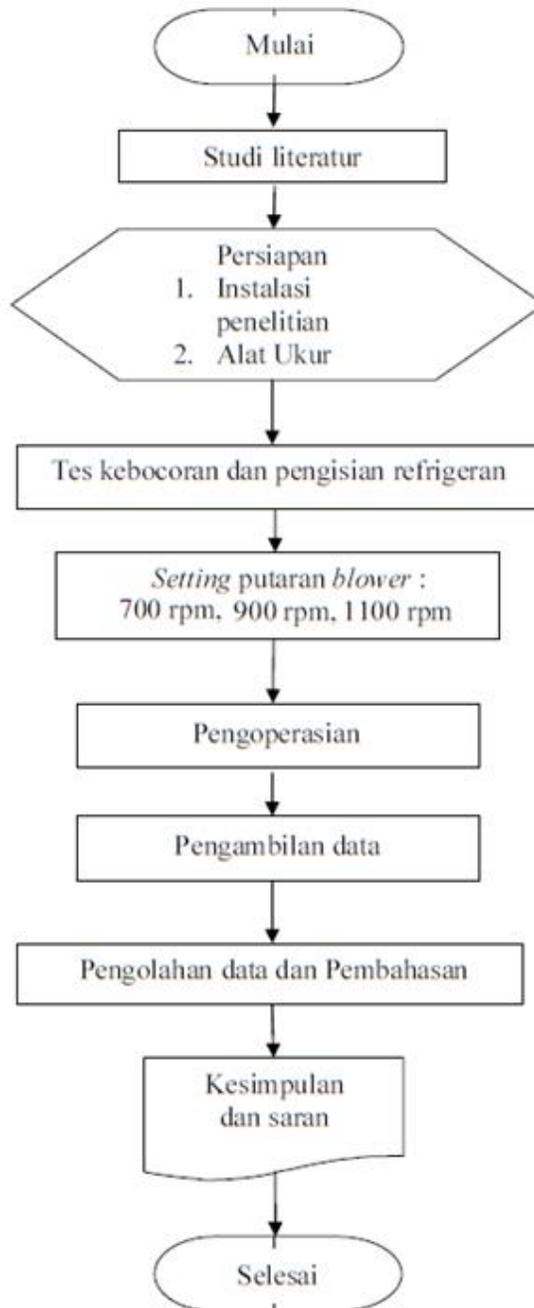
Dengan peningkatan kecepatan aliran udara pada evaporator maka akan mempengaruhi nilai koefisien prestasi dari AC ruangan 1 HP. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh variasi kecepatan aliran udara pada evaporator terhadap unjuk kerja AC ruangan ± 9000 Btu, Untuk membuat variasi kecepatan aliran udara pada evaporator dilakukan dengan melakukan variasi putaran blower yang menghembuskan udara ke evaporator. Adapun besar putaran blower yang digunakan adalah 700 rpm, 800 rpm, 900 rpm, 1000 rpm, dan 1100 rpm. Dari hasil pembahasan didapatkan kesimpulan bahwa semakin besar kecepatan aliran udara pada evaporator maka nilai COP akan semakin meningkat. Hal ini terjadi karena peningkatan kecepatan aliran udara pada evaporator akan mempercepat pertukaran kalor sehingga akan meningkatkan nilai COP.

Kata kunci : mesin pendingin, kecepatan aliran udara, koefisien prestasi, refrigeran.

1. PENDAHULUAN

Pada penelitian ini digunakan jenis mesin pendingin berupa air conditioner ruangan dengan kapasitas 1 HP. Dalam kehidupan sehari-hari sering dijumpai banyak pengguna ruangan yang menggunakan AC menginginkan kondisi ruangan yang dingin, sejuk dan nyaman. Kondisi ini dapat diwujudkan dengan melakukan berbagai modifikasi pada air conditioner ruangan tersebut. Diantaranya dengan menaikkan putaran blower sehingga meningkatkan kecepatan aliran udara sebelum masuk evaporator. Fenomena ini menarik untuk dikaji apakah kecepatan aliran udara sebelum masuk evaporator akan mempengaruhi kapasitas pendinginan. Secara analitis muncul dugaan bahwa peningkatan kecepatan udara masuk evaporator akan mempercepat pertukaran kalor yang terjadi sehingga menghasilkan COP yang tinggi. Dalam penelitian Sungadyanto. (2006) menerangkan bahwa penambahan kecepatan aliran udara masuk evaporator dengan blower akan menyebabkan koefisien prestasi meningkat. Berdasarkan penelitian tersebut, maka dilakukan penelitian tentang pengaruh kecepatan aliran udara pada evaporator kapasitas pendinginan pada AC ruangan kapasitas 1 HP.

2. DIAGRAM ALIR



Gambar 2.1 Diagram Alir Proses Penelitian

3. METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan metode eksperimental yaitu dengan melakukan pengamatan secara langsung untuk memperoleh data sebab akibat melalui eksperimen guna mendapatkan data empiris. Dalam hal ini obyek penelitian yang diamati adalah pengaruh variasi kecepatan aliran udara pada evaporator terhadap kapasitas pendinginan AC ruangan kapasitas 1 HP.

4. DATA HASIL PENELITIAN

Tabel 4.1 Data Hasil Pengujian

Putaran Blower (rpm)	T_{D1} (°C)	T_{W1} (°C)	T_{D2} (°C)	T_{W2} (°C)	T_{CON} (°C)	Q_d $\left[\frac{ml}{10 \text{ menit}} \right]$	Z (m minyak)
700	28,0	24,0	11	7,0	20,0	130	0,0022
	28,0	24,0	11	7,0	20,0	130	0,0022
	28,0	24,0	11	7,0	20,0	130	0,0022
800	28,0	24,0	13	8,0	20,5	130	0,0038
	28,5	24,5	13	8,0	20,5	110	0,0038
	28,5	24,5	13	8,0	20,5	110	0,0038
900	28,5	24,5	15	9,5	21,0	80	0,0054
	28,5	24,5	15	9,5	21,0	80	0,0054
	28,5	24,5	15	9,5	21,0	80	0,0054
1000	28,5	24,5	17	10,5	21,5	70	0,0065
	28,5	25,0	17	10,5	21,5	75	0,0065
	28,5	25,0	17	10,5	21,5	75	0,0065
1100	28,0	24,5	18	11,5	21,5	70	0,0075
	28,0	24,5	18	11,0	21,5	70	0,0075
	28,5	24,5	18	11,5	21,5	70	0,0075

Dimana :

rpm = satuan putaran blower yang dihasilkan oleh alat penelitian , (rpm)

T_{D1} = temperatur udara kering sebelum ke evaporator, (°C)

T_{W1} = temperatur udara basah sebelum ke evaporator, (°C)

T_{D2} = temperatur udara kering setelah dari evaporator, (°C)

T_{W2} = temperatur udara basah setelah dari evaporator, (°C)

T_{CON} = temperatur air hasil pengembunan evaporator (temperatur air kondensat), (°C)

Z = ketinggian yang ditunjukkan manometer, (m minyak)

Q_d = debit air kondensat, volume tiap detiknya, (ml/10 menit)

4.1 Perhitungan Data

Disini akan ditunjukkan perhitungan data dari hasil eksperimen dengan kecepatan blower 700 rpm :

- Temperatur udara kering sebelum ke evaporator, T_{D1} : 28°C
- Temperatur udara basah sebelum ke evaporator, T_{W1} : 24°C

- c. Temperatur udara kering sesudah evaporator, TD₂ : 11°C
- d. Temperatur udara kering sebelum ke evaporator, TW₂ : 7°C
- e. Debit air kondensasi, Q_d = 130 mL/10 menit
- f. Temperatur air hasil pengembunan dari evaporator, TCON = 7°C
- g. Ketinggian yang ditunjukkan manometer, Z = 0,0022 m minyak

4.2 Menentukan Kelembaban, Eenthalpi, dan Volume Spesifik

Dicari dari diagram psikometri berdasarkan nilai dari TD₁ dan TW₁, (m³/kg)

Besaran yang didapat dari diagram psikometri berdasarkan data-data yang ada, yaitu :

TD ₁ = 28°C	TD ₂ = 11°C
TW ₁ = 24°C	TW ₂ = 7°C
O ₁ = 71 %	O ₂ = 55 %
h ₁ = 73 kJ/kg	h ₂ = 23 kJ/kg
v ₁ = 0,878 m ³ /kg	v ₂ = 0,81 m ³ /kg

4.3 Perhitungan debit aliran yang keluar dari evaporator pada ujung air duct.

Untuk menghitung debit aliran lewat alat ukur, dengan menggunakan rumus gabungan antara kontinuitas dan Bernoulli, yaitu :

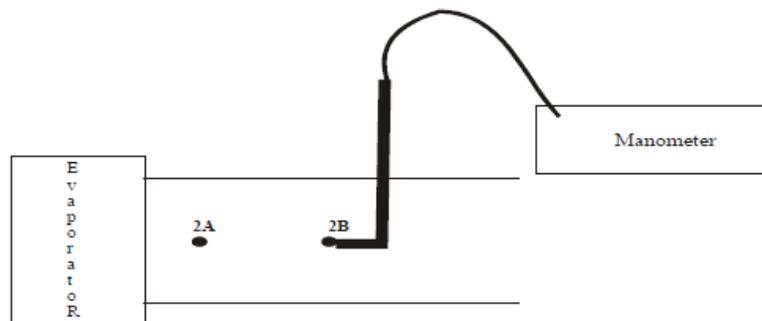
$$m_2 = \rho \times A_2 \times V_{2A} \quad [\text{Kg/s}]$$

Diketahui :

$$\rho = \frac{P_{2A}}{R \times (273 + T_{D2}^{\circ\text{C}})} \quad [\text{Kg/m}^3]$$

Sehingga rumus menjadi :

$$\dot{m}_2 = \frac{P_{2A}}{R \times (273 + T_{D2}^{\circ\text{C}})} \times A_2 \times V_{2A} \quad [\text{Kg/s}]$$



Diketahui:

$$A_2 = 50 \text{ (cm)} \times 50 \text{ (cm)} = 2500 \text{ cm}^2 = 0,025 \text{ m}^2$$

$$\begin{aligned} \rho &= \frac{P_{2A}}{R \times (273 + T_{D2}^{\circ\text{C}})} \\ &= \frac{1,01325 \times 10^5 \left(\frac{\text{N}}{\text{m}^2}\right)}{287 \left(\frac{\text{J}}{\text{KgK}}\right) \times 284 \text{ K}} \\ &= 1.24 \text{ Kg/ m}^3 \end{aligned}$$

Pada titik 2A

$$P_{2A\text{Abs}} = 1,01325 \times 10^5$$

$$T_{2A} = 11^\circ\text{C}$$

$$= (273 + T_{2A})$$

$$= (273 + 11^\circ\text{C})$$

$$= 284 \text{ (K)}$$

Pada titik 2B

$$P_{2B\text{Abs}} = P_{\text{gauge}} + P_{\text{atm}}$$

$$= (\rho \times g \times h) + P_{\text{atm}}$$

$$= 4,55 \times 10^3 (\text{kg/m}^3) \times 10 (\text{m/s}^2) \times 0,0022 \times 10^3 (\text{mm}) + 2,1553 \times$$

$$1,01325 \times 10^5 (\text{N/m}^2)$$

$$= 1,0154075 \times 10^5 \text{ N/m}^2$$

Dengan menggunakan rumus Bernoulli untuk fluida kompresibel maka besarnya kecepatan aliran udara pada titik 2A (V_{2A}), adalah:

$$\left[\frac{P_{2B\text{Abs}}}{P_{2A\text{Abs}}} \right] = \left[1 + \left[\frac{k-1}{2} \right] \times \left[\frac{V_{2A}}{C} \right]^2 \right]^{\frac{k}{k-1}}$$

$$\left[\frac{P_{2B\text{Abs}}}{P_{2A\text{Abs}}} \right]^{\frac{k-1}{k}} = \left[1 + \left[\frac{k-1}{2} \right] \times \left[\frac{V_{2A}}{k \times R \times (273 + T^\circ\text{C})} \right]^2 \right]$$

$$\left[\frac{1,0154075 \times 10^5}{1,01325 \times 10^5} \right]^{\frac{0,4}{1,4}} = \left[1 + \left[\frac{0,4}{2} \right] \times \left[\frac{V_{2A}}{1,4 \times 287 \times (273 + 284)} \right]^2 \right]$$

$$1,00212925 = \left[1 + \frac{0,2 \times (V_{2A})^2}{114111,2} \right]$$

$$0,00212925 = \frac{0,2 \times (V_{2A})^2}{114111,2}$$

$$V_{2A} = \sqrt{\frac{114111,2 \times 0,00212925}{0,2}}$$

$$= 18,624 \text{ m/s}$$

Sehingga didapat besarnya debit aliran pada titik 2, yaitu:

$$\dot{m}_2 = 1,24 (\text{kg/m}^3) \times 0,25 (\text{m}^2) \times 18,624 (\text{m/s})$$

$$\dot{m}_2 = 5,787872 \text{ Kg/s}$$

4.4 Perhitungan debit air kondensasi

$$\dot{m}_3 = \rho \times A_3 \times V_3$$

Diketahui :

$$Q_d = 130 (\text{mL}/10 \text{ menit})$$

$$T_{\text{CON}} = 11^\circ\text{C}$$

$v_3 = 0,0010017 (\text{m}^3/\text{kg})$, didapat dari tabel sifat-sifat cairan dengan T_{CON} sebagai acuan, (berdasarkan lampiran table uap jenuh).

Sehingga rumus menjadi :

$$\dot{m}_3 = \rho \times Q_d \quad \text{Kg/s}$$

$$\dot{m}_3 = \frac{Q_d}{v_3}$$

$$\dot{m}_3 = \frac{\frac{130}{600 \times 10^6} \left[\frac{\text{m}^3}{\text{s}} \right]}{1,0017 \times 10^{-3} \left[\frac{\text{m}^3}{\text{kg}} \right]}$$

$$\dot{m}_3 = 0,0000216 \text{ Kg/s}$$

4.5 Perhitungan debit aliran udara sebelum ke evaporator

$$\frac{dm}{dt} = 0,$$

Persamaan kontinuitas yang diterapkan pada evaporator dalam keadaan aliran steady. Sehingga rumus yang digunakan :

$$\dot{m}_1 = \dot{m}_2 + \dot{m}_3$$

$$\begin{aligned} \dot{m}_1 &= 5,787882 \text{ (kg/s)} + 0,0000216 \text{ (kg/s)} \\ &= 5,788098 \text{ Kg/s} \end{aligned}$$

4.6 Perhitungan kecepatan aliran udara

$$\dot{m}_1 = \rho \times A_1 \times V_1$$

$$\text{Atau, } \dot{m}_1 = \frac{A_1 \times V_1}{v_1}$$

Diketahui :

$$\dot{m}_1 = 5,788098$$

$$v_1 = 0,878$$

$$A_1 = 20 \text{ (cm)} \times 30 \text{ (cm)} = 600 \text{ (cm}^2\text{)} = 0,06 \text{ (m}^2\text{)}$$

$$\dot{m}_1 = \frac{A_1 \times V_1}{v_1} \left[\frac{\text{kg}}{\text{s}} \right]$$

$$V_1 = \frac{\dot{m}_1 \times v_1}{A_1} \left[\frac{\text{m}}{\text{s}} \right]$$

$$V_1 = \frac{5,788098 \text{ (kg/s)} \times 0,878 \text{ (m}^3\text{/kg)}}{0,06 \text{ (m}^2\text{)}}$$

$$V_1 = 84,699 \left[\frac{\text{m}}{\text{s}} \right]$$

4.7 Penggunaan tabel sifat-sifat cairan dan uap jenuh

Tabel uap jenuh digunakan untuk mencari entalpi air kondensasi, dengan menggunakan data, $T_{\text{CON}} = 20 \text{ (}^\circ\text{C)}$ dan tekanan jenuh = 0,10 MPa. Didapat besarnya entalpi air kondensasi sebesar $h_3 = 83,86 \text{ (kJ/kg)}$, (berdasarkan lampiran table uap jenuh).

4.8 Perhitungan laju perpindahan kalor

$$\dot{m}_1 \times h_1 = \dot{m}_2 \times h_2 + \dot{m}_3 \times h_3 + Q_1$$

Sehingga laju perpindahan kalor yang diserap evaporator, yaitu :

$$Q_1 = \dot{m}_1 \times h_1 - (\dot{m}_2 \times h_2 + \dot{m}_3 \times h_3) \text{ KJ/s}$$

$$Q_1 = [5,7880 \text{ (kg/s)} \times 73 \text{ (kJ/kg)}] - [(5,7878 \text{ (m/s)} \times 23 \text{ (kJ/kg)} + 0,000216 \text{ (kg/s)} \times 83,86)] \text{ (kJ/kg)}$$

$$Q_1 = 289,39 \text{ KJ/s}$$

4.9 Perhitungan COP

$$\begin{aligned} \text{COP}_{\text{aktual}} &= \frac{Q_1}{W_{\text{comp}}} \\ &= \frac{289,39 \text{ (kJ/s)}}{90,99 \text{ (kJ/s)}} \\ &= 3,18 \end{aligned}$$

4.10 Data Hasil Perhitungan

Table 4.2. Data Hasil Perhitungan II

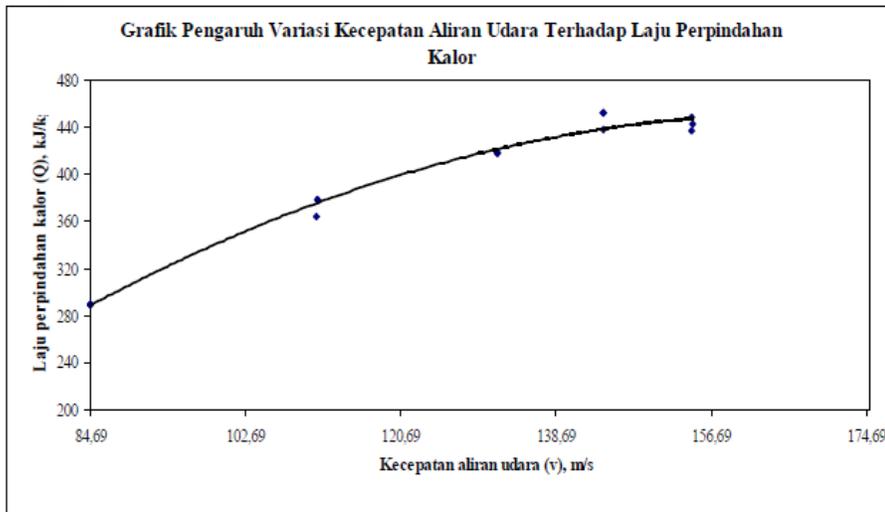
<i>Putaran Blower (RPM)</i>	V_1 <i>(m /s)</i>	Q_{REF} <i>(kW)</i>	COP <i>akt</i>
700	84,699	289,39	3,18
	84,699	289,39	3,18
	84,699	289,39	3,18
800	110,895	363,74	4,00
	111,021	378,90	4,16
	111,021	378,90	4,16
900	131,848	418,48	4,60
	131,848	418,48	4,60
	131,848	418,48	4,60
1000	144,127	437,78	4,81
	144,127	452,54	4,97
	144,127	452,54	4,97
1100	154,349	437,72	4,81
	154,349	448,27	4,93
	154,524	443,00	4,87

4.11 Variasi Kecepatan Aliran Udara

Tabel 4.3 Penyetaraan kecepatan blower dengan kecepatan aliran udara sebelum masuk ke evaporator

No	Blower (rpm)	Kecepatan Aliran Udara (m/s)
1	700	84,699
2	800	111,021
3	900	131,848
4	1000	144,127
5	1100	154,349

4.12 Grafik Pengaruh Variasi Kecepatan Aliran Udara Terhadap Laju Perpindahan Kalor



Gambar 4.1 Grafik pengaruh variasi kecepatan aliran udara terhadap laju perpindahan Kalor di evaporator

Grafik diatas menunjukkan adanya pengaruh variasi kecepatan aliran udara terhadap laju perpindahan panas yang terjadi di evaporator. Perubahan yang terjadi bersifat parabolik. Semakin meningkat kecepatan aliran udara sebelum masuk ke evaporator, maka nilai laju perpindahan panas yang dihasilkan akan semakin besar pula.

Pada titik $V_1 = 84,699 - 154,349$ (m/s), besarnya kecepatan aliran udara diiringi oleh besarnya laju perpindahan panas. Kenaikan nilai kecepatan aliran udara yang mengalir sebelum masuk ke evaporator mengakibatkan kenaikan bilangan Reynolds.

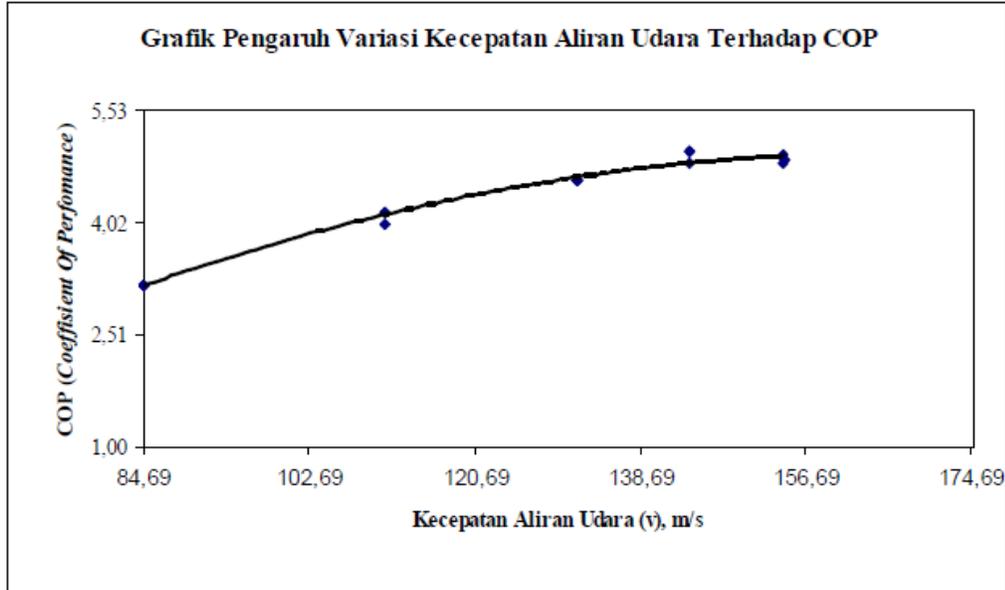
Hal ini dapat dilihat, dengan rumus mencari bilangan Reynolds, yaitu :

$$Re = \frac{V_1 \times \delta}{\nu_1}$$

Dimana :

- V_1 = kecepatan aliran bebas (m/s)
- δ = panjang karakteristik geometri (m)
- ν_1 = viskositas kinematik fluida (m^2/s)
- ρ = massa jenis (kg/m^3)
- μ = viskositas dinamik (kg/m.s)

4.2.3 Grafik Pengaruh Variasi Kecepatan Aliran Udara Terhadap COP



Gambar 4.2 Grafik pengaruh variasi kecepatan aliran udara terhadap COP

Dengan daya kompresor yang konstan yaitu sebesar 90,99 kW. Sedangkan nilai laju perpindahan panas yang cenderung berubah. Maka nilai COP yang dihasilkan berbanding lurus dengan adanya rumusan : $COP = \frac{Q_1}{W_{comp}}$. Hal ini sesuai dengan pembahasan grafik hubungan pengaruh variasi kecepatan aliran udara terhadap laju perpindahan kalor pada sub bab 4.2.3. diatas. Indeks prestasi mesin pendingin (COP) tertinggi yaitu 4,87 terjadi pada kecepatan aliran udara sebelum ke evaporator sebesar 154,524 m/s.

5.1. KESIMPULAN

1. Kecepatan aliran udara sebelum masuk ke evaporator mempengaruhi unjuk kerja AC pendingin ruangan 1 HP yang dalam hal ini ditunjukkan oleh besarnya nilai *coefficient of performance* (COP).
2. Coefficient of performance (COP) tertinggi yaitu 4,84 terjadi pada kecepatan aliran udara sebesar 154,524 m/s. Sedangkan COP terkecil terjadi pada kecepatan aliran udara 84,699 m/s yaitu sebesar 3,18.

5.2 SARAN

1. Penelitian ini dapat dikembangkan lagi dengan menggunakan refrigeran selain R-22 yang lebih ramah lingkungan, sehingga akan didapatkan hasil penelitian yang lebih baik.
2. Penelitian masih dapat dikembangkan lagi dengan mengambil rentang batas yang lebih luas, baik untuk kecepatan aliran udara maupun tingkat kelembaban.

DAFTAR REFERENSI

- [1]. Arismunandar W., Saito H., 1986, *Penyegaran udara*, PT. Pradnya Paramita, Jakarta.
- [2]. Arora C.P., 1981, *Refrigeration and Air Conditioning*, Tata McGraw-Hill Publishing Company, New Delhi.
- [3]. Carrier Air Conditioning Company, 1965, *Handbook of Air Conditioning System Design*, McGraw-Hill Book Company, New-York.
- [4]. Doosat, R.J., 1981, *Principle of Refrigeration*, John Wiley & Sons, New-York.
- [5]. Gunawan R., 1998, *Pengantar Teori Teknik Pendingin (Refrigerasi)*, Direktorat Jendral Pendidikan Tinggi, Jakarta.
- [6]. Karyanto E., Paringga E., 2003, *Teknik Mesin Pendingin*, CV. Restu Agung, Jakarta.
- [6]. I.R. Prajitno, 2003, *Pendingin dan Pemanas (TKM 543)*, Edisi Pertama, Teknik Mesin UGM, Yogyakarta.
- [7]. Stoecker W.F., Jones J.W., 1982, *Refrigerasi dan Pengkondisian Udara*, Airlangga, Jakarta.
- [8]. Cengel, A. Yunus & Boles, A. Michael, *Thermodynamics An Engineering Approach*, Fourth Edition, McGraw - Hill, New York 2002.
- [9]. Yuli Setyo Indartono, "Perkembangan Terkini Teknologi Refrigerasi (1)", 2006, www.beritaiptek.com.
- [10]. Sungadyanto, 2006, "Studi Eksperimental Performa Mesin pengkondisian Udara", Universitas Negeri Semarang