

BAB IV PENGOLAHAN DATA

4.1 Data Hasil Pengujian

Setelah mengidentifikasi jenis AC penulis memilih AC LG S18LFG 2 PK yang berada dilingkungan jurusan Teknik Industri Fakultas Teknik UNPAS Bandung sebagai sampel penelitian. Pengujian ini dilakukan sebagai pembandingan antara hasil yang telah dihitung menggunakan Microsoft Excel dan data hasil pengujian.

Pada pengujian ini penulis melakukan 2 kali pengujian. Pengujian I untuk menentukan performansi AC tersebut dan pengujian ke II untuk mengetahui temperatur servis yang keluar saluran yang akan digunakan sebagai parameter pengeringan.

AC yang berada dilingkungan jurusan Teknik Industri Fakultas Teknik UNPAS Bandung memiliki spesifikasi AC sebagai berikut :

1. *Merk* : LG S18LFG 2 PK
2. *Cooling Capacity* : (Min - Rating - Max) 5275 kW
3. *EER Cooling* : 10.2 Btu/h
4. *Power Input Cooling* : 1780 Watt
5. *Maks CFM* : 15 m³/min
6. *Net WeightIndoor Unit* : 15 kg/lbs
7. *Outdoor Unit* : 57 kg/lbs
8. *FeaturesTemperature* : ControlYesCHAOS
9. *Wind* : (Auto Wind)YesJet CoolYes



Gambar 4.1 AC Outdoor LG S18LFG 2 PK

4.1.1 Data Pengujian I

Pada pengujian yang pertama parameter yang dicari adalah temperatur refrigeran masuk kompresor, temperatur refrigeran keluar kompresor, temperatur lingkungan, temperatur keluar kondensor, temperatur udara sekitar *fan*, kecepatan angin keluar kondensor, tegangan, kuat arus, $\cos \phi$, dimensi AC *outdoor* dan diameter lubang *fan*.



Gambar 4.2 Bagian dalam AC *outdoor*

Tabel 4.1 Data hasil pengujian I AC *Outdoor* merk LG S18LFG 2 PK

Parameter	Kompresor					Rata-rata	Satuan
	1	2	3	4	5		
Temperatur masuk Kompresor	4	4,2	4,1	4,4	4,3	4,2	^o C
Temperatur keluar Kompresor	83	85	90	86	84	85,6	^o C
Cos ϕ	0,89	0,89	0,89	0,89	0,89	0,89	
Tegangan (kabel Cokelat-biru)	207	207	207	207	207	207	Volt
Tegangan (kabel Cokelat-merah)	210	210	210	210	210	210	Volt
Kuat Arus (kabel merah)	4,2	4,2	4,2	4,2	4,2	4,2	Ampere
Kuat Arus (kabel biru)	7,6	7,6	7,6	7,6	7,6	7,6	Ampere
Parameter	Kondensor					Rata-rata	Satuan
	1	2	3	4	5		
Temperatur masuk	71	72	72	80	76	74,2	^o C
Temperatur keluar	22	21	25	24	23	23	^o C
Parameter	Fan					Rata-rata	Satuan
	1	2	3	4	5		
Kecepatan udara	6,3	5,7	5,5	5,8	6	5,86	m/s
Temperatur udara sekitar Fan	34,2	30,8	37	38,4	33,4	34,76	^o C
Diameter lubang Fan ϕ	450	450	450	450	450	450	mm
Parameter	Dimensi AC Outdoor					Rata-rata	Satuan
	1	2	3	4	5		
Panjang, P	760	760	760	760	760	760	mm
Lebar, L	240	240	240	240	240	240	mm
Tinggi, T	520	520	520	520	520	520	mm

Bab IV Pengolahan Data

Berdasarkan Data hasil pengujian AC *Outdoor* merk LG S18LFG 2 PK, maka dapat diambil sebuah data rata-rata hasil pengujian yang nantinya akan digunakan sebagai variabel untuk proses perhitungan. Data rata-rata hasil pengujian tertera pada tabel 4.2.

Tabel 4.2 Data Rata-rata hasil pengujian AC Outdoor merk LG S18LFG 2 PK

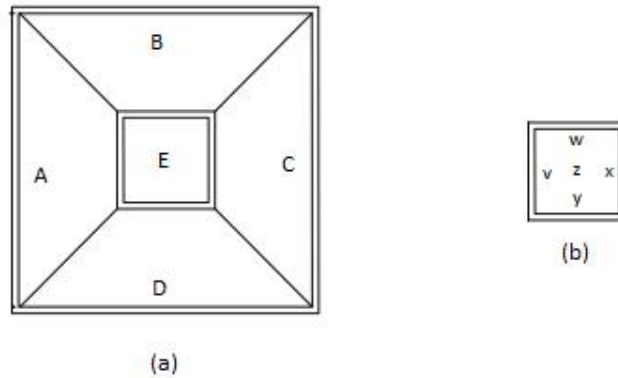
No	Parameter	Kompresor	Satuan
		Rata-rata	
1	Temperatur masuk Kompresor	16.4	$^{\circ}\text{C}$
2	Temperatur keluar Kompresor	85.6	$^{\circ}\text{C}$
3	Cos ϕ	0.89	
4	Tegangan (kabel Coklat-merah)	210	Volt
5	Kuat Arus	7.6	Ampere
	Parameter	Kondendor	Satuan
		Rata-rata	
6	Temperatur masuk	74.2	$^{\circ}\text{C}$
7	Temperatur keluar	23	$^{\circ}\text{C}$
	Parameter	Fan	Satuan
		Rata-rata	
9	Kecepatan udara	6.86	m/s
10	Temperatur udara sekitar fan	40.4	$^{\circ}\text{C}$
12	Diameter fan	450	mm

4.1.2 Data Pengujian II

Pada pengujian kedua parameter yang dicari adalah temperatur keluar kondensor AC dengan saluran, mengukur temperatur keluar saluran, temperatur lingkungan, temperatur sekitar saluran, temperatur rumah AC *outdoor*, kecepatan angin keluar saluran dan kecepatan angin sekitar saluran. Pengujian dilakukan 10 kali dengan data yang digunakan yaitu data rata-rata dari setiap pengujian.



Gambar 4.3 AC *outdoor* dan saluran



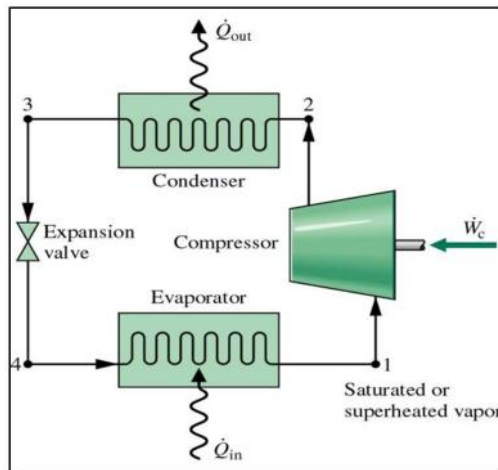
Gambar 4.4 Skema titik pengukuran pada saluran (a) penampang masuk saluran, (b) penampang keluar saluran.

Tabel 4.3 Data hasil pengujian II AC outdoor dengan saluran

No	Titik pengukuran	Temperatur masuk saluran										Rata-rata	Satuan
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
1	A	58	64	68,5	66,8	71,4	65,9	65,1	67,6	65,2	64,6	65,71	°C
2	B	61	60,6	67,8	69,1	70,8	66,3	66,2	69,7	67,7	66,8	66,6	°C
3	C	64,1	64,2	70,8	71	76,3	72,1	67,5	72,4	70,5	69,1	69,8	°C
4	D	62	61,8	71,2	70,5	73,6	73,5	67,8	74,4	72,9	65,8	69,35	°C
5	E	61	63	68,4	69,7	71,1	68,3	65,3	70,6	68,9	68,4	67,47	°C
	Titik pengukuran	Temperatur keluar Saluran											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
6	V	53	60,8	62,4	63,2	67,9	65,3	63,6	60,2	65,1	61,6	62,31	°C
7	W	54,8	60,3	62,8	64,1	65,1	65,2	63,7	62,6	64,2	62	62,48	°C
8	X	55,1	59,3	64,2	62,7	66,8	65,5	64,8	61,9	64,8	60,8	62,59	°C
9	Y	56	59,7	63,3	62,2	67,3	65,3	65,3	62,3	64,9	62,2	62,85	°C
10	Z	54,5	59,5	63,5	62,4	66,7	65,2	65,2	63,3	65,5	62,9	62,87	°C
	Titik pengukuran	Temperatur Lingkungan											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
11	T	26,1	28	26,3	27,8	30,3	29,3	32,6	32,3	33,8	31,2	29,77	°C
	Titik pengukuran	Kecepatan udara sekitar saluran											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
12	V	2	1,5	1,9	2,7	1,9	1,9	1,7	1,7	1,2	1,2	1,77	m/s
13	W	2,4	1,8	1,8	1,9	1,8	1,7	1,8	1,9	1,4	1,5	1,8	m/s
14	X	2	1,6	1,5	1,2	1,5	1,5	1,6	2	1,6	1,7	1,62	m/s
15	Y	1,6	1,8	1,6	1,6	1,6	1,5	1,4	1,6	1,5	1,4	1,56	m/s
16	Z	1	1,2	0,8	1,4	1,3	1,4	1,2	1,8	1,3	1,3	1,27	m/s
	Titik pengukuran	Kecepatan Udara sekitar saluran											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
17	Samping kiri	2	0,3	2,3	0,7	0,6	0,5	0,2	0,8	0,5	0,8	0,87	°C
18	Samping kanan	2,1	0,1	2,7	0,3	0	0,4	0,2	0,9	0,7	0,8	0,82	°C
19	Samping Atas	1,2	0,3	2,2	0,3	0,5	1	0,4	1,1	0,9	1	0,89	°C
20	Samping Bawah	0,5	0,5	1,6	0,1	0,3	0,3	0,1	0,6	0,2	0,5	0,47	°C

4.2 Pengolahan Data

Di dalam siklus refrigerasi mengalir fluida/bahan pendingin (refrigeran) yang dapat menyerap kalor pada temperatur rendah, dimana panas diserap oleh udara luar, sehingga membawa refrigeran kembali ke bentuk awal (atau cair). Bahan pendingin ini mudah berubah wujud dari cair ke gas dan sebaliknya.

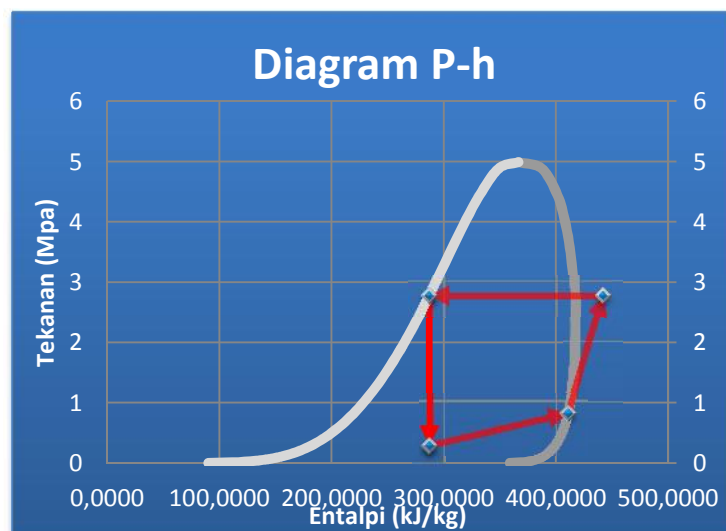


Gambar 4.5 Skema siklus sistem refrigerasi

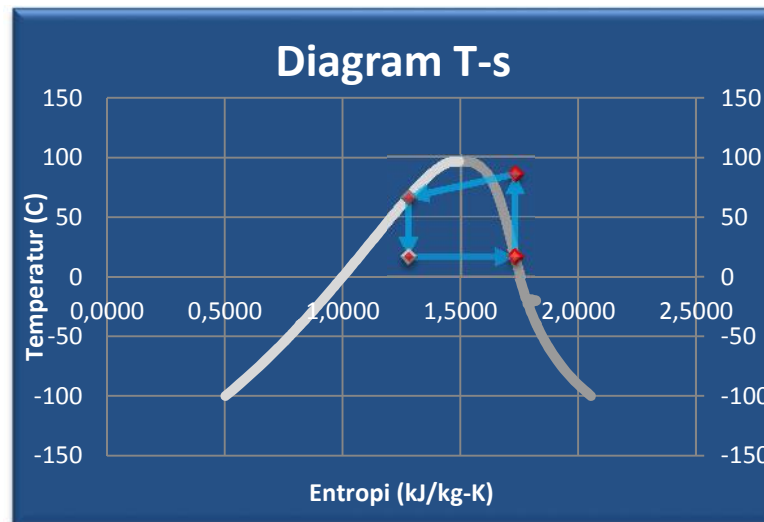
Berdasarkan data-data yang didapat pada pengujian yang pertama, maka dapat ditentukan Performansi sistem refrigerasi (COP) dan daya kondensor. Data-data yang digunakan adalah data rata-rata dari setiap pengujian seperti yang tertera pada tabel 4.2.

4.2.1 Perhitungan performansi sistem refrijerasi

Dasar – dasar perhitungan performansi siklus kompresi uap standar berlandaskan pada diagram hubungan temperatur (T) dengan entropi (s) dan tekanan (P) dengan entalpi (h) untuk siklus kompresi uap standar yang telah penulis buat di Ms Excel berdasarkan data rata-rata hasil pengujian pertama.



Gambar 4.6 Diagram P-h



Gambar 4.7 Diagram T-s

COP disebut dengan koefisien prestasi dipergunakan untuk menyatakan performansi dari siklus refrigerasi :

$$\text{COP} = \text{ER} / \text{WK}$$

Dari diagram P-h dan tabel sifat termodinamika refrijeran R22 didapat :

$$h_1 = 406,37 \text{ kJ/kg} ; h_2 = 444,28 \text{ kJ/kg} ; h_3 = h_4 = 280,55 \text{ kJ/kg}$$

- Efek Refrigerasi, $\text{ER} = h_1 - h_4 = (406,37 - 280,55) \text{ kJ/kg} = 125,82 \text{ kJ/kg}$
- Kerja Kompresor, $\text{W}_k = h_2 - h_1 = (444,28 - 406,37) \text{ kJ/kg} = 37,91 \text{ kJ/kg}$
- Daya aktual Kompresor, $\text{P}_k \text{ aktual} = V \cdot I \cdot \cos$
 $= 210 \text{ Volt} \cdot 7,6 \text{ A} \cdot 0,89$
 $= 1420,44 \text{ Watt} = 1,42 \text{ kW}$
- Kerja Kondensor, $\text{W}_c = h_2 - h_3 = (444,28 - 280,55) \text{ kJ/kg} = 163,73 \text{ kJ/kg}$
- Koefisien Performance, $\text{COP} = \frac{\text{ER}}{\text{W}_k} = \frac{125,82 \text{ kJ/Kg}}{37,91 \text{ kJ/Kg}} = 3,3$
- Laju massa Refrijeran $\dot{m} = \frac{\text{P}_k}{\text{W}'_k} = \frac{1,42 \text{ kW}}{37,91 \text{ kJ/kg}} = 0,03747 \text{ kg/detik}$
- Daya yang dibuang di kondensor, $\text{Q}_c = \dot{m} \cdot (h_2 - h_3)$
 $= 0,03747 \text{ kg/detik} \times (444,28 - 280,55) \text{ kJ/kg}$
 $= 6,135 \text{ kW}$

Jadi dari perhitungan diatas didapat harga COP adalah 3,3 dan daya kondensor (Q_c) adalah 6,135 kW.

4.2.2 Perhitungan efisiensi isentropik kompresor

Efisiensi isentropik merupakan perbandingan antara performansi aktual dari kompresor dengan performansi yang akan dicapai dibawah keadaan ideal untuk kondisi masuk yang sama dan tekanan keluar yang sama.

$$\text{Efisiensi isentropik } (\eta_{\text{isentropik}}) = \frac{\text{Daya aktual}}{\text{Daya maksimum}} = \frac{W_c}{W_c \text{ maks}}$$

Untuk daya maksimum penulis mengambil data dari spesifikasi AC karena data tersebut menunjukkan kondisi AC pada saat pertama kali dibuat. Dari spesifikasi AC didapat :

Cooling Capacity $Q_E = 5275$ watt ; EER = 10,2 ; Power Input Cooling = 1780 watt

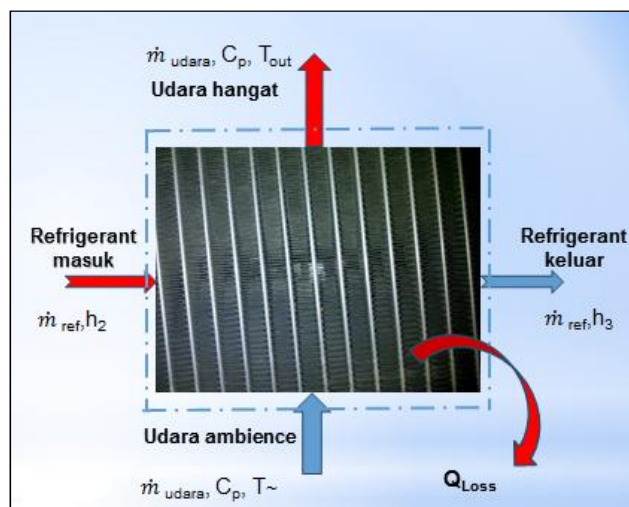
- $\text{COP} = \frac{\text{EER}}{3,415} = \frac{10,22 \text{ kJ/Kg}}{3,415 \text{ kJ/Kg}} = 3,0$
- Daya maksimum $W_{c \text{ max}} = \frac{QE}{\text{COP}} = \frac{5,275 \text{ kW}}{3} = 1,758 \text{ kW}$
- $\eta_{\text{isentropik}} = \frac{W_c}{W_{c \text{ maks}}} = \frac{1,42 \text{ kW}}{1,758 \text{ kW}} = 0,807$
- Daya kondensor maksimum = $Q_E + W_c = (5,275 + 1,758) \text{ kW} = 7,03 \text{ kW}$

Maka didapat harga efisiensi isentropis adalah 0,807 dan daya kondensor maksimum adalah 7,03 kW.

4.3 Balance energi sistem

4.3.1 Perhitungan balans energi di kondensor

Tujuan utama kondensor adalah memindahkan panas. Uap yang mengalir melalui satu susunan pipa-pipa, diembunkan sewaktu bersentuhan dengan permukaan pipa yang dialiri cairan pendingin (refrigeran).



Gambar 4.8 Balans energi sistem di kondensor

Bab IV Pengolahan Data

Dengan mengabaikan perbedaan ketinggian dan kecepatan, persamaan energi aliran stationer menghasilkan :

$$\dot{m}_{ref} \times (h_2 - h_3) = \dot{m}_{udara} \times C_p \times (T_{out} - T_{\sim}) - Q_{loss}$$

$$Q_c = Q_{out} - (Q_{loss1} + Q_{loss2} + Q_{loss3})$$

Dengan menggunakan persamaan ini didapat Temperatur udara keluar kondensor T_{out} .

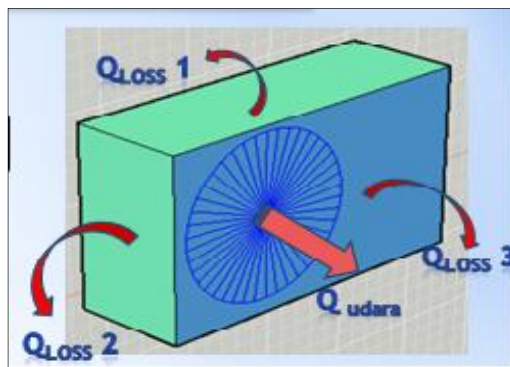
Tabel 4.4 Parameter input balans energi di kondensor.

Parameter	Besaran	Satuan
Energi panas kondensor, Q_c	7,03	kW
Temperatur lingkungan, T_{\sim}	29,77	$^{\circ}\text{C}$
Kecepatan udara, v	1,604	m/s
Diameter lubang fan	450	mm

Tabel 4.5 Sifat-sifat udara keluar kondensor

Sifat-sifat udara keluar kondensor Pada Temperatur out, $T_{out} = 67,08^{\circ}\text{C}$		
Kalor jenis, C_p	1,008	kJ/kg-K
Massa jenis udara, ρ	0,742556	Kg/m ³
Laju aliran, v_{udara}	0,18943	Kg/s

Untuk menghitung berapa energi yang hilang di kondensor Q_{loss} dibagi menjadi kedalam 3 bagian yaitu; 1) Q_{loss1} dibagian atas kondensor, 2) Q_{loss2} dibagian samping kondensor, 3) Q_{loss3} dibagian depan kondensor. Distribusi Q_{loss} bisa dilihat pada gambar dibawah ini.



Gambar 4.9 Distribusi Q_{loss} pada rumah kondensor

1. Perhitungan Q_{loss1} dibagian atas kondensor

Energi panas yang keluar melalui bagian atas kondensor, menggunakan persamaan:

$$Q_{loss1} = h_1 \times A_1 \times (T_1 - T_{\sim}).$$

- Menghitung luas penampang atas rumah kondensor (A_1) :

$$P \times L = 0,76 \times 0,24 = 0,1824 \text{ m}^2$$

- ❑ Menghitung bil. Reynold

$$Re = \frac{\rho \cdot v \cdot x}{\mu} = \frac{1,10096 \cdot 0,89 \cdot 0,24}{0,000766} = 307,196$$

- ❑ Menghitung bil. Nuselt

$$Nu = 0,332 \times Re^{0,5} Pr^{0,33}$$

$$Nu = 0,332 \times 307,196^{0,5} \times 5,1727^{0,33}$$

$$Nu = 10,00862$$

- ❑ Menghitung koefisien konveksi (h_1) :

$$h_1 = \frac{Nu \cdot x}{k} = \frac{10,00862 \times 0,24}{0,620376}$$

$$h_1 = 25,87127 \text{ (W/m-K)}$$

- ❑ Menghitung $Q_{\text{loss}1}$

$$Q_{\text{loss}1} = 25,87127 \times 0,1824 \text{ (34,7 - 29,77)}$$

$$Q_{\text{loss}1} = 0,02326 \text{ kW}$$

2. Perhitungan $Q_{\text{loss}2}$ dibagian samping kanan-kiri kondensor

Energi panas yang keluar melalui bagian atas kondensor, menggunakan persamaan:

$$Q_{\text{loss}2} = h_2 \times A_2 \times (T_2 - T_{\sim})$$

- ❑ Menghitung luas penampang samping kiri-kanan rumah AC *outdoor* (A_2):

$$2(T \times L) = 2(0,52 \times 0,24) = 0,2496 \text{ m}^2$$

- ❑ Menghitung bil. Reynold

$$Re = \frac{\rho \cdot v \cdot x}{\mu} = \frac{1,102657 \cdot 0,89 \cdot 0,24}{0,000769} = 306,278$$

- ❑ Menghitung bil. Nuselt

$$Nu = 0,228 \times Re^{0,731} Pr^{0,33}$$

$$Nu = 0,332 \times 306,2778^{0,5} \times 5,2^{0,33}$$

$$Nu = 25,79683$$

- ❑ Menghitung koefisien konveksi (h_2)

$$h_2 = \frac{Nu \cdot x}{k} = \frac{25,79683 \times 0,24}{0,620}$$

$$h_2 = 66,64182 \text{ (W/m-K)}$$

- ❑ Menghitung $Q_{\text{loss}2}$

$$Q_{\text{loss}2} = 66,6418 \times 0,2496 \text{ (33,67 - 29,77)}$$

$$Q_{\text{loss}2} = 0,06495 \text{ k}$$

3. Perhitungan $Q_{\text{loss}3}$ dibagian depan kondensor

$Q_{\text{loss}3}$ adalah lepasnya energi panas yang berada di casing bagian atas kondensor, disini penulis mengasumsikan arah angin dari arah belakang kondensor seperti pada gambar dibawah ini, Untuk menghitung $Q_{\text{loss}3}$ menggunakan persamaan :

$$Q_{\text{loss}3} = h_3 \times A_3 \times (T_3 - T_{\sim})$$

- Menghitung luas penampang depan rumah AC *outdoor* A_3 :

$$(P \times T) - (\pi r^2) = (0,76 \times 0,52) - (\pi \cdot 0,225^2) = 0,23616 \text{ m}^2$$

- Menghitung bil. Nuselt

$$Nu = 0,068Gr^{1/4} = 0,068 \times (3,7 \times 10^5)^{0,25}$$

$$Nu = 1,677$$

- Menghitung h_3

$$h_3 = \frac{Nu \cdot x}{k} = \frac{1,677 \times 0,76}{0,620376}$$

$$h_3 = 1,368991 \text{ (W/m-K)}$$

- Menghitung $Q_{\text{loss}3}$

$$Q_{\text{loss}3} = 1,368991 \times 0,23616 (36,9 - 29,77)$$

$$Q_{\text{loss}3} = 0,00231 \text{ kW}$$

4. Perhitungan Temperatur keluar kondensor T_{out}

- Mencari T_{out} untuk $Q_c = 7,03$:

$$T_{\text{out}} = T_{\sim} + \frac{Q_c + Q_{\text{loss}1} + Q_{\text{loss}2} + Q_{\text{loss}3}}{\dot{m} \times C_p}$$

$$T_{\text{out}} = 29,77 + \frac{7,03 + 0,0153 + 0,0649 + 0,0015}{0,1894 \times 1,008}$$

$$T_{\text{out}} = 67,08 \text{ }^\circ\text{C}$$

Jadi Temperatur keluar kondensor T_{out} berdasarkan perhitungan adalah $67,08 \text{ }^\circ\text{C}$

- Mencari T_{out} untuk $Q_c = 6,135$:

$$T_{\text{out}} = T_{\sim} + \frac{Q_c + Q_{\text{loss}1} + Q_{\text{loss}2} + Q_{\text{loss}3}}{\dot{m} \times C_p}$$

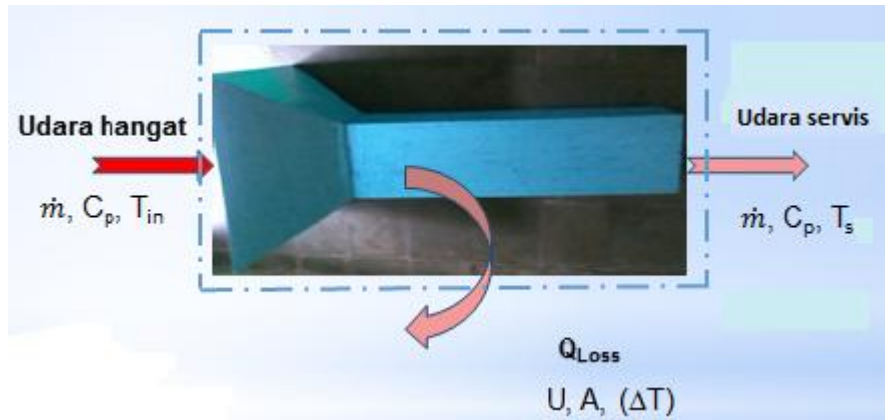
$$T_{\text{out}} = 29,77 + \frac{6,135 + 0,0153 + 0,0649 + 0,0015}{0,1894 \times 1,008}$$

$$T_{\text{out}} = 62,37 \text{ }^\circ\text{C}$$

Jadi Temperatur keluar kondensor T_{out} berdasarkan data pengujian adalah $62,37 \text{ }^\circ\text{C}$

4.3.2 Balance energi di saluran

Tujuan saluran adalah meneruskan panas yang keluar dari kondensor ke kabin. Udara panas yang keluar dari kondensor dialirkan ke kabin melalui saluran.



Gambar 4.10 Balance Energi di Saluran

Dengan mengabaikan perbedaan ketinggian dan kecepatan udara didalam saluran, persamaan energi aliran stationer menghasilkan :

$$Q_{in} = Q_{out} + Q_{loss}$$

$$\dot{m} \cdot C_p \cdot T_{in} = \dot{m} \cdot C_p \cdot T_s + U \cdot A \cdot (\Delta T)$$

Sifat-sifat udara didalam saluran untuk temperatur film T_f (67,04) :

Tabel 4.6 sifat-sifat udara panas didalam saluran

Sifat-sifat udara didalam saluran		Satuan
Massa jenis, ρ	0,785793	Kg/m ³
Viskositas, μ	0,000420	N-s/m ²
Konduktifitas, k	0,66063	W/m-K
Bil. Prandtl	2,658	

- Menghitung bil. Reynold

$$Re = \frac{\rho \cdot v \cdot x}{\mu} = \frac{0,785793 \times 1,604 \times 1}{0,00042} = 60054,35$$

- Menghitung bil. Nuselt

$$Nu = 0,102 \times Re^{0,675} Pr^{0,33}$$

$$Nu = 0,102 \times 60054,35^{0,675} \times 2,658^{0,33}$$

$$Nu = 236,72$$

- Menghitung h_1

$$h_1 = \frac{Nu \cdot x}{k} = \frac{236,72 \times 1}{0,66063}$$

$$h_1 = 156,2518 \text{ (W/m-K)}$$

Bab IV Pengolahan Data

1. Perhitungan Q_{lossA} (Atas dan bawah saluran)

Sifat-sifat udara didalam saluran untuk temperatur film $T_f(29,77)$:

Tabel 4.7 sifat-sifat udara panas didalam saluran

Sifat-sifat udara di dalam saluran		Satuan
Massa jenis, ρ	1,131595	Kg/m ³
Viskositas, μ	0,000847	N-s/m ²
Konduktifitas, k	0,613705	W/m-K
Bil. Prandtl	5,773130	

- Menghitung bil. Reynold

$$Re = \frac{\rho \cdot v \cdot x}{\mu} = \frac{1,131595 \times 1,604 \times 1}{0,000847} = 1188,37$$

- Menghitung bil. Nuselt

$$Nu = 0,102 \times Re^{0,675} Pr^{0,33}$$

$$Nu = 0,102 \times 60054,35^{0,675} 2,658^{0,33}$$

$$Nu = 236,72$$

- Menghitung koefisien konveksi h_2

$$h_2 = \frac{Nu \cdot x}{k} = \frac{236,72 \times 1}{0,6137}$$

$$h_2 = 12,5267 \text{ (W/m-K)}$$

- Menghitung Menghitung koefisien perpindahan panas menyeluruh, U_A

$$U_A = \frac{1}{1/h_1 + \Delta x/k + 1/h_2} = \frac{1}{1/156,2518 + 0,01/0,038 + 1/0,6137} = 2,862157 \text{ W/m}^2\text{-K}$$

2. Perhitungan $Q_{\text{loss B}}$

Sifat-sifat udara didalam saluran untuk temperatur film $T_f(29,77)$:

Tabel 4.8 sifat-sifat udara panas diluar saluran

Sifat-sifat udara di luar saluran		Satuan
Massa jenis, ρ	1,100963	Kg/m ³
Viskositas, μ	0,000766	N-s/m ²
Konduktifitas, k	0,62037	W/m-K
Bil. Prandtl	5,17274	

- Menghitung bil. Reynold

$$Re = \frac{\rho \cdot v \cdot x}{\mu} = \frac{1,100963 \times 1,604 \times 1}{0,000766} = 1279,985$$

- Menghitung bil. Nuselt

$$Nu = 0,332 \times Re^{0,5} Pr^{0,33}$$

$$Nu = 0,332 \times 1279,985^{0,5} 5,17274^{0,33}$$

$$Nu = 73,25$$

- Menghitung h_2

$$h_2 = \frac{Nu \cdot x}{k} = \frac{73,25 \times 1}{0,60,62037}$$

$$h_2 = 45,44483 \text{ (W/m-K)}$$

- Menghitung koefisien perpindahan panas menyeluruh, U_B

$$U_B = \frac{1}{\frac{1}{h_1} + \frac{\Delta x}{k} + \frac{1}{h_2}} = \frac{1}{\frac{1}{156,2518} + \frac{0,01}{0,038} + \frac{1}{45,445}} = 3,4298 \text{ W/m}^2\text{-K}$$

3. Perhitungan temperatur servis T_s

Dengan menggunakan persamaan ini didapat temperatur servis yang ada di kabin dengan melakukan iterasi sebagai berikut :

- Mencari T servis dari persamaan energi :

$$\dot{m} \cdot C_p \cdot T_{in} = \dot{m} \cdot C_p \cdot T_s + U \cdot A \cdot (T_{bulk} - T_{\sim})$$

- ❖ dilakukan dengan cara iterasi.

$$\dot{m} \cdot C_p \cdot T_{in} - \dot{m} \cdot C_p \cdot T_s = U \cdot A \cdot (T_{bulk} - T_{\sim})$$

$$\dot{m} \cdot C_p \cdot T_{in} - \dot{m} \cdot C_p \cdot T_s = U \cdot A \cdot \left(\left(\frac{T_{in} - T_s}{2} \right) - T_{\sim} \right)$$

- Untuk $T_{in} = 67,08 \text{ }^\circ\text{C}$

$$Q_{in} - Q_s = Q_{lossA} + Q_{lossB}$$

$$0,053154 = 0,05613$$

didapat $T_s = 66,8 \text{ }^\circ\text{C}$

- Untuk $T_{in} = 62,37 \text{ }^\circ\text{C}$

$$Q_{in} - Q_s = Q_{lossA} + Q_{lossB}$$

$$0,048117 = 0,049149$$

didapat $T_s = 62,12 \text{ }^\circ\text{C}$

Tabel 4.9 langkah-langkah iterasi dengan Ms Excel

Iteration step	Tin (°C)	Tser (°C)	Q _{loss} (kW)	Q _{in} -Q _{ser} (kW)
Intial value	67,08	67,0	0,05613	0,014965
1	67,08	66,95	0,05613	0,024512
2	67,08	66,85	0,05613	0,043606
3	67,08	66,8	0,05613	0,053145
Initial value	62,37	62,30	0,04915	0,013747
1	62,37	62,20	0,04915	0,032841
2	62,37	62,12	0,04915	0,048117
3	62,37	62,10	0,04915	0,051936