

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada bab ini akan dilakukan analisis dan pembahasan mengenai hasil penelitian dengan berbagai variasi yang telah dilakukan. Dalam penelitian ini dilakukan untuk mengetahui nilai pengukuran koefisien perpindahan kalor evaporasi refrigerant R-134a di dalam saluran halus vertikal dengan variasi kapasitas beban pendinginan. Penelitian dilakukan dengan mengatur debit air menuju evaporator dalam satu frekuensi inverter, lalu mengamati perubahan tekanan dan *temperature* yang terjadi pada saat sistem berjalan pada kondisi tunak. Hasil pengamatan tekanan-tekanan dan *temperature* tersebut nantinya akan digunakan sebagai parameter untuk menentukan nilai h_{evap} dan juga Q_{evap} . Hasil perhitungan dengan berbagai variasi disajikan dalam bentuk tabel dan grafik untuk selanjutnya dianalisa.

4.1 Hasil Penelitian

Berikut adalah data hasil penelitian dengan variasi beban pendinginan pada beberapa frekuensi inverter:

Frekuensi Inverter 16 Hz; 18 Hz; 20 Hz; 22 Hz; 24 Hz dengan variasi beban pendinginan 1; 1,2; 1,4; 1,6; 1,8; 2; 2,2; 2,4; 2,6; 2,8; 3 LPM

Tabel 4.1 Pengambilan data awal

No	Inverter (Hz)	Rotameter (LPM)		TEMPERATUR (°C)										TEKANAN (PSI)						AIR RAKSA (cm)	
		debit air, eva	debit air, kond	T ₁	T ₅	T ₆	T ₉	T ₁₀	T ₁₁	T ₁₂	T ₁₅	T ₁₆	P ₁	P ₂	P ₃	P ₄	P ₅	P ₆	h ₁	h ₂	
1	16	1	5,6	14,4	24,5	35,4	14,5	14,6	14,7	14,8	25,6	31,1	50	157	64	60	56	160	77,4	73,4	
2	16	1.2	5,7	15,1	24,7	35,8	15,2	15,3	15,3	15,4	25,6	31,5	50	157	64	60	56	160	77,75	73,25	
3	16	1.4	5,6	15,4	25,1	36,3	15,6	15,6	15,6	15,7	26	32	52	158	65	60	57	170	77,8	73,3	
4	16	1.6	5,3	15,6	25,6	37,1	15,8	15,8	15,8	15,9	26,2	30,8	54	160	64	60	58	170	78	73,2	
5	16	1.8	5,2	16,2	25,9	37,5	16,3	16,2	16,3	16,5	26,6	30,7	54	160	65	60	58	170	78	73,2	
6	16	2	4,8	16,7	26,2	37,9	16,8	16,7	16,8	16,9	26,9	31,3	54	160	66	60	59	170	78,3	73,5	
7	18	1	5,6	14,4	24,3	35,9	14,6	14,8	14,8	14,8	26,6	31,2	49	158	64	60	58	178	77,8	73,3	
8	18	1.2	5,4	14,6	24,6	36,3	14,8	14,8	14,9	15	26,3	29,8	49	158	63	60	58	176	78	73,4	
9	18	1.4	5,2	15	24,8	36,7	15,1	15	15,2	15,3	26,6	31,8	50	168	62	60	58	180	78,1	73,3	
10	18	1.6	5	15,3	25,1	37,2	15,3	15,3	15,3	15,6	27	32,1	50	170	65	60	59	180	78,2	73,2	
11	18	1.8	5	15,8	25,4	37,5	15,9	15,8	15,9	16	27,7	32,4	52	173	65	61	59	183	78,3	73,1	
12	18	2	4,5	16,1	25,8	38,0	16,4	16,2	16,3	16,4	28,2	33,8	53	175	68.5	61	60	184	78,5	73	
13	20	1	5,5	14,9	24,3	35,6	15,1	15,2	15,2	15,4	27,5	33,4	49	185	64	60	56	199	78,4	73	

No	Inverter (Hz)	Rotameter (LPM)		TEMPERATUR (°C)									TEKANAN (PSI)						AIR RAKSA (cm)	
		debit air, eva	debit air, kond	T ₁	T ₅	T ₆	T ₉	T ₁₀	T ₁₁	T ₁₂	T ₁₅	T ₁₆	P ₁	P ₂	P ₃	P ₄	P ₅	P ₆	h ₁	h ₂
14	20	1,2	5	15	24,6	36,0	15,3	15,2	15,3	15,4	27,4	35,1	49	185	64	59	57	199	78,4	73
15	20	1,4	4,6	15,3	24,8	36,4	15,7	15,5	15,6	15,7	28	35,3	49	186	65	60	59	199	78,4	73
16	20	1,6	5	16,1	25,0	37,0	15,8	15,9	16	16,1	28,6	35,4	50	190	66	61	60	205	78,5	73
17	20	1,8	5	16,7	25,1	37,3	16,3	16,4	16,5	16,6	29,1	36	52	192	67	61	60	210	78,6	72,9
18	20	2	4,6	16,9	25,8	38,3	17,2	16,9	17	17,2	29,8	36,3	53	196	69	62	61	210	78,7	72,8
19	22	1	5,6	15,6	24,4	35,8	15,8	15,9	16	16,1	29,4	36,9	48	205	63	61	59	218	79	72,4
20	22	1,2	5,4	15,9	24,6	36,1	16,1	16,1	16,2	16,3	28,6	36,6	48	205	63	61	59	219	79	72,5
21	22	1,4	5,4	16,1	24,8	36,8	16,3	16,2	16,3	16,4	29,9	38	51	208	62	61	60	219	79	72,5
22	22	1,6	5,4	16,5	25,3	37,6	16,7	16,6	16,7	16,7	30,8	38,4	51	210	69	62	61	223	79,1	72,5
23	22	1,8	6	16,9	25,6	38,2	17,5	17,2	17,2	17,3	31,4	38,5	52	212	69	63	61	225	79,1	72,4
24	22	2	5,8	17,5	25,8	38,5	17,7	17,4	17,6	17,7	31,4	38,5	52	212	64	64	60	226	79,2	72,4
25	24	1	5,7	16,4	24,5	35,9	16,6	16,6	16,8	16,9	31,6	39,1	53	213	67	63	62	229	79,2	72,4
26	24	1,2	5,4	16,6	24,8	36,3	17,0	16,9	16,9	17	30,9	38,8	53	214	64	63	62	231	79,4	72,2

No	Inverter (Hz)	Rotameter (LPM)		TEMPERATUR (°C)									TEKANAN (PSI)						AIR RAKSA (cm)	
		debit air, eva	debit air, kond	T ₁	T ₅	T ₆	T ₉	T ₁₀	T ₁₁	T ₁₂	T ₁₅	T ₁₆	P ₁	P ₂	P ₃	P ₄	P ₅	P ₆	h ₁	h ₂
27	24	1,4	5,4	16,8	25,0	36,8	17,2	16,9	17,2	17,3	31,8	39,2	54	214	68	62	63	235	79,5	71,7
28	24	1,6	5,6	17,3	25,4	37,5	17,8	17,4	17,7	17,8	31,9	39,3	55	215	66	65	62	237	79,5	71,7
29	24	1,8	6	17,8	26,1	38,3	18,3	17,9	18,2	18,2	31,9	39,5	55	216	67	65	63	239	79,6	71,6
30	24	2	5,7	18,1	26,6	38,9	18,9	18,3	18,5	18,6	32,1	39,7	56	217	64	66	64	240	79,7	71,5

Tabel 4.2 Kalibrasi data temperatur

No	Inverter (Hz)	Rotameter (LPM)		TEMPERATUR (°C)								
		debit air, eva	debit air, kond	T ₁	T ₅	T ₆	T ₉	T ₁₀	T ₁₁	T ₁₂	T ₁₅	T ₁₆
1	16	1	5,6	14,48	23,74	34,41	14,83	15,02	15,08	15,14	25,82	31,10
2	16	1,2	5,7	15,17	23,94	34,80	15,52	15,70	15,66	15,72	25,82	31,49
3	16	1,4	5,6	15,46	24,33	35,30	15,91	15,99	15,96	16,01	26,21	31,98
4	16	1,6	5,3	15,66	24,83	36,08	16,11	16,19	16,15	16,21	26,41	30,81
5	16	1,8	5,2	16,25	25,12	36,47	16,60	16,57	16,64	16,79	26,79	30,72
6	16	2	4,8	16,74	25,42	36,87	17,08	17,06	17,12	17,18	27,09	31,30
7	18	1	5,6	14,48	23,55	34,90	14,93	15,21	15,18	15,14	26,79	31,20
8	18	1,2	5,4	14,68	23,84	35,30	15,13	15,21	15,28	15,33	26,50	29,84
9	18	1,4	5,2	15,07	24,04	35,69	15,42	15,41	15,57	15,62	26,79	31,79
10	18	1,6	5	15,37	24,33	36,18	15,62	15,70	15,66	15,91	27,18	32,08
11	18	1,8	5	15,85	24,63	36,47	16,20	16,19	16,25	16,30	27,86	32,37
12	18	2	4,5	16,15	25,02	36,97	16,69	16,57	16,64	16,69	28,35	33,73

No	Inverter (Hz)	Rotameter (LPM)		TEMPERATUR (°C)								
		debit air, eva	debit air, kond	T ₁	T ₅	T ₆	T ₉	T ₁₀	T ₁₁	T ₁₂	T ₁₅	T ₁₆
13	20	1	5,5	14,97	23,55	34,61	15,42	15,60	15,57	15,72	27,67	33,34
14	20	1,2	5	15,07	23,84	35,00	15,62	15,60	15,66	15,72	27,57	34,99
15	20	1,4	4,6	15,37	24,04	35,39	16,01	15,89	15,96	16,01	28,16	35,19
16	20	1,6	5	16,15	24,24	35,98	16,11	16,28	16,35	16,40	28,74	35,29
17	20	1,8	5	16,74	24,33	36,28	16,60	16,77	16,83	16,88	29,23	35,87
18	20	2	4,6	16,93	25,02	37,26	17,48	17,25	17,32	17,47	29,91	36,16
19	22	1	5,6	15,66	23,65	34,80	16,11	16,28	16,35	16,40	29,52	36,74
20	22	1,2	5,4	15,95	23,84	35,10	16,40	16,48	16,54	16,59	28,74	36,45
21	22	1,4	5,4	16,15	24,04	35,79	16,60	16,57	16,64	16,69	30,00	37,81
22	22	1,6	5,4	16,54	24,53	36,57	16,99	16,96	17,03	16,98	30,88	38,20
23	22	1,8	6	16,93	24,83	37,16	17,77	17,55	17,51	17,56	31,46	38,30
24	22	2	5,8	17,52	25,02	37,46	17,96	17,74	17,90	17,95	31,46	38,30

No	Inverter (Hz)	Rotameter (LPM)		TEMPERATUR (°C)								
		debit air, eva	debit air, kond	T ₁	T ₅	T ₆	T ₉	T ₁₀	T ₁₁	T ₁₂	T ₁₅	T ₁₆
25	24	1	5,7	16,44	23,74	34,90	16,89	16,96	17,12	17,18	31,66	38,88
26	24	1,2	5,4	16,64	24,04	35,30	17,28	17,25	17,22	17,27	30,98	38,59
27	24	1,4	5,4	16,83	24,24	35,79	17,48	17,25	17,51	17,56	31,85	38,98
28	24	1,6	5,6	17,32	24,63	36,47	18,06	17,74	18,00	18,05	31,95	39,08
29	24	1,8	6	17,81	25,32	37,26	18,55	18,23	18,49	18,44	31,95	39,27
30	24	2	5,7	18,11	25,81	37,85	19,14	18,62	18,78	18,83	32,14	39,47

Tabel 4.3 Hasil Pengamatan untuk mencari nilai *Cooling Load*

Frek. Inverter (Hz)	Debit Air Evap. (LPM)	$\dot{V}_{\text{air, eva}}$	\dot{m}_{air}	ΔT	<i>Cooling Load</i>
		(m^3/s)	(kg/s)	($^{\circ}\text{C}$)	(Watt)
16	1	1.66×10^{-5}	0,016	5,28	371,55
	1,2	2×10^{-5}	0,02	5,67	478,68
	1,4	2.33×10^{-5}	0,023	5,77	568,03
	1,6	2.66×10^{-5}	0,026	4,40	496,01
	1,8	3×10^{-5}	0,03	3,92	496,46
	2	3.33×10^{-5}	0,033	7,12	592,65
	18	1	1.66×10^{-5}	0,016	4,40
1,2		2×10^{-5}	0,02	3,34	281,75
1,4		2.33×10^{-5}	0,023	4,99	491,44
1,6		2.67×10^{-5}	0,026	4,89	550,70
1,8		3×10^{-5}	0,03	4,50	570,30
2		3.33×10^{-5}	0,033	7,32	756,74
20		1	1.66×10^{-5}	0,016	5,67
	1,2	2×10^{-5}	0,02	7,42	626,36
	1,4	2.33×10^{-5}	0,023	7,03	692,46
	1,6	2.66×10^{-5}	0,026	6,54	736,6
	1,8	3×10^{-5}	0,03	6,64	841,06
	2	3.33×10^{-5}	0,033	6,25	879,80

Frek. Inverter (Hz)	Debit Air Evap. (LPM)	$\dot{V}_{\text{air, eva}}$	\dot{m}_{air}	ΔT	<i>Cooling Load</i>
		(m^3/s)	(kg/s)	($^{\circ}\text{C}$)	(Watt)
22	1	1.66×10^{-5}	0,016	7,23	508,28
	1,2	2×10^{-5}	0,02	7,71	650,97
	1,4	2.33×10^{-5}	0,023	7,81	769,02
	1,6	2.66×10^{-5}	0,026	7,32	824,17
	1,8	3×10^{-5}	0,03	6,83	865,65
	2	3.33×10^{-5}	0,033	6,84	961,83
24	1	1.66×10^{-5}	0,016	7,23	508,26
	1,2	2×10^{-5}	0,02	7,62	642,74
	1,4	2.33×10^{-5}	0,023	7,13	701,99
	1,6	2.66×10^{-5}	0,026	7,12	802,28
	1,8	3×10^{-5}	0,03	7,32	927,18
	2	3.33×10^{-5}	0,033	7,32	1030,20

Tabel 4.4 Hasil pengamatan untuk mencari nilai h_{evap}

Inverter (Hz)	Rotameter (LPM)		Temperatur ($^{\circ}\text{C}$)								$Q_{\text{evap, su, udara}}$ (J/s) (Watt)	h_{evap} (W/m ² .K)
	debit air, eva	debit air, kond	Twi1,in	Twi2,in	Twi3,in	Twi,in	Twi1,out	Twi2,out	Twi3,out	Twi,out		
16	1	5.6	15.49	14.71	14.66	14.95	15,02	15,08	15,14	15,08	27,49	1236,59
16	1,2	5.8	16.08	15.20	15.34	15.54	15,70	15,67	15,72	15,70	27,99	1658,28
16	1,4	5.8	16.46	15.39	15.73	15.86	15,99	15,96	16,01	15,99	28,25	1919,36
16	1,6	5.5	16.66	15.88	16.02	16.18	16,19	16,15	16,21	16,18	29,01	1552,12

Inverter (Hz)	Rotameter (LPM)		Temperatur ($^{\circ}$ C)								$Q_{\text{evap, su, udara}}$ (J/s) (Watt)	h_{evap} (W/m 2 .K)
	debit air, eva	debit air, kond	Tw1,in	Tw2,in	Tw3,in	Tw1,in	Tw1,out	Tw2,out	Tw3,out	Tw1,out		
16	1,8	5.3	16.95	16.36	16.60	16.64	16,58	16,64	16,79	16,67	29,26	2030,61
16	2	5.2	17.34	16.46	16.89	16.90	17,06	17,13	17,18	17,12	29,51	4836,08
18	1	5.9	15.49	14.90	15.04	15.15	15,22	15,18	15,14	15,18	29,27	1034,62
18	1,2	5.8	15.49	15.00	15.05	15.18	15,22	15,28	15,33	15,28	29,52	1468,75
18	1,4	5.6	15.78	15.29	15.34	15.47	15,41	15,57	15,63	15,54	30,02	1888,09
18	1,6	5.5	15.98	15.49	15.63	15.70	15,70	15,67	15,92	15,76	30,53	2064,98
18	1,8	5.3	16.46	15.97	16.12	16.19	16,19	16,25	16,30	16,25	30,53	2648,62
18	2	5.1	16.66	16.36	16.51	16.51	16,58	16,64	16,69	16,64	30,78	3296,56
20	1	5.8	15.69	15.29	15.34	15.44	15,60	15,57	15,72	15,63	28,51	1358,08
20	1,2	5.8	16.17	15.58	15.73	15.83	15,60	15,67	15,72	15,66	28,76	1150,88
20	1,4	5.6	16.56	15.97	16.02	16.19	15,90	15,96	16,01	15,96	29,26	1227,78
20	1,6	5.4	16.95	16.26	16.31	16.51	16,29	16,35	16,40	16,35	30,28	1629,38
20	1,8	5.2	17.34	16.75	16.89	16.99	16,77	16,83	16,89	16,83	30,78	2009,69
20	2	5	18.02	17.24	17.47	17.58	17,26	17,32	17,47	17,35	31,54	1957,30
22	1	5.8	17.25	16.36	16.41	16.67	16,29	16,35	16,40	16,35	28,76	738,215
22	1,2	5.8	17.34	16.46	16.60	16.80	16,48	16,54	16,59	16,54	29,01	944,095
22	1,4	5.7	17.54	16.75	16.89	17.06	16,58	16,64	16,69	16,64	30,28	1021,73
22	1,6	5.5	17.63	17.14	17.18	17.32	16,97	17,03	16,98	16,99	31,03	1271,79
22	1,8	5.4	18.22	17.53	17.67	17.81	17,55	17,52	17,57	17,54	31,79	1581,03
22	2	5.2	18.41	18.31	18.25	18.32	17,74	17,90	17,96	17,87	32,04	1458,75
24	1	6	18.03	17.24	17.38	17.54	16,96	17,13	17,18	17,09	28,76	707,257
24	1,2	5.8	18.03	17.34	17.47	17.61	17,26	17,22	17,28	17,25	29,01	986,912
24	1,4	5.8	18.51	17.92	17.96	18.13	17,26	17,52	17,57	17,44	29,77	754,658
24	1,6	5.6	18.80	18.31	18.35	18.49	17,74	18,00	18,05	17,93	30,53	950,097
24	1,8	5.6	19.19	18.70	18.74	18.88	18,23	18,49	18,44	18,39	30,77	1104,02

Inverter (Hz)	Rotameter (LPM)		Temperatur ($^{\circ}\text{C}$)								$Q_{\text{evap.}}^{\text{su.udara}}$ (J/s) (Watt)	h_{evap} (W/m ² .K)
	debit air, eva	debit air, kond	Twi1,in	Twi2,in	Twi3,in	Twi,in	Twi1,out	Twi2,out	Twi3,out	Twi,out		
24	2	5.3	19.68	19.09	19.13	19.30	18,62	18,78	18,83	18,74	31,02	1258,28

4.2 Perhitungan

Dari data-data yang sudah didapat dari pengujian yang telah dilakukan, maka diambil beberapa data yang nantinya digunakan untuk melakukan perhitungan. Yaitu untuk mencari nilai q_{evap} dan juga h_{evap} yaitu dengan menggunakan persamaan 4.1; 4.2; 4.3; 4.4 dan 4.5.

4.2.1 Perhitungan Beban Pendingin (*Cooling Load*)

Dalam perhitungan beban pendinginan yang diperoleh berdasarkan data-data hasil percobaan adalah sebagai berikut:

- Untuk frekuensi 16 Hz, diketahui:
 - $\rho_{\text{air}} = 1000 \text{ (kg/m}^3\text{)}$
 - $c_{p\text{air}} = 4,22 \text{ (KJ/kg.k)}$
 - $\dot{m}_{\text{air}} = 0,16 \text{ (kg/s)}$
 - $T_{15} = 25,6 \text{ (}^{\circ}\text{C)}$
 - $T_{16} = 31,1 \text{ (}^{\circ}\text{C)}$
 - $\Delta T_{\text{air}} = 5,29 \text{ (}^{\circ}\text{C)}$

$$\begin{aligned}
 \text{Cooling Load} &= \dot{m}_{\text{air}} \cdot C_{p_{\text{air}}} \cdot \Delta T_{\text{air}} \\
 &= 0,16 \text{ (kg/s)} \cdot 4,22 \text{ (KJ/kg.k)} \cdot 5,29 \text{ (}^\circ\text{C)} \cdot 1000 \\
 &= 371,5527 \text{ Watt}
 \end{aligned}$$

4.2.2 Perhitungan Koefisien Perpindahan Kalor (h_{evap})

Dalam perhitungan koefisien perpindahan kalor evaporasi yang diperoleh berdasarkan data-data hasil percobaan adalah sebagai berikut :

- Untuk frekuensi 16 Hz, diketahui :
 - $D_{i,su} = 16,60 \times 10^{-3} \text{ (m)}$
 - $D_{o,su} = 18,85 \times 10^{-3} \text{ (m)}$
 - $L_{su} = 1,2 \text{ (m)}$
 - $K_{\text{tembaga}} = 380 \text{ (J/m.s.k)}$
 - $T_1 = 14,49 \text{ }^\circ\text{C}$
 - $T_9 = 14,84 \text{ }^\circ\text{C}$
 - $T_{10} = T_{wO_{1,out}} = 15,02 \text{ }^\circ\text{C}$
 - $T_{11} = T_{wO_{2,out}} = 15,09 \text{ }^\circ\text{C}$
 - $T_{12} = T_{wO_{3,out}} = 15,14 \text{ }^\circ\text{C}$
 - $T_2 = T_{wO_{1,in}} = 15,50 \text{ }^\circ\text{C}$
 - $T_3 = T_{wO_{2,in}} = 14,71 \text{ }^\circ\text{C}$
 - $T_4 = T_{wO_{3,in}} = 14,66 \text{ }^\circ\text{C}$
 - $\rho_{\text{udara}} = 1,2 \text{ (kg/m}^3\text{)}$
 - $D_{i,anemo} = 2,75 \times 10^{-3} \text{ (m)}$
 - $V_{\text{udara}} = 3,6 \text{ (m/s)}$
 - $C_{p_{\text{udara}}} = 1005 \text{ (J/kg.k)}$
 - $\Delta T_{\text{udara}} = T_6 - T_5$
 - $T_5 = 23,75 \text{ }^\circ\text{C}$
 - $T_6 = 34,41 \text{ }^\circ\text{C}$

$$\begin{aligned}
 Q_{\text{evap,udara,su}} &= \rho_{\text{udara}} \cdot \frac{\pi}{4} D_i \cdot \text{anemo}^2 \cdot V_{\text{udara}} \cdot c_{p_{\text{udara}}} \cdot \Delta T_{\text{udara}} \\
 &= 1,2 \text{ kg/m}^3 \cdot \frac{\pi}{4} \cdot (2,75 \times 10^{-2})^2 \cdot 3,6 \text{ m}^3/\text{s} \cdot 1005 \text{ J/kg.K} \cdot \\
 &\quad (34,41 - 23,75)^\circ\text{C} \\
 &= 27,49 \text{ Watt}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 T_{\text{wi1,in}} &= T_{\text{wo1}} - \frac{Q \cdot \ln(D_o/D_i)}{2\pi \cdot k \cdot L} \\
 &= 15,49^\circ\text{C} - \frac{27,49 \text{ (J/s)(Watt)} \cdot \ln(0,018/0,016) \text{ (m)}}{2\pi \cdot 380 \text{ (J/m.s.k)} \cdot 1,2 \text{ (m)}} \\
 &= 15,496^\circ\text{C}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 T_{\text{wi2,in}} &= T_{\text{wo2}} - \frac{Q \cdot \ln(D_o/D_i)}{2\pi \cdot k \cdot L} \\
 &= 14,71^\circ\text{C} - \frac{27,49 \text{ (J/s)(Watt)} \cdot \ln(0,018/0,016) \text{ (m)}}{2\pi \cdot 380 \text{ (J/m.s.k)} \cdot 1,2 \text{ (m)}} \\
 &= 14,714^\circ\text{C}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 T_{\text{wi3,in}} &= T_{\text{wo3}} - \frac{Q \cdot \ln(D_o/D_i)}{2\pi \cdot k \cdot L} \\
 &= 14,66^\circ\text{C} - \frac{27,494 \text{ (J/s)(Watt)} \cdot \ln(0,018/0,016) \text{ (m)}}{2\pi \cdot 380 \text{ (J/m.s.k)} \cdot 1,2 \text{ (m)}} \\
 &= 14,660^\circ\text{C}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \bar{T}_{\text{wi,in}} &= \frac{T_{\text{wi,1}} + T_{\text{wi,2}} + T_{\text{wi,3}}}{3} \\
 &= \frac{15,50 + 14,71 + 14,66}{3} \\
 &= 14,96^\circ\text{C}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 T_{wi1,out} &= T_{wo1} - \frac{Q \cdot \ln(D_o/D_i)}{2\pi \cdot k \cdot L} \\
 &= 15,02 \text{ }^\circ\text{C} - \frac{27,49 \text{ (J/s)(Watt)} \cdot \ln(0,018/0,016)\text{(m)}}{2\pi \cdot 380 \text{ (J/m.s.k)} \cdot 1,2 \text{ (m)}} \\
 &= 15,0223 \text{ }^\circ\text{C}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 T_{wi2,out} &= T_{wo2} - \frac{Q \cdot \ln(D_o/D_i)}{2\pi \cdot k \cdot L} \\
 &= 15,08 \text{ }^\circ\text{C} - \frac{27,49 \text{ (J/s)(Watt)} \cdot \ln(0,018/0,016)\text{(m)}}{2\pi \cdot 380 \text{ (J/m.s.k)} \cdot 1,2 \text{ (m)}} \\
 &= 15,0848 \text{ }^\circ\text{C}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 T_{wi3,out} &= T_{wo3} - \frac{Q \cdot \ln(D_o/D_i)}{2\pi \cdot k \cdot L} \\
 &= 15,14 \text{ }^\circ\text{C} - \frac{27,494 \text{ (J/s)(Watt)} \cdot \ln(0,018/0,016)\text{(m)}}{2\pi \cdot 380 \text{ (J/m.s.k)} \cdot 1,2 \text{ (m)}} \\
 &= 15,1411 \text{ }^\circ\text{C}
 \end{aligned}$$

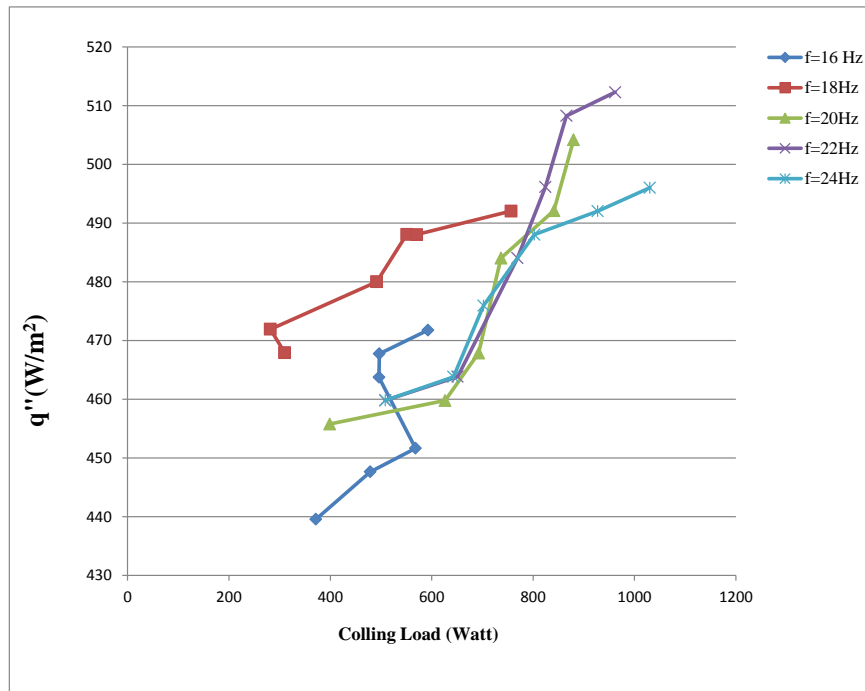
$$\begin{aligned}
 \bar{T}_{wi,out} &= \frac{T_{wi,1} + T_{wi,2} + T_{wi,3}}{3} \\
 &= \frac{15,02 + 15,08 + 15,14}{3} \\
 &= 15,08 \text{ }^\circ\text{C}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \bar{T}_{w,i} &= \frac{\bar{T}_{wi\ in} + \bar{T}_{wi\ out}}{2} \\
 &= \frac{14,96 + 15,08}{2} \\
 &= 15,02 \text{ }^\circ\text{C}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 h_{\text{evap}} &= \frac{Q_{\text{evap, udara, su}}}{A_i \cdot (T_{\text{wi}} - T_{\text{sat}})} \\
 &= \frac{27,49 \text{ watt}}{\pi \cdot 0,0166 \text{ m} \cdot 1,2 \text{ m} \left(15,02 - \left(\frac{14,49 + 14,84}{2}\right)\right)^\circ\text{C}} \\
 &= 1236,59 \text{ W/m}^2\text{K}
 \end{aligned}$$

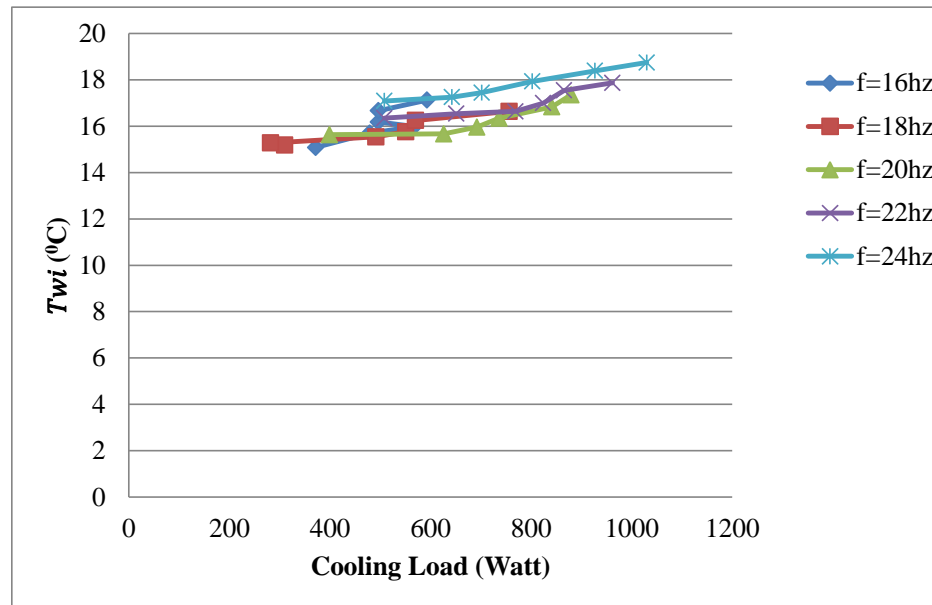
4.3 Pembahasan

Dari perhitungan yang sudah terselesaikan dengan persamaan-persamaan 4.1, 4.2, 4.3, 4.4, dan 4.5 untuk mendapatkan nilai-nilai *Cooling Load* dan h_{evap} dari tiap-tiap variasi percobaan, maka hasil penelitian disajikan dalam bentuk grafik. Berikut ini adalah beberapa grafik atau data pendukung dari grafik kapasitas beban pendingin (*Colling load*) dengan h_{evap} :



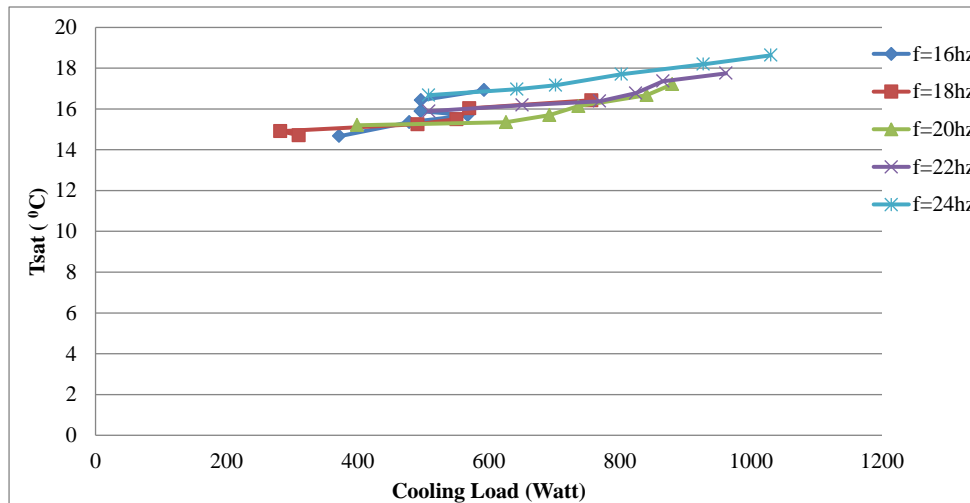
Gambar 4.1 Gerafik hubungan antara nilai q'' dengan kapasitas beban pendingin (*colling load*).

Gambar 4.1 menunjukkan hubungan antara nilai q'' dengan kapasitas beban pendingin (*colling load*). Nilai q'' didapat dari nilai suhu T_5 (suhu masuk udara seksi uji), T_6 (suhu keluar udara seksi uji), V_{udara} (kecepatan udara pada seksi uji), A (luas permukaan seksi uji), sehingga apa bila nilai q'' naik maka nilai kapasitas beban pendingin juga naik. Dapat dianalisa bahwa apabila nilai kapasitas beban pendingin (*colling load*) naik dipengaruhi perpindahan kalor evaporator menjadi besar, hal ini yang mempengaruhi lajunya perpindahan kalor pada seksi uji naik.



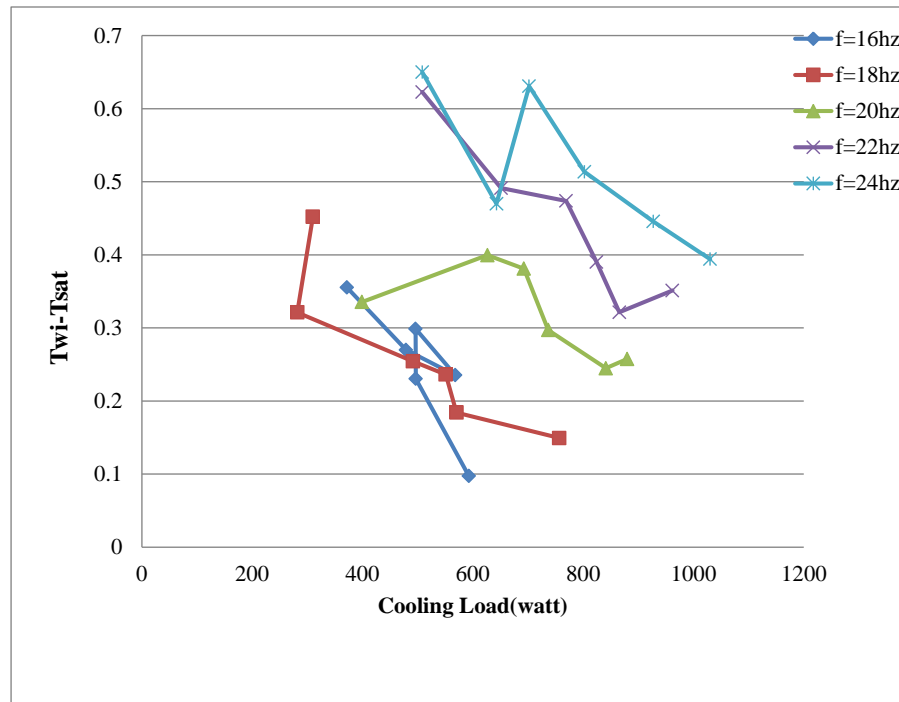
Gambar 4.2 Grafik hubungan antara nilai T_{wi} dengan kapasitas beban pendingin (*Colling Load*).

Gambar 4.2 menunjukkan hubungan antara nilai T_{wi} dengan nilai kapasitas beban pendingin (*colling load*). Nilai T_{wi} didapat dari nilai suhu T_5 (suhu udara masuk seksi uji), T_6 (suhu keluar seksi uji), dan $T_2, T_3, T_4, T_{10}, T_{11}, T_{12}$ (suhu dinding seksi uji), sehingga apa bila nilai T_{wi} naik maka nilai kapasitas beban pendingin (*colling load*) juga semakin naik. Dapat dianalisa bahwa apabila nilai kapasitas beban pendingin (*colling load*) naik mempengaruhi kalor yang diserap evaporator menjadi besar, hal ini yang mempengaruhi tekanan pada seksi uji naik.



Gambar 4.3 Grafik hubungan antara T_{sat} dengan beban pendingin (*Colling load*).

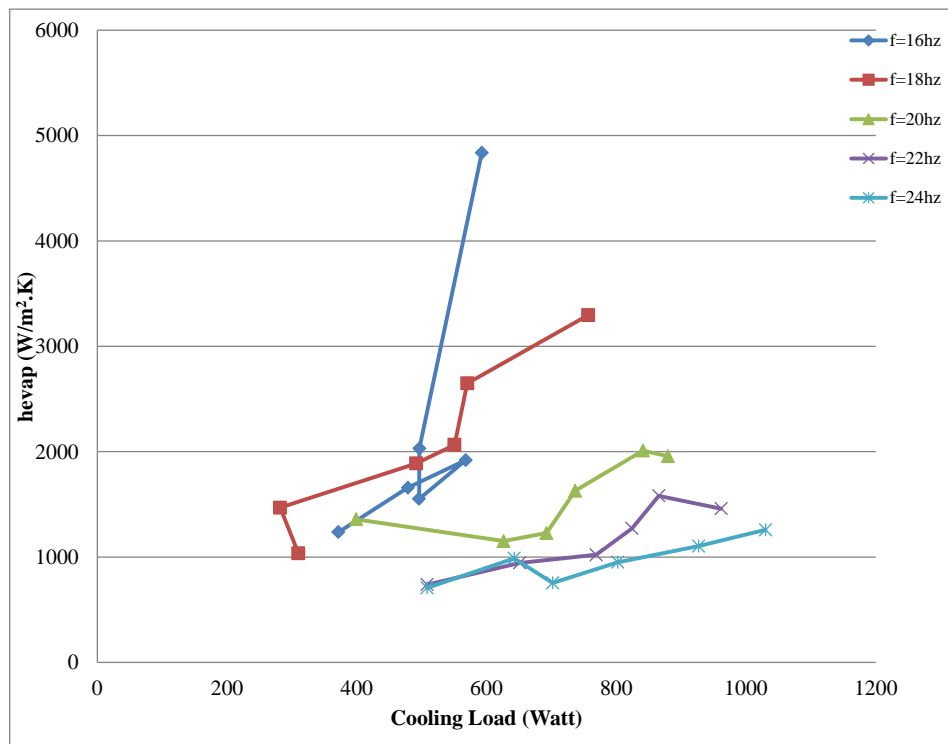
Gambar 4.3 menunjukkan hubungan antara nilai T_{sat} dengan nilai kapasitas beban pendingin. Nilai T_{sat} didapat dari nilai T_1 (suhu masuk seksi uji pipa bagian atas) dan nilai T_9 (suhu masuk seksi uji pipa bagian bawah) yang di mana nilai T_{sat} naik, maka nilai kapasitas beban pendingin (*Colling load*) ikut naik. Dapat dianalisa bahwa apa bila nilai kapasitas beban pendingin (*Colling Load*) naik mempengaruhi kalor yang di serap evaporator menjadi besar, sehingga tekanan yang terjadi pada seksi uji ikut naik dan mempengaruhi nilai T_{sat} naik.



Gambar 4.4 Grafik hubungan antara $T_{wi} - T_{sat}$ dengan kapasitas beban pendingin (*cooling load*).

Gambar 4.4 menunjukkan hubungan antara nilai $T_{wi} - T_{sat}$ dengan kapasitas beban pendingin (*cooling load*) didapatkan nilai *cooling load* semangkin tinggi dan variasi frekuensi inverter yang semangkin besar, sehingga mempengaruhi nilai $T_{wi} - T_{sat}$ yang cenderung menurun. Dapat dianalisa ketika nilai kapasitas beban pendingin (*cooling load*) naik menyebabkan kalor yang diserap evaporator menjadi besar, dan hal ini menyebabkan nilai \dot{m} ikut naik, hal ini berpengaruh terhadap nilai T_{wi} dan T_{sat} naik, maka hal ini menyebabkan nilai $T_{wi} - T_{sat}$ menurun.

Grafik di atas merupakan grafik pendukung untuk menentukan nilai kapasitas beban pendingin dan nilai koefisien perpindahan kalor evaporasi. Berikut ini adalah grafik utama hubungan kapasitas beban pendingin (*Colling load*) dengan koefisien perpindahan kalor evaporasi (h_{evap}):



Gambar 4.5 Grafik koefisien perpindahan kalor evaporasi (h_{evap}) dengan beban pendingin (*cooling load*).

Grafik pada gambar 4.5 merupakan hubungan perbandingan antara nilai pengujian koefisien perpindahan kalor evaporasi (h_{evap}) dengan nilai beban pendingin (*cooling load*). Menunjukkan naiknya nilai kapasitas beban pendingin (*cooling load*) mempengaruhi nilai koefisien perpindahan kalor evaporasi yang cenderung naik untuk setiap variasi frekuensi inverter (Hz) yang sama. Dari hasil pengujian data yang didapat pada koefisien perpindahan kalor evaporasi (h_{evap}) tertinggi yaitu 4836,089 W/m².K pada variasi frekuensi inverter 16 Hz. Sedangkan nilai kapasitas

beban pendingin (*cooling load*) tertinggi yaitu 1030,20 (watt) pada variasi frekuensi inverter 24 Hz. Nilai-nilai tersebut dipengaruhi oleh nilai suhu yang di dapat pada pengambilan data saat pengujian, terutama pada T_1 (suhu udara setelah seksi uji pipa masuk atas), T_2 , T_3 , T_4 (suhu dinding masuk seksi uji), T_5 (suhu udara sebelum seksi uji), T_6 (suhu udara setelah seksi pipa masuk bawah), T_9 (suhu udara setelah seksi uji pipa masuk bawah) T_{10} , T_{11} , T_{12} (suhu dinding keluar seksi uji) dan T_{15} (suhu air masuk evaporator), T_{16} (suhu air keluar evaporator). Grafik di atas dapat dianalisa bahwa besar debit yang air yang masuk ke evaporator, sehingga mempengaruhi perpindahan panas yang diserap oleh refrigeran besar dan menyebabkan laju perpindahan fasa yang terjadi besar, di mana perubahan fasa yang terjadi dari fasa cair ke fasa uap dengan cepat.