

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Fabrikasi *Test Bed Dehumidifier*

Proses fabrikasi *test bed dehumidifier desiccant* padat berbasis *silica gel white* dilakukan melalui beberapa tahapan utama, meliputi perancangan konstruksi rangka, pembuatan saluran udara (*ducting*), perakitan *bed desiccant*, instalasi pemanas (*heater*), serta integrasi sistem instrumentasi pengukuran temperatur dan kelembapan relatif.

Test bed yang difabrikasi terdiri atas lima komponen utama: *desiccant compartment* yang dapat diisi ulang, saluran udara adsorpsi dan saluran udara regenerasi, pemanas listrik (*electric heater*) dengan pengatur suhu (*thermostat*), *blower* sentrifugal untuk mengalirkan udara, serta sistem sensor dan akuisisi data berbasis data logger yang dapat diakses melalui website.



Gambar 4. 1 Hasil fabrikasi *test bed dehumidifier*

Komponen-komponen yang digunakan pada sistem *dehumidifier desiccant* ditunjukkan pada Gambar 4. 1. Untuk mendukung proses pengujian, setiap komponen memiliki spesifikasi tertentu yang dijelaskan melalui Tabel 4.1 berikut.

Tabel 4.1 Komponen dan spesifikasi *test bed dehumidifier*

No	Komponen	Spesifikasi	
1	<i>Control Panel</i>	Ukuran	: 300 x 400 x 180 mm
2	Rangka	Material	: Pipa Hollow 30 x 30 mm
		Ukuran	: 1100 x 630 x 730 mm
		Model	: BBLK - 202
		Tegangan	: 220 V
3	<i>Blower</i> Regenerasi	Amp	: 1.0 A
		Daya	: 150 W
		Frekuensi	: 50/60 Hz
		Kecepatan	: 2800/3400 rpm
4	<i>Ducting</i> Regenerasi	Material	: Stainless Steel 304
		Ukuran	: 450 x 270 x 170 mm
5	<i>Chamber</i> Adsorpsi	Material	: Stainless Steel 304
		Ukuran	: R150 mm x 170 mm
6	<i>Ducting</i> Adsorpsi	Material	: Stainless Steel 304
		Ukuran	: R150 mm x 190 mm
		Model	: BBLK - 202
		Tegangan	: 220 V
7	<i>Blower</i> Adsorpsi	Amp	: 1.0 A
		Daya	: 150 W
		Frekuensi	: 50/60 Hz
		Kecepatan	: 2800/3400 rpm
8	<i>Chamber</i> Regenerasi	Material	: Stainless Steel 304
		Ukuran	: R135 x 305 x 80 mm
9	Motor Listrik	Daya	: 0.25 HP
		Tegangan	: 380 V
		Kecepatan	: 1500 rpm
INSTRUMENTASI			
a	<i>Thermocouple</i>	Probe Type K	
b	<i>Thermohygrometer</i>	HTC - 2	
c	Sensor suhu dan RH	RS485 Modbus Probe	
d	Anemometer	Lutron AM-4201	

Lanjutan Tabel 4.1 Komponen dan spesifikasi <i>test bed dehumidifier</i>		
e	Inverter	CT 2000 ES
f	<i>Dimmer</i>	SYO - 70066
g	<i>Heater</i>	<i>Electric heater</i> tipe U 1500 W

4.2 Kondisi Udara Proses Adsorpsi dan Regenerasi

Kondisi udara pada jalur adsorpsi dan regenerasi digunakan untuk mengevaluasi kinerja sistem dehumidifier dalam proses penyerapan dan pelepasan uap air oleh material *desiccant*. Pengukuran dilakukan pada titik *inlet* dan *outlet bed desiccant* pada enam variasi setpoint suhu *heater* regenerasi, yakni 40°C, 45°C, 50°C, 55°C, 60°C, 65°C. Kecepatan aliran udara dijaga konstan sebesar 10,7 m/s pada sisi adsorpsi dan 12 m/s pada sisi regenerasi selama seluruh pengujian. Hasil pengambilan data pada proses adsorpsi dapat dilihat pada Tabel 4.2 dan Tabel 4.3.

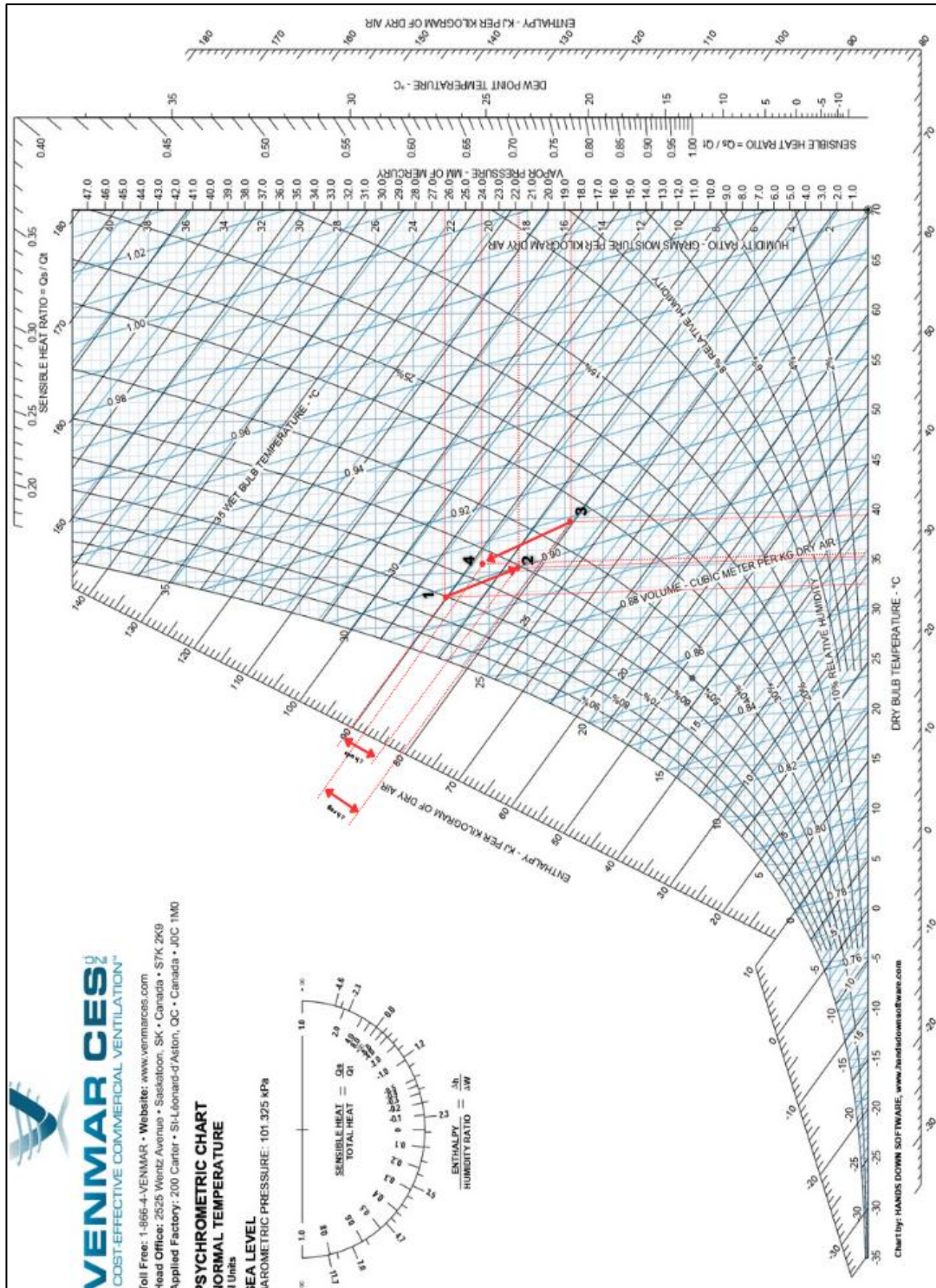
Tabel 4.2 Data kondisi udara adsorpsi

Menit ke-	T set <i>heater</i> (°C)	T in ads (°C)	RH in ads (°C)	W in ads (kg/kg)	T out ads (°C)	RH out ads (°C)	W out ads (kg/kg)
3	40	31.9	69.4	0.020918	35	50.1	0.017875
6	45	31.72	70.6	0.021068	37.2	45.9	0.018496
9	50	31.8	70.48	0.02113	38.4	44.2	0.019023
12	55	31.6	71	0.021043	40.36	40.58	0.019409
15	60	31.6	71	0.021043	42.3	37.24	0.019744
18	65	31.5	71.54	0.021085	44.58	33.86	0.020227

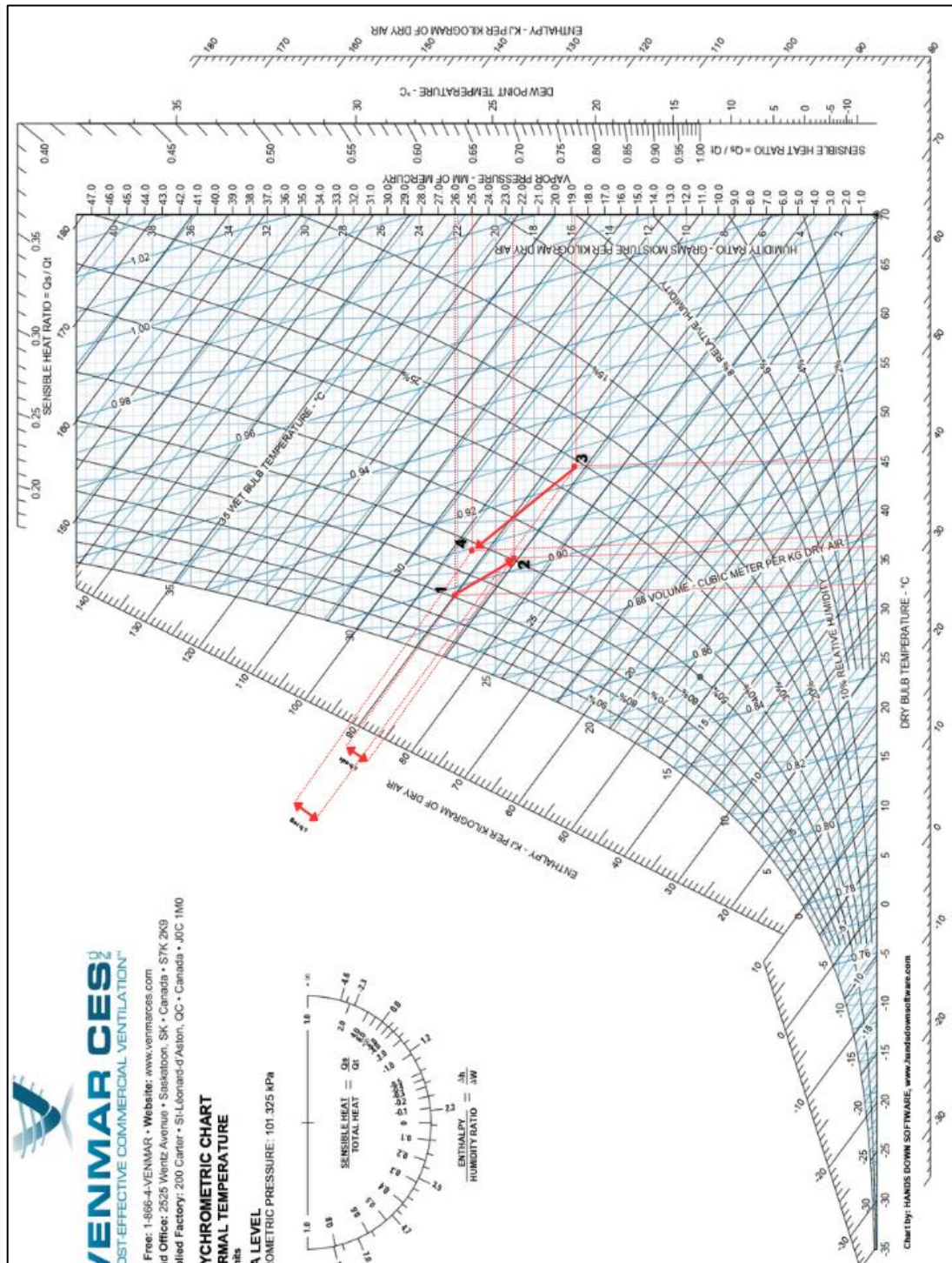
Tabel 4.3 Data kondisi udara regenerasi

Menit ke-	T set <i>heater</i> (°C)	T in reg (°C)	RH in reg (°C)	W in reg (kg/kg)	T out reg (°C)	RH out reg (°C)	W out reg (kg/kg)
3	40	39.3	33.2	0.0149	33.9	55.8	0.018755
6	45	45.04	24.8	0.015047	35.8	52.5	0.01963
9	50	50.4	19.1	0.01519	36.1	52.98	0.020155
12	55	55.3	14.82	0.014953	38.5	48.4	0.021008
15	60	62.9	10.04	0.014421	38.8	49.2	0.021727
18	65	68.6	7.5	0.013871	41.74	44.12	0.022822

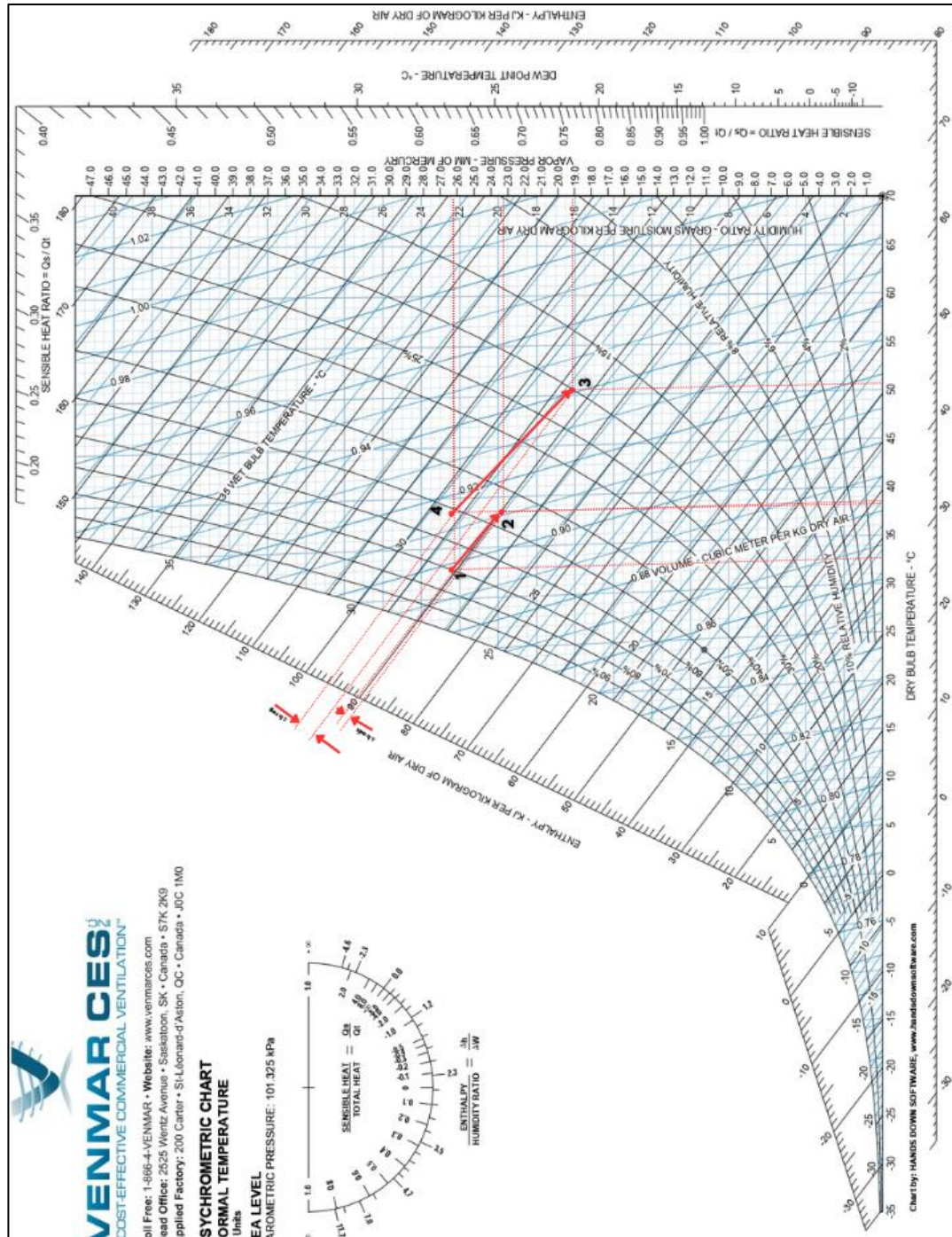
Berdasarkan data kondisi udara pada Tabel 4.2 dan Tabel 4.3, kondisi udara pada proses adsorpsi dan regenerasi selanjutnya divisualisasikan menggunakan diagram *psychrometric* yang disajikan pada Gambar 4. 2, Gambar 4. 3, Gambar 4. 4, Gambar 4. 5, Gambar 4. 6, Gambar 4. 7. Diagram *psychrometric* tersebut menunjukkan perubahan kondisi udara dari sisi *inlet* ke *outlet bed desiccant* pada setiap variasi suhu regenerasi, sehingga proses penurunan dan pelepasan kandungan uap air dapat diamati dengan lebih jelas.



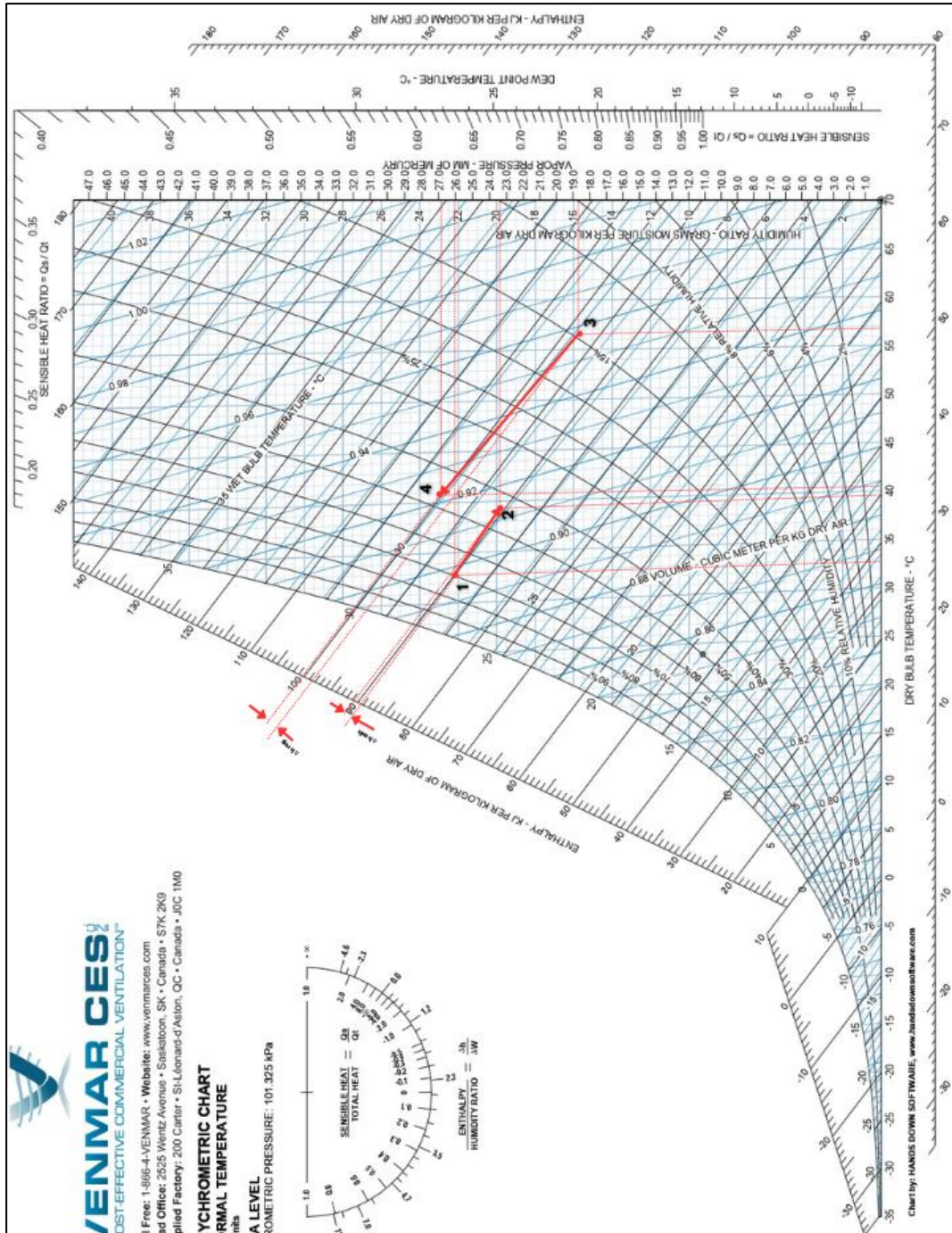
Gambar 4. 2 Diagram psychrometric set suhu 40°C



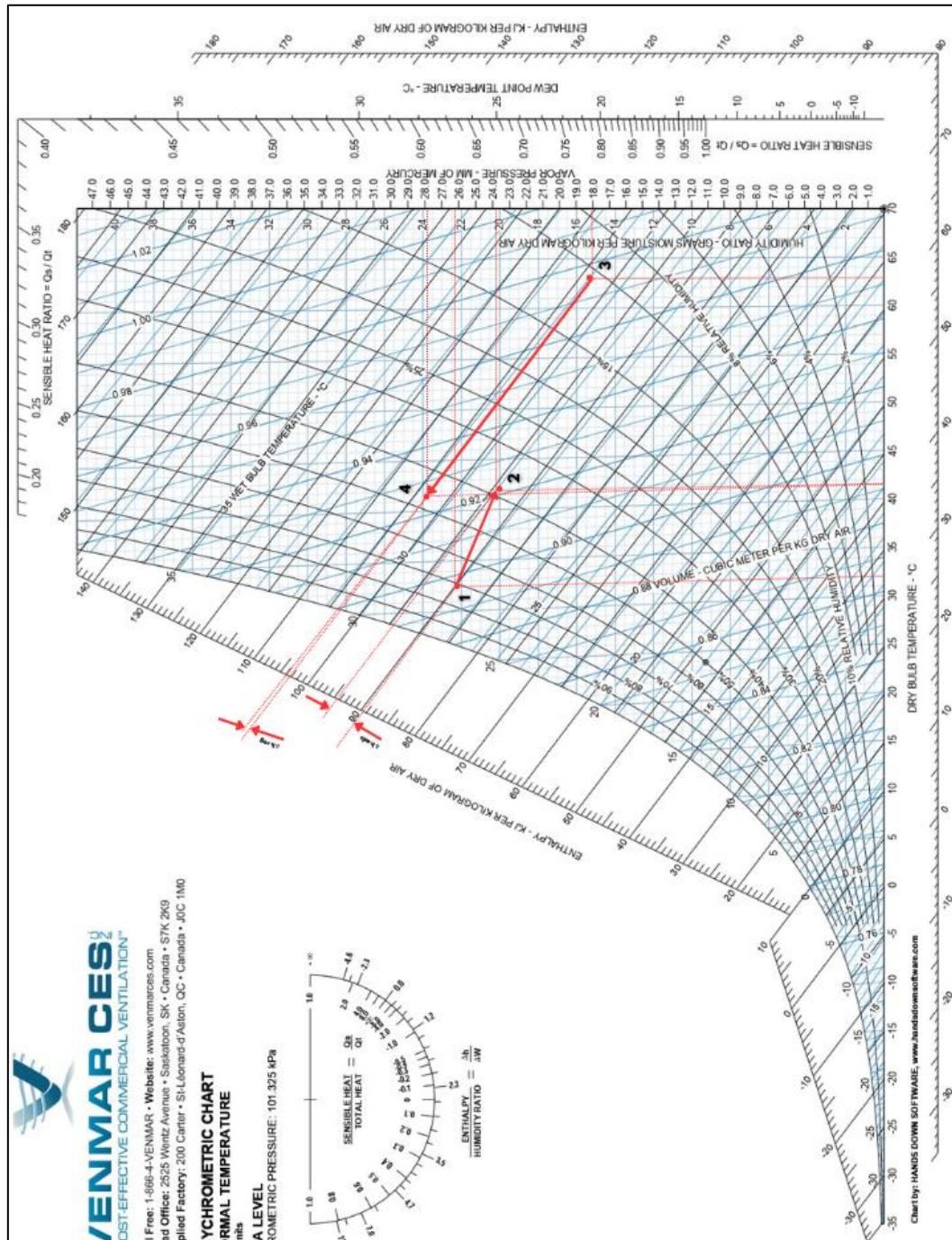
Gambar 4. 3 Diagram psychrometric set suhu 45°C



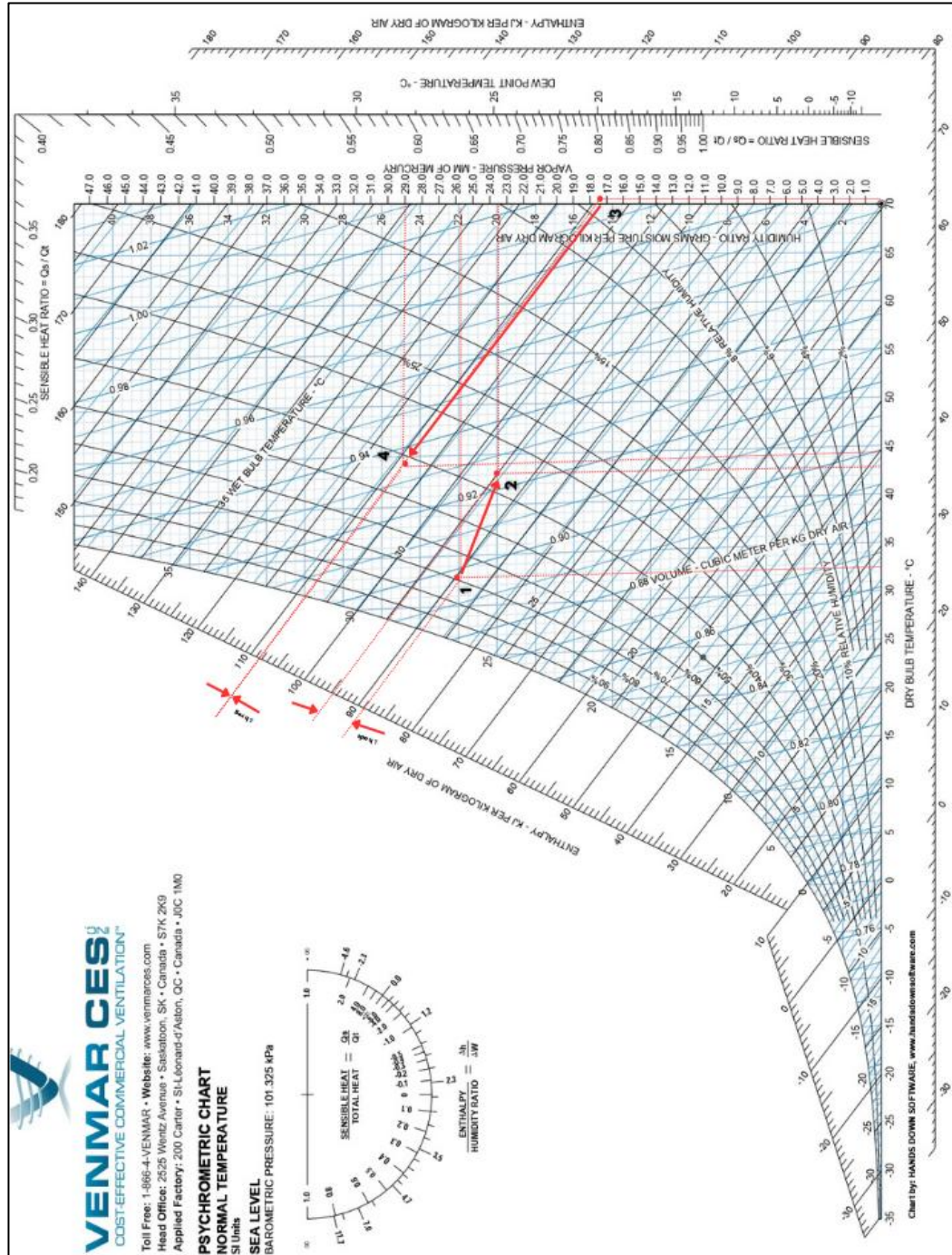
Gambar 4. 4 Diagram psychrometric set suhu 50°C



Gambar 4. 5 Diagram psychrometric set suhu 55°C



Gambar 4. 6 Diagram psychrometric set suhu 60°C



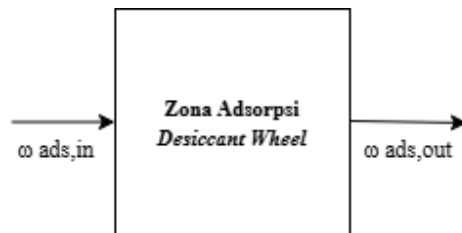
Gambar 4. 7 Diagram psychrometric set suhu 65°C

4.3 Kalkulasi Hasil Data

Subbab ini menyajikan kalkulasi hasil data yang diperoleh berdasarkan proses pengujian yang telah dilakukan. Perhitungan tersebut digunakan untuk mengetahui hasil dari masing-masing pengujian serta menjadi dasar dalam melakukan analisis dan penarikan kesimpulan terhadap sistem yang difabrikasi.

4.3.1 Penurunan Kelembapan Absolut

Berdasarkan model skema yang disajikan pada Gambar 4. 8, penurunan kelembapan absolut dihitung dengan menggunakan persamaan (2.45).



Gambar 4. 8 Model skema penurunan kelembapan absolut

$$\Delta\omega_{\text{ads}} = \omega_{\text{ads},in} - \omega_{\text{ads},out}$$

Sehingga, penurunan kelembapan absolut pada suhu regenerasi set poin 40°C

$$\begin{aligned}\Delta\omega_{\text{ads}} &= 0,022271 \frac{\text{kg}}{\text{kg}} - 0,018466 \frac{\text{kg}}{\text{kg}} \\ &= 0,003805 \text{ kg/kg}\end{aligned}$$

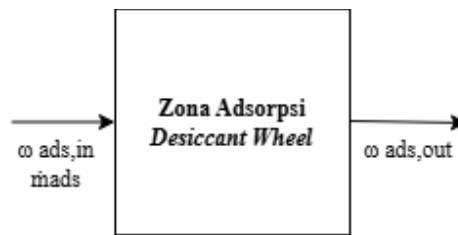
Secara lengkap hasil perhitungan penurunan kelembapan absolut yang dihasilkan dapat dilihat pada Tabel 4.4.

Tabel 4.4 Hasil perhitungan penurunan kelembapan absolut

Treg in (°C)	$\omega_{ads,in}$ (kg/kg)	$\omega_{ads,out}$ (kg/kg)	$\Delta\omega_{ads}$ (kg/kg)
39,60	0,022271	0,018466	0,003805
45,10	0,022164	0,019001	0,003163
50,80	0,022340	0,019635	0,002705
56,90	0,022183	0,019728	0,002455
63,00	0,022205	0,020371	0,001834
70,06	0,021931	0,019985	0,001946

4.3.2 Moisture removal capacity

Berdasarkan model skema yang disajikan pada Gambar 4. 9, *moisture removal capacity* dihitung dengan menggunakan persamaan (2.46).



Gambar 4. 9 Model skema MRC

$$MRC = \dot{m}_{ads} \times (\omega_{ads,in} - \omega_{ads,out})$$

Sehingga, *moisture removal capacity* pada suhu regenerasi set poin 40°C adalah

$$\begin{aligned}
 MRC &= 0,298327 \frac{\text{kg}}{\text{s}} \times (0,022271 - 0,018466) \frac{\text{kg}}{\text{kg}} \\
 &= 0,001135 \frac{\text{kg}}{\text{s}}
 \end{aligned}$$

Secara lengkap hasil perhitungan *Moisture removal capacity* yang dihasilkan dapat dilihat pada Tabel 4.5.

Tabel 4.5 Hasil perhitungan *moisture removal capacity*

T _{reg in} (°C)	$\dot{m}_{ads}$ (kg/s)	$\omega_{ads,in}$ (kg/kg)	$\omega_{ads,out}$ (kg/kg)	MRC (kg/s)
39,60	0.298327	0,022271	0,018466	0,001135
45,10	0.298589	0,022164	0,019001	0,000944
50,80	0.298327	0,022340	0,019635	0,000806
56,90	0.298589	0,022183	0,019728	0,000733
63,00	0.298589	0,022205	0,020371	0,000547
70,06	0.298589	0,021931	0,019985	0,000581

4.3.3 *Moisture regeneration rate*

Berdasarkan model skema yang disajikan pada Gambar 4. 10, *moisture regeneration rate* dihitung dengan menggunakan persamaan (2.47).



Gambar 4. 10 Model skema MRR

$$MRR = \dot{m}_{reg} \times (\omega_{reg,out} - \omega_{reg,in})$$

Sehingga, *Moisture Regeneration Rate* (MRR) pada suhu regenerasi set poin 40°C adalah

$$\begin{aligned}
 MRR &= 0,0271 \frac{\text{kg}}{\text{s}} \times (0,020248 - 0,015737) \frac{\text{kg}}{\text{kg}} \\
 &= 0,000122 \frac{\text{kg}}{\text{s}}
 \end{aligned}$$

Secara lengkap hasil perhitungan *Moisture Regeneration Rate* (MRR) yang dihasilkan dapat dilihat pada Tabel 4.6.

Tabel 4.6 Hasil perhitungan *moisture regeneration rate*

Treg in (°C)	$\dot{m}_{reg}$ (kg/s)	$\omega_{reg,in}$ (kg/kg)	$\omega_{reg,out}$ (kg/kg)	MRR (kg/s)
39,60	0,0271	0,015737	0,020248	0,000122
45,10	0,0266	0,015832	0,021004	0,000137
50,80	0,0261	0,016083	0,022147	0,000158
56,90	0,0256	0,015785	0,022921	0,000183
63,00	0,0252	0,015286	0,023970	0,000219
70,06	0,0247	0,014559	0,024904	0,000255

4.3.4 Efektivitas dehumidifikasi

Berdasarkan model skema yang disajikan pada Gambar 4. 11, efektivitas dehumidifikasi dapat dihitung dengan persamaan (2.48).



Gambar 4. 11 Model skema efektivitas dehumidifikasi

$$\varepsilon_{deh} = \frac{\omega_{ads,in} - \omega_{ads,out}}{\omega_{ads,in}} \times 100 \%$$

Sehingga, efektivitas dehumidifikasi pada suhu regenerasi set poin 40°C adalah

$$\begin{aligned} \varepsilon_{deh} &= \frac{0,022271 - 0,018466}{0,022271} \times 100 \% \\ &= 17,08 \% \end{aligned}$$

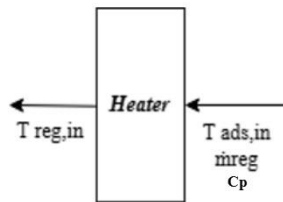
Secara lengkap hasil perhitungan efektivitas dehumidifikasi yang dihasilkan dapat dilihat pada Tabel 4.7.

Tabel 4.7 Hasil perhitungan efektivitas dehumidifikasi

T _{reg in} (°C)	ω _{ads,in} (kg/kg)	ω _{ads,out} (kg/kg)	ε _{deh} (%)
39,60	0,022271	0,018466	17,08
45,10	0,022164	0,019001	14,27
50,80	0,022340	0,019635	12,11
56,90	0,022183	0,019728	11,07
63,00	0,022205	0,020371	8,26
70,06	0,021931	0,019985	8,87

4.3.5 Konsumsi daya *heater*

Berdasarkan model skema yang disajikan pada Gambar 4. 12, konsumsi daya *heater* dapat dihitung dengan persamaan (2.49)



Gambar 4. 12 Model skema konsumsi daya *heater*

$$W_{heater} = \dot{m}_{reg} \times C_p \times \Delta T_{heater}$$

Sehingga, konsumsi daya *heater* pada suhu regenerasi set poin 40°C adalah

$$\begin{aligned}
 W_{heater} &= \dot{m}_{reg} \times C_p \times \Delta T_{heater} \\
 &= 0,0271 \frac{\text{kg}}{\text{s}} \times 1,005 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}^\circ\text{C}} \times (39,6 - 32,98)^\circ\text{C} \\
 &= 0,1803 \frac{\text{kJ}}{\text{s}} = 0,1803 \text{ kW} \\
 &= 180,3 \text{ watt}
 \end{aligned}$$

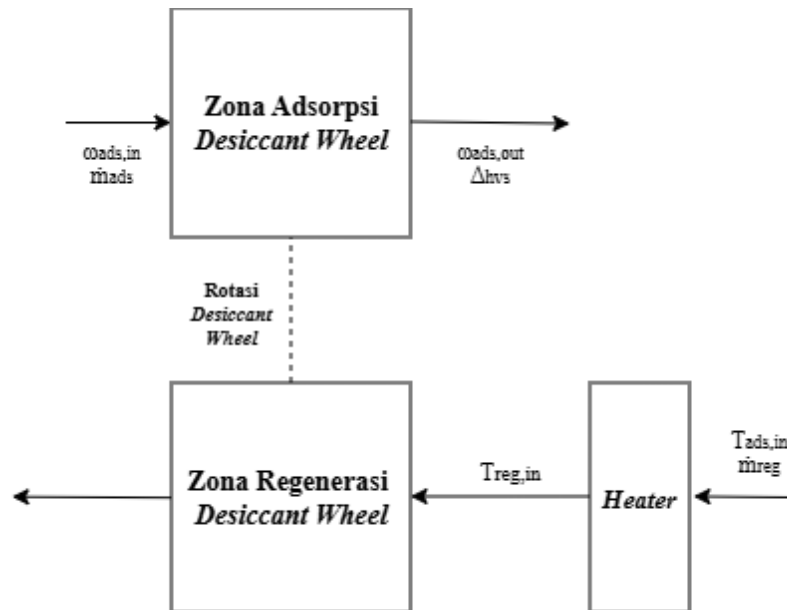
Secara lengkap hasil perhitungan konsumsi daya *heater* yang dihasilkan dapat dilihat pada Tabel 4.8.

Tabel 4.8 Hasil perhitungan konsumsi daya *heater*

T _{reg in} (°C)	$\dot{m}_{reg}$ (kg/s)	C _p ($\frac{KJ}{kg^{\circ}C}$)	ΔT_{heater} (°C)	W _{heater} (Watt)
39,60	0.0271	1,005	6,62	180,30
45,10	0,0266	1,005	12.30	329,30
50,80	0,0261	1,005	17,90	470,51
56,90	0,0256	1,005	24,08	621,21
63,00	0,0252	1,005	30,30	768,40
70,06	0,0247	1,005	37,36	928,33

4.3.6 Dehumidification coefficient of performance

Berdasarkan model skema yang disajikan pada Gambar 4. 13, DCOP dapat dihitung dengan persamaan (2.50) dan (2.51).



Gambar 4. 13 Model skema DCOP

$$DCOP = \frac{\dot{m}_{ads} \times \Delta h_{vs} \times (\omega_{ads,in} - \omega_{ads,out})}{\dot{m}_{reg} \times C_p \times \Delta T_{heater}}$$

Dimana untuk mencari Δh_{vs} kita menggunakan rumus:

$$\begin{aligned}\Delta h_{vs} = & (-0,614342 \times 10^{-4}) \times T_{ads\ in}^3 + \\ & 0,0158927 \times 10^{-2} \times T_{ads\ in}^2 - \\ & 0,236418 \times 10 \times T_{ads\ in} + 0,250079 \times 10^4\end{aligned}$$

Sehingga Δh_{vs} dan DCOP pada suhu regenerasi set poin 40 °C adalah

$$\begin{aligned}\Delta h_{vs} = & (-0,614342 \times 10^{-4}) \times 32,98^3 \text{°C} + \\ & 0,0158927 \times 10^{-2} \times 32,98^2 \text{°C} - \\ & 0,236418 \times 10 \times 32,98 \text{°C} + 0,250079 \times 10^4 \\ = & 2.420,788 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}\end{aligned}$$

Jadi, DCOP untuk suhu regenerasi set poin 40°

$$\begin{aligned}DCOP = & \frac{0,298 \frac{\text{kg}}{\text{s}} \times 2.420,788 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} \times (0,022271 - 0,018466) \frac{\text{kg}}{\text{kg}}}{0,0271 \frac{\text{kg}}{\text{s}} \times 1,005 \frac{\text{kJ}}{\text{kg °C}} \times (39,6 - 32,98) \text{°C}} \\ = & 15,24071\end{aligned}$$

Secara lengkap hasil perhitungan DCOP yang dihasilkan dapat dilihat pada

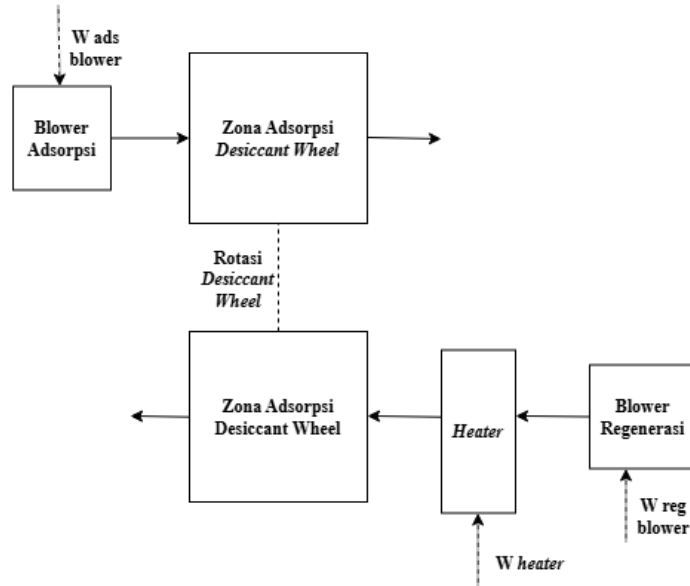
Tabel 4.9.

Tabel 4.9 Hasil perhitungan DCOP

$T_{reg\ in}$ (°C)	$T_{ads\ in}$ (°C)	Δh_{vs}	$\dot{m}_{ads}$ (kg/s)	$\omega_{ads,in}$ (kg/kg)	$\omega_{ads,out}$ (kg/kg)	$\dot{m}_{reg}$ (kg/s)	C_p (KJ/kg°C)	DCOP	$T_{reg\ in}$ (°C)
39,60	32,98	2420,788	0.298327	0,022271	0,018466	0.0271	1,005	15,2407	39,60
45,10	32,8	2421,248	0.298589	0,022164	0,019001	0,0266	1,005	6,9440	45,10
50,80	32,9	2420,993	0.298327	0,022340	0,019635	0,0261	1,005	4,1522	50,80
56,90	32,82	2421,197	0.298589	0,022183	0,019728	0,0256	1,005	2,8569	56,90
63,00	32,7	2421,503	0.298589	0,022205	0,020371	0,0252	1,005	1,7257	63,00
70,06	32,7	2421,503	0.298589	0,021931	0,019985	0,0247	1,005	1,5156	70,06

4.3.7 Specific energy consumption

Berdasarkan model skema yang disajikan pada Gambar 4. 14, *specific energy consumption* dapat dihitung dengan persamaan (2.52).



Gambar 4. 14 Model skema SEC

$$SEC = \frac{W_{heater} + W_{blower}}{MRC}$$

Sehingga, SEC pada suhu regenerasi set poin 40°C adalah:

$$\begin{aligned} SEC &= \frac{(0,1803 + 0,011544)kW}{0,001135 \frac{kg}{s}} \\ &= 169,0067 \frac{kJ}{kg} \end{aligned}$$

Secara lengkap hasil perhitungan SEC yang dihasilkan dapat dilihat pada Tabel

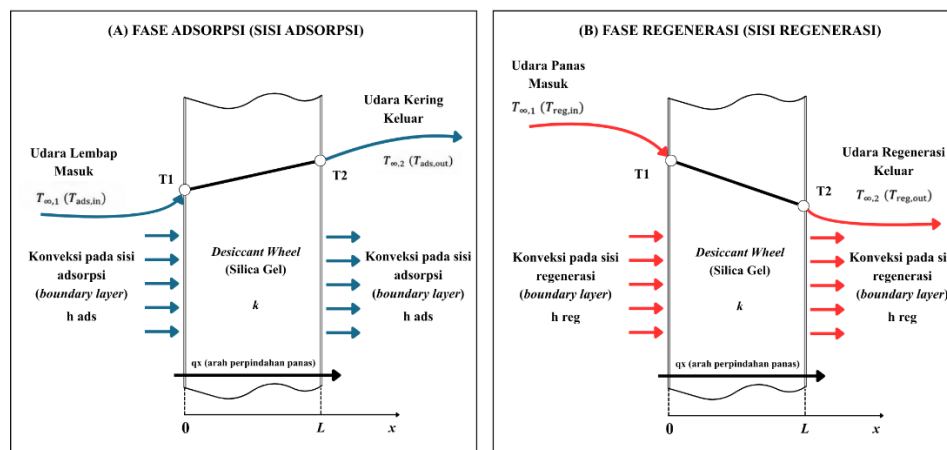
4.10.

Tabel 4.10 Hasil perhitungan SEC

Treg in (°C)	W_{heater} (kW)	W_{blower} (kW)	MRC (kg/s)	SEC ($\frac{kJ}{kg}$)
39,60	0,1803	0.011544	0,001135	169,0067
45,10	0,3293	0.011544	0,000944	360,9045
50,80	0,4705	0.011544	0,000806	597,366
56,90	0,6212	0.011544	0,000733	863,2215
63,00	0,7684	0.011544	0,000547	1424,279
70,06	0,9283	0.011544	0,000581	1617,545

4.3.8 Heat transfer pada Rotary Wheel

Perpindahan panas (*heat transfer*) adalah proses perpindahan energi termal dari suatu benda atau sistem yang memiliki temperatur lebih tinggi ke benda atau sistem lain yang memiliki temperatur lebih rendah akibat adanya perbedaan temperatur. Secara umum, perpindahan panas dapat terjadi melalui tiga mekanisme, yaitu konduksi, konveksi, dan radiasi.



Gambar 4. 15 Skema perpindahan panas pada *rotary wheel*

Berdasarkan mekanisme perpindahan panas yang ditunjukkan pada Gambar 4. 15, analisis kebutuhan kalor pada penelitian ini dilakukan dengan menggunakan data temperatur udara masuk dan keluar.

a. *Heat transfer* konveksi adsorpsi di *rotary wheel*

Hasil perhitungan menggunakan persamaan 2.54 Sampai 2.60

$$Q_{\text{conv,ads}} = h_{\text{ads}} \times A_v \times (T_{\text{ads in}} - T_{\text{ads out}})$$

Diketahui:

$\dot{V}_{\text{duct,ads}}$	: $0,26215 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}$
d_{wheel}	: 0,3 m
$d_{\text{lubang honeycomb}}$	: 0,002 m
$T_{\text{in ads}}$	: $32,98 \text{ }^{\circ}\text{C} = 306,13 \text{ K}$
$T_{\text{out ads}}$	: $35,5 \text{ }^{\circ}\text{C} = 308,65 \text{ K}$
μ_{ads}	: $1,9 \times 10^{-5} \text{ Pa s}$
ρ_{ads}	: $1,138 \text{ kg/m}^3$
C_p	: $1.005 \frac{\text{J}}{\text{kg K}}$

Untuk mencari h , menggunakan rumus:

$$h_{\text{ads}} = \frac{\text{Nu} \times k_{\text{ads}}}{D_{\text{h honeycomb}}}$$

Untuk mencari nilai reynold, menggunakan persamaan

$$Re = \frac{\rho_{ads} \times v_{wheel,ads} \times Dh_{honeycomb}}{\mu_{ads}}$$

Untuk mencari v_{wheel} menggunakan persamaan

$$\begin{aligned} v_{wheel,ads} &= \frac{\dot{V}_{duct,ads}}{A_{wheel,ads}} \\ &= \frac{0,26216 \frac{m^3}{s}}{\frac{1}{2} \pi \frac{(0,3 m)^2}{4}} \\ &= 7,421 \frac{m}{s} \end{aligned}$$

Untuk mencari k_{ads} , menggunakan tabel thermal conductivity yang ditunjukkan pada Gambar 4. 16.

Air - Thermal Conductivity vs. Temperature at Atmospheric Pressure - SI Units

Temperature (°C)	Thermal conductivity		
	(mW/m K)	(kcal(IT)/(h m K))	(Btu(IT)/(h ft °F))
-190	7.82	0.00672	0.00452
-150	11.69	0.01005	0.00675
-100	16.20	0.01393	0.00936
-75	18.34	0.01577	0.01060
-50	20.41	0.01755	0.01179
-25	22.41	0.01927	0.01295
-15	23.20	0.01995	0.01340
-10	23.59	0.02028	0.01363
-5	23.97	0.02061	0.01385
0	24.36	0.02094	0.01407
5	24.74	0.02127	0.01429
10	25.12	0.02160	0.01451
15	25.50	0.02192	0.01473
20	25.87	0.02225	0.01495
25	26.24	0.02257	0.01516
30	26.62	0.02289	0.01538
40	27.35	0.02352	0.01580
50	28.08	0.02415	0.01623
60	28.80	0.02477	0.01664
80	30.23	0.02599	0.01746
100	31.62	0.02719	0.01827
125	33.33	0.02866	0.01926
150	35.00	0.03010	0.02022
175	36.64	0.03151	0.02117
200	38.25	0.03289	0.02210
225	39.83	0.03425	0.02301
300	44.41	0.03819	0.02566
412	50.92	0.04378	0.02942
500	55.79	0.04797	0.03224
600	61.14	0.05257	0.03533
700	66.32	0.05702	0.03832
800	71.35	0.06135	0.04122
900	76.26	0.06557	0.04406
1000	81.08	0.06971	0.04685
1100	85.83	0.07380	0.04959

Gambar 4. 16 Tabel *thermal conductivity* adsorpsi

$$T_f = \frac{T_{in_{ads}} + T_{out_{ads}}}{2}$$

$$= \left(\frac{32,98 + 35,5}{2} \right) ^\circ C$$

$$= 34,42 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

Diketahui:

$$k_{\text{ads}} @ 30^{\circ}\text{C} = 0,02662 \frac{\text{W}}{\text{m K}}$$

$$k_{\text{ads}} @ 40^{\circ}\text{C} = 0,02735 \frac{\text{W}}{\text{m K}}$$

Untuk mencari $k_{\text{ads}} @ 34,42^{\circ}\text{C}$, maka harus ngeinterpolasi

$$\begin{aligned} k_{\text{ads}} @ 34,42 \text{ }^{\circ}\text{C} &= 0,02662 + \left(\frac{(34,42 - 30)^{\circ}\text{C}}{(40 - 30)^{\circ}\text{C}} \right) \times (0,02735 - 0,02662) \frac{\text{W}}{\text{m K}} \\ &= 0,02693 \frac{\text{W}}{\text{m K}} \end{aligned}$$

Untuk mencari Pr, menggunakan rumus:

$$\begin{aligned} \text{Pr} &= \frac{\mu_{\text{ads}} \times C_p}{k_{\text{ads}}} \\ &= \frac{1,9 \times 10^{-5} \text{ Pa s} \times 1.005 \frac{\text{J}}{\text{kg K}}}{0,02693 \frac{\text{W}}{\text{m K}}} \\ &= 0,70907 \frac{\text{W}}{\text{m K}} \end{aligned}$$

Untuk mencari nilai Re, menggunakan rumus:

$$\begin{aligned} \text{Re} &= \frac{\rho_{\text{ads}} \times V_{\text{wheel}} \times D_{\text{honeycomb}}}{\mu_{\text{ads}}} \\ &= \frac{1,138 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \times 7,421 \frac{\text{m}}{\text{s}} \times 0,002 \text{ m}}{1,9 \times 10^{-5} \text{ Pa s}} \\ &= 888,968 \end{aligned}$$

Karena $\text{Re} < 2.300$, maka aliran nya adalah aliran laminar. Untuk mencari Nu, menggunakan rumus:

$$\begin{aligned}
Nu &= 0,664Re^{0,5}Pr^{0,33} \\
&= 0,664 \times 888,968^{0,5} \times 0,70907^{0,33} \\
&= 17,67
\end{aligned}$$

Untuk mencari h_{ads} , menggunakan rumus

$$\begin{aligned}
h_{ads} &= \frac{Nu \times k_{ads}}{Dh_{honeycomb}} \\
h_{ads} &= \frac{17,67 \times 0,02693 \frac{W}{m K}}{0,002 m} \\
&= 237,979 \frac{W}{m^2 K}
\end{aligned}$$

Untuk luas perpindahan kalor adsorpsi

$$\begin{aligned}
A_{v ads} &= \frac{1}{2} \pi \times d_{lubang honeycomb} \times b \times N_{lubang honeycomb} \\
&= \frac{1}{2} \times 0,002 m \times 0,13 m \times 2.116 \\
&= 0,863 m^2
\end{aligned}$$

Sehingga, heat transfer adsorpsi di rotary wheel pada suhu regenerasi set poin 40°C

$$\begin{aligned}
Q_{conv,ads} &= h_{ads} \times A_v \times (T_s - T_{in,ads}) \\
&= 237,979 \frac{W}{m^2 K} \times 0,863 m^2 \times (308,65 - 306,13) K \\
&= 517,996 \text{ Watt} \\
&= 517,996 \frac{J}{s} = 517.996 W
\end{aligned}$$

Secara lengkap hasil perhitungan heat transfer adsorpsi di rotary wheel yang dihasilkan dapat dilihat pada Tabel 4.11.

Tabel 4.11 Hasil perhitungan *heat transfer* adsorpsi di *rotary wheel*

Menit ke-	T set heat er (°C)	T in ads (°C)	T out ads (°C)	k ads ($\frac{W}{m K}$)	Pr	Nu	h ($\frac{W}{m^2 K}$)	Q _{conv,ads} (W)
5	40	32,98	35,50	0,02693	0,7090	17,67	237,979	517,996
10	45	32,8	36,26	0,02695	0,7085	17,66	238,104	711,59
15	50	32,9	38,40	0,02703	0,7064	17,65	238,595	1133,47
20	55	32,82	39,44	0,02706	0,7056	17,64	238,817	1365,56
25	60	32,7	41,90	0,02715	0,7056	17,64	239,570	1903,74
30	65	32,7	43,12	0,02720	0,7056	17,64	239,963	2159,73

b. *Heat transfer* konveksi regenerasi di *rotary wheel*

Hasil perhitungan menggunakan persamaan 2.61 Sampai 2.67

$$Q_{\text{conv,reg}} = h_{\text{reg}} \times A_v \times (T_{\text{reg in}} - T_{\text{reg out}})$$

Diketahui:

$$\dot{V}_{\text{duct,ads}} : 0,02424 \frac{m^3}{s}$$

$$d_{\text{wheel}} : 0,3 \text{ m}$$

$$d_{\text{lubang honeycomb}} : 0,002 \text{ m}$$

$$T_{\text{in,reg}} : 39,6 \text{ }^{\circ}\text{C} = 312,75 \text{ K}$$

$$T_{\text{out,reg}} : 35,8 \text{ }^{\circ}\text{C} = 308,95 \text{ K}$$

$$\mu_{\text{reg}} : 1,934 \times 10^{-5} \text{ Pa s}$$

$$\rho_{\text{reg}} : 1,118 \text{ kg/m}^3$$

$$C_p : 1.005 \frac{J}{kg K}$$

Untuk mencari h, menggunakan rumus:

$$h_{\text{reg}} = \frac{\text{Nu} \times k_{\text{reg}}}{Dh_{\text{honeycomb}}} \quad (2.2)$$

Untuk mencari nilai reynold, menggunakan persamaan

$$\text{Re} = \frac{\rho_{\text{reg}} \times v_{\text{wheel,reg}} \times Dh_{\text{honeycomb}}}{\mu_{\text{reg}}} \quad (2.2)$$

Untuk mencari v_{wheel} menggunakan persamaan

$$\begin{aligned} v_{\text{wheel,ads}} &= \frac{\dot{V}_{\text{duct,ads}}}{A_{\text{wheel,ads}}} \\ &= \frac{0,02424 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}}{\frac{1}{2} \pi \frac{(0,3 \text{ m})^2}{4}} \\ &= 0,6862 \frac{\text{m}}{\text{s}} \end{aligned}$$

Untuk mencari k_{reg} , menggunakan tabel thermal conductivity yang ditunjukkan pada Gambar 4. 17.

Air - Thermal Conductivity vs. Temperature at Atmospheric Pressure - SI Units

Temperature (°C)	Thermal conductivity		
	(mW/m K)	(kcal(IT)/(h m K))	(Btu(IT)/(h ft °F))
-190	7.82	0.00672	0.00452
-150	11.69	0.01005	0.00675
-100	16.20	0.01393	0.00936
-75	18.34	0.01577	0.01060
-50	20.41	0.01755	0.01179
-25	22.41	0.01927	0.01295
-15	23.20	0.01995	0.01340
-10	23.59	0.02028	0.01363
-5	23.97	0.02061	0.01385
0	24.36	0.02094	0.01407
5	24.74	0.02127	0.01429
10	25.12	0.02160	0.01451
15	25.50	0.02192	0.01473
20	25.87	0.02225	0.01495
25	26.24	0.02257	0.01516
30	26.62	0.02289	0.01538
40	27.35	0.02352	0.01580
50	28.08	0.02415	0.01623
60	28.80	0.02477	0.01664
80	30.23	0.02599	0.01746
100	31.62	0.02719	0.01827
125	33.33	0.02866	0.01926
150	35.00	0.03010	0.02022
175	36.64	0.03151	0.02117
200	38.25	0.03289	0.02210
225	39.83	0.03425	0.02301
300	44.41	0.03819	0.02566
412	50.92	0.04378	0.02942
500	55.79	0.04797	0.03224
600	61.14	0.05257	0.03533
700	66.32	0.05702	0.03832
800	71.35	0.06135	0.04122
900	76.26	0.06557	0.04406
1000	81.08	0.06971	0.04685
1100	85.83	0.07380	0.04959

Gambar 4. 17 Tabel *thermal conductivity* regenerasi

$$\begin{aligned}
 T_f &= \frac{T_{\text{in reg}} + T_{\text{out reg}}}{2} \\
 &= \left(\frac{39,6 + 35,8}{2} \right) ^\circ\text{C}
 \end{aligned}$$

$$= 37,7^{\circ}\text{C}$$

Diketahui

$$k_{\text{reg}} @ 30^{\circ}\text{C} = 0,02662 \frac{\text{W}}{\text{m K}}$$

$$k_{\text{reg}} @ 40^{\circ}\text{C} = 0,02735 \frac{\text{W}}{\text{m K}}$$

Untuk mencari $k_{\text{reg}} @ 37,7^{\circ}\text{C}$, maka harus interpolasi

$$\begin{aligned} k_{\text{reg}} @ 37,7^{\circ}\text{C} &= 0,02662 + \left(\frac{(37,7 - 30)^{\circ}\text{C}}{(40 - 30)^{\circ}\text{C}} \right) \times (0,02735 - 0,02662) \frac{\text{W}}{\text{m K}} \\ &= 0,02718 \frac{\text{W}}{\text{m K}} \end{aligned}$$

Untuk mencari Pr, menggunakan rumus:

$$\begin{aligned} \text{Pr} &= \frac{\mu_{\text{reg}} \times \text{Cp}}{k_{\text{reg}}} \\ &= \frac{1,934 \times 10^{-5} \text{Pa s} \times 1.005 \frac{\text{J}}{\text{kg K}}}{0,02718 \frac{\text{W}}{\text{m K}}} \\ &= 0,715 \end{aligned}$$

Untuk mencari nilai Re, menggunakan rumus:

$$\begin{aligned} \text{Re} &= \frac{\rho_{\text{reg}} \times v_{\text{wheel}} \times D_{\text{honeycomb}}}{\mu_{\text{reg}}} \\ &= \frac{1,118 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \times 0,6862 \frac{\text{m}}{\text{s}} \times 0,002 \text{ m}}{1,934 \times 10^{-5} \text{Pa s}} \\ &= 79,335 \end{aligned}$$

Karena $\text{Re} < 2.300$, maka aliran nya adalah aliran laminar. Untuk mencari Nu, menggunakan rumus:

$$\text{Nu} = 0,664 \text{Re}^{0,5} \text{Pr}^{0,33}$$

$$= 0,664 \times 79,335^{0,5} \times 0,715^{0,33}$$

$$= 5,293$$

Untuk mencari h_{reg} , menggunakan rumus

$$h_{ads} = \frac{5,2945 \times 0,027182 \frac{W}{m K}}{0,002 m}$$

$$= 71,981 \frac{W}{m^2 K}$$

Untuk luas perpindahan kalor regenerasi

$$A_{v reg} = \frac{1}{2} \pi \times d_{lubang honeycomb} \times b \times N_{lubang honeycomb}$$

$$= \frac{1}{2} \times 0,002 m \times 0,13 m \times 2.116$$

$$= 0,863 m^2$$

Sehingga, heat transfer regenerasi di rotary wheel pada suhu regenerasi set poin 40°C

$$Q_{conv,reg} = h_{reg} \times A_v \times (T_s - T_{in ads})$$

$$= 71,981 \frac{W}{m^2 K} \times 0,863 m^2 \times (308,65 - 306,13) K$$

$$= 236,188 \text{ Watt}$$

$$= 236,26 \frac{J}{s} = 236,26 W$$

Secara lengkap hasil perhitungan heat transfer regenerasi di rotary wheel yang dihasilkan dapat dilihat pada Tabel 4.12.

Tabel 4.12 Hasil perhitungan heat transfer regenerasi di rotary wheel

T set heater (°C)	T in reg (°C)	T out reg (°C)	k ads ($\frac{W}{m K}$)	Pr	Nu	Re	h ($\frac{W}{m^2 K}$)	Q _{conv,reg} (W)
40	39,60	35,80	0,02718	0,7150	5,293	79,335	71,9810	236,260
45	45,10	37,40	0,02744	0,7083	5,211	77,347	71,5049	479,664
50	50,80	38,60	0,02769	0,7018	5,109	74,788	70,7442	745,486
55	56,90	40,80	0,028	0,6942	5,005	72,307	70,0694	974,413
60	63,00	41,60	0,02825	0,6881	4,911	70,032	69,3699	1282,25
65	70,06	44,04	0,02859	0,6799	4,807	67,625	68,7191	1544,45

c. *Heat transfer* konduksi adsorpsi di rotary wheel

Hasil perhitungan menggunakan persamaan (2.68) sampai (2.69)

$$A = \frac{3,14}{4} (0,30^2 - 0,27^2)$$

$$= 0,01343 m^2$$

Sehingga, heat transfer konveksi adsorpsi di rotary wheel pada suhu regenerasi set poin 40°C

$$Q_{konduksi,ads} = 0,18 \times \frac{0,01343 \times (35,5 - 32,98)}{0,13}$$

$$= 0,0469 W$$

Secara lengkap hasil perhitungan heat transfer konduksi sisi adsorpsi di rotary wheel yang dihasilkan dapat dilihat pada Tabel 4. 13.

Tabel 4.13 Hasil perhitungan *heat transfer* adsorpsi di *rotary wheel*

Menit ke-	T set heat er (°C)	T in ads (°C)	T out ads (°C)	Q _{kond,ads} (W)
5	40	32,98	35,50	0,047
10	45	32,8	36,26	0,064
15	50	32,9	38,40	0,1023
20	55	32,82	39,44	0,123
25	60	32,7	41,90	0,171
30	65	32,7	43,12	0,194

d. *Heat transfer* konduksi pada regenerasi

$$A = \frac{3,14}{4} (0,30^2 - 0,27^2) \\ = 0,01343 \text{ m}^2$$

Sehingga, *heat transfer* konveksi adsorpsi di *rotary wheel* pada suhu regenerasi set poin 40°C

$$Q_{konduksi,reg} = 0,18 \times \frac{0,01343 \times (39,6 - 35,8)}{0,13} \\ = 0,071 \text{ W}$$

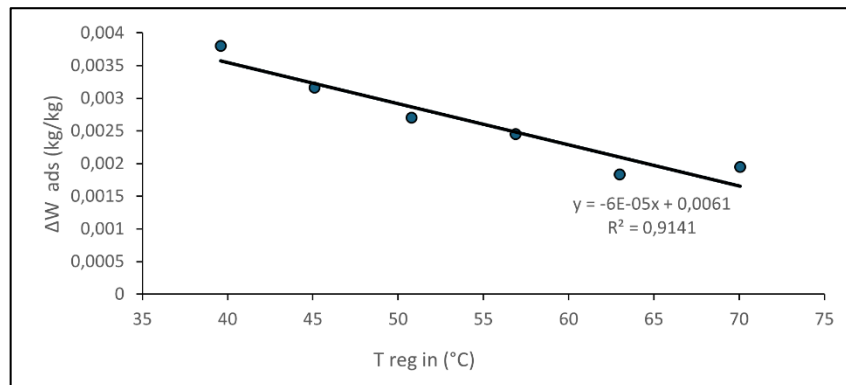
Secara lengkap hasil perhitungan *heat transfer* konduksi pada regenerasi di *rotary wheel* yang dihasilkan dapat dilihat pada Tabel 4. 14.

Tabel 4.14 Heat transfer konduksi pada regenerasi di rotary wheel

T set heater (°C)	T in reg (°C)	T out reg (°C)	Q _{kond,reg} (W)
40	39,60	35,80	0,071
45	45,10	37,40	0,143
50	50,80	38,60	0,227
55	56,90	40,80	0,30
60	63,00	41,60	0,398
65	70,06	44,04	0,483

4.4 Analisis Penurunan Kelembapan Absolut (ΔW_{ads})

Nilai ΔW_{ads} merupakan selisih *humidity ratio* udara masuk dan keluar sisi adsorpsi yang menunjukkan jumlah uap air yang diserap oleh desikan selama proses dehumidifikasi. Hubungan antara temperatur regenerasi (T_{reg}) dan nilai ΔW_{ads} ditunjukkan pada Gambar 4. 18.



Gambar 4. 18 Hubungan temperatur regenerasi dengan penurunan kelembapan absolut

Berdasarkan Gambar 4. 18, dapat dilihat bahwa peningkatan temperatur regenerasi menyebabkan nilai ΔW_{ads} mengalami penurunan, yaitu dari 0,003805 kg/kg pada temperatur 39,6°C menjadi sekitar 0,001946 kg/kg pada temperatur 70,06°C. Grafik menunjukkan hubungan negatif antara kedua variabel dengan nilai koefisien

determinasi (R^2) sebesar 0,9141 yang menunjukkan bahwa sekitar 91,41% variasi nilai ΔW_{ads} dapat dijelaskan oleh perubahan temperatur regenerasi selama proses pengujian.

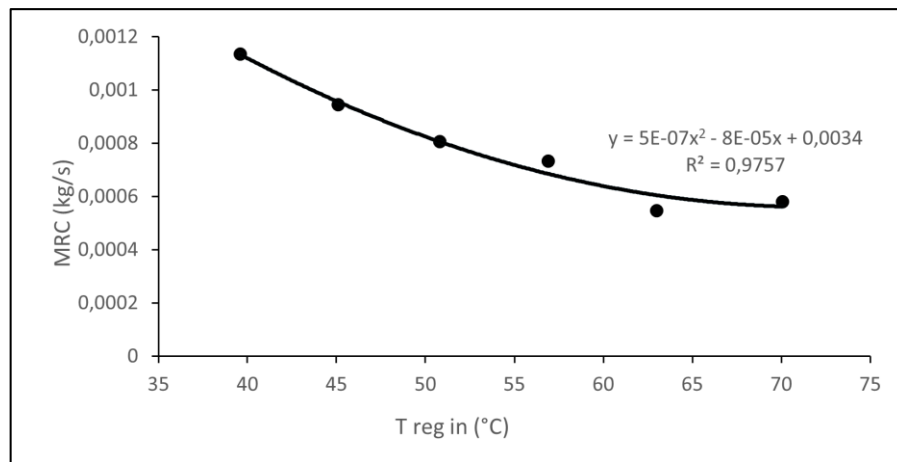
Secara prinsip kerja *desiccant wheel*, peningkatan temperatur regenerasi seharusnya mampu memperbaiki proses pelepasan kandungan air dari material desikan. Temperatur regenerasi yang lebih tinggi dapat meningkatkan proses desorpsi, sehingga kandungan air yang tersimpan dalam pori-pori *silica gel* berkurang dan material desikan memiliki kemampuan penyerapan yang lebih besar pada siklus adsorpsi berikutnya. Berdasarkan hasil pengujian, kenaikan temperature regenerasi tidak menunjukkan peningkatan terhadap nilai ΔW_{ads} , melainkan menyebabkan nilai tersebut semakin berkurang. Hal ini menunjukkan bahwa peningkatan temperatur regenerasi pada kondisi operasi penelitian belum mampu meningkatkan performa adsorpsi *silica gel* secara optimal.

Hasil penelitian ini memiliki perbedaan dengan penelitian Chaudhary *et al.* (2019), yang menyatakan bahwa peningkatan temperatur regenerasi dapat meningkatkan kemampuan adsorpsi karena proses pemanasan yang lebih tinggi mampu mengurangi kandungan air yang tersisa pada material *silica gel*, sehingga desikan menjadi lebih siap untuk menyerap uap air pada siklus berikutnya. Perbedaan hasil ini kemungkinan dipengaruhi oleh adanya fenomena *heat carryover*, yaitu perpindahan panas dari sisi regenerasi menuju sisi adsorpsi akibat rotasi *desiccant wheel*, sehingga temperatur udara pada zona adsorpsi meningkat dan mengurangi kemampuan *silica gel* dalam melakukan penyerapan uap air. Selain itu, temperatur regenerasi yang diterapkan pada pengujian ini diduga belum mencapai kondisi optimum untuk melepaskan kandungan air dari *silica gel* secara maksimal, sehingga peningkatan temperatur regenerasi belum memberikan peningkatan terhadap kapasitas

adsorpsi sistem.

4.5 Moisture Removal Capacity (MRC)

Moisture Removal Capacity (MRC) menunjukkan kemampuan desikan dalam menghilangkan uap air dari udara proses selama dehumidifikasi. Pengaruh variasi temperatur regenerasi (T_{reg}) terhadap MRC ditunjukkan pada Gambar 4. 19.



Gambar 4. 19 Hubungan temperatur regenerasi dengan *moisture removal capacity*

Berdasarkan Gambar 4. 19, nilai MRC cenderung menurun seiring dengan meningkatnya temperatur udara regenerasi, yaitu dari sekitar 0,001135 kg/s pada 39,6°C menjadi sekitar 0,000581 kg/s pada 70,06°C. Grafik menunjukkan hubungan negatif antara kedua variabel dengan nilai koefisien determinasi (R^2) sebesar 0,9757 yang menunjukkan bahwa sekitar 97,57% variasi nilai MRC dapat dijelaskan oleh perubahan temperatur regenerasi selama proses pengujian.

Secara prinsip kerja *desiccant wheel*, peningkatan temperatur regenerasi umumnya dapat meningkatkan performa *desiccant wheel*. Temperatur regenerasi yang lebih tinggi dapat membantu proses pelepasan molekul air yang masih terikat pada

permukaan dan pori-pori *silica gel* melalui mekanisme desorpsi. Dengan berkurangnya kandungan air pada material desikan, *silica gel* diharapkan memiliki kemampuan adsorpsi yang lebih besar ketika kembali memasuki zona adsorpsi.

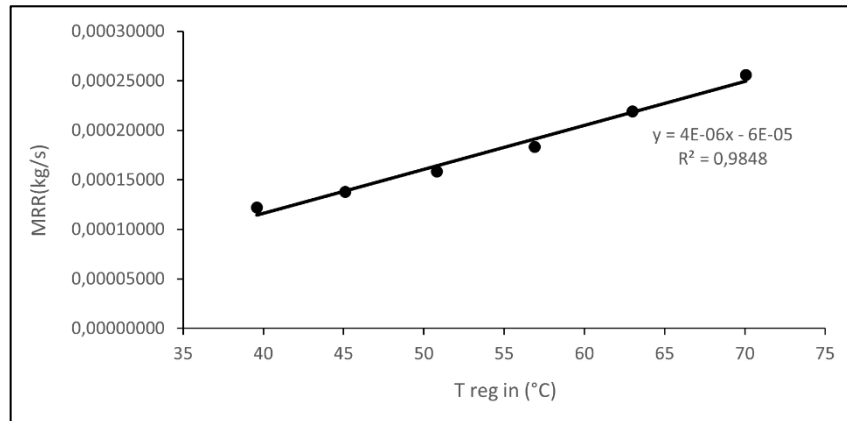
Berdasarkan grafik yang diperoleh, peningkatan temperatur regenerasi menyebabkan penurunan kemampuan *desiccant wheel* dalam melakukan pengurangan kandungan uap air pada udara proses, yang ditunjukkan oleh menurunnya nilai MRC. Parameter MRC menggambarkan jumlah massa uap air yang berhasil dihilangkan oleh sistem setiap satuan waktu, sehingga nilai MRC yang lebih rendah menunjukkan bahwa proses penyerapan uap air oleh material desikan berlangsung kurang efektif.

Hasil penelitian ini memiliki perbedaan dengan penelitian Li & Tao (2023) menunjukkan bahwa peningkatan temperatur regenerasi meningkatkan nilai MRC, karena proses regenerasi yang lebih efektif menghasilkan desikan yang lebih kering sehingga kapasitas penyerapan uap air pada siklus adsorpsi berikutnya menjadi lebih tinggi. Perbedaan tren ini diduga dipengaruhi oleh fenomena *heat carryover*, yaitu perpindahan panas yang terbawa oleh material desikan dari zona regenerasi menuju zona adsorpsi. Akibatnya, temperatur *silica gel* ketika memasuki zona adsorpsi menjadi lebih tinggi, sehingga kemampuan material dalam menyerap uap air dari udara proses dapat mengalami penurunan. Pada penelitian ini, temperatur regenerasi yang diterapkan diduga belum mencapai kondisi optimal untuk melepaskan seluruh kandungan air yang terikat pada *silica gel*, sehingga peningkatan kapasitas adsorpsi pada proses berikutnya belum terjadi secara maksimal.

4.6 Moisture Regeneration Rate (MRR)

Moisture Regeneration Rate (MRR) menunjukkan laju pelepasan kandungan uap

air dari material *desiccant* ke udara regenerasi selama proses desorpsi. Pengaruh variasi temperatur regenerasi (T_{reg}) terhadap MRR ditunjukkan pada Gambar 4. 20.



Gambar 4. 20 Hubungan temperatur regenerasi dengan *moisture regeneration rate*

Berdasarkan Gambar 4. 20, nilai MRR meningkat seiring dengan kenaikan temperatur udara regenerasi, yaitu dari sekitar 0,00012225 kg/s pada 39,6°C menjadi sekitar 0,00025578 kg/s pada 70,06°C. Grafik menunjukkan hubungan positif antara kedua variabel dengan nilai koefisien determinasi (R^2) sebesar 0,9848 yang menunjukkan bahwa sekitar 98,48% variasi nilai MRR dapat dijelaskan oleh perubahan temperatur regenerasi selama proses pengujian.

Secara prinsip kerja, peningkatan temperatur regenerasi berperan dalam meningkatkan efektivitas pelepasan kelembapan dan material desikan. Temperatur yang lebih tinggi memberikan energi panas yang lebih besar sehingga proses desorpsi pada *silica gel* dapat berlangsung lebih cepat. Sehingga, material desikan dapat kembali memiliki kemampuan penyerapan yang lebih baik pada proses adsorpsi selanjutnya.

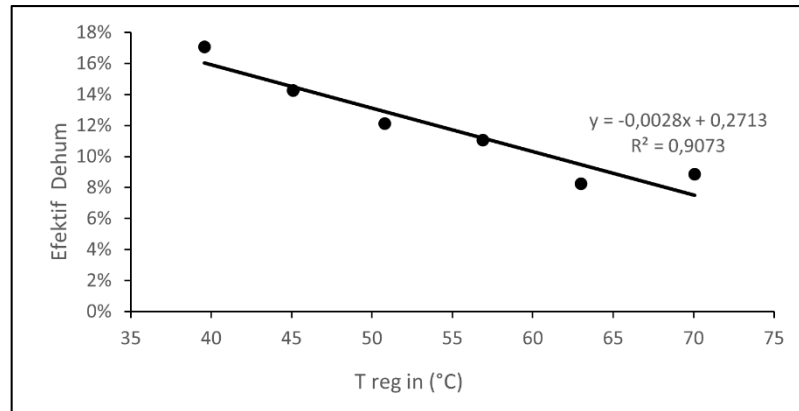
Berdasarkan hasil pengujian, kenaikan temperatur regenerasi dari 39,6°C hingga

70,06°C menghasilkan peningkatan nilai MRR secara bertahap. Hal tersebut menunjukkan bahwa peningkatan energi panas pada sisi regenerasi mampu mempercepat perpindahan massa uap air dari material desikan menuju aliran udara regenerasi. Sehingga efektif proses pelepasan kelembapan yang terjadi, maka jumlah uap air yang berhasil dikeluarkan dari *silica gel* semakin besar, sehingga material desikan dapat kembali memiliki kemampuan penyerapan yang lebih baik pada proses adsorpsi selanjutnya.

Hasil penelitian ini sesuai dengan penelitian Mehare *et al.* (2025) yang juga menunjukkan bahwa peningkatan temperatur udara regenerasi meningkatkan *regeneration rate* karena energi panas yang lebih tinggi mempercepat pelepasan uap air yang tersimpan di dalam desikan. Dengan demikian, kenaikan temperatur regenerasi memberikan pengaruh positif terhadap efektivitas proses regenerasi dan meningkatkan kemampuan desikan untuk digunakan kembali pada siklus adsorpsi berikutnya.

4.7 Efektivitas Dehumidifikasi

Nilai efektivitas menunjukkan kemampuan sistem dalam mengurangi kandungan uap air pada udara proses. Pengaruh variasi temperatur regenerasi (T_{reg}) terhadap efektivitas dehumidifikasi ditunjukkan pada Gambar 4. 21.



Gambar 4. 21 Hubungan temperatur regenerasi dengan efektivitas dehumidifikasi

Berdasarkan Gambar 4. 21, nilai efektivitas dehumidifikasi cenderung menurun seiring dengan meningkatnya temperatur udara regenerasi, yaitu dari sekitar 17,08% pada 39,06°C menjadi sekitar 8,87% pada 70,06°C. menurun pada rentang temperatur regenerasi yang diuji. Grafik menunjukkan hubungan negatif antara kedua variabel dengan nilai koefisien determinasi (R^2) sebesar 0,9073 yang menunjukkan bahwa sekitar 90,73% variasi nilai efektivitas dehumidifikasi dapat dijelaskan oleh temperatur regenerasi selama proses pengujian.

Secara prinsip kerja, peningkatan temperatur regenerasi dapat meningkatkan kemampuan kerja *desiccant wheel* karena temperatur yang lebih tinggi mampu mempercepat proses pelepasan kandungan air dari material desikan melalui mekanisme desorpsi. Dengan berkurangnya kandungan air yang tersimpan pada *silica gel*, material desikan seharusnya memiliki kapasitas adsorpsi yang lebih besar ketika kembali memasuki zona adsorpsi.

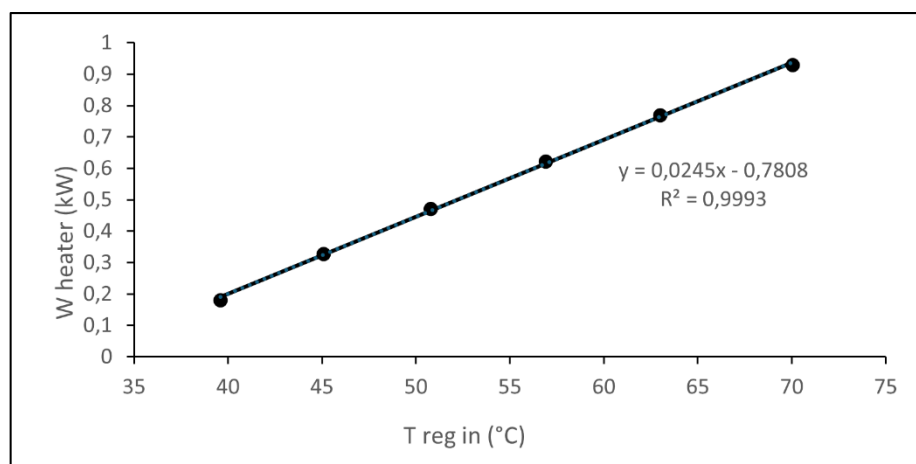
Namun, hasil pengujian menunjukkan kecenderungan yang berbeda, yaitu peningkatan temperatur regenerasi menyebabkan efektivitas dehumidifikasi menurun. Hal ini menunjukkan bahwa peningkatan temperatur regenerasi pada rentang

pengujian belum mampu memberikan peningkatan performa adsorpsi pada siklus adsorpsi berikutnya.

Berbeda dengan hasil tersebut, Chaudhary *et al.* (2019) melaporkan bahwa peningkatan temperatur regenerasi justru meningkatkan efektivitas dehumidifikasi karena proses regenerasi yang lebih baik menghasilkan desikan yang lebih kering sehingga kapasitas adsorpsinya meningkat. Perbedaan tren ini diduga disebabkan oleh fenomena *heat carryover* yang meningkatkan temperatur pada sisi adsorpsi serta temperatur regenerasi pada penelitian ini yang belum cukup tinggi untuk meregenerasi *silica gel* secara optimal, sehingga efektivitas dehumidifikasi tidak meningkat.

4.8 Konsumsi Daya Heater

Daya heater menunjukkan besarnya energi yang digunakan untuk memanaskan udara regenerasi selama proses regenerasi desikan. Hubungan antara temperatur regenerasi (T_{reg}) dan konsumsi energi heater ditunjukkan pada Gambar 4. 22.



Gambar 4. 22 Hubungan temperatur regenerasi dengan konsumsi daya heater

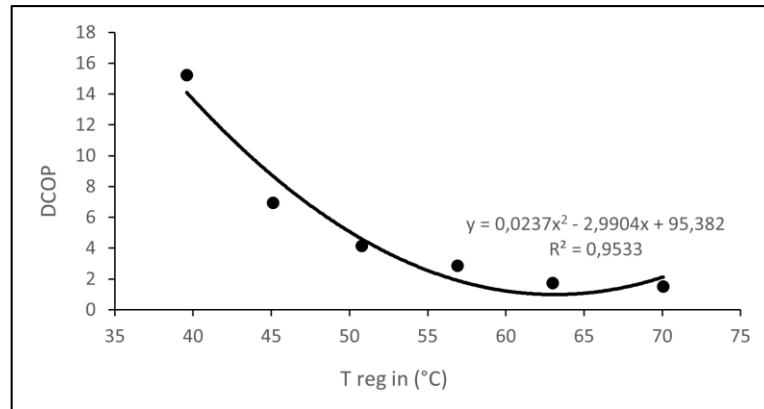
Berdasarkan Gambar 4. 22, konsumsi energi heater (*Wheater*) meningkat seiring

dengan kenaikan temperatur udara regenerasi, yaitu dari sekitar 0,1803 kW pada 32,98°C menjadi sekitar 0,928 kW pada 70,06°C. Grafik menunjukkan hubungan positif antara kedua variabel dengan nilai koefisien determinasi (R^2) sebesar 0,9993 yang menunjukkan bahwa sekitar 99,93% variasi W_{heater} dapat dijelaskan oleh temperatur regenerasi selama proses pengujian.

Hasil penelitian ini sesuai dengan penelitian Kosasih *et al.* (2022) yang menunjukkan bahwa konsumsi energi *heater* meningkat seiring dengan kenaikan temperatur pemanas karena kebutuhan energi untuk mencapai temperatur regenerasi yang lebih tinggi juga semakin besar. Dengan demikian, peningkatan temperatur regenerasi berpengaruh langsung terhadap kenaikan konsumsi energi *heater* pada sistem dehumidifikasi.

4.9 Dehumidification Coefficient of Performance (DCOP)

Dehumidification Coefficient of Performance (DCOP) adalah parameter yang menunjukkan efisiensi sistem dehumidifikasi dalam menghasilkan pengurangan kelembapan dibandingkan dengan energi yang digunakan untuk proses tersebut. Hubungan antara temperatur regenerasi (T_{reg}) dan nilai DCOP ditunjukkan pada Gambar 4. 23.



Gambar 4. 23 Hubungan temperatur regenerasi dengan DCOP

Berdasarkan Gambar 4. 23, nilai DCOP cenderung menurun seiring dengan meningkatnya temperatur udara regenerasi, yaitu dari sekitar 15,2407 pada 39,06°C menjadi sekitar 1,51 pada 70,06°C. Grafik menunjukkan hubungan positif antara kedua variabel dengan nilai koefisien determinasi (R^2) sebesar 0,9533 yang menunjukkan bahwa sekitar 95,33% variasi nilai DCOP dapat dijelaskan oleh temperatur regenerasi selama proses pengujian.

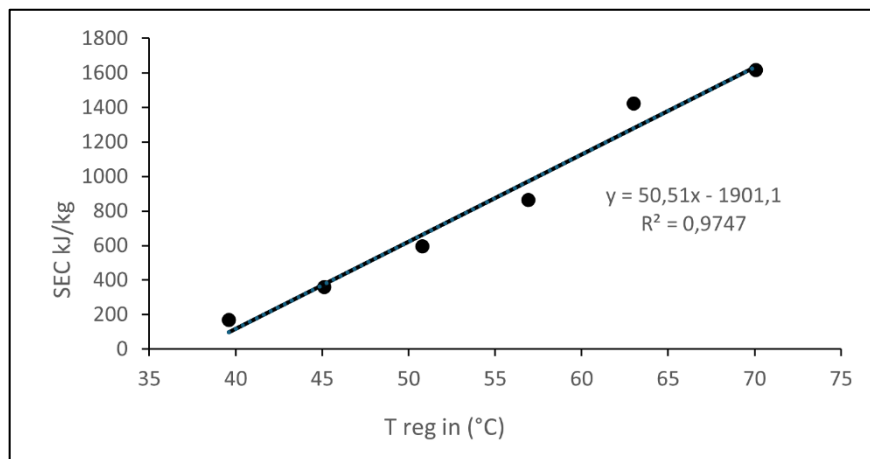
Secara prinsip kerja, peningkatan temperatur regenerasi dapat meningkatkan kemampuan regenerasi material desikan karena temperatur yang lebih tinggi mampu mempercepat proses pelepasan molekul air dari permukaan dan pori-pori *silica gel*. Namun, peningkatan temperatur tersebut juga menyebabkan konsumsi energi regenerasi meningkat akibat kebutuhan panas yang lebih besar dari *heater*. Apabila peningkatan energi yang digunakan lebih besar dibandingkan peningkatan jumlah kelembapan yang berhasil dihilangkan, maka nilai DCOP akan mengalami penurunan.

Hasil penelitian ini sesuai dengan penelitian Li & Tao (2023) yang menunjukkan bahwa nilai DCOP cenderung menurun ketika temperatur regenerasi meningkat akibat kebutuhan energi regenerasi yang semakin besar. Dengan demikian, meskipun

temperatur regenerasi yang lebih tinggi dapat memperbaiki proses regenerasi desikan, peningkatan konsumsi energi yang lebih besar menyebabkan nilai DCOP menurun.

4.10 Specific Energy Consumption

Specific Energy Consumption (SEC) menunjukkan energi yang dibutuhkan untuk menghilangkan satu satuan massa air pada proses dehumidifikasi. Pengaruh variasi temperatur regenerasi (T_{reg}) terhadap SEC ditunjukkan pada Gambar 4. 24.



Gambar 4. 24 Hubungan temperatur regenerasi dengan *specific energy consumption*

Berdasarkan Gambar 4. 24, nilai SEC cenderung meningkat seiring dengan kenaikan temperatur udara regenerasi, yaitu dari sekitar 169,0067 kJ/kg pada 39,06°C menjadi sekitar 1.617,545 kJ/kg pada 70,06°C. Grafik menunjukkan hubungan positif antara kedua variabel dengan nilai koefisien determinasi (R^2) sebesar 0,9747 yang menunjukkan bahwa sekitar 97,47% variasi nilai SEC dapat dijelaskan oleh temperatur regenerasi selama proses pengujian.

Berdasarkan hasil pengujian, peningkatan temperatur regenerasi menyebabkan nilai *Specific Energy Consumption* (SEC) semakin meningkat. Nilai SEC yang

semakin kecil menunjukkan bahwa sistem mampu melakukan proses dehumidifikasi dengan konsumsi energi yang lebih rendah atau memiliki tingkat efisiensi energi yang lebih baik.

Hasil penelitian ini sesuai dengan penelitian Kosasih *et al.* (2022) yang menunjukkan bahwa nilai SEC meningkat seiring dengan kenaikan temperatur pemanas (*heater temperature*) karena kebutuhan energi untuk proses regenerasi semakin besar. Dengan demikian, meskipun temperatur regenerasi yang lebih tinggi dapat meningkatkan proses regenerasi desikan, konsumsi energi yang dibutuhkan juga semakin besar sehingga nilai SEC meningkat.