

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Fabrikasi *Test Bed Dehumidifier*

Proses fabrikasi *test bed dehumidifier desiccant* padat berbasis *silica gel* biru 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 (*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	Control Panel	Ukuran	:	300 x 400 x 180 mm
2	Rangka	Material	:	Pipa Hollow 30 x 30 mm
		Ukuran	:	1100 x 630 x 730 mm
3	<i>Blower</i> Regenerasi	Model	:	BBLK - 202
		Tegangan	:	220 V
		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
7	<i>Blower</i> Adsorpsi	Model	:	BBLK - 202
		Tegangan	:	220 V
		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>Heater tipe U 1500 W</i>

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 sisi *inlet* dan *outlet bed desiccant* dengan variasi suhu heater regenerasi 40°C, 45°C, 50°C, 55°C, 60°C, dan 65°C, sementara kecepatan udara dijaga konstan sebesar 8,56 m/s selama seluruh pengujian. Hasil pengambilan data pada proses adsorpsi dan regenerasi masing-masing disajikan pada Tabel 4.2 dan Tabel 4.3.

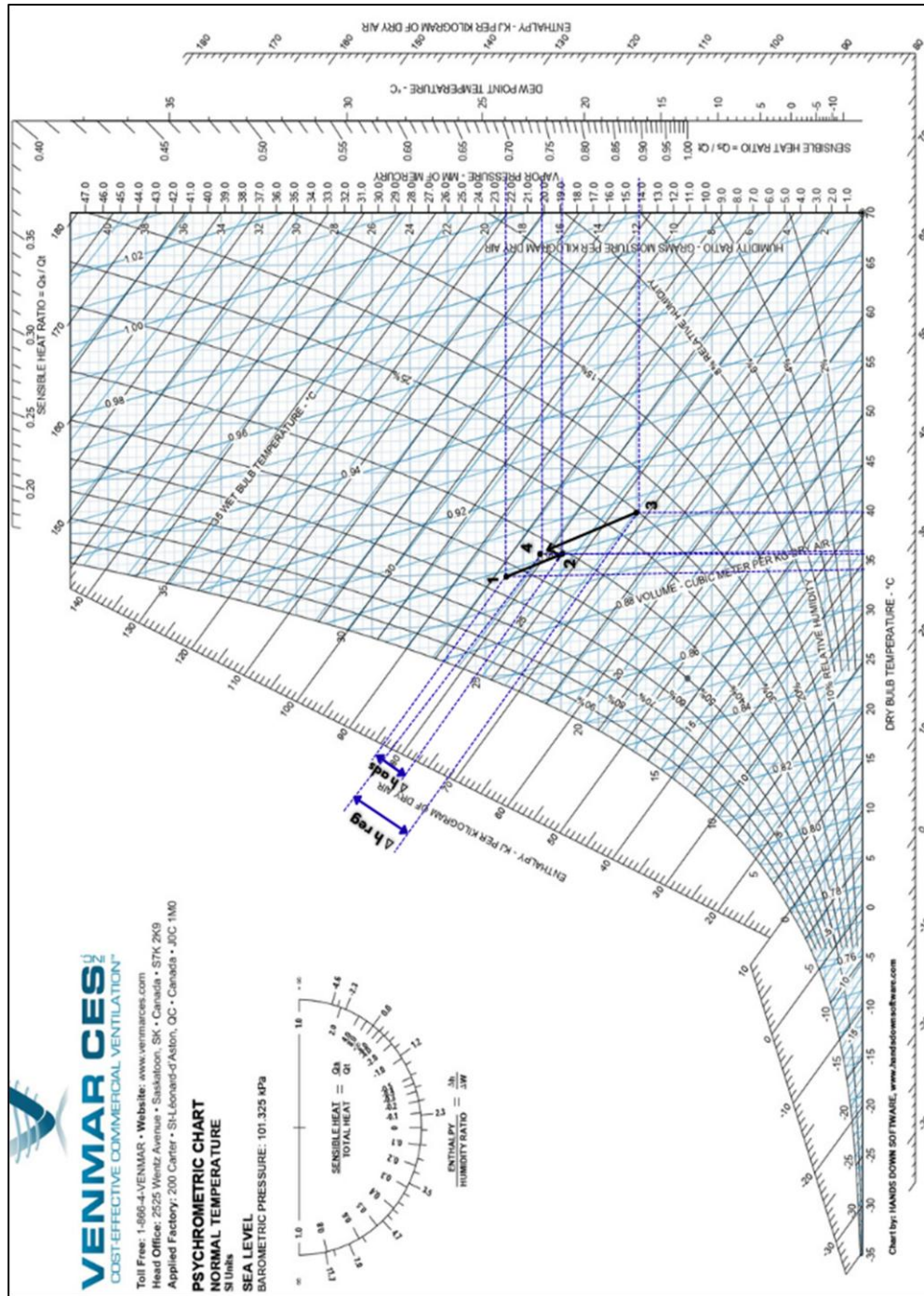
Tabel 4.2 Data kondisi udara proses adsorpsi

Menit ke-	T set heater (°C)	T in ads (°C)	RH in ads (%)	W in ads (kg/kg)	T out ads (°C)	RH out ads (%)	W out ads (kg/kg)
3	40	34,1	57,06	0,019	36,84	40,86	0,016
6	45	34,1	57,14	0,019	37,9	39	0,016
9	50	34,1	57,6	0,019	39,6	36,8	0,016
12	55	33,9	57,6	0,019	41,64	33,16	0,016
15	60	34	58,2	0,019	43,6	31	0,017
18	65	34	58,38	0,019	46,2	27,52	0,017

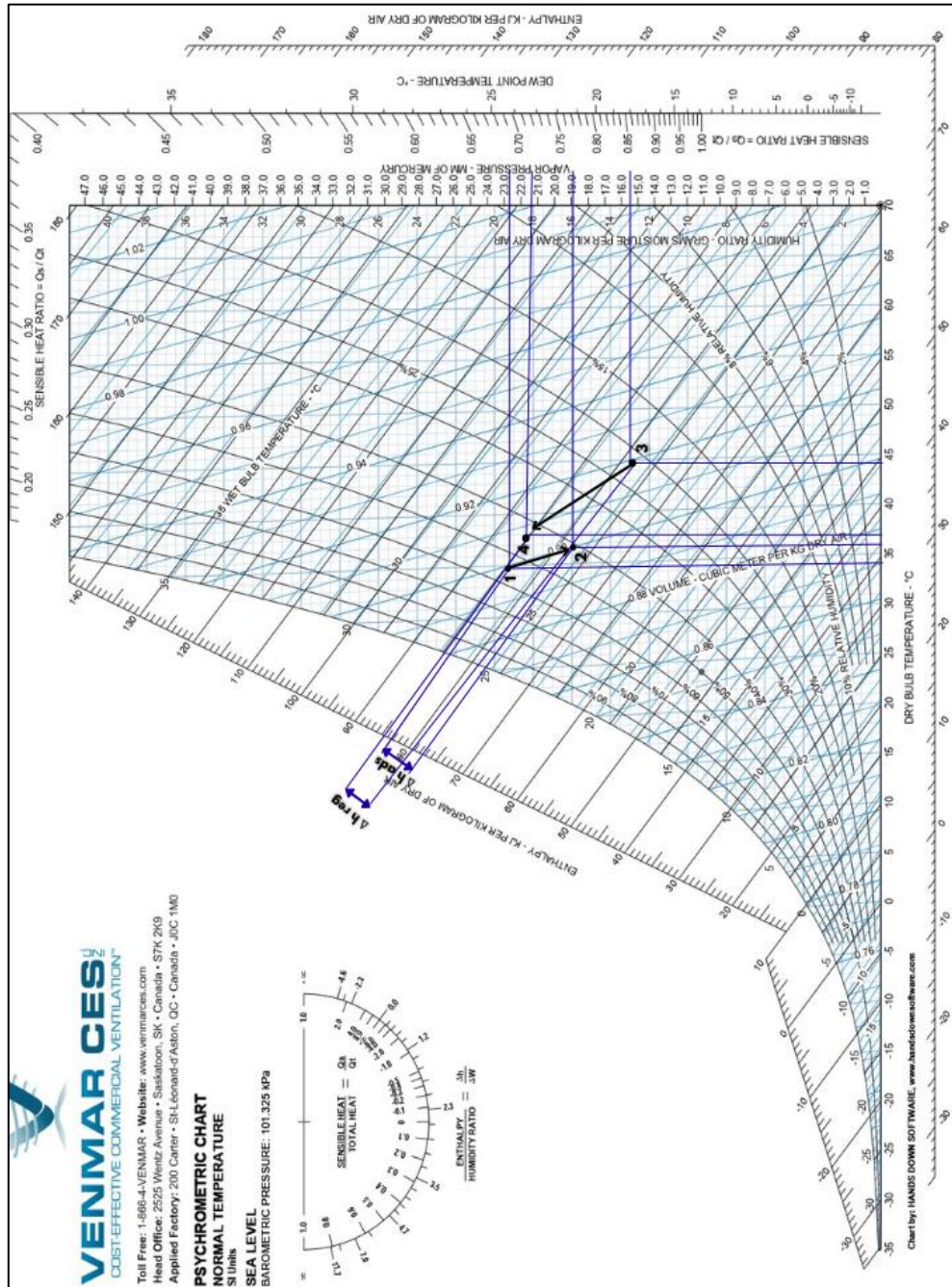
Tabel 4.3 Data kondisi udara proses regenerasi

Menit ke-	T set heater (°C)	T in reg (°C)	RH in reg (%)	W in reg (kg/kg)	T out reg (°C)	RH out reg (%)	W out reg (kg/kg)
3	40	40	27,92	0,012	36,4	45,7	0,017
6	45	44,7	22,24	0,013	37,4	45	0,018
9	50	50,48	16,6	0,013	39,1	42,9	0,019
12	55	56,8	11,82	0,012	40,5	41,8	0,020
15	60	63,02	8,8	0,012	42,4	39,46	0,021
18	65	69,9	6,1	0,011	44	38,5	0,022

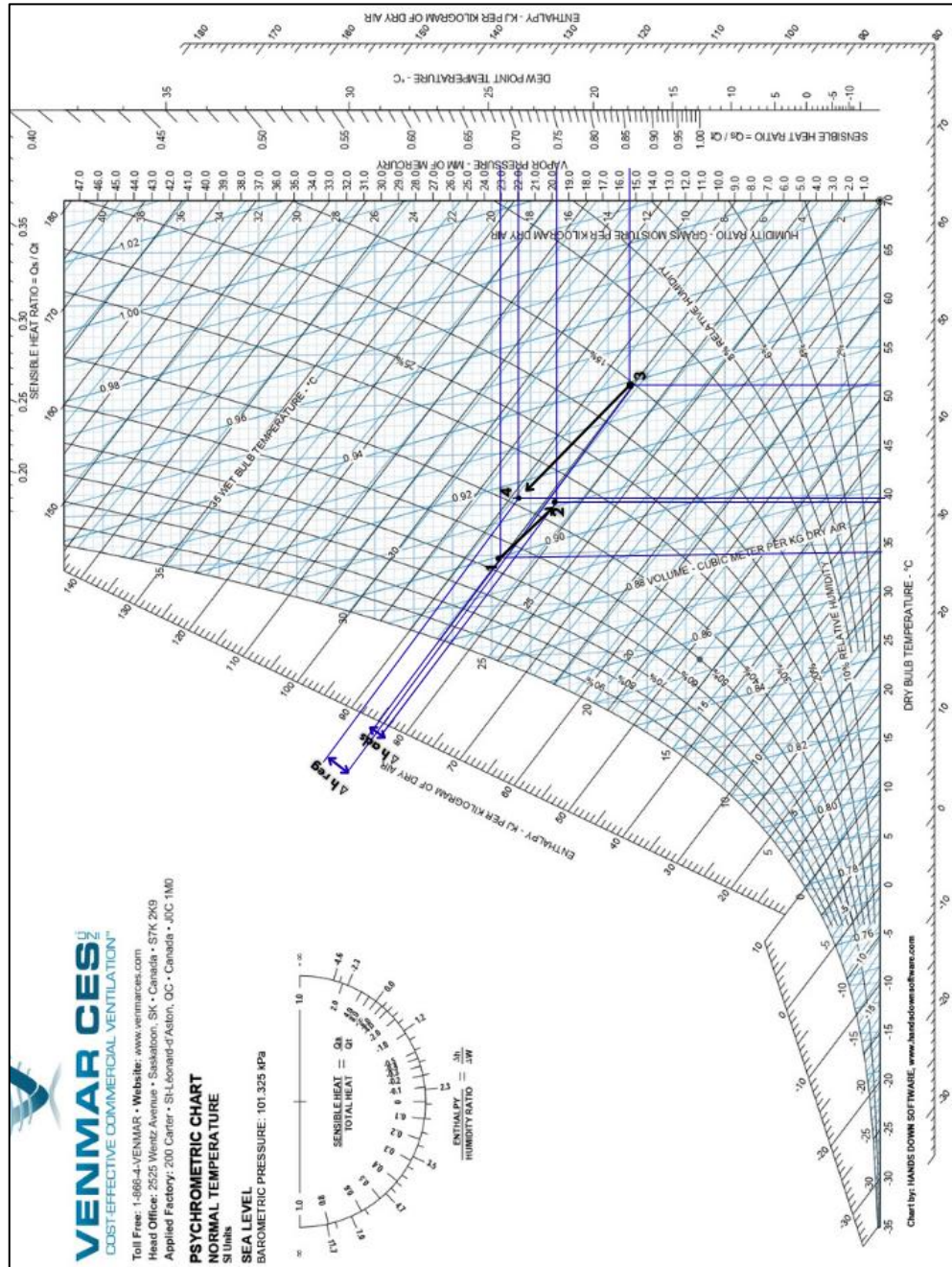
Berdasarkan data kondisi udara pada Tabel 4.2 dan Tabel 4.3, kondisi udara pada proses adsorpsi dan regenerasi selanjutnya divisualisasikan menggunakan diagram *psychrometric* yang disajikan pada Gambar 4.2, Gambar 4.3, Gambar 4.4, Gambar 4.5, Gambar 4.6, dan Gambar 4.7. Diagram *psychrometric* tersebut 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.



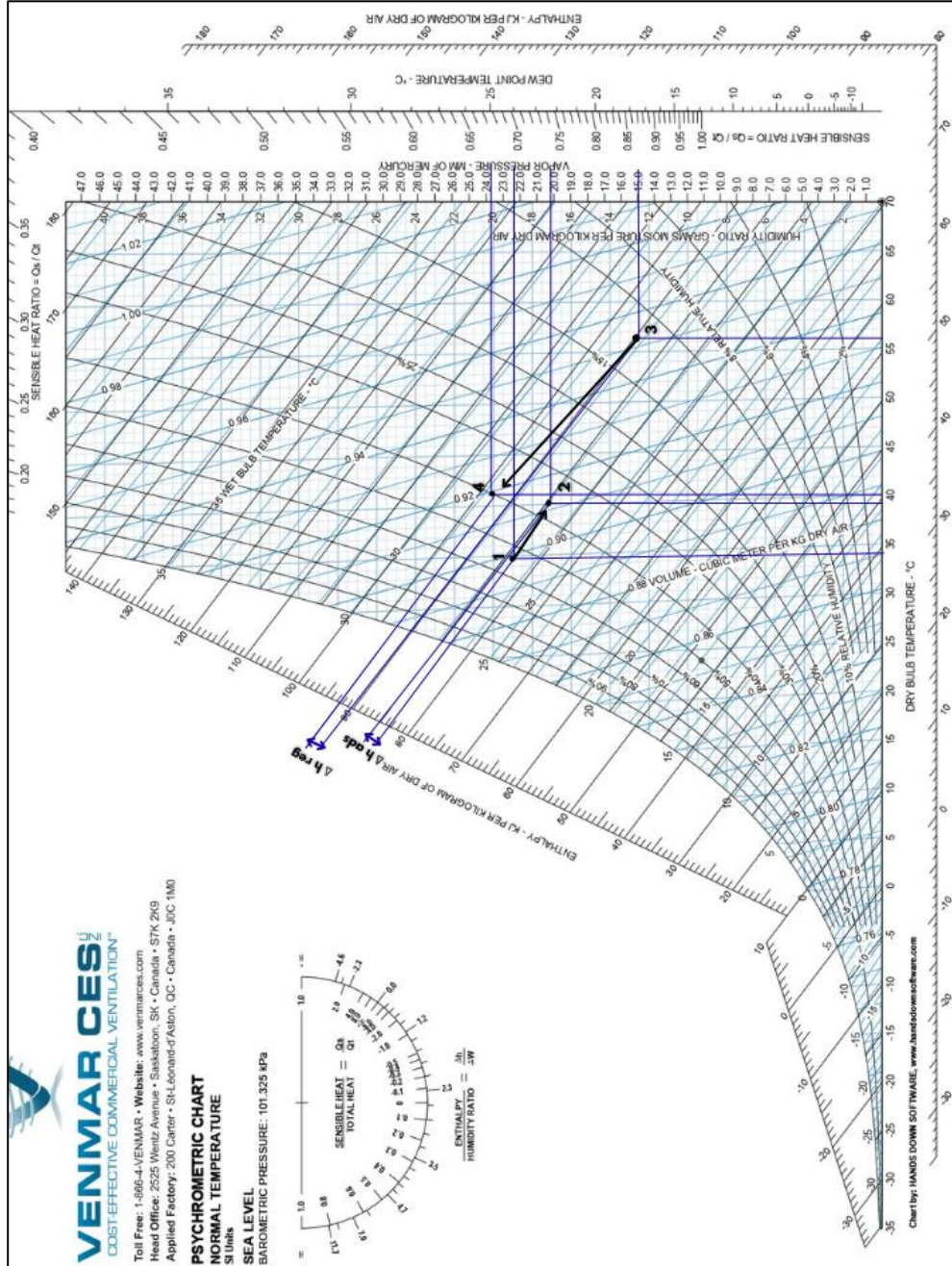
Gambar 4.2 Diagram psychrometric set suhu 40°C



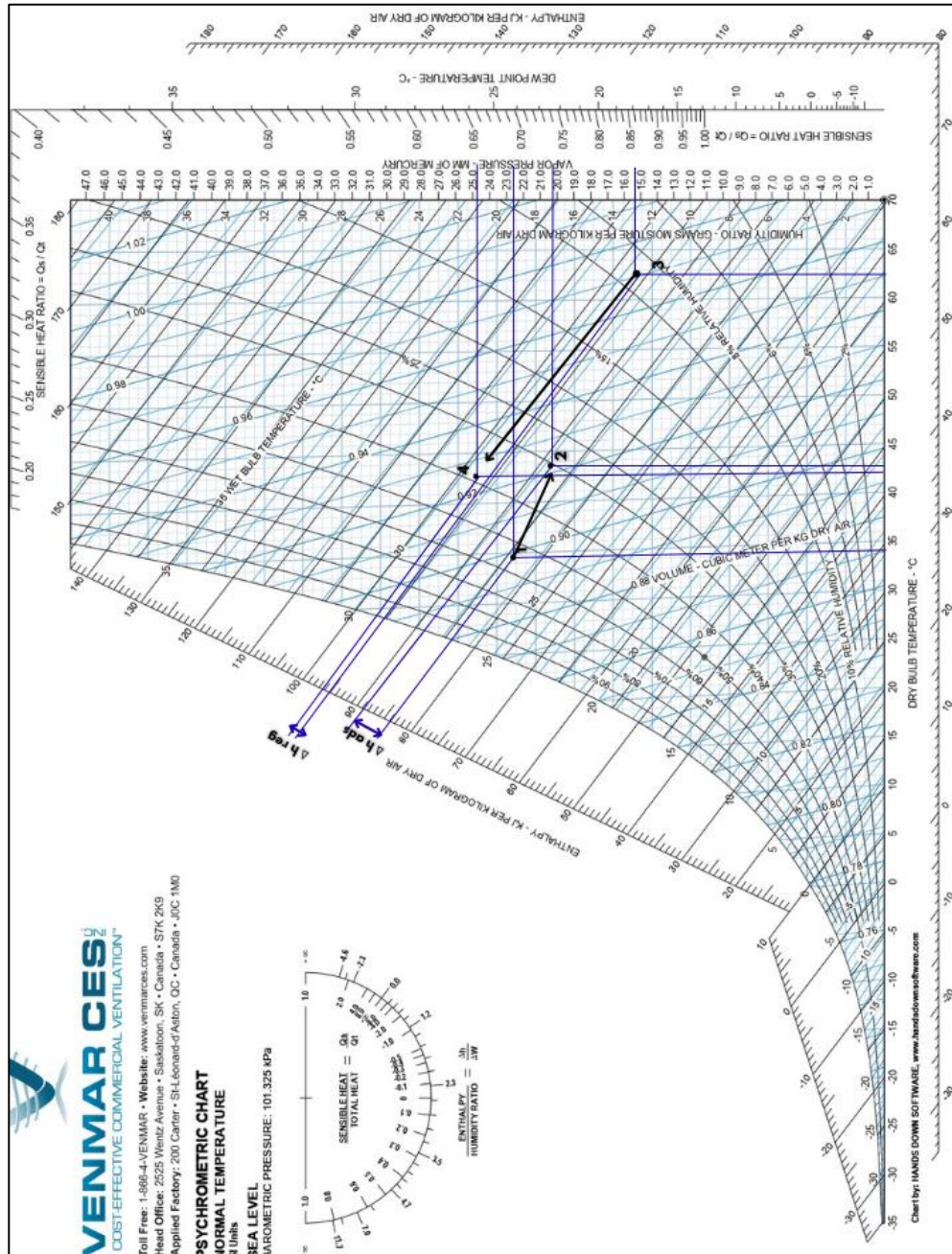
Gambar 4.3 Diagram psychrometric set suhu 45°C



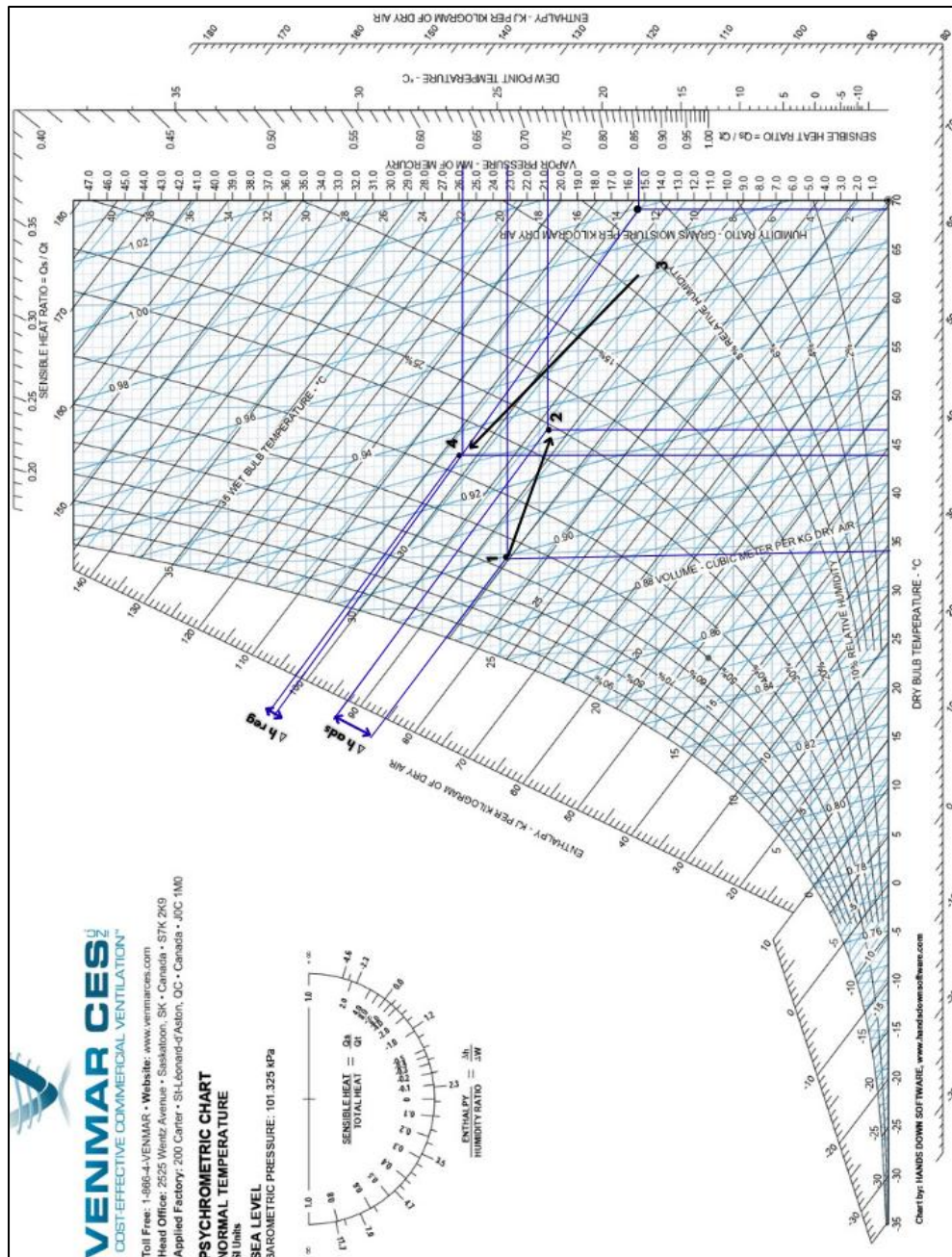
Gambar 4.4 Diagram psychrometric set suhu 50°C



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 skema yang disajikan pada Gambar 4.8, penurunan kelembapan absolut dihitung dengan menggunakan persamaan (2.43).



Gambar 4.8 Skema penurunan kelembapan absolut

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

Sehingga, penurunan kelembapan absolut pada suhu regenerasi set poin 40°C adalah sebagai berikut.

$$\Delta\omega_{ads} = 0,019413 \frac{\text{kg}}{\text{kg}} - 0,016048 \frac{\text{kg}}{\text{kg}} = 0,003365 \frac{\text{kg}}{\text{kg}}$$

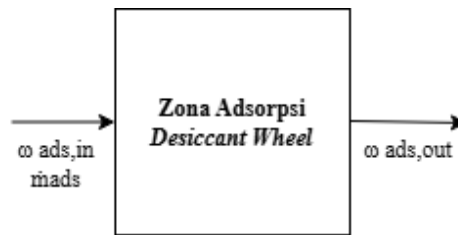
Secara lengkap hasil perhitungan penurunan kelembapan absolut yang dihasilkan dapat dilihat pada Tabel 4.4.

Tabel 4.4 Hasil perhitungan penurunan kelembapan absolut

Suhu Regenerasi (°C)	$\omega_{ads,in}$ (kg/kg)	$\omega_{ads,out}$ (kg/kg)	$\Delta\omega_{ads}$ (kg/kg)
40	0,019413	0,016048	0,003365
44,7	0,019441	0,016267	0,003174
50,48	0,019603	0,016835	0,002768
56,8	0,019379	0,016906	0,002473
63,02	0,0197	0,017528	0,002172
69,9	0,019763	0,017796	0,001967

4.3.2 *Moisture Removal Capacity (MRC)*

Berdasarkan skema yang disajikan pada Gambar 4.9 *Moisture Removal Capacity (MRC)* dihitung dengan menggunakan persamaan (2.44).



Gambar 4.9 Skema MRC

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

Sehingga, *Moisture Removal Capacity (MRC)* pada suhu regenerasi set poin 40°C adalah sebagai berikut.

$$\begin{aligned} MRC &= 0,274124 \frac{\text{kg}}{\text{s}} \times (0,019413 - 0,016048) \frac{\text{kg}}{\text{kg}} \\ &= 0,000922 \frac{\text{kg}}{\text{s}} \end{aligned}$$

Secara lengkap hasil perhitungan *Moisture Removal Capacity (MRC)* yang dihasilkan dapat dilihat pada Tabel 4.5.

Tabel 4.5 Hasil perhitungan *Moisture Removal Capacity* (MRC)

Suhu Regenerasi (°C)	$\dot{m}_{ads}$ (kg/s)	$\omega_{ads,in}$ (kg/kg)	$\omega_{ads,out}$ (kg/kg)	MRC (kg/s)
40	0,274124	0,019413	0,016048	0,0009224
44,7	0,274124	0,019441	0,016267	0,0008701
50,48	0,274124	0,019603	0,016835	0,0007588
56,8	0,274124	0,019379	0,016906	0,0006779
63,02	0,274124	0,0197	0,017528	0,0005954
69,9	0,274124	0,019763	0,017796	0,0005392

4.3.3 *Moisture Regeneration Rate* (MRR)

Berdasarkan skema yang disajikan pada Gambar 4.10, *Moisture Regeneration Rate* (MRR) dihitung dengan menggunakan persamaan (2.45).



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 sebagai berikut.

$$\begin{aligned} MRR &= 0,02168 \frac{\text{kg}}{\text{s}} \times (0,017604 - 0,012969) \frac{\text{kg}}{\text{kg}} \\ &= 0,000100488 \frac{\text{kg}}{\text{s}} \end{aligned}$$

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

Tabel 4.6 Hasil perhitungan *Moisture Regeneration Rate* (MRR)

Suhu Regenerasi (°C)	$\dot{m}_{reg}$ (kg/s)	$\omega_{reg,in}$ (kg/kg)	$\omega_{reg,out}$ (kg/kg)	MRR (kg/s)
40	0,02168	0,012969	0,017604	0,000100488
44,7	0,02137	0,013222	0,018326	0,000109072
50,48	0,020982	0,013213	0,019176	0,000125117
56,8	0,020594	0,012764	0,020166	0,000152439
63,02	0,020206	0,012674	0,021074	0,000169734
69,9	0,019819	0,011901	0,022395	0,000207977

4.3.4 Efektivitas dehumidifikasi

Berdasarkan skema yang disajikan pada Gambar 4.11, efektivitas dehumidifikasi dapat dihitung dengan persamaan (2.46).

**Gambar 4.11** Skema efektifitas 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 sebagai berikut.

$$\begin{aligned} \varepsilon_{deh} &= \frac{0,019413 - 0,016048}{0,019413} \times 100 \% \\ &= 17,33 \% \end{aligned}$$

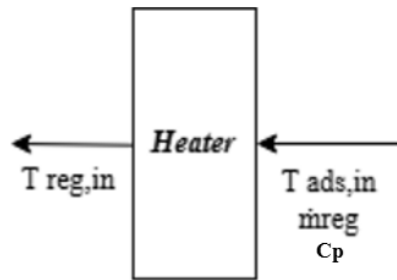
Secara lengkap hasil perhitungan efektivitas dehumidifikasi yang dihasilkan dapat dilihat pada Tabel 4.7.

Tabel 4.7 Hasil perhitungan efektivitas dehumidifikasi

Suhu Regenerasi (°C)	$\omega_{ads,in}$ (kg/kg)	$\omega_{ads,out}$ (kg/kg)	ϵ_{deh} (%)
40	0,019413	0,016048	17,33
44,7	0,019441	0,016267	16,33
50,48	0,019603	0,016835	14,12
56,8	0,019379	0,016906	12,76
63,02	0,0197	0,017528	11,03
69,9	0,019763	0,017796	9,95

4.3.5 Konsumsi daya *heater*

Berdasarkan skema yang disajikan pada Gambar 4.11, konsumsi daya *heater* dapat dihitung dengan persamaan (2.47)

**Gambar 4.12** 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 sebagai berikut.

$$\begin{aligned}
 W_{heater} &= \dot{m}_{reg} \times C_p \times \Delta T_{heater} \\
 &= 0,02168 \frac{\text{kg}}{\text{s}} \times 1,005 \frac{\text{kJ}}{\text{kg } ^\circ\text{C}} \times (40 - 34,1)^\circ\text{C} \\
 &= 0,12855 \frac{\text{kJ}}{\text{s}}
 \end{aligned}$$

$$= 128,5 \text{ watt}$$

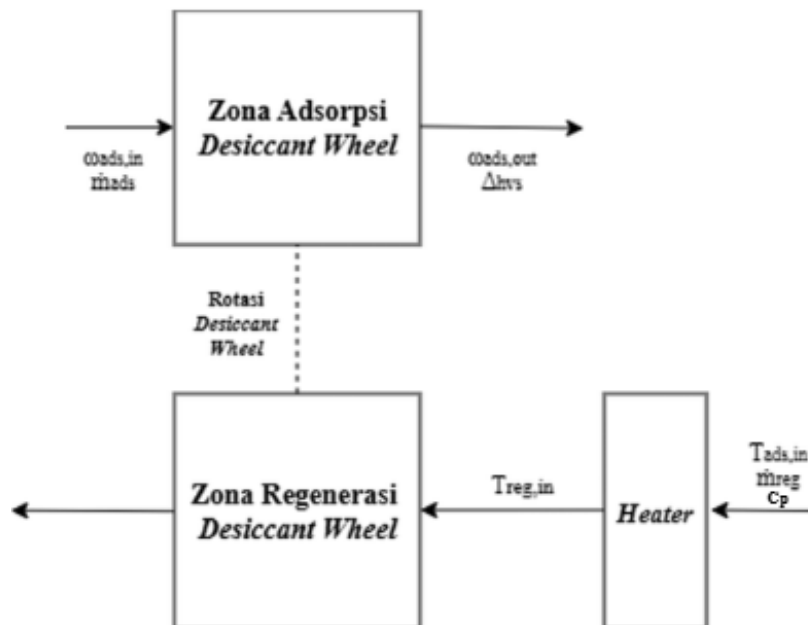
Secara lengkap hasil perhitungan konsumsi daya *heater* yang dihasilkan dapat dilihat pada Tabel 4.8.

Tabel 4.8 Hasil perhitungan konsumsi daya *heater*

Suhu Regenerasi (°C)	$\dot{m}_{\text{reg}}$ (kg/s)	C_p (kJ/kg°C)	ΔT_{heater} (°C)	W_{heater} (kW)
40	0,02168	1,005	5,9	0,1285
44,7	0,02137	1,005	10,6	0,2276
50,48	0,020982	1,005	16,38	0,3454
56,8	0,020594	1,005	22,9	0,4739
63,02	0,020206	1,005	29,02	0,5893
69,9	0,019819	1,005	35,9	0,7150

4.3.6 Dehumidification Coefficient of Performance (DCOP)

Berdasarkan skema yang disajikan pada Gambar 4.13, DCOP dapat dihitung dengan persamaan (2.48) dan (2.49).



Gambar 4.13 Skema DCOP

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

Untuk mencari Δh_{vs} menggunakan rumus sebagai berikut.

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

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

$$\begin{aligned} \Delta h_{vs} = & (-0,614342 \times 10^{-4}) \times 34,1^\circ\text{C} + \\ & 0,0158927 \times 10^{-2} \times 34,1^2^\circ\text{C} - \\ & 0,236418 \times 10 \times 34,1^\circ\text{C} + 0,250079 \times 10^4 \\ = & 2.417,9202 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} \end{aligned}$$

Maka, DCOP untuk suhu regenerasi set poin 40°C adalah sebagai berikut.

$$\begin{aligned} DCOP = & \frac{0,274 \frac{\text{kg}}{\text{s}} \times 2.417,9202 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} \times (0,019413 - 0,016048) \frac{\text{kg}}{\text{kg}}}{0,02168 \frac{\text{kg}}{\text{s}} \times 1,005 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}^\circ\text{C}} \times (40 - 34,1)^\circ\text{C}} \\ = & 17,34 \end{aligned}$$

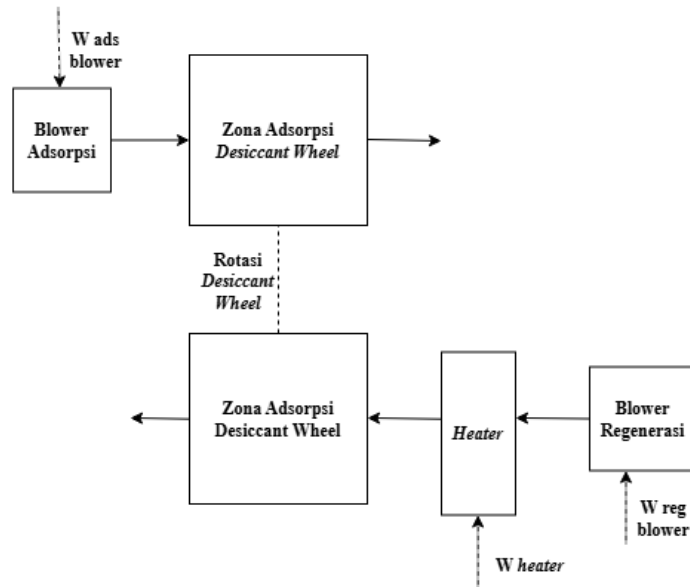
Secara lengkap hasil perhitungan DCOP yang dihasilkan dapat dilihat pada Tabel 4.9.

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)	ΔT_{heater} (°C)	DCOP
40	34,1	2.417,9	0,274	0,019	0,016	0,021	1,005	5,9	17,34
44,7	34,1	2.417,9	0,274	0,019	0,016	0,021	1,005	10,6	9,24
50,48	34,1	2.417,9	0,274	0,019	0,016	0,02	1,005	16,38	5,31
56,8	33,9	2.418,4	0,274	0,019	0,016	0,02	1,005	22,9	3,45
63,02	34	2.418,1	0,274	0,019	0,017	0,02	1,005	29,02	2,44
69,9	34	2.418,1	0,274	0,019	0,017	0,019	1,005	35,9	1,82

4.3.7 *Specific Energy Consumption (SEC)*

Berdasarkan skema yang disajikan pada Gambar 4.14, SEC dapat dihitung dengan persamaan (2.50).



Gambar 4.14 Skema SEC

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

Sehingga, SEC pada suhu regenerasi set poin 40°C adalah sebagai berikut.

$$\begin{aligned}
 SEC &= \frac{(0,1285 + 0,011544)kW}{0,000922 \frac{kg}{s}} \\
 &= 151,8787 \frac{kJ}{kg}
 \end{aligned}$$

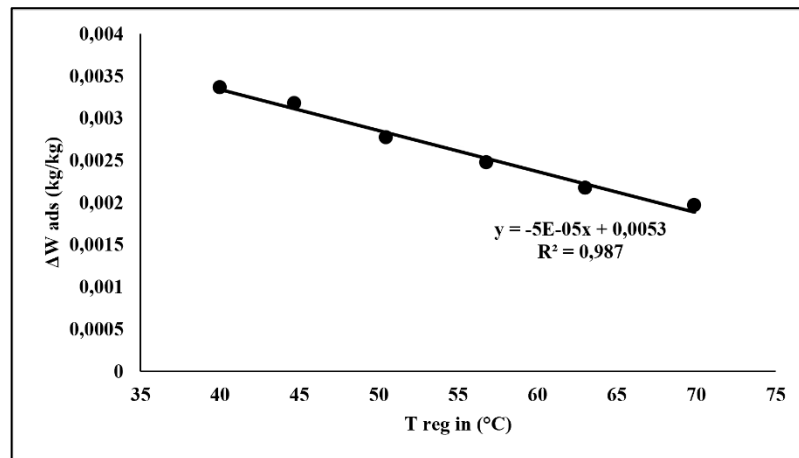
Secara lengkap hasil perhitungan SEC yang dihasilkan dapat dilihat pada Tabel 4.10.

Tabel 4.10 Hasil perhitungan SEC

Suhu Regenerasi (°C)	W_{heater} (kW)	W_{blower} (kW)	MRC (kg/s)	SEC ($\frac{kJ}{kg}$)
40,12	0,128553	0,011544	0,0009224	151,8787
44,64	0,227654	0,011544	0,0008701	274,9187
50,6	0,345405	0,011544	0,0007588	470,429
56,4	0,473967	0,011544	0,0006779	716,1901
63,2	0,589323	0,011544	0,0005954	1009,187
69,4	0,71504	0,011544	0,0005392	1347,528

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 4.15.



Gambar 4.15 Hubungan antara temperatur regenerasi dan penurunan kelembapan absolut

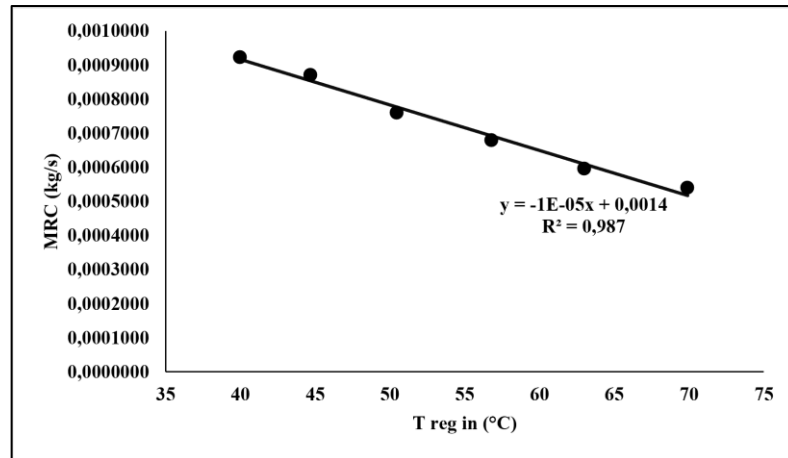
Berdasarkan Gambar 4.15, terlihat bahwa semakin tinggi temperatur regenerasi, nilai ΔW_{ads} menurun dari 0,0033 kg/kg pada 40°C menjadi sekitar 0,00019 kg/kg pada 69,9°C. Hal ini menunjukkan bahwa selisih kelembapan absolut udara sebelum

dan sesudah melewati *desiccant wheel* semakin kecil sehingga kemampuan adsorpsi sistem cenderung menurun pada kondisi pengujian. Kondisi ini diduga disebabkan oleh temperatur regenerasi yang masih relatif rendah dibandingkan temperatur regenerasi optimum *silica gel*, sehingga proses desorpsi belum berlangsung secara sempurna. Akibatnya, sebagian uap air masih tertinggal di dalam material sehingga kapasitas adsorpsi pada proses berikutnya menurun.

Berbeda dengan hasil penelitian Chaudhary et al. (2019), melaporkan bahwa peningkatan temperatur regenerasi mampu meningkatkan kapasitas adsorpsi karena *silica gel* menjadi lebih kering setelah proses regenerasi. Perbedaan tren tersebut diduga disebabkan oleh fenomena *heat carryover* yang meningkatkan temperatur pada sisi adsorpsi sehingga kemampuan *silica gel* dalam menyerap uap air berkurang. Selain itu, rentang temperatur regenerasi yang digunakan pada pengujian ini kemungkinan belum cukup tinggi untuk meregenerasi *silica gel* secara optimal, sehingga kapasitas adsorpsinya tidak meningkat.

4.5 Moisture Removal Capacity (MRC)

MRC menunjukkan kemampuan desikan dalam menghilangkan uap air dari udara proses selama dehumidifikasi. Semakin besar nilai MRC, semakin baik kemampuan sistem dalam menurunkan kelembapan udara. Hubungan antara temperatur regenerasi dan nilai MRC hasil pengujian ditunjukkan pada Gambar 4.16.



Gambar 4.16 Hubungan antara temperatur regenerasi dan MRC

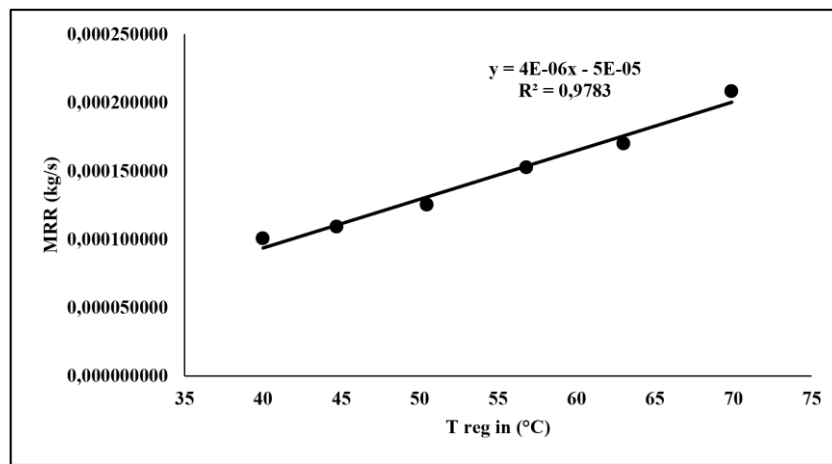
Berdasarkan Gambar 4.16, nilai MRC cenderung menurun seiring dengan meningkatnya temperatur udara regenerasi, yaitu dari sekitar 0,00092 kg/s pada 40°C menjadi sekitar 0,00053 kg/s pada 69,9°C. Hal ini menunjukkan bahwa kemampuan *silica gel* dalam menghilangkan uap air dari udara proses semakin berkurang pada rentang temperatur regenerasi yang diuji. Kondisi ini sejalan dengan penurunan ΔW_{ads} karena MRC secara langsung dipengaruhi oleh selisih *humidity ratio* pada sisi adsorpsi. Semakin kecil kemampuan *silica gel* menyerap uap air, maka semakin sedikit massa air yang dipindahkan dari udara.

Berbeda dengan hasil penelitian Li & Tao (2023), yang 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* yang meningkatkan temperatur pada sisi adsorpsi serta temperatur regenerasi pada pengujian ini yang belum cukup tinggi untuk meregenerasi *silica gel* secara optimal, sehingga

kemampuan desikan dalam menyerap uap air belum meningkat.

4.6 *Moisture Regeneration Rate (MRR)*

MRR menunjukkan kemampuan sistem dalam mengurangi kandungan uap air dari aliran udara selama proses dehumidifikasi. Semakin besar nilai MRR, semakin banyak uap air yang berhasil dipindahkan. Hubungan antara temperatur regenerasi dan nilai MRR hasil pengujian ditunjukkan pada Gambar 4.17.



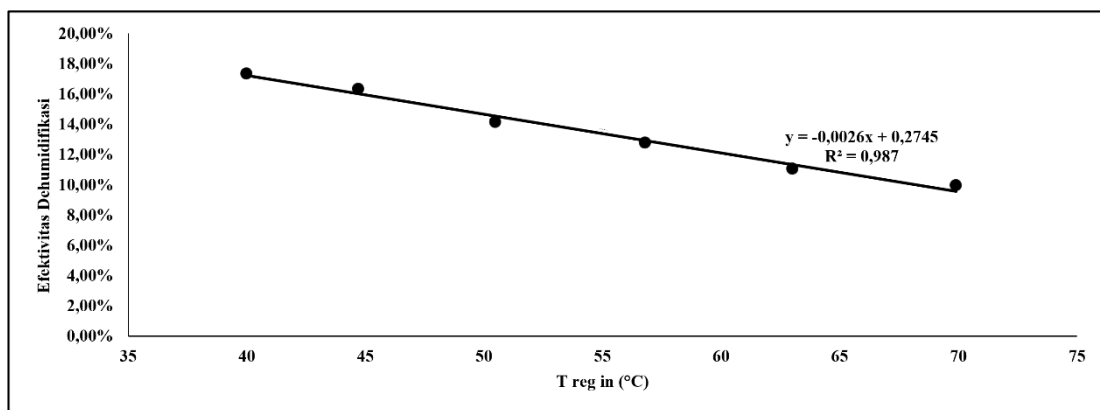
Gambar 4.17 Hubungan antara temperatur regenerasi dan *moisture regeneration rate*

Berdasarkan Gambar 4.17, nilai MRR meningkat seiring dengan kenaikan temperatur udara regenerasi, yaitu dari sekitar 0,00010 kg/s pada 40°C menjadi sekitar 0,00020 kg/s pada 69,9°C. Hal ini menunjukkan bahwa semakin tinggi temperatur regenerasi, semakin besar jumlah uap air yang berhasil dilepaskan dari material desikan selama proses regenerasi. Peningkatan ini menunjukkan bahwa energi panas yang lebih besar mampu mempercepat pelepasan uap air dari permukaan *silica gel* menuju aliran udara regenerasi.

Hasil tersebut sejalan 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. Namun demikian, peningkatan MRR pada pengujian ini belum diikuti peningkatan performa adsorpsi pada siklus berikutnya, sehingga menunjukkan bahwa laju regenerasi yang tinggi belum tentu menghasilkan kapasitas adsorpsi yang lebih baik.

4.7 Efektivitas Dehumidifikasi

Nilai efektivitas menunjukkan kemampuan sistem dalam mengurangi kandungan uap air pada udara proses. Semakin tinggi nilai efektivitas, semakin baik kinerja dehumidifikasi sistem. Hubungan antara temperatur regenerasi (T_{reg}) dan efektivitas dehumidifikasi ditunjukkan pada Gambar 4.18.



Gambar 4.18 Hubungan antara temperatur dan efektivitas dehumidifikasi

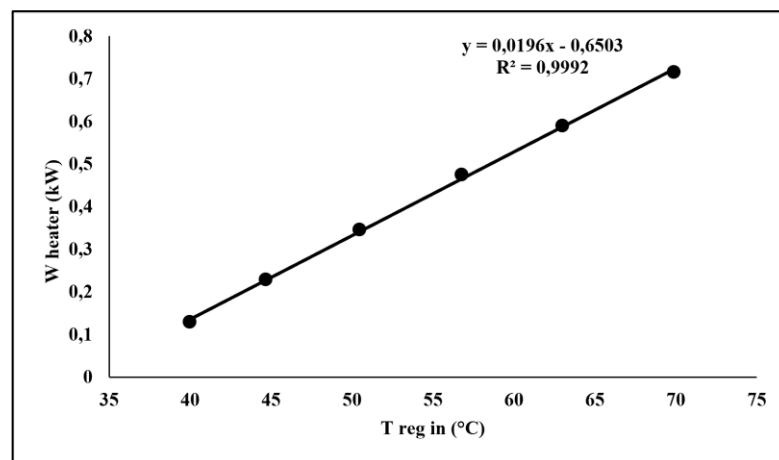
Berdasarkan Gambar 4.18, nilai efektivitas dehumidifikasi cenderung menurun seiring dengan meningkatnya temperatur udara regenerasi, yaitu dari sekitar 17,33% pada 40°C menjadi sekitar 9,95% pada 69,9°C. Hal ini menunjukkan bahwa

kemampuan sistem dalam mengurangi kandungan uap air pada udara proses semakin menurun pada rentang temperatur regenerasi yang diuji.

Berbeda dengan hasil penelitian Chaudhary et al. (2019), yang menunjukkan 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 pengujian 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 daya pada *heater* yang digunakan untuk memanaskan udara regenerasi selama proses regenerasi desikan. Hubungan antara temperatur regenerasi (T_{reg}) dan konsumsi daya *heater* ditunjukkan pada Gambar 4.19.



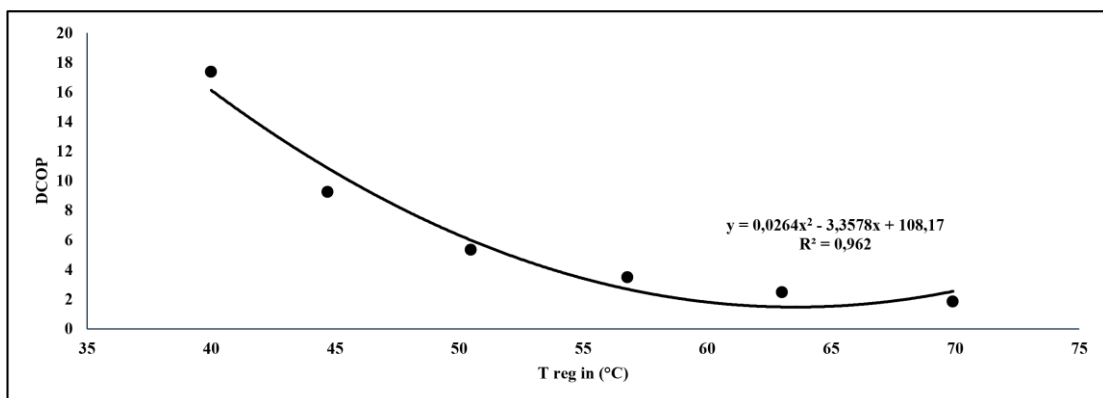
Gambar 4.19 Hubungan temperatur regenerasi terhadap nilai konsumsi daya *heater*

Berdasarkan Gambar 4.19, konsumsi daya *heater* (*Wheater*) meningkat seiring dengan kenaikan temperatur udara regenerasi, yaitu dari sekitar 0,1285 kW pada 40°C menjadi sekitar 0,7150 kW pada 69,9°C. Hal ini menunjukkan bahwa semakin tinggi temperatur regenerasi yang diinginkan, semakin besar energi yang dibutuhkan untuk memanaskan udara regenerasi.

Hasil tersebut sejalan dengan penelitian Kosasih et al. (2022) yang menunjukkan bahwa konsumsi daya *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 daya *heater* pada sistem dehumidifikasi.

4.9 Dehumidification Coefficient of Performance (DCOP)

Nilai DCOP menunjukkan perbandingan antara energi yang dimanfaatkan untuk proses penghilangan kelembapan dengan energi yang dibutuhkan selama proses regenerasi. Pengaruh temperatur regenerasi terhadap nilai DCOP pada penelitian ini ditunjukkan pada Gambar 4.20.



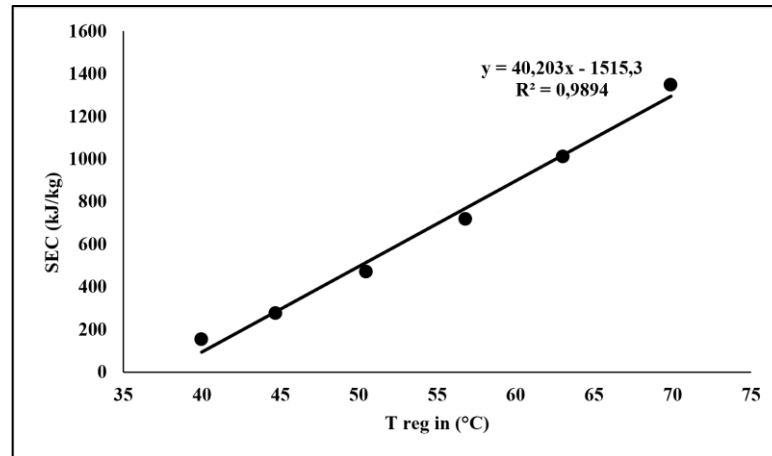
Gambar 4.20 Pengaruh temperatur regenerasi terhadap nilai DCOP

Berdasarkan Gambar 4.20, nilai DCOP cenderung menurun seiring dengan meningkatnya temperatur udara regenerasi, yaitu dari sekitar 17,34 pada 40°C menjadi sekitar 1,82 pada 69,9°C. Hal ini menunjukkan bahwa kinerja pemanfaatan energi untuk menghasilkan efek dehumidifikasi semakin menurun pada temperatur regenerasi yang lebih tinggi.

Hasil tersebut sejalan dengan penelitian Li & Tao (2023) yang menunjukkan bahwa nilai DCOP cenderung menurun ketika temperatur regenerasi meningkat akibat kebutuhan energi regenerasi yang semakin besar. Nilai DCOP menurun seiring meningkatnya temperatur regenerasi karena peningkatan energi yang digunakan tidak diimbangi dengan peningkatan kemampuan sistem dalam menghilangkan uap air. Dengan kata lain, energi tambahan yang diberikan lebih banyak digunakan untuk meningkatkan temperatur udara regenerasi dibandingkan menghasilkan peningkatan kapasitas dehumidifikasi. Hasil ini mengindikasikan bahwa temperatur regenerasi 40°C memberikan keseimbangan terbaik antara energi yang digunakan dan performa dehumidifikasi.

4.10 *Specific Energy Consumption (SEC)*

Nilai SEC menunjukkan kebutuhan energi sistem dalam menghilangkan sejumlah massa uap air selama proses dehumidifikasi. Pengaruh temperatur regenerasi terhadap nilai SEC pada penelitian ini ditunjukkan pada Gambar 4.21.



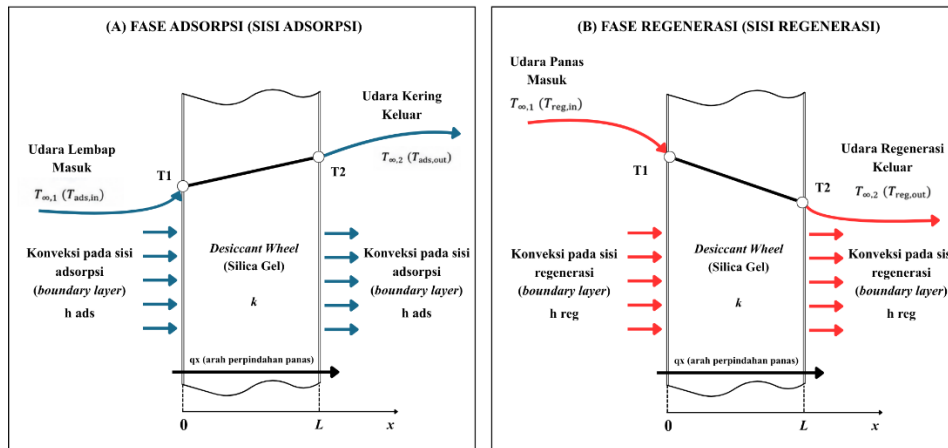
Gambar 4.21 Hubungan antara temperatur regenerasi dan *specific energy consumption*

Berdasarkan Gambar 4.21, nilai SEC cenderung meningkat seiring dengan kenaikan temperatur udara regenerasi, yaitu dari sekitar 151,87 kJ/kg pada 40°C menjadi sekitar 1.347,52 kJ/kg pada 69,9°C. Hal ini menunjukkan bahwa semakin tinggi temperatur regenerasi, semakin besar energi yang dibutuhkan untuk menghilangkan setiap satu kilogram uap air sehingga kinerja energi sistem cenderung menurun.

Hasil tersebut sejalan dengan penelitian Kosasih et al. (2022) yang menunjukkan bahwa nilai SEC meningkat seiring dengan kenaikan temperatur *heater* 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.

4.11 Perpindahan Panas (*Heat Transfer*) pada *Rotary Wheel*

Perpindahan panas adalah proses perpindahan energi termal dari daerah bertemperatur lebih tinggi ke daerah bertemperatur lebih rendah akibat perbedaan temperatur hingga tercapai kesetimbangan termal. Perpindahan panas dapat terjadi melalui konduksi, konveksi, dan radiasi. Pada penelitian ini, analisis perpindahan panas dilakukan berdasarkan temperatur udara masuk dan keluar sebagai kondisi batas sistem, karena temperatur permukaan dan internal *desiccant wheel* tidak diukur secara langsung. Skema *heat transfer* disajikan pada Gambar 4.22.



Gambar 4.22 Skema perpindahan panas pada *rotary wheel*

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

Hasil perhitungan menggunakan persamaan berikut.

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

Diketahui:

$$\dot{V}_{\text{duct,ads}} : 0,241306 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}$$

d_{wheel}	: 0,3 m
$d_{\text{lubang honeycomb}}$	: 0,002 m
$T_{\text{ads in}}$	: 34,1 °C = 307,25 K
$T_{\text{ads out}}$	: 36,84 °C = 309,99 K
μ_{ads}	: $1,9 \times 10^{-5}$ Pa s
ρ_{ads}	: 1,136 kg/m ³
C_p	: $1.005 \frac{\text{J}}{\text{kg K}}$

Untuk mencari h , menggunakan persamaan berikut.

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

Untuk mencari nilai reynold, menggunakan persamaan berikut.

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

Untuk mencari v_{wheel} menggunakan persamaan berikut.

$$\begin{aligned} v_{\text{wheel,ads}} &= \frac{\dot{V}_{\text{duct,ads}}}{A_{\text{wheel,ads}}} \\ &= \frac{0,241306 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}}{\frac{1}{2} \pi \frac{(0,3)^2 \text{ m}}{4}} \\ &= 6,831 \frac{\text{m}}{\text{s}} \end{aligned}$$

Untuk mencari k_{ads} , menggunakan tabel *thermal conductivity*.

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

$$T_f = \frac{T_{ads\ in} + T_{ads\ out}}{2}$$

$$= \frac{(34,1 + 36,84)}{2} ^\circ C$$

$$= 35,47 ^\circ C$$

Diketahui

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

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

Untuk mencari $k_{\text{ads}} @ 35,47^{\circ}\text{C}$, maka menggunakan interpolasi

$$\begin{aligned} k_{\text{ads}} @ 35,47^{\circ}\text{C} &= 0,02662 + \left(\frac{(35,47 - 30)^{\circ}\text{C}}{(40 - 30)^{\circ}\text{C}} \right) \times (0,02735 - 0,02662) \frac{\text{W}}{\text{m K}} \\ &= 0,027 \frac{\text{W}}{\text{m K}} \end{aligned}$$

Untuk mencari Pr, menggunakan rumus:

$$\begin{aligned} \text{Pr} &= \frac{\mu_{\text{ads}} \times C_p}{k_{\text{ads}}} \\ &= \frac{1,9 \times 10^{-5} \text{Pa s} \times 1.005 \frac{\text{J}}{\text{kg K}}}{0,027 \frac{\text{W}}{\text{m K}}} \\ &= 0,707 \frac{\text{W}}{\text{m K}} \end{aligned}$$

Untuk mencari nilai Re, menggunakan rumus:

$$\begin{aligned} \text{Re} &= \frac{\rho_{\text{ads}} \times v_{\text{wheel}} \times D_{\text{honeycomb}}}{\mu_{\text{ads}}} \\ &= \frac{1,136 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \times 6,831 \frac{\text{m}}{\text{s}} \times 0,002 \text{ m}}{1,9 \times 10^{-5} \text{Pa s}} \\ &= 816,843 \end{aligned}$$

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

$$\begin{aligned} \text{Nu} &= 0,664 \text{Re}^{0,5} \text{Pr}^{0,33} \\ &= 0,664 \times 816,843^{0,5} \times 0,707^{0,33} \\ &= 16,92 \end{aligned}$$

Untuk mencari h_{ads} , menggunakan rumus

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

$$h_{\text{ads}} = \frac{16,92 \times 0,027 \frac{\text{W}}{\text{m K}}}{0,002 \text{ m}}$$

$$= 228,42 \frac{\text{W}}{\text{m}^2 \text{K}}$$

Untuk luas perpindahan kalor adsorpsi

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

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

$$= 0,863 \text{ m}^2$$

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

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

$$= 228,42 \frac{\text{W}}{\text{m}^2 \text{K}} \times 0,863 \text{ m}^2 \times (309,99 - 307,25) \text{K}$$

$$= 540,126 \text{ Watt}$$

$$= 540,126 \frac{\text{J}}{\text{s}}$$

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

Tabel 4.11 Hasil perhitungan *heat transfer* konveksi adsorpsi

T set heater (°C)	$T_{\text{ads in}}$ (°C)	$T_{\text{ads out}}$ (°C)	k_{ads} $(\frac{\text{W}}{\text{m K}})$	Pr	Nu	h $(\frac{\text{W}}{\text{m}^2 \text{K}})$	$Q_{\text{conv,ads}}$ $(\frac{\text{J}}{\text{s}})$
40	34,1	36,84	0,027	0,707	16,92	228,42	540,126
45	34,1	37,9	0,027	0,707	16,92	228,42	749,08

Lanjutan Tabel 4.11 Hasil perhitungan <i>heat transfer</i> konveksi adsorpsi							
50	34,1	39,6	0,027	0,707	16,92	228,42	1084,19
55	33,9	41,64	0,027	0,707	16,92	228,42	1525,75
60	34	43,6	0,029	0,658	16,52	239,54	1984,54
65	34	46,2	0,027	0,707	16,92	228,42	2404,94

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

Hasil perhitungan menggunakan persamaan berikut.

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

Diketahui:

$$\dot{V}_{\text{duct,reg}} : 0,019392 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}$$

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

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

$$T_{\text{reg in}} : 40 \text{ }^{\circ}\text{C} = 313,15 \text{ K}$$

$$T_{\text{reg out}} : 36,4 \text{ }^{\circ}\text{C} = 309,55 \text{ K}$$

$$\mu_{\text{reg}} : 1,9 \times 10^{-5} \text{ Pa s}$$

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

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

Untuk mencari h , menggunakan persamaan berikut.

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

Untuk mencari nilai reynold, menggunakan persamaan berikut.

$$\text{Re} = \frac{\rho_{\text{reg}} \times v_{\text{wheel,reg}} \times D_{\text{h honeycomb}}}{\mu_{\text{reg}}}$$

Untuk mencari v_{wheel} menggunakan persamaan berikut.

$$v_{\text{wheel,ads}} = \frac{\dot{V}_{\text{duct,ads}}}{A_{\text{wheel,ads}}}$$

$$v_{\text{wheel,reg}} = \frac{\dot{V}_{\text{duct,reg}}}{A_{\text{wheel,reg}}}$$

$$= \frac{0,019392 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}}{\frac{1}{2} \pi \frac{(0,3 \text{ m})^2}{4}}$$

$$= 0,5489 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

Untuk mencari k_{reg} , menggunakan tabel *thermal conductivity*.

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

Temperature	Thermal conductivity		
(°C)	(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

$$T_f = \frac{T_{\text{reg in}} + T_{\text{reg out}}}{2}$$

$$= \left(\frac{40 + 36,4}{2} \right) ^\circ\text{C}$$

$$= 38,2 ^\circ\text{C}$$

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 $k_{\text{reg}} @ 38,2^{\circ}\text{C}$, maka harus interpolasi seperti berikut.

$$\begin{aligned} k_{\text{reg}} @ 38,2^{\circ}\text{C} &= 0,02662 + \left(\frac{(38,2 - 30)^{\circ}\text{C}}{(40 - 30)^{\circ}\text{C}} \right) \times (0,02735 - 0,02662) \frac{\text{W}}{\text{m K}} \\ &= 0,027 \frac{\text{W}}{\text{m K}} \end{aligned}$$

Untuk mencari Pr, menggunakan rumus:

$$\begin{aligned} \text{Pr} &= \frac{\mu_{\text{reg}} \times C_p}{k_{\text{reg}}} \\ &= \frac{1,9 \times 10^{-5} \text{Pa s} \times 1.005 \frac{\text{J}}{\text{kg K}}}{0,027 \frac{\text{W}}{\text{m K}}} \\ &= 0,707 \end{aligned}$$

Untuk mencari nilai Re, menggunakan rumus:

$$\begin{aligned} \text{Re} &= \frac{\rho_{\text{reg}} \times v_{\text{wheel reg}} \times D_{\text{honeycomb}}}{\mu_{\text{reg}}} \\ &= \frac{1,118 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \times 0,5489 \frac{\text{m}}{\text{s}} \times 0,002 \text{ m}}{1,9 \times 10^{-5} \text{Pa s}} \\ &= 64,596 \end{aligned}$$

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

$$\begin{aligned} \text{Nu} &= 0,664 \text{Re}^{0,5} \text{Pr}^{0,33} \\ &= 0,664 \times 64,596^{0,5} \times 0,707^{0,33} \\ &= 4,75 \end{aligned}$$

Untuk mencari h_{reg} , menggunakan rumus berikut.

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

$$h_{\text{reg}} = \frac{4,75 \times 0,027 \frac{\text{W}}{\text{m K}}}{0,002 \text{ m}}$$

$$= 64,125 \frac{\text{W}}{\text{m}^2\text{K}}$$

Untuk luas perpindahan kalor regenerasi

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

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

$$= 0,863 \text{ m}^2$$

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

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

$$= 64,125 \frac{\text{W}}{\text{m}^2\text{K}} \times 0,863 \text{ m}^2 \times (313,15 - 309,55)\text{K}$$

$$= 199,22 \text{ Watt}$$

$$= 199,22 \frac{\text{J}}{\text{s}}$$

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

Tabel 4.12 Hasil perhitungan *heat transfer* konveksi regenerasi

T set heater (°C)	$T_{\text{reg in}}$ (°C)	$T_{\text{reg out}}$ (°C)	k_{reg} ($\frac{\text{W}}{\text{m K}}$)	Pr	Nu	h ($\frac{\text{W}}{\text{m}^2\text{K}}$)	$Q_{\text{conv,reg}}$ ($\frac{\text{J}}{\text{s}}$)
40	40	36,4	0,027	0,707	4,75	64,125	199,22
45	44,7	37,4	0,027	0,707	4,75	64,125	403,98

Lanjutan Tabel 4.12 Hasil perhitungan <i>heat transfer</i> konveksi regenerasi							
50	50,48	39,1	0,028	0,681	4,7	65,8	646,21
55	56,8	40,5	0,028	0,681	4,7	65,8	925,6
60	63,02	42,4	0,028	0,681	4,7	65,8	1170,91
65	69,9	44	0,028	0,681	4,7	65,8	1470,74

3. *Heat transfer* konduksi adsorpsi di *rotary wheel*

$$Q_{kond,ads} = k \times \frac{A (T_{ads\ out} - T_{ads\ in})}{L}$$

Untuk mencari A, kita menggunakan rumus:

$$A = \frac{\pi}{4} (D_o^2 - D_i^2)$$

Keterangan

$Q_{kond,ads}$: Laju perpindahan kalor (J/s)

k : Konduktivitas termal silica gel (W/m°C)

A : Luas perpindahan kalor adsorpsi (m²)

$T_{ads\ out}$: Temperatur udara keluar adsorpsi (°C)

$T_{ads\ in}$: Temperatur udara masuk adsorpsi (°C)

L : Ketebalan *wheel* (m)

Maka, perhitungan *heat transfer* konduski adsorpsi di *rotary wheel* sebagai berikut.

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

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

$$\begin{aligned} Q_{kond,ads} &= 0,18\ W/m^\circ C \times \frac{0,01343\ m^2 \times (36,84 - 34,1)^\circ C}{0,13\ m} \\ &= 0,0509\ W \end{aligned}$$

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* konduksi adsorpsi

T set heater (°C)	T _{ads in} (°C)	T _{ads out} (°C)	Q _{kond,ads} (W)
40	34,1	36,84	0,0509
45	34,1	37,9	0,0706
50	34,1	39,6	0,1022
55	33,9	41,64	0,1439
60	34	43,6	0,1785
65	34	46,2	0,2268

4. *Heat transfer* konduksi regenerasi di rotary wheel

$$Q_{kond,reg} = k \times \frac{A (T_{reg in} - T_{reg out})}{L}$$

Untuk mencari A, kita menggunakan rumus:

$$A = \frac{\pi}{4} (D_o^2 - D_i^2)$$

Keterangan

Q_{kond,reg} : Laju perpindahan kalor regenerasi (J/s)

k : Konduktivitas termal silica gel (W/m°C)

A : Luas perpindahan kalor regenerasi (m²)

T_{reg out} : Temperatur udara keluar regenerasi (°C)

T_{reg in} : Temperatur udara masuk regenerasi (°C)

L : Ketebalan *wheel* (m)

Maka, perhitungan *heat transfer* konduski regenerasi di rotary wheel sebagai berikut.

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

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

$$Q_{kond,reg} = 0,18 \text{ W/m}^\circ\text{C} \times \frac{0,01343 \text{ m}^2 \times (40 - 36,4)^\circ\text{C}}{0,13 \text{ m}}$$

$$= 0,0669 \text{ W}$$

Secara lengkap hasil perhitungan *heat transfer* konduksi sisi regenerasi di *rotary wheel* yang dihasilkan dapat dilihat pada Tabel 4.14.

Tabel 4.14 Hasil perhitungan *heat transfer* konduksi regenerasi

T set heater (°C)	T _{reg in} (°C)	T _{reg out} (°C)	Q _{kond,reg} (W)
40	40	36,4	0,0669
45	44,7	37,4	0,1357
50	50,48	39,1	0,2116
55	56,8	40,5	0,3031
60	63,02	42,4	0,3834
65	69,9	44	0,4816