

**LAMPIRAN I**  
**DATA PENELITIAN**

Data hasil penelitian yang dilakukan dilapangan terbuka Laboratorium Teknik Energi Jurusan Teknik Kimia Politeknik Negeri Sriwijaya dapat dilihat pada tabel berikut ini:

**TabelL1.1 Data Pengamatan *Solar Water Heater (SWH)* pada Intensitas 89000 lux dan Jenis Tube Stainless Steel pada 07 Juni 2022**

No.	Debit Air (L/Min)	Intensitas Cahaya (lux)	Temperatur Air		Temperatur Tube ( <sup>0</sup> C)	Temperatur Panel ( <sup>0</sup> C)
			Input ( <sup>0</sup> C)	Output ( <sup>0</sup> C)		
1.	1,7		30,0	55,0	67,50	70,5
2.	1,9		30,0	54,0	66,00	69,0
3.	2,1	89000	30,5	53,5	66,50	70,0
4.	2,3		30,0	53,0	66,00	69,0
5.	2,5		30,0	50,0	66,70	69,6

**TabelL1.2 Data Pengamatan *Solar Water Heater (SWH)* pada Intensitas 90000 lux dan Jenis Tube Stainless Steel pada 09 Juni 2022**

No.	Debit Air (L/Min)	Intensitas Cahaya (lux)	Temperatur Air		Temperatur Tube ( <sup>0</sup> C)	Temperatur Panel ( <sup>0</sup> C)
			Input ( <sup>0</sup> C)	Output ( <sup>0</sup> C)		
1.	1,7		30,0	56,5	66,50	69,7
2.	1,9		30,5	56,5	66,80	70,0
3.	2,1	90000	30,0	55,0	65,00	70,4
4.	2,3		30,0	55,0	67,00	70,0
5.	2,5		30,0	52,0	67,60	70,0

**TabelL1.3 Data Pengamatan *Solar Water Heater (SWH)* pada Intensitas 91000 lux dan Jenis Tube Stainless steel 14 Juni 2022**

No.	Debit Air (L/Min)	Intensitas Cahaya (lux)	Temperatur Air		Temperatur Tube ( <sup>0</sup> C)	Temperatur Panel ( <sup>0</sup> C)
			Input ( <sup>0</sup> C)	Output ( <sup>0</sup> C)		
1.	1,7		30,5	57,0	66,50	69,8
2.	1,9		30,5	57,0	66,80	69,7
3.	2,1	91000	30,0	56,5	66,40	70,0
4.	2,3		30,0	56,5	66,90	70,3
5.	2,5		30,5	53,5	67,20	70,3

**TabelL1.4 Data Pengamatan *Solar Water Heater (SWH)* pada Intensitas 92000 lux dan Jenis Tube Stainless Steel 16 Juni 2022**

No.	Debit Air (L/Min)	Intensitas Cahaya (lux)	Temperatur Air		Temperatur Tube ( <sup>0</sup> C)	Temperatur Panel ( <sup>0</sup> C)
			Input ( <sup>0</sup> C)	Output ( <sup>0</sup> C)		
1.	1,7		29,5	58,5	67,00	70,2
2.	1,9		30,0	58,0	67,10	69,7
3.	2,1	92000	30,0	57,5	66,70	69,8
4.	2,3		29,5	57,0	66,80	69,9
5.	2,5		29,5	54,0	66,80	70,1

**Tabel L1.5 Data Pengamatan *Solar Water Heater* (SWH) pada Intensitas 93000 lux dan Jenis Tube Stainless Steel 18 Juni 2022**

No.	Debit Air (L/Min)	Intensitas Cahaya (lux)	Temperatur Air		Temperatur Tube ( <sup>0</sup> C)	Temperatur Panel ( <sup>0</sup> C)
			Input ( <sup>0</sup> C)	Output ( <sup>0</sup> C)		
1.	1,7		30,0	59,0	66,90	70,4
2.	1,9		30,0	58,5	67,40	70,4
3.	2,1	93000	30,5	58,0	67,00	69,8
4.	2,3		30,0	57,0	66,70	69,8
5.	2,5		30,0	54,5	66,80	70,0

## LAMPIRAN II PERHITUNGAN

### A. PERHITUNGAN DESAIN

#### Menghitung Panjang Pipa Kolektor Minimum

Pipa stainless steel yang mengalir dalam kolektor didesain agar mampu memanaskan air dari suhu 30<sup>0</sup>C - 55<sup>0</sup>C. Oleh sebab itu, diperlukan nilai kalor guna memanaskan air dengan kebutuhan tersebut. Berikut ini merupakan prosedur penyelesaian guna mencari panjang minimum pipa stainless steel :

Energi yang dibutuhkan untuk memanaskan air didapatkan berdasarkan laju alir massa air ( $\dot{m}$ ), temperatur air masuk ( $T_{in}$ ) temperatur air keluar ( $T_{out}$ ) dan kapasitas panas air ( $C_p$ ) yang didapatkan berdasarkan temperatur rata-rata ( $T_m$ ) air.

$$\begin{aligned} - \dot{m} &= 2,5 \frac{L}{menit} \times 1 \frac{kg}{L} \times \frac{1 \text{ menit}}{60 s} = 0,04167 \text{ kg/s} \\ - T_{out} &= 55 \text{ }^{\circ}\text{C} \\ - T_{in} &= 30 \text{ }^{\circ}\text{C} \\ - T_m &= \frac{T_{out} + T_{in}}{2} = \frac{55 + 30}{2} = 42,5 \text{ }^{\circ}\text{C} \end{aligned}$$

Berdasarkan tabel A-9 Hal 662 Heat Transfer Ed.10 JP. Holman,  $C_p$  air pada temperatur 42,5<sup>0</sup>C berada diantara 37,78<sup>0</sup>C dan 43,33<sup>0</sup>C. Sehingga  $C_p$  air rata-rata didapatkan dengan cara interpolasi = 4,174 kJ/kg <sup>0</sup>C. Sehingga energi yang dibutuhkan/ energi berguna ( $Q_u$ ) adalah :

$$\begin{aligned} Q_u &= \dot{m} c_p \Delta T \\ &= 0,04167 \text{ kg/s} \times 4,174 \text{ kJ/kg }^{\circ}\text{C} \times (55-30)^{\circ}\text{C} \\ &= 4,35 \text{ kJ/s} \left( \frac{kW}{kJ/s} \right) \\ &= 4,35 \text{ kW} \end{aligned}$$

Jika, laju aliran air diatur sebesar 2,5 liter/menit. Maka:

- Kecepatan Air

$$V_{air} = \frac{Q_{air}}{A}$$

$$V_{air} = \frac{0,0025 \frac{m^3}{menit}}{\frac{1}{4} \pi \cdot (0,0127 \text{ m})^2}$$

$$V_{\text{air}} = \frac{0,0025 \frac{m^3}{\text{menit}} \left( \frac{\text{menit}}{60 s} \right)}{0,0001266127 m^2}$$

$$V_{\text{air}} = 0,329 \text{ m/s}$$

Nilai properties air diperoleh pada suhu rata-rata air pada saat penelitian yaitu:  
 $(55+30)/2 = 42,5^\circ\text{C}$

Maka, properties air @  $42,5^\circ\text{C}$  : (berdasarkan buku J.P. Holman)

- Viskositas ( $\mu$ )

$$\mu = 0,000682 + (42,5 - 37,78) \left( \frac{0,000616 - 0,000682}{43,33 - 37,78} \right)$$

$$\mu = 0,00062587 \text{ kg/ms}$$

- Prandtl Number (Pr)

$$\text{Pr} = 4,53 + (42,5 - 37,78) \left( \frac{4,04 - 4,53}{43,33 - 37,78} \right)$$

$$\text{Pr} = 4,11$$

- Konduktivitas Termal (k)

$$k = 0,63 + (42,5 - 37,78) \left( \frac{0,637 - 0,63}{43,33 - 37,78} \right)$$

$$k = 0,636 \text{ W/m.K}$$

- Densitas ( $\rho$ )

$$\rho = 993,0 + (42,5 - 37,78) \left( \frac{990,6 - 993,0}{43,33 - 37,78} \right)$$

$$\rho = 990,96 \text{ kg/m}^3$$

- Bilangan Reynold (Re)

$$\text{Re} = \frac{v \cdot di \cdot \rho}{\mu}$$

$$\text{Re} = \frac{0,329 \frac{m}{s} \times 0,012 m \times 990,96 \text{ kg/m}^3}{0,00062587 \text{ kg/ms}}$$

$$\text{Re} = 6.251$$

- Bilangan Nusselt (Nu)

Karena  $2300 < Re = \rho V D h / \mu < 5 \times 10^6$  dan  $0.5 < Pr < 2000$ , maka :

$$Nu = \frac{\left(\frac{f}{8}\right)(Re-1000)Pr}{1 + 12,7 \left(\frac{f}{8}\right)^{0,5} \left(Pr^{\frac{2}{3}} - 1\right)}$$

$$\begin{aligned} f &= \{0,790 \cdot \ln Re\} - 1,64\}^{-2} \\ &= \{(0,790 \cdot \ln (6.251)) - 1,64\}^{-2} \\ &= \{(0,790 \cdot 8,74) - 1,64\}^{-2} \\ &= \{(6,9) - 1,64\}^{-2} \\ &= \{5,26\}^{-2} \\ &= 0,036 \end{aligned}$$

$$Nu = \frac{\left(\frac{0,036}{8}\right)(6.251-1000)(4,11)}{1 + (12,7 \left(\frac{0,036}{8}\right)^{0,5} \left(4,11^{\frac{2}{3}} - 1\right))}$$

$$Nu = \frac{97,12}{1 + (0,852)(1,566)}$$

$$Nu = 41,6$$

- Koefisien Konveksi (h)

$$h = \frac{Nu \cdot k}{di}$$

$$h = \frac{41,6 \cdot 0,636 \text{ W/m.K}}{0,012}$$

$$h = 2.204,8 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$$

Untuk memperoleh panjang pipa minimum yang digunakan untuk memanaskan air, diperlukan nilai koefisien perpindahan panas menyeluruh pada pipa.

Selanjutnya dengan metode  $\Delta T_{lm}$  di cari nilai dari panjang pipa stainless steel.

Berikut adalah prosedur penyelesaiannya:

$$U_o = \frac{1}{Ri \cdot \frac{A_o}{A_i} + A_o R_s}$$

$$R_s = \frac{\ln\left(\frac{r_o}{r_i}\right)}{2\pi k}$$

$$R_s = \frac{\ln\left(\frac{0,0127}{0,012}\right)}{2 \times 3,14 \times 237}$$

$$R_s = 3,8 \cdot 10^{-5}$$

$$R_i = \frac{1}{h_i A_i}$$

$$R_i = \frac{1}{2.204,8 \frac{W}{m^2 \cdot K} (3,14 \times 0,012)}$$

$$R_i = 0,012$$

Maka,

$$U_o = \frac{1}{0,012 \cdot \frac{0,0127}{0,012} + (3,14 \times 0,012) 3,8 \cdot 10^{-5}}$$

$$U_o = \frac{1}{0,0127}$$

$$U_o = 78,74 \text{ W/m}^2\text{K}$$

Maka panjang pipa minimum didapatkan melalui persamaan berikut:

$$q = U \times A \times \Delta T_{lm}$$

$$q = \frac{78,74}{x} \times A \times \Delta T_{lm}$$

Jika suhu rata-rata pipa pada air keluar dianggap turun sebesar  $5^{\circ}$ , dan peningkatan suhu rata-rata air setelah melalui pipa sebesar  $0,2^{\circ}$  maka didapatkan nilai  $\Delta T_{lm}$  dengan persamaan sebagai berikut:

$$\Delta T_{lm} = \frac{(Th_2 - Tc_2) - (Th_1 - Tc_1)}{\ln\{(Th_2 - Tc_2)/(Th_1 - Tc_1)\}}$$

$$\Delta T_{lm} = \frac{(51,1 - 39) - (44 - 39,2)}{\ln\{(51,1 - 39)/(44 - 39,2)\}}$$

$$\Delta T_{lm} = 7,89$$

$$q = U \times A \times \Delta T_{lm}$$

$$473,96 = 76,92 \times (3,14 \times 0,0127 \times L) \times 7,89$$

$$L = \frac{473,96}{78,74 \times 0,0127 \times 3,14 \times 7,89}$$

$$L = 19,13 \text{ meter}$$

Karena tidak semua permukaan pipa terkena sinar matahari langsung, maka dianggap permukaan pipa tidak memiliki suhu yang merata, maka perlu diperhatikan faktor efisiensi kolektor. Jika dianggap faktor efisiensi kolektor 70%.

Maka:

$$L = \frac{19,13 \text{ m}}{0,70}$$

$$L = 27,33 \text{ meter}$$

Maka, panjang pipa kolektor minimum yang digunakan adalah 27,33 meter

### **Memperoleh nilai luas minimum kolektor**

Dengan menggunakan nilai kalor yang diperlukan untuk memanaskan air, dapat diperoleh nilai luas minimum dari kolektor. Dengan memasukkan nilai efisiensi rata-rata pemanas air tenaga surya yaitu 50%, maka nilai kalor yang digunakan untuk memanaskan air 130 liter hingga  $55^{\circ}\text{C}$  yaitu:

$$Q = 13.650.000 \text{ J} / 0,5$$

$$= 27,3 \text{ MJ.}$$

Dengan mengetahui nilai rata-rata radiasi yang diperoleh di kota Palembang selama satu hari yaitu sebesar  $12 \text{ MJ/m}^2$ , maka luas penampang kolektor dapat diketahui.

$$Q_{\text{kolektor}} = Q_{\text{in}} \times A$$

$$27,3 \text{ MJ} = 12 \text{ MJ/m}^2 \times A$$

$$A = \frac{27,3 \text{ MJ}}{12 \text{ MJ/m}^2}$$

$$A = 2,275 \text{ m}^2$$

Nilai yang diperoleh dari hasil perhitungan untuk desain kolektor yaitu:

a. Luas minimum (A) = 2,275 m<sup>2</sup>, maka panjang = 1,7 m, dan lebar = 1,3 m



- b. Panjang minimum pipa = 27,33 m.
- c. Jarak antar pipa = 3,5 cm
- d. Jarak *Tube* ke kaca = 4 cm
- e. Jarak kaca ke buntut coca cola = 7,5 cm
- f. Tinggi kolektor = 10 cm

## B. PERHITUNGAN AKTUAL

### 1. Menghitung temperatur rata-rata

**Diketahui :**

$$T_{in} = 30 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$T_{out} = 55 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$T_{rata-rata} = \frac{T_{in} + T_{out}}{2}$$

$$T_{rata-rata} = \frac{(30 + 55)^{\circ}\text{C}}{2}$$

$$T_{rata-rata} = 42,5 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

**Tabel L2.1** Hasil Perhitungan Temperatur Rata-rata

No	Temperatur Air Masuk ( $^{\circ}\text{C}$ )	Temperatur Air Keluar ( $^{\circ}\text{C}$ )	Temperatur Rata-rata ( $^{\circ}\text{C}$ )
1	30,0	55	<b>42,50</b>
2	30,0	54	<b>42,00</b>
3	30,5	53,5	<b>42,00</b>
4	30,0	53	<b>41,50</b>
5	30,0	50	<b>40,00</b>
6	30,0	56,5	<b>43,25</b>
7	30,5	56,5	<b>43,50</b>
8	30,0	55	<b>42,50</b>
9	30,0	55	<b>42,50</b>
10	30,0	52	<b>41,00</b>
11	30,5	57	<b>43,75</b>
12	30,5	57	<b>43,75</b>
13	30,0	56,5	<b>43,25</b>
14	30,0	56,5	<b>43,25</b>
15	30,5	53,5	<b>42,00</b>
16	29,5	58,5	<b>44,00</b>
17	30,0	58	<b>44,00</b>
18	30,0	57,5	<b>43,75</b>
19	29,5	57	<b>43,25</b>

20	29,5	54	<b>41,75</b>
21	30,0	59	<b>44,50</b>
22	30,0	58,5	<b>44,25</b>
23	30,5	58	<b>44,25</b>
24	30,0	57	<b>43,50</b>
25	30,0	54,5	<b>42,25</b>

Berdasarkan temperatur rata-rata yang telah dihitung, maka nilai densitas air berdasarkan suhu, nilai viskositas dinamik, bilangan prandtl number (Pr), konduktivitas termal air dan specific heat (cp) dapat dicari pada tabel *Property Values of Water in Saturated State* dengan cara interpolasi.

**Tabel L2.2** Hasil Interpolasi *Water Property*

Temperatur Rata-rata ( $^{\circ}\text{C}$ )	Temperatur Tube ( $^{\circ}\text{C}$ )	Viskositas Dinamik ( $\text{m}^2/\text{s}$ )	<i>Prandtl</i> Number	Water Termal Konduktivitas ( $\text{W}/\text{mK}$ )
<b>42,50</b>	<b>67,5</b>	0,00062587027	4,11	0,6360
<b>42,00</b>	<b>66</b>	0,00069781622	4,16	0,6353
<b>42,00</b>	<b>66,5</b>	0,00063181622	4,16	0,6353
<b>41,50</b>	<b>66</b>	0,00063776216	4,20	0,6347
<b>40,00</b>	<b>66,7</b>	0,00065560000	4,33	0,6328
<b>43,25</b>	<b>66,5</b>	0,00061695135	4,05	0,6369
<b>43,50</b>	<b>66,8</b>	0,00061434892	4,03	0,6372
<b>42,50</b>	<b>65</b>	0,00062587027	4,11	0,6360
<b>42,50</b>	<b>67</b>	0,00062587027	4,11	0,6360
<b>41,00</b>	<b>67,6</b>	0,00064370811	4,25	0,6341
<b>43,75</b>	<b>66,5</b>	0,00061192086	4,01	0,6375
<b>43,75</b>	<b>66,8</b>	0,00061192086	4,01	0,6375
<b>43,25</b>	<b>66,4</b>	0,00061695135	4,05	0,6369
<b>43,25</b>	<b>66,9</b>	0,00061695135	4,05	0,6369
<b>42,00</b>	<b>67,2</b>	0,00063181622	4,16	0,6353
<b>44,00</b>	<b>67</b>	0,00060949281	3,99	0,6378
<b>44,00</b>	<b>67,1</b>	0,00060949281	3,99	0,6378
<b>43,75</b>	<b>66,7</b>	0,00061192086	4,01	0,6375

<b>43,25</b>	<b>66,8</b>	0,00061695135	4,05	0,6369
<b>41,75</b>	<b>66,8</b>	0,00063478919	4,18	0,6350
<b>44,50</b>	<b>66,9</b>	0,00060463669	3,96	0,6385
<b>44,25</b>	<b>67,4</b>	0,00060706475	3,97	0,6382
<b>44,25</b>	<b>67</b>	0,00060706475	3,97	0,6382
<b>43,50</b>	<b>66,7</b>	0,00061434892	4,03	0,6372
<b>42,25</b>	<b>66,8</b>	0,00062884324	4,14	0,6356

## 2. Menghitung Laju Alir

$$Q = 1,7 \text{ L} = 1,7 \frac{\text{L}}{\text{menit}} \frac{1 \text{ m}^3}{1000 \text{ L}} \frac{1 \text{ menit}}{60 \text{ s}} = 0,0000283 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q = 19 \text{ L} = 19 \frac{\text{L}}{\text{menit}} \frac{1 \text{ m}^3}{1000 \text{ L}} \frac{1 \text{ menit}}{60 \text{ s}} = 0,0000317 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q = 21 \text{ L} = 21 \frac{\text{L}}{\text{menit}} \frac{1 \text{ m}^3}{1000 \text{ L}} \frac{1 \text{ menit}}{60 \text{ s}} = 0,000035 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q = 23 \text{ L} = 23 \frac{\text{L}}{\text{menit}} \frac{1 \text{ m}^3}{1000 \text{ L}} \frac{1 \text{ menit}}{60 \text{ s}} = 0,0000383 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q = 25 \text{ L} = 25 \frac{\text{L}}{\text{menit}} \frac{1 \text{ m}^3}{1000 \text{ L}} \frac{1 \text{ menit}}{60 \text{ s}} = 0,0000417 \text{ m}^3/\text{s}$$

## 3. Menghitung Luas Penampang Tubing

Diketahui : D tube = 0,0127 m

r tube = 0,00635 m

$$A = \pi \cdot r^2$$

$$= 3,14 \times (0,00635 \text{ m})^2$$

$$= 0,000126613 \text{ m}^2$$

## 4. Menghitung Kecepatan Fluida

$$v = \frac{Q}{A} = \frac{0,0000283 \text{ m}^3/\text{s}}{0,000126613 \text{ m}^2} = 0,22378 \text{ m/s}$$

$$v = \frac{Q}{A} = \frac{0,0000317 \text{ m}^3/\text{s}}{0,000126613 \text{ m}^2} = 0,25010 \text{ m/s}$$

$$v = \frac{Q}{A} = \frac{0,000035 \text{ m}^3/\text{s}}{0,000126613 \text{ m}^2} = 0,27643 \text{ m/s}$$

$$v = \frac{Q}{A} = \frac{0,0000383 \text{ m}^3/\text{s}}{0,000126613 \text{ m}^2} = 0,30276 \text{ m/s}$$

$$v = \frac{Q}{A} = \frac{0,0000417 \text{ m}^3/\text{s}}{0,000126613 \text{ m}^2} = 0,32908 \text{ m/s}$$

## 5. Menghitung Bilangan Reynold, Bilangan Nuselt, dan Koefisien Konveksi

Diketahui :

$$\text{Temperatur rata-rata} = 42,5 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$\text{Kecepatan fluida} = 0,22378 \text{ m/s}$$

$$\text{Prandtl Number} = 4,11$$

$$K = 0,6360 \text{ W/mK}$$

$$D = 0,0127 \text{ m}$$

$$\text{Densitas} = 983,9 \text{ kg/m}^3$$

### • Bilangan Reynold

$$Re = \frac{D \times V \times \rho}{\nu}$$

$$Re = \frac{0,0127 \text{ m} \times 0,22378 \frac{\text{m}}{\text{s}} \times 983,9 \text{ kg/m}^3}{0,00062587027 \frac{\text{m}^2}{\text{s}}}$$

$$Re = 4467,7713$$

### • Bilangan Nuselt

Diketahui :

$$\text{Nilai Reynold} = 4467,7713$$

$$Nu = 0,027 \times Re^{0,805} \times Pr^{\frac{1}{2}}$$

$$Nu = 0,027 \times 4467,7713^{0,805} \times 4,11^{\frac{1}{2}}$$

$$Nu = 47,5096$$

### • Koefisien Konveksi

Diketahui :

$$Nu = 47,5096$$

$$h = \frac{Nu \times K}{D}$$

$$h = \frac{47,5096 \times 0,6360 \text{ W/mK}}{0,0127 \text{ m}}$$

$$h = 2379,0440 \text{ W/m}^2\text{K}$$

**Tabel L2.3** Hasil Perhitungan Nilai Reynold, Nusselt Number dan Koef.  
Konveksi

No.	Temperatur Rata-rata ( $^{\circ}\text{C}$ )	Nilai Reynold	Nilai Nuselt	Koefisien Konveksi ( $\text{W}/\text{m}^2\text{ }^{\circ}\text{C}$ )
1	<b>42,50</b>	4467,7713	47,5096	2379,0440
2	<b>42,00</b>	4481,0685	47,8782	2395,1273
3	<b>42,00</b>	5471,6570	56,2292	2812,8858
4	<b>41,50</b>	5938,5537	60,3785	3017,4607
5	<b>40,00</b>	6288,8831	64,2185	3199,7987
6	<b>43,25</b>	4528,5589	47,6411	2389,1779
7	<b>43,50</b>	5082,7708	52,1563	2616,9090
8	<b>42,50</b>	5519,0116	56,3192	2820,1851
9	<b>42,50</b>	6044,6317	60,5983	3034,4640
10	<b>41,00</b>	6398,5715	64,4519	3217,8319
11	<b>43,75</b>	4564,5102	47,7240	2395,7012
12	<b>43,75</b>	5101,5114	52,1942	2620,1003
13	<b>43,25</b>	5594,1022	56,4751	2832,1981
14	<b>43,25</b>	6126,8739	60,7661	3047,3898
15	<b>42,00</b>	6513,8773	64,7019	3236,7360
16	<b>44,00</b>	4578,8471	47,7372	2397,5474
17	<b>44,00</b>	5118,9681	52,2204	2622,7105
18	<b>43,75</b>	5636,9349	56,5606	2839,2914
19	<b>43,25</b>	6125,1600	60,7524	3046,7036
20	<b>41,75</b>	6481,5596	64,6142	3230,7447
21	<b>44,50</b>	4614,3293	47,8178	2403,9679
22	<b>44,25</b>	5138,0034	52,2585	2625,9209
23	<b>44,25</b>	5680,4362	56,6558	2846,8817
24	<b>43,50</b>	6151,1066	60,8140	3051,3011
25	<b>42,25</b>	6541,0175	64,7462	3240,5630

**LAMPIRAN III**  
**DOKUMENTASI**



**Gambar 1.** Material Taso sebagai Alas Panel



**Gambar 2.** Doublenaple



**Gambar 3.** Buntut Kaleng sebagai Plat Absorber



**Gambar 4.** Pemotongan Buntut Kaleng



**Gambar 5.** Pengecatan Buntut Kaleng



**Gambar 6.** Penjemuran Buntut Kaleng Setelah di cat



**Gambar 7.** Pemotongan Tiang Taso



**Gambar 8.** Merangkai Potongan Taso untuk Membentuk Frame Panel





**Gambar 9.** Pemotongan Taso



**Gambar 10.** Pemotongan Material Taso untuk Alas Panel



**Gambar 11.** Pembuatan Frame Panel



**Gambar 12.** Frame Panel



**Gambar 13.** Pembuatan Panel



**Gambar 14.** Pemberian Lem Silicon Pada Lubang Agar Panel Kedap Udara



**Gambar 15.** Pemberian Cat Warna Hitam Pada Panel



**Gambar 16.** Pemasangan Buntut Kaleng Pada Panel





**Gambar 17.** Tangki Penyimpanan Air (Aluminium)



**Gambar 18.** *Solar Water Heater* Tampak Atas



**Gambar 19.** *Solar Water Heater* Tampak samping



**Gambar 20.** *Solar Water Heater*



**Gambar 21.** Penaikkan Kaca Penutup Panel Ke Tempat Percobaan



**Gambar 22.** Serangkaian Alat Solar Water Heater



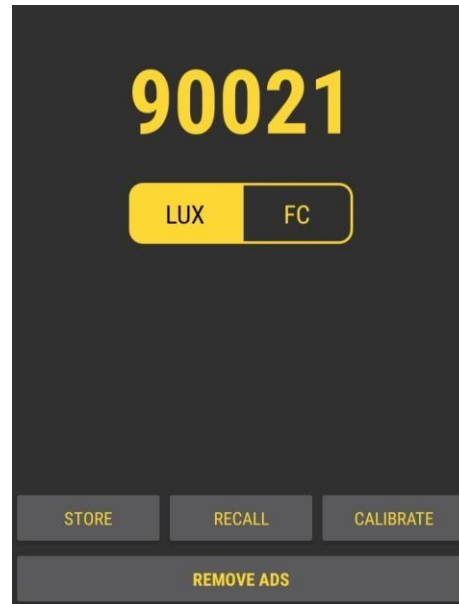
**Gambar 23.** Busur Derajat



**Gambar 24.** Termometer



**Gambar 25.** Thermo gun



**Gambar 26.** Pengukuran Intensitas Cahaya Matahari



**Gambar 27.** Pengukuran Air Suhu Output



**Gambar 28.** Pengukuran Suhu Panel





## REKOMENDASI SEMINAR TUGAS AKHIR (TA)

Pembimbing Tugas Akhir Memberikan Rekomendasi Kepada:

Nama : Rizki Zulkarnain  
NIM : 061840411720  
Jurusan/Program Studi : Teknik Kimia/DIV Teknik Energi  
Judul Laporan Akhir : Pengaruh Debit Air dan Intensitas Cahaya terhadap  
Laju Koefisien Konveksi pada *Solar Water Heater*  
Menggunakan Kolektor *Tube Stainless Steel*

Mahasiswa tersebut telah memenuhi persyaratan dan dapat mengikuti Seminar  
Tugas Akhir (TA) pada tahun akademik 2021/2022.

Pembimbing I,

Ir. K. A. Ridwan, M. T  
NIDN 0025026002

Palembang, Juli 2022  
Pembimbing II,

Ir. Jaksen, M.Si.  
NIDN 0004096205





KEMENTERIAN PENDIDIKAN, KEBUDAYAAN, RISET, DAN TEKNOLOGI  
POLITEKNIK NEGERI SRIWIJAYA  
**JURUSAN TEKNIK KIMIA**

Jalan Srijaya Negara, PALEMBANG 30139  
Telp.0711-353414 Fax. 0711-355918. E-mail : kimia@polsri.ac.id.

**KESEPAKATAN BIMBINGAN TUGAS AKHIR**

Saya yang bertanda tangan di bawah ini,

**Pihak Pertama**

Nama : Rizki Zulkarnain  
NIM : 061840411720  
Jurusan : Teknik Kimia  
Program Studi : DIV Teknik Energi

**Pihak Kedua**

Nama : Ir. K. A. Ridwan, M.T.  
NIP : 196707181992032001  
Jurusan : Teknik Kimia  
Program Studi : DIV Teknik Energi

Pada hari ini, Rabu tanggal 20 juli 2022 telah sepakat untuk melakukan konsultasi bimbingan Tugas Akhir.

Isi Kesepakatan:

1. Konsultasi bimbingan sekurang-kurangnya sekali dalam satu minggu.
2. Pelaksanaan bimbingan pada setiap hari kerja pada jam kuliah secara daring maupun tatap muka di Politeknik Negeri Sriwijaya.

Demikianlah kesepakatan ini dibuat dengan penuh kesadaran guna kelancaran penyelesaian Tugas Akhir.

Pihak Pertama,

Rizki Zulkarnain  
NIM 061840411720

Palembang, 20 juli 2022

Pihak Kedua,

Ir. K. A. Ridwan, M.T.  
NIDN 0025026002

Mengetahui,  
Koordinator Program Studi  
Sarjana Terapan DIV Teknik Energi

Ir. Sahrul Effendy. A., M.T.  
NIDN 0023126309





**KESEPAKATAN BIMBINGAN TUGAS AKHIR**

Kami yang bertanda tangan di bawah ini,

**Pihak Pertama**

Nama : Rizki Zulkarnain  
NIM : 061840411720  
Jurusan : Teknik Kimia  
Program Studi : DIV Teknik Energi

**Pihak Kedua**

Nama : Ir. Jaksen, M.Si.  
NIP : 196209041990031002  
Jurusan : Teknik Kimia  
Program Studi : DIV Teknik Energi

Pada hari ini, Rabu tanggal Juli 2022 telah sepakat untuk melakukan konsultasi bimbingan Tugas Akhir.

Isi Kesepakatan:

1. Konsultasi bimbingan sekurang-kurangnya sekali dalam satu minggu.
2. Pelaksanaan bimbingan pada setiap hari kerja pada jam kuliah secara daring maupun tatap muka di Politeknik Negeri Sriwijaya.

Demikianlah kesepakatan ini dibuat dengan penuh kesadaran guna kelancaran penyelesaian Tugas Akhir.

Pihak Pertama,

Rizki Zulkarnain  
NIM 061840411720

Palembang, Juli 2022

Pihak Kedua,

Ir. Jaksen, M.Si.  
NIDN 0004096205

Mengetahui,  
Koordinator Program Studi  
Sarjana Terapan DIV Teknik Energi

Ir. Sahrul Effendy. A., M.T.  
NIDN 0023126309







**LEMBAR ASISTENSI TUGAS AKHIR**

**NAMA** : Rizki Zulkarnain  
**NIM** : 061840411720  
**PEMBIMBING I** : Ir. K. A. Ridwan, M.T.  
**JUDUL** : Pengaruh Debit Air dan Intensitas Cahaya terhadap Koefisien Laju Konveksi pada *Solar Water Heater* Menggunakan Kolektor *Tube Stainless Steel*.

No	Tanggal	Materi/Topik	Paraf	Keterangan
1.		BAB 1	1)	Perbaikan
2.		BAB 1	2)	ACC
3.		BAB 2	3)	Perbaikan
4.		BAB 2	4)	ACC
5.		BAB 3	5)	Perbaikan
6.		BAB 3	6)	ACC
7.		BAB 4	7)	Perbaikan
8.		BAB 4	8)	ACC
9.		BAB 5	9)	Perbaikan
10.		BAB 5	10)	ACC
11.		LAMPIRAN 1 dan 2	11)	ACC
12.		PPT keseluruhan	12)	ACC
13.		keseluruhan	13)	ACC
14.			14)	
15.			15)	
16.			16)	

Mengetahui,

Koordinator Program Studi  
Sarjana Terapan DIV Teknik Energi

Ir. Sahrul Effendy A, M.T.  
NIP 196312231996011001





KEMENTERIAN PENDIDIKAN, KEBUDAYAAN, RISET, DAN TEKNOLOGI  
POLITEKNIK NEGERI SRIWIJAYA  
JURUSAN TEKNIK KIMIA

Jalan Srijaya Negara, PALEMBANG 30139  
Telp.0711-353414 Fax. 0711-355918. E-mail : kimia@polsri.ac.id.

LEMBAR ASISTENSI PROPOSAL TUGAS AKHIR (TA)

NAMA : Rizki Zulkarnain  
NIM : 061840411720  
JUDUL : Pengaruh Debit Air dan Intensitas Cahaya Terhadap Koefisien Laju Konveksi pada *Solar Water Heater* Menggunakan Kolektor *Tube Stainless Steel*  
PEMBIMBING II : Ir. Jaksen, M.Si.

No	Tanggal	Materi/Topik	Paraf	Keterangan
1.	05-04-2022	Proposal	<sup>1)</sup>	Revisi
2.	08-04-2022	Proposal	<sup>2)</sup>	ACC
3.	19-04-2022	Proposal	<sup>3)</sup>	ACC
4.	27-06-2022	Bab I, Bab II, Bab III.	<sup>4)</sup>	Revisi
5.	11-07-2022	Bab I, Bab II, Bab III	<sup>5)</sup>	ACC
6.	18-09-2022	Bab IV, dan Bab V	<sup>6)</sup>	Revisi
7.	25-09-2022	Bab IV, dan Bab V	<sup>7)</sup>	ACC
8.	30-07-2022	Keseluruhan	<sup>8)</sup>	ACC
9.			<sup>9)</sup>	
10.			<sup>10)</sup>	
11.			<sup>11)</sup>	
12.			<sup>12)</sup>	
13.			<sup>13)</sup>	
14.			<sup>14)</sup>	
15.			<sup>15)</sup>	

Mengetahui,  
Koordinator Program Studi  
Sarjana Terapan (DIV)  
Teknik Energi

Ir. Sahrul Effendy A., M. T.  
NIP. 196312231996011001





## SURAT KETERANGAN

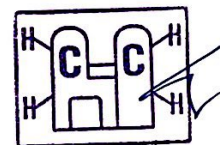
Nomor : 173/PL6.1.14.3/SKP/22

Laboratorium Teknik Energi Jurusan Teknik Kimia Politeknik Negeri Sriwijaya, Menyatakan bahwa benar nama tersebut dibawah ini telah selesai melaksanakan penelitian di Laboratorium Teknologi Bioenergi dengan judul "**Pengaruh Debit Air dan Intensitas Cahaya Terhadap Koefisien Laju Konveksi pada Solar Water Heater Menggunakan Kolektor Tube Stainless Steel**". Penelitian dilaksanakan dari tanggal 1 Juni 2022 sampai dengan tanggal 1 Juli 2022.

Nama / NIM : Rizki Zulkarnain / 061840411720

Demikian surat keterangan ini dibuat dengan sebenarnya, untuk dapat dipergunakan sebagaimana mestinya.

Palembang, Juli 2022  
Ka. Lab. Teknik Energi



LAB KIMIA  
POLSRI

Ir. Arizal Aswan, M.T.  
NIP 195804241993031001





KEMENTERIAN PENDIDIKAN, KEBUDAYAAN, RISET, DAN  
TEKNOLOGI

POLITEKNIK NEGERI SRIWIJAYA

**JURUSAN TEKNIK KIMIA**

Jalan Srijaya Negara, PALEMBANG 30139

Telp.0711-353414 Fax. 0711-355918. E-mail : kimia@polsri.ac.id.

**JADWAL KEGIATAN TUGAS AKHIR (TA)**

<b>Tanggal</b>	<b>Uraian Kegiatan</b>	<b>Paraf</b>
1 April – 20 April 2022	Perencanaan dan Persiapan Alat	
30 April – 30 Mei 2022	Uji Coba Alat	
1 Juni – 15 Juni 2022	Pelaksanaan Penelitian	
16 Juni – 30 Juni 2022	Pengambilan Data Penelitian	
1 Juli – 17 Juli 2022	Analisa Hasil Penelitian	

Palembang, Juli 2022

Ka. Lab. Teknik Energi

Ir. Arizal Aswan, M.T.  
NIP. 195804241993031001

Teknisi Lab. Teknik Energi

Adi Gunawan  
NIP. 197406152002121



KEMENTERIAN PENDIDIKAN, KEBUDAYAAN, RISET, DAN TEKNOLOGI  
POLITEKNIK NEGERI SRIWIJAYA  
JURUSAN TEKNIK KIMIA

Jalan Sriwijaya Negara, PALEMBANG 30139  
Telp.0711-353414 Fax.0711-355918. E-mail : kimia@polsri.ac.id.



**SURAT VALIDASI DATA**

Nomor: 222/PL6.1.14.1/A/2002

Nama : Rizki Zulkarnain  
NIM : 061840411720  
Perusahaan/Instansi : Politeknik Negeri Sriwijaya  
Alamat : Jln. Sriwijaya Negara, Ilir Barat 1, Palembang  
Jumlah Data : 25  
PLP Lab. Teknik Energi : Adi Gunawan

No	Laju alir	Intensitas	Input		Output		Panel	Tube	sudut
	Air (L/Menit)	Cahaya (lux)	Tekanan (bar)	Suhu (°C)	Tekanan (bar)	Suhu (°C)	Suhu (°C)	Suhu (°C)	Kemiringan (°)
1	1,7		1,0	30,0	1,0	55,0	70,5	67,50	
2	1,9		1,0	30,0	1,0	54,0	69,0	66,00	
3	2,1	89000	1,0	30,5	1,0	53,5	70,0	66,50	
4	2,3		1,0	30,0	1,0	53,0	69,0	66,00	
5	2,5		1,0	30,0	1,0	50,0	69,6	66,70	
6	1,7		1,0	30,0	1,0	56,5	69,7	66,50	
7	1,9		1,0	30,5	1,0	56,5	70,0	66,80	
8	2,1	90000	1,0	30,0	1,0	55,0	70,4	65,00	
9	2,3		1,0	30,0	1,0	55,0	70,0	67,00	
10	2,5		1,0	30,0	1,0	52,0	70,0	67,60	
11	1,7		1,0	30,5	1,0	57,0	69,8	66,50	
12	1,9		1,0	30,5	1,0	57,0	69,7	66,80	
13	2,1	91000	1,0	30,0	1,0	56,5	70,0	66,40	20
14	2,3		1,0	30,0	1,0	56,5	70,3	66,90	
15	2,5		1,0	30,5	1,0	53,5	70,3	67,20	
16	1,7		1,0	29,5	1,0	58,5	70,2	67,00	
17	1,9		1,0	30,0	1,0	58,0	69,7	67,10	
18	2,1	92000	1,0	30,0	1,0	57,5	69,8	66,70	
19	2,3		1,0	29,5	1,0	57,0	69,9	66,80	
20	2,5		1,0	29,5	1,0	54,0	70,1	66,80	
21	1,7		1,0	30,0	1,0	59,0	70,4	66,90	
22	1,9		1,0	30,0	1,0	58,5	70,4	67,40	
23	2,1	93000	1,0	30,5	1,0	58,0	69,8	67,00	
24	2,3		1,0	30,0	1,0	57,0	69,8	66,70	
25	2,5		1,0	30,0	1,0	54,5	70,0	66,80	

Palembang, Juli 2022

Ka. Lab. Teknik Energi



LAB KIMIA  
POLSRI

Ir. Arizal Aswan, M.T.

NIP 1958042419930310



KEMENTERIAN PENDIDIKAN, KEBUDAYAAN, RISET, DAN TEKNOLOGI  
POLITEKNIK NEGERI SRIWIJAYA  
JURUSAN TEKNIK KIMIA

Jalan Srijaya Negara Bukit Besar Palembang 30139  
Telp.0711-353414, Laman : <http://polsri.ac.id>, Pos El : [kimia@polsri.ac.id](mailto:kimia@polsri.ac.id)

**SURAT KETERANGAN BEBAS PINJAMAN**

Nama : Rizki Zulkamain  
NIM : 061840411720

Adalah benar telah bebas dari bon Peralatan Laboratorium, Perpustakaan, dan Administrasi lainnya di Jurusan Teknik Kimia DIV Teknik Energi Politeknik Negeri Sriwijaya

**1. Laboratorium Semester Genap 2021/2022**

No	Nama	PLP / Teknisi	Jabatan Kepala Lab / Kasie	Tanda Tangan
1	Adi Syakdani, ST., M.T.	-	Ka. Lab. Analisis	
2	Ibnu Hajar, S.T., M.T.	-	Ka. Lab. Mini Plant dan Unit Operasi	
3	Hilwatullisan, ST, M.T.	-	Ka. Lab Rekayasa Proses	
4	Ir. Arizal Aswan, M.T.	-	Ka. Lab Energi	
5	Ir. K.A. Ridwan, M.T.	Widodo	Kasie Lab. Analisis Batubara	
6	Ir. Irawan Rusnadi, M.T.	M. Firdaus Fajriansyah / Tri Lestari, S.Tr.T.	Kasie Lab. Instrumen Kontrol	
7	Ir. Muhammad Zaman, M.Si., M.T.	Tri Lestari, S.Tr.T.	Kasie Lab. Kimia Organik	
8	Indah Purnamasari, ST., M.Eng.	Widodo / Yulisman, S.Kom.	Kasie Lab. Teknologi Migas & Batubara	
9	Tahdid, S.T., M.T.	Adi Gunawan	Kasie Lab. Mesin Konversi Energi	
10	Ir. Fatria, M.T.	Emiati Anzar, S.T., M.Tr.T.	Kasie Lab. Teknologi Pemanfaatan Batubara	
11	Rima Daniar, S.ST., M.T.	Adi Gunawan	Kasie Lab. Teknik Konversi Energi	
12	Zurohaina, S.T., M.T.	Emiati Anzar, S.T., M.Tr.T. / Tri Lestari, S.Tr.T.	Kasie Lab. Teknologi Bioenergi	
13	Agus Manggala, S.T., M.T.	-	Kasie Perpustakaan	
14	Bambang J, A.Md.	-	Adm. Jurusan	

**2. Penggunaan Laboratorium untuk Tugas Akhir (TA)**

No	Nama	PLP / Teknisi	Jabatan Kepala Lab / Kasie	Tanda Tangan
1	Ir. Arizal Aswan, M.T.	Adi Gunawan	Ka. Lab Energi	
2				
3				
4				

Palembang, Juli 2022  
Mengetahui,  
Koordinator Program Studi  
DIV Teknik Energi

Ir. Sahrul Effendy, M.T.  
NIP. 196312231996011001





KEMENTERIAN PENDIDIKAN, KEBUDAYAAN,  
RISET, DAN TEKNOLOGI  
POLITEKNIK NEGERI SRIWIJAYA  
JURUSAN TEKNIK KIMIA

Jalan Sriwijaya Negara, PALEMBANG 30139  
Telp.0711-353414 Fax. 0711-355918. E-mail : kimia@polsri.ac.id.



PELAKSANAAN REVISI LAPORAN TUGAS AKHIR

Nama Mahasiswa : Rizki Zulkarnain  
NIM : 061840411720  
Jurusan/Program Studi : Teknik Kimia/DIV Teknik Energi  
Judul Laporan : Pengaruh Debit Air dan Intensitas Cahaya Terhadap  
Koefisien Laju Konveksi pada *Solar Water Heater*  
Menggunakan Kolektor *Tube Stainless Steel*.

Telah melaksanakan revisi terhadap Laporan Tugas Akhir yang diseminarkan pada hari Selasa tanggal 9 Agustus 2022. Pelaksanaan revisi terhadap Laporan Tugas Akhir tersebut telah disetujui oleh Dosen Penilai yang memberikan revisi :

No	Komentar	Nama Dosen Penilai	Tanggal	Tanda Tangan
1	Perbaiki Kesimpulan dan Data pengamatan	Ibnu Hajar, S.T., M.T.	15/22 /09	

Palembang, Agustus 2022  
Ketua Penilai,

Ir. Irawan Rusnadi, M.T.  
NIDN 0002026710



KEMENTERIAN PENDIDIKAN, KEBUDAYAAN,  
RISET, DAN TEKNOLOGI  
POLITEKNIK NEGERI SRIWIJAYA  
JURUSAN TEKNIK KIMIA

Jalan Srijaya Negara, PALEMBANG 30139  
Telp.0711-353414 Fax. 0711-355918. E-mail : kimia@polsri.ac.id.



LEMBAR REVISI LAPORAN TUGAS AKHIR  
MAHASISWA PROGRAM STUDI D-IV TEKNIK ENERGI  
JURUSAN TEKNIK KIMIA POLITEKNIK NEGERI SRIWIJAYA  
TAHUN 2022

Nama Mahasiswa : Rizki Zulkarnain  
NIM : 061840411720  
Jurusan/Program Studi : Teknik Kimia/DIV Teknik Energi  
Judul Laporan : Pengaruh Debit Air dan Intensitas Cahaya Terhadap  
Koefisien Laju Konveksi pada *Solar Water Heater*  
Menggunakan Kolektor *Tube Stainless Steel*.  
Dosen Penguji : Ibnu Hajar, S.T., M.T.  
NIDN : 0016027102

Revisi:

1. Perbaiki Kesimpulan
2. Perbaiki Data Pengamatan

Keterangan :

1. Telah memperbaiki Kesimpulan
2. Telah memperbaiki data pengamatan

Palembang, Agustus 2022  
Dosen Penguji,

Ibnu Hajar, S.T., M.T.  
NIDN 0016027102