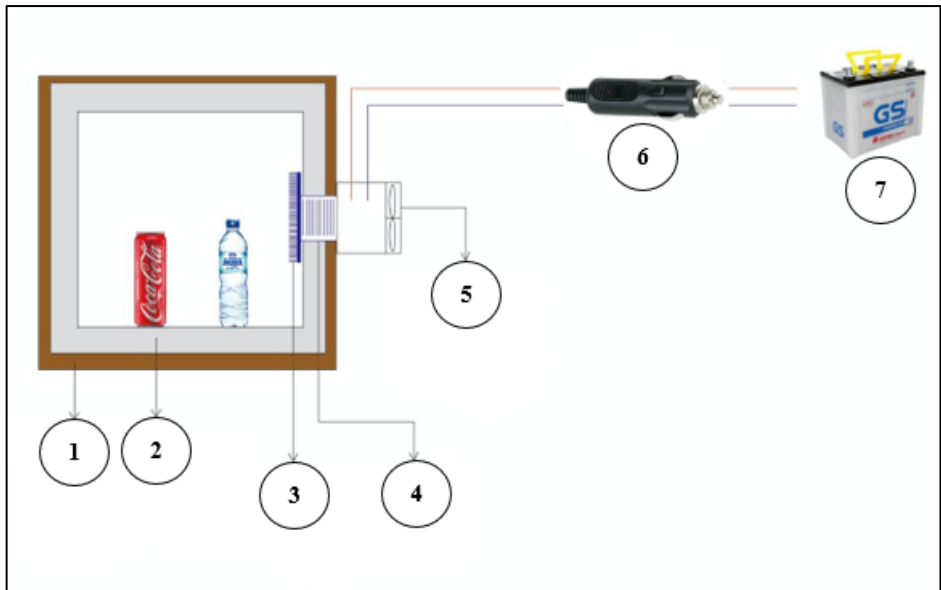


BAB IV ANALISIS DATA & PEMBAHASAN

4.1 Sketsa Penelitian



Gambar 4. 1 Sketsa Penelitian

4.1.1 Keterangan gambar

1. Lapisan terluar dari kotak pendingin yaitu berupa kayu
2. *Styrofoam*
3. *Heatsink*
4. Peltier
5. *Heatsinkfan*
6. *Socket lighter charger*
7. Aki mobil

4.1.2 Prosedur Pengukuran

1. Langkah pertama mobil dijalankan terlebih dahulu.
2. Untuk mengambil daya dari aki yaitu dengan menghubungkan *socket lighter charger* ke mobil.
3. Kemudian daya aki tersebut disalurkan ke *fan* atau kipas untuk menyalurkan ke *heatsink* bagian panas yang sudah terpasang dengan peltier dan *heatsink* bagian dalam untuk menghasilkan suhu pada kotak pendingin.
4. Pada *heatsinkfan* bagian luar ini dipasang alat ukur digital *thermometer* untuk mendapatkan Th 1 dan Th 2, yaitu suhu panas dari *heatsink*.
5. Pada bagian dinding luar dan dalam styrofoam juga di pasang alat ukur digital *thermometer* untuk mendapatkan Ts1 dan Ts2.
6. Pada *heatsink* bagian dalam juga dipasang alat ukur digital *thermometer* untuk mendapatkan Tc, yaitu suhu dingin.
7. Kemudian dipasang juga alat ukur digital *thermometer* pada botol dan didapatkan Tw, yaitu suhu botol.

4.2 Data Pengukuran

Tabel 4.1 Data hasil pengukuran tebal *styrofoam* 10 mm, 20 mm, dan 30 mm.

Tebal <i>styrofoam</i> (mm)	Waktu = t (s)	Temperatur (°C)					
		Th1	Th2	Ts1	Ts2	Tc	Tw
10 mm	15 menit	38	46,3	35,8	28,9	19,6	24,9
	18 menit	38,5	45,9	36,1	29,2	19,3	25,2
	21 menit	37,8	46,7	35,6	29,3	19,4	24,5
20 mm	15 menit	38	45,8	35,8	28,9	15,5	23
	18 menit	38,6	46,3	36,1	29,2	15,5	23,2
	21 menit	37,8	46,2	35,7	29,3	15,5	23,3
30 mm	15 menit	38	47,7	35,8	29	15,6	19,2
	18 menit	38,6	47,7	36,3	29,2	15,8	19,4
	21 menit	37,8	48	35,7	29,3	15,9	19,5

4.3 Analisa Data

Dari hasil percobaan saat pengujian menggunakan 3 variabel *styrofoam* dengan ukuran tebal 10 mm, 20 mm, dan 30 mm. Dilakukan 3 kali percobaan dengan waktu 15 menit, 18 menit, dan 21 menit, didapatkan nilai suhu untuk menghitung laju perpindahan panas.

Tabel 4.2 Data hasil pengukuran tebal *styrofoam* 10 mm

Tebal <i>styrofoam</i> (mm)	Waktu = t (s)	Temperatur (°C)					
		Th1	Th2	Ts1	Ts2	Tc	Tw
10 mm	15 menit	38	46,3	35,8	28,9	19,6	24,9
	18 menit	38,5	45,9	36,1	29,2	19,3	25,2
	21 menit	37,8	46,7	35,6	29,3	19,4	24,5
Rata-rata		38,1	46,3	35,8	29,1	19,4	24,8

- Menghitung laju perpindahan panas konduksi *heatsink* digunakan rumus :

$$q_{\text{heatsink}} = k_{\text{heatsink}} \cdot A_{\text{heatsink}} \frac{dT}{dX}$$

Ket :

- q = Laju perpindahan panas (W)
- A = Luas area atau penampang (m²)
- dT = Perubahan suhu (°C) = Th2-Th1
- dX = Ketebalan bahan *heatsink* (m)
- k = 237 (W/m°C)

- a. Tebal *styrofoam* 10 mm dalam waktu 15 menit

$$q_{\text{heatsink}} = k_{\text{heatsink}} \cdot A_{\text{heatsink}} \times \frac{dT}{dX}$$

$$q_{\text{heatsink}} = 237 \times 0,0056 \times \frac{8,3}{0,04}$$

$$= 0,27539 \text{ W (} q \text{ konduksi } \textit{heatsink} \text{ 10 mm dalam 15 menit)}$$

- b. Tebal *styrofoam* 10 mm dalam waktu 18 menit

$$q_{\text{heatsink}} = k_{\text{heatsink}} \cdot A_{\text{heatsink}} \frac{dT}{dX}$$

$$q_{\text{heatsink}} = 237 \times 0,0056 \times \frac{7,4}{0,04}$$

$$= 0,24553 \text{ W (q konduksi heatsink 10 mm dalam 18 menit)}$$

- c. Tebal *styrofoam* 10 mm dalam waktu 21 menit

$$q \text{ heatsink} = k \text{ heatsink} \cdot A \text{ heatsink} \times \frac{dT}{dX}$$

$$q \text{ heatsink} = 237 \times 0,0056 \times \frac{8,9}{0,04}$$

$$= 0,29533 \text{ W (q konduksi heatsink 10 mm dalam 21 menit)}$$

- Menghitung laju perpindahan panas konduksi *styrofoam* digunakan rumus :

$$q = -k \cdot A \cdot \frac{dT}{dX}$$

Ket :

q = Laju perpindahan panas (W)

A = Luas area atau penampang (m^2)

dT = Perubahan suhu ($^{\circ}\text{C}$) = $T_{s1} - T_{s2}$

dX = Ketebalan bahan *styrofoam* (m)

k = 0,033 ($\text{W}/\text{m}^{\circ}\text{C}$)

- a. Tebal *styrofoam* 10 mm dalam waktu 15 menit

$$q \text{ kond} = k \cdot A \cdot \frac{dT}{dX}$$

$$q = 0,033 \times 0,065 \cdot \frac{6,9}{0,01}$$

$$= 0,00148 \text{ W (q konduksi Styrofoam 10 mm dalam 15 menit)}$$

- b. Tebal *styrofoam* 10 mm dalam waktu 18 menit

$$q \text{ kond} = k \cdot A \cdot \frac{dT}{dX}$$

$$q = 0,033 \times 0,065 \cdot \frac{6,9}{0,01}$$

$$= 0,00148 \text{ W (q konduksi styrofoam 10 mm dalam 18 menit)}$$

- c. Tebal *styrofoam* 10 mm dalam waktu 21 menit

$$q \text{ kond} = k \cdot A \cdot \frac{dT}{dX}$$

$$q = 0,033 \times 0,065 \cdot \frac{6,3}{0,01}$$

$$= 0,00135 \text{ W (q konduksi styrofoam 10 mm dalam 21 menit)}$$

- Menghitung laju perpindahan panas konveksi digunakan rumus :

$$q \text{ konveksi} = h \cdot A \cdot (T_w - T_\infty)$$

Diketahui :

$$T = 24,9 \text{ }^\circ\text{C} \longrightarrow 298 \text{ }^\circ\text{K}$$

T_∞ = Suhu udara sekitar dinding *cooling box*

$$Pr = \frac{V}{\alpha} = \frac{\mu \cdot Cp}{K}$$

Keterangan : V = Viskositas kinematis (m^2/s)

α = Penyerapan panas (m^2/s)

μ = Viskositas dinamis ($\text{kg}/\text{m}\cdot\text{s}$)

Cp = Panas spesifik ($\text{J}/\text{kg}\cdot\text{K}$)

k = Koefisien perpindahan panas ($\text{W}/\text{m}\cdot\text{K}$)

μ ($\text{Kg}/\text{m}\cdot\text{s}$) \longrightarrow Hasil interpolasi dari tabel incropera

μ ($\text{Kg}/\text{m}\cdot\text{s}$)	Interpolation
250	1,488
298	1,963
300	1,983

k ($\text{W}/\text{m}\cdot\text{K}$) Hasil interpolasi dari tabel incropera

k ($\text{W}/\text{m}\cdot\text{K}$)	Interpolation
250	0,02227
298	0,02608
300	0,02624

Cp (J/kg.K) Hasil interpolasi dari tabel incropera

Cp (J/kg.K)	Interpolation
250	1,0053
298	1,0056
300	1,0057

$$\text{Pr} = \frac{V}{\alpha} = \frac{\mu \cdot Cp}{K}$$

$$\text{Pr} = \frac{1,963 \cdot 1,0056}{0,02608}$$

$$= 75,689$$

Hasil dari perhitungan bilangan prandtl adalah 75,689

Mencari bilangan Reynold untuk mencari nilai koefisien kalor (h)

$$\text{Re} = \frac{V_{\infty} \cdot \delta}{\nu}$$

Keterangan :

Re = Bilangan reynold

V_{∞} = Kecepatan udara (m/s)

δ = Keliling permukaan *styrofoam* (m)

ν = Viskositas kinematis (m²/s)

ν (m²/s) → Hasil interpolasi dari tabel incropera

ν (m ² /s)	Interpolation
250	9,49
298	15,43
300	15,68

$$\text{Re} = \frac{V_{\infty} \cdot \delta}{\nu}$$

$$= \frac{(0,05) \cdot (2,76)}{15,43}$$

$$= 0,008 \text{ m}^2/\text{s}$$

$$\begin{aligned} \text{Nu} &= \frac{hL}{K} = 0,664 \text{ Re}^{1/2} \text{ Pr}^{1/3} \\ &= 0,664 \cdot 0,008^{1/2} \cdot 75,689^{1/3} \end{aligned}$$

$$hL = K (0,664 \cdot 0,008^{1/2} \cdot 75,689^{1/3})$$

$$\begin{aligned} h &= \frac{K}{L} \\ &= \frac{0,664 \cdot 0,008^{1/2} \cdot 75,689^{1/3}}{23} \end{aligned}$$

$$h = 0,010 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{K})$$

- a. Mencarai laju perpindahan panas konveksi pada *styrofoam* 10 mm dalam waktu 15 menit. ($24,9^\circ\text{C} = 298^\circ\text{K}$)

$$\begin{aligned} q \text{ konveksi} &= h \cdot A \cdot (T_\infty - T_w)^\circ\text{C} \\ q \text{ konveksi} &= 0,010 \cdot 0,0056 (28,9 - 24,9)^\circ\text{C} \\ &= 0,00022 \text{ W} \\ q \text{ total} &= q \text{ heatsink} + q \text{ styrofoam} + q \text{ konveksi} \\ &= 0,27539 + 0,00148 + 0,00022 \\ &= \mathbf{0,27709 \text{ W}} \end{aligned}$$

- b. Mencarai laju perpindahan panas konveksi pada *styrofoam* 10 mm dalam waktu 18 menit. ($25,2^\circ\text{C} = 298^\circ\text{K}$)

$$\begin{aligned} q \text{ konveksi} &= h \cdot A \cdot (T_\infty - T_w)^\circ\text{C} \\ q \text{ konveksi} &= 0,009 \cdot 0,0056 (29,2 - 25,2)^\circ\text{C} \\ &= 0,00020 \text{ W} \\ q \text{ total} &= q \text{ heatsink} + q \text{ styrofoam} + q \text{ konveksi} \\ &= 0,24553 + 0,00148 + 0,00020 \\ &= \mathbf{0,24721 \text{ W}} \end{aligned}$$

- c. Mencarai laju perpindahan panas konveksi pada *styrofoam* 10 mm dalam waktu 21 menit. ($24,5^\circ\text{C} = 297^\circ\text{K}$)

$$\begin{aligned} q \text{ konveksi} &= h \cdot A \cdot (T_\infty - T_w)^\circ\text{C} \\ q \text{ konveksi} &= 0,011 \cdot 0,0056 (29,3 - 24,5)^\circ\text{C} \\ &= 0,00029 \text{ W} \\ q \text{ total} &= q \text{ heatsink} + q \text{ styrofoam} + q \text{ konveksi} \\ &= 0,29530 + 0,00135 + 0,00029 \\ &= \mathbf{0,29694 \text{ W}} \end{aligned}$$

Tabel 4.3 Data hasil pengukuran tebal *styrofoam* 20 mm

Tebal <i>styrofoam</i> (mm)	Waktu = t (s)	Temperatur (°C)					
		Th1	Th2	Ts1	Ts2	Tc	Tw
20 mm	15 menit	38	45,8	35,8	28,9	15,5	23
	18 menit	38,6	46,3	36,1	29,2	15,5	23,2
	21 menit	37,8	46,2	35,7	29,3	15,5	23,3
Rata-rata		38,1	46,1	35,8	29,1	15,5	23,1

➤ Menghitung laju perpindahan panas konduksi *heatsink* digunakan rumus :

$$q_{\text{heatsink}} = k_{\text{heatsink}} \cdot A_{\text{heatsink}} \frac{dT}{dX}$$

Ket :

- q = Laju perpindahan panas (W)
- A = Luas area atau penampang (m²)
- dT = Perubahan suhu (°C) = Th2-Th1
- dX = Ketebalan bahan *heatsink* (m)
- k = 237 (W/m°C)

a. Tebal *styrofoam* 20 mm dalam waktu 15 menit

$$q_{\text{heatsink}} = k_{\text{heatsink}} \cdot A_{\text{heatsink}} \times \frac{dT}{dX}$$

$$q_{\text{heatsink}} = 237 \times 0,0056 \times \frac{7,8}{0,04}$$

$$= 0,2588 \text{ W (q konduksi } \textit{heatsink} \text{ 20 mm dalam 15 menit)}$$

b. Tebal *styrofoam* 20 mm dalam waktu 18 menit

$$q_{\text{heatsink}} = k_{\text{heatsink}} \cdot A_{\text{heatsink}} \frac{dT}{dX}$$

$$q_{\text{heatsink}} = 237 \times 0,0056 \times \frac{7,7}{0,04}$$

$$= 0,25548 \text{ W (q konduksi } \textit{heatsink} \text{ 20 mm dalam 18 menit)}$$

c. Tebal *styrofoam* 20 mm dalam waktu 21 menit

$$q_{\text{heatsink}} = k_{\text{heatsink}} \cdot A_{\text{heatsink}} \times \frac{dT}{dX}$$

$$q_{\text{heatsink}} = 237 \times 0,0056 \times \frac{8,4}{0,04}$$
$$= 0,27871 \text{ W (q konduksi heatsink 20 mm dalam 21 menit)}$$

- Menghitung laju perpindahan panas konduksi *styrofoam* digunakan rumus :

$$q = -k.A. \frac{dT}{dX}$$

Ket :

q = Laju perpindahan panas (W)
A = Luas area atau penampang (m²)
dT = Perubahan suhu (°C) = Ts1-Ts2
dX = Ketebalan bahan *styrofoam* (m)
k = 0,033 (W/m°C)

- a. Tebal *styrofoam* 20 mm dalam waktu 15 menit

$$q_{\text{kond}} = k.A. \frac{dT}{dX}$$

$$q = 0,033 \times 0,055 \cdot \frac{6,9}{0,02}$$

= 0.00062 W (q konduksi *Styrofoam* 20 mm dalam 15 menit)

- b. Tebal *styrofoam* 20 mm dalam waktu 18 menit

$$q_{\text{kond}} = k.A. \frac{dT}{dX}$$

$$q = 0,033 \times 0,055 \cdot \frac{6,9}{0,02}$$

= 0.00062 W (q konduksi *styrofoam* 20 mm dalam 18 menit)

- c. Tebal *styrofoam* 20 mm dalam waktu 21 menit

$$q_{\text{kond}} = k.A. \frac{dT}{dX}$$

$$q = 0,033 \times 0,055 \cdot \frac{6,4}{0,02}$$

= 0,00058 W (q konduksi *styrofoam* 20 mm dalam 21 menit)

- a. Mencarai laju perpindahan panas konveksi pada *styrofoam* 20 mm dalam waktu 15 menit. (23°C = 296° K)

$$q_{\text{konveksi}} = h. A. (T_{\infty} - T_w)^{\circ}\text{C}$$

$$\begin{aligned}q \text{ konveksi} &= 0,016 \cdot 0,0055 (28,9 - 23)^\circ\text{C} \\ &= 0,00052 \text{ W}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}q \text{ total} &= q \text{ heatsink} + q \text{ styrofoam} + q \text{ konveksi} \\ &= 0,2588 + 0,00062 + 0,00052 \\ &= \mathbf{0,25994 \text{ W}}\end{aligned}$$

- b. Mencarai laju perpindahan panas konveksi pada *styrofoam* 20 mm dalam waktu 18 menit. ($23,2^\circ\text{C} = 296^\circ\text{K}$)

$$\begin{aligned}q \text{ konveksi} &= h \cdot A \cdot (T_\infty - T_w)^\circ\text{C} \\ q \text{ konveksi} &= 0,016 \cdot 0,0055 (29,2 - 23,2)^\circ\text{C} \\ &= 0,00053 \text{ W}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}q \text{ total} &= q \text{ heatsink} + q \text{ styrofoam} + q \text{ konveksi} \\ &= 0,25548 + 0,00062 + 0,00053 \\ &= \mathbf{0,25663 \text{ W}}\end{aligned}$$

- c. Mencarai laju perpindahan panas konveksi pada *styrofoam* 20 mm dalam waktu 21 menit. ($23,3^\circ\text{C} = 296^\circ\text{K}$)

$$\begin{aligned}q \text{ konveksi} &= h \cdot A \cdot (T_\infty - T_w)^\circ\text{C} \\ q \text{ konveksi} &= 0,016 \cdot 0,0055 (29,3 - 23,3)^\circ\text{C} \\ &= 0,00052 \text{ W}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}q \text{ total} &= q \text{ heatsink} + q \text{ styrofoam} + q \text{ konveksi} \\ &= 0,27871 + 0,00058 + 0,00052 \\ &= \mathbf{0,27981 \text{ W}}\end{aligned}$$

Tabel 4.4 Data hasil pengukuran tebal *styrofoam* 30 mm

Tebal <i>styrofoam</i> (mm)	Waktu = t (s)	Temperatur (°C)					
		Th1	Th2	Ts1	Ts2	Tc	Tw
30 mm	15 menit	38	47,7	35,8	29	15,6	19,2
	18 menit	38,6	47,7	36,3	29,2	15,8	19,4
	21 menit	37,8	48	35,7	29,3	15,9	19,5
Rata-rata		38,1	47,8	35,9	29,1	15,7	19,3

➤ Menghitung laju perpindahan panas konduksi *heatsink* digunakan rumus :

$$q_{\text{heatsink}} = k_{\text{heatsink}} \cdot A_{\text{heatsink}} \frac{dT}{dX}$$

Ket :

- q = Laju perpindahan panas (W)
- A = Luas area atau penampang (m²)
- dT = Perubahan suhu (°C) = Th2-Th1
- dX = Ketebalan bahan *heatsink* (m)
- k = 237 (W/m°C)

a. Tebal *styrofoam* 30 mm dalam waktu 15 menit

$$q_{\text{heatsink}} = k_{\text{heatsink}} \cdot A_{\text{heatsink}} \times \frac{dT}{dX}$$

$$q_{\text{heatsink}} = 237 \times 0,0056 \times \frac{9,7}{0,04}$$

= 0,32185 W (q konduksi *heatsink* 30 mm dalam 15 menit)

b. Tebal *styrofoam* 30 mm dalam waktu 18 menit

$$q_{\text{heatsink}} = k_{\text{heatsink}} \cdot A_{\text{heatsink}} \frac{dT}{dX}$$

$$q_{\text{heatsink}} = 237 \times 0,0056 \times \frac{9,1}{0,04}$$

= 0,30194 W (q konduksi *heatsink* 30 mm dalam 18 menit)

c. Tebal *styrofoam* 30 mm dalam waktu 21 menit

$$q_{\text{heatsink}} = k_{\text{heatsink}} \cdot A_{\text{heatsink}} \times \frac{dT}{dX}$$

$$q_{\text{heatsink}} = 237 \times 0,0056 \times \frac{10,2}{0,04}$$
$$= 0,33844 \text{ W (q konduksi heatsink 30 mm dalam 21 menit)}$$

- Menghitung laju perpindahan panas konduksi *styrofoam* digunakan rumus :

$$q = -k.A. \frac{dT}{dX}$$

Ket :

- q = Laju perpindahan panas (W)
A = Luas area atau penampang (m²)
dT = Perubahan suhu (°C) = Ts1-Ts2
dX = Ketebalan bahan *styrofoam* (m)
k = 0,033 (W/m°C)

- a. Tebal *styrofoam* 30 mm dalam waktu 15 menit

$$q_{\text{kond}} = k.A. \frac{dT}{dX}$$
$$q = 0,033 \times 0,045 \cdot \frac{6,8}{0,03}$$
$$= 0,00033 \text{ W (q konduksi Styrofoam 30 mm dalam 15 menit)}$$

- b. Tebal *styrofoam* 30 mm dalam waktu 18 menit

$$q_{\text{kond}} = k.A. \frac{dT}{dX}$$
$$q = 0,033 \times 0,045 \cdot \frac{7}{0,03}$$
$$= 0,00034 \text{ W (q konduksi Styrofoam 30 mm dalam 18 menit)}$$

- c. Tebal *styrofoam* 30 mm dalam waktu 21 menit

$$q_{\text{kond}} = k.A. \frac{dT}{dX}$$
$$q = 0,033 \times 0,045 \cdot \frac{6,4}{0,03}$$
$$= 0,00031 \text{ W (q konduksi styrofoam 30 mm dalam 21 menit)}$$

- a. Mencarai laju perpindahan panas konveksi pada *styrofoam* 30 mm dalam waktu 15 menit. (19,2°C = 292° K)

$$q_{\text{konveksi}} = h. A. (T_{\infty} - T_w)^{\circ}\text{C}$$
$$q_{\text{konveksi}} = 0,021. 0,0045 (29 - 19,2)^{\circ}\text{C}$$
$$= 0,00092 \text{ W}$$

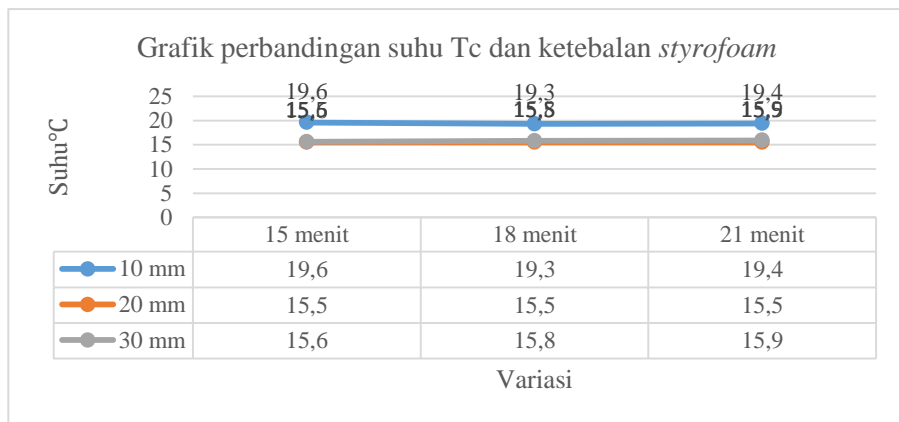
$$\begin{aligned}
 q \text{ total} &= q \text{ heatsink} + q \text{ styrofoam} + q \text{ konveksi} \\
 &= 0,32185 + 0,00033 + 0,00092 \\
 &= \mathbf{0,32498 \text{ W}}
 \end{aligned}$$

- b. Mencarai laju perpindahan panas konveksi pada *styrofoam* 30 mm dalam waktu 18 menit, ($19,4^{\circ}\text{C} = 292^{\circ}\text{K}$)

$$\begin{aligned}
 q \text{ konveksi} &= h \cdot A \cdot (T_{\infty} - T_w)^{\circ}\text{C} \\
 q \text{ konveksi} &= 0,021 \cdot 0,0045 (29,2 - 19,4)^{\circ}\text{C} \\
 &= 0,00092 \text{ W} \\
 q \text{ total} &= q \text{ heatsink} + q \text{ styrofoam} + q \text{ konveksi} \\
 &= 0,30194 + 0,00034 + 0,00092 \\
 &= \mathbf{0,3032 \text{ W}}
 \end{aligned}$$

- c. Mencarai laju perpindahan panas konveksi pada *styrofoam* 30 mm dalam waktu 21 menit. ($19,5^{\circ}\text{C} = 292^{\circ}\text{K}$)

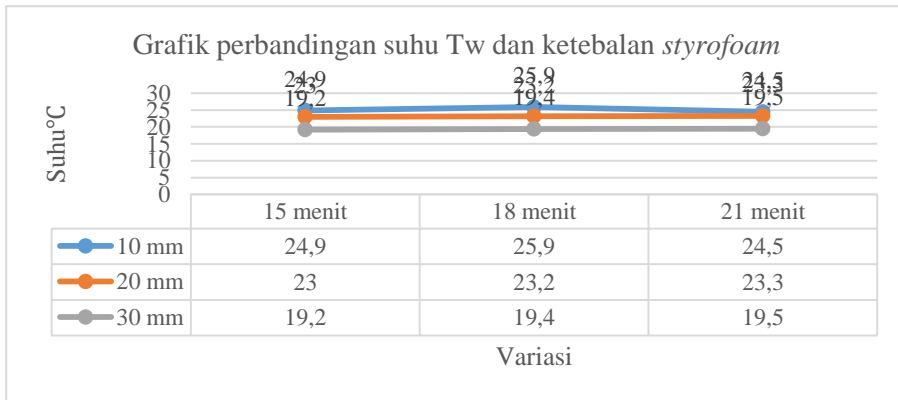
$$\begin{aligned}
 q \text{ konveksi} &= h \cdot A \cdot (T_{\infty} - T_w)^{\circ}\text{C} \\
 q \text{ konveksi} &= 0,021 \cdot 0,0045 (29,3 - 19,5)^{\circ}\text{C} \\
 &= 0,00092 \text{ W} \\
 q \text{ total} &= q \text{ heatsink} + q \text{ styrofoam} + q \text{ konveksi} \\
 &= 0,33844 + 0,00031 + 0,00092 \\
 &= \mathbf{0,3397 \text{ W}}
 \end{aligned}$$



Grafik 4.1 perbandingan suhu T_c dan ketebalan *styrofoam*

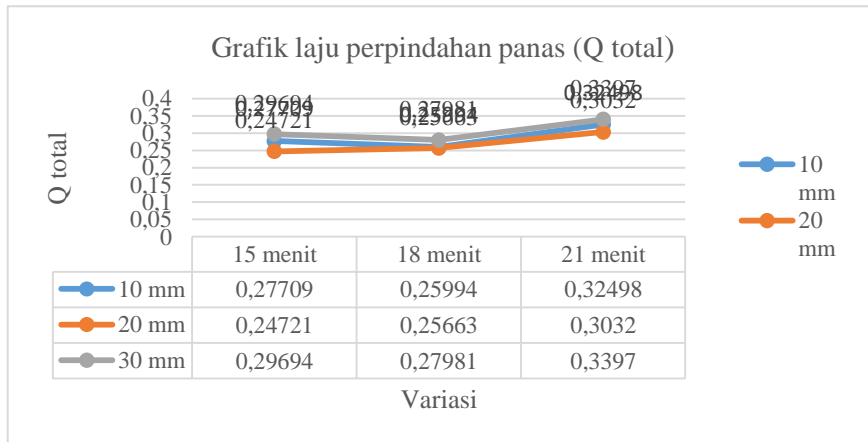
Pada grafik T_c (*heatsink* bagian dalam) suhu terendah berada di ketebalan *styrofoam* 20 mm terlihat suhu stabil $15,5^{\circ}\text{C}$, sedangkan pada tebal *styrofoam* 10, dan 30 mm suhunya tidak stabil, hal ini disebabkan oleh perpindahan panas dari

heatsinkfan kemudian di ubah oleh *peltier* dan di teruskan ke *heatsink* bagian dalam , perpindahan panas inilah yang mempengaruhi suhu dapat stabil dan berubah-ubah.



Grafik 4.2 perbandingan suhu T_w dan ketebalan *styrofoam*

Pada grafik T_w (suhu pada botol) suhu terendah berada di ketebalan *styrofoam* 30 mm yaitu 19,2 °C, sedangkan pada tebal *styrofoam* 10, dan 20 mm suhunya naik, hal ini membuktikan semakin tebal ukuran *styrofoam* maka sangat mempengaruhi suhu pada botol.



Grafik 4.3 laju perpindahan panas total pada ketebalan *styrofoam* 15, 18 dan 21 menit.

Dari grafik Q total didapat nilai paling tinggi pada menit ke 21 dengan ketebalan *styrofoam* 30 mm yaitu 0,3397.

Tabel 4. 5 Data hasil pengukuran tebal *styrofoam* 30 mm, dalam 15 kali percobaan dalam waktu 15, 18, dan 21 menit.

Tebal <i>styrofoam</i> (mm)	Waktu = t (s)	Temperatur (°C)					
		Th1	Th2	Ts1	Ts2	Tc	Tw
30 mm	15 menit	41	42,9	34,4	33,5	12,3	19,2
	15 menit	39,9	42,2	35,1	33,5	11,7	22
	15 menit	40,1	42,4	35,2	34,3	11,9	24,3
	15 menit	40,3	41,9	35,2	34	12,1	28
	15 menit	40,1	41,9	35,2	34	12,1	28
	15 menit	40,1	41,9	35,1	34	12,1	28
	15 menit	39,2	43	35,6	35,1	12	28,8
	15 menit	39,1	43	35,8	35,1	12	28,7
	15 menit	39,2	43	35,6	35,1	12	28,8
	15 menit	40,1	42,4	35,2	34,3	11,9	24,3
	15 menit	39,9	42,2	35,1	33,5	11,7	22
	15 menit	40	42,4	35,2	34,3	11,9	24,3
	15 menit	41	42,9	34,4	33,5	12,3	19,2
	15 menit	40,9	41,8	35	33,6	12,3	19,3
	15 menit	40,9	42,9	35	33,6	12,4	19,4
	Rata-rata	40,1	42,4	35,1	34	12	24,2
	18 menit	41,1	43	35,1	33,6	12,7	19,4
	18 menit	40,5	42,5	35,3	34,7	11,5	22,3
	18 menit	40,8	43	35,5	35,5	12,1	24,5
	18 menit	37,8	41,9	35,6	33,8	11,9	28,7
	18 menit	37,8	42	35,6	33,8	11,9	28,7
18 menit	40,7	42,4	35,6	34,5	12,9	27,8	
18 menit	40,7	42,4	35,6	34,5	12,8	27,8	

18 menit	37,8	41,9	35,5	33,8	11,9	28,7
18 menit	40,8	43	35,5	35,4	12,1	24,5
18 menit	40,5	42,5	35,4	34,7	11,5	22,3
18 menit	41,1	43	35,1	33,6	12,7	19,4
18 menit	40,8	43	35,5	35,5	12,1	24,5
18 menit	40,5	42,6	35,4	34,7	11,5	22,3
18 menit	41,1	43	35,1	33,6	12,7	19,3
18 menit	41,1	43	35,1	33,6	12,7	19,3
Rata-rata	40,2	42,6	35,3	34,3	12,2	22
21 menit	41,1	42,9	35,1	34,1	12,4	18,7
21 menit	40,8	42,9	35,9	35,9	11,9	22,9
21 menit	37,9	42,1	35,4	33,8	11,6	24,5
21 menit	41,1	43	36,2	35	13	28,1
21 menit	37,9	42	35,4	33,9	11,6	28,4
21 menit	37,9	42	35,3	33,9	11,9	28,4
21 menit	40,3	42,5	35,6	34,9	12	24,6
21 menit	40,3	42,6	35,7	34,9	12	24,6
21 menit	40,6	42,4	35,6	34,8	12,3	24,5
21 menit	40,6	42,8	35,6	34,8	12,3	24,5
21 menit	42,2	43,5	36	36	15,9	23,1
21 menit	41,1	42,9	35,1	34,3	12,4	18,7
21 menit	40,9	43,1	35,2	34,6	12,3	18,7
21 menit	41,9	43,1	35,2	34,6	12,3	18,7
21 menit	41,9	43,1	35,2	34,6	15,7	18,7
Rata-rata	40,4	42,7	35,5	34,6	12,6	23,4

- Menghitung laju perpindahan panas rata-rata konduksi *styrofoam* digunakan rumus :
- a. Tebal *styrofoam* 30 mm dalam waktu 15 menit
- $$q_{kond} = k.A. \frac{dT}{dX}$$
- $$q = 0,033 \times 0,045 \cdot \frac{1,1}{0,03}$$
- $$= 5,445 \times 10^{-5} \text{ W (q konduksi rata-rata } \textit{styrofoam} \text{ 30 mm dan 15 menit)}$$
- b. Tebal *styrofoam* 30 mm dalam waktu 18 menit
- $$q_{kond} = k.A. \frac{dT}{dX}$$
- $$q = 0,033 \times 0,045 \cdot \frac{1}{0,03}$$
- $$= 4,95 \times 10^{-5} \text{ W (q konduksi rata-rata } \textit{styrofoam} \text{ 30 mm dan 18 menit)}$$
- c. Tebal *styrofoam* 30 mm dalam waktu 21 menit
- $$q_{kond} = k.A. \frac{dT}{dX}$$
- $$q = 0,033 \times 0,045 \cdot \frac{0,9}{0,03}$$
- $$= 4,45 \times 10^{-5} \text{ W (q konduksi rata-rata } \textit{styrofoam} \text{ 30 mm dan 21 menit)}$$
- Menghitung laju perpindahan panas rata-rata konduksi *heatsink* digunakan rumus :
- Tebal *styrofoam* 30 mm dalam waktu 15 menit
- $$q_{heatsink} = k_{heatsink} .A_{heatsink} \times \frac{dT}{dX}$$
- $$q_{heatsink} = 237 \times 0,0056 \times \frac{2,2}{0,04}$$
- $$= 0,07299 \text{ W (q rata-rata konduksi } \textit{heatsink} \text{ 30 mm dan 15 menit)}$$
- Tebal *styrofoam* 30 mm dalam waktu 18 menit
- $$q_{heatsink} = k_{heatsink} .A_{heatsink} \frac{dT}{dX}$$
- $$q_{heatsink} = 237 \times 0,0056 \times \frac{2}{0,04}$$
- $$= 0,06636 \text{ W (q rata-rata konduksi } \textit{heatsink} \text{ 30 mm dan 18 menit)}$$
- Tebal *styrofoam* 30 mm dalam waktu 21 menit
- $$q_{heatsink} = k_{heatsink} .A_{heatsink} \times \frac{dT}{dX}$$
-

$$\begin{aligned}q_{\text{heatsink}} &= 237 \times 0,0056 \times \frac{2,8}{0,04} \\ &= 0,09290 \text{ W (q rata-rata konduksi heatsink 30 mm dan} \\ &\quad \text{21 menit)}\end{aligned}$$

- a. Mencarai laju perpindahan panas konveksi rata-rata pada *styrofoam* 30 mm dalam waktu 15 menit. ($24,2^{\circ}\text{C} = 297^{\circ}\text{K}$)

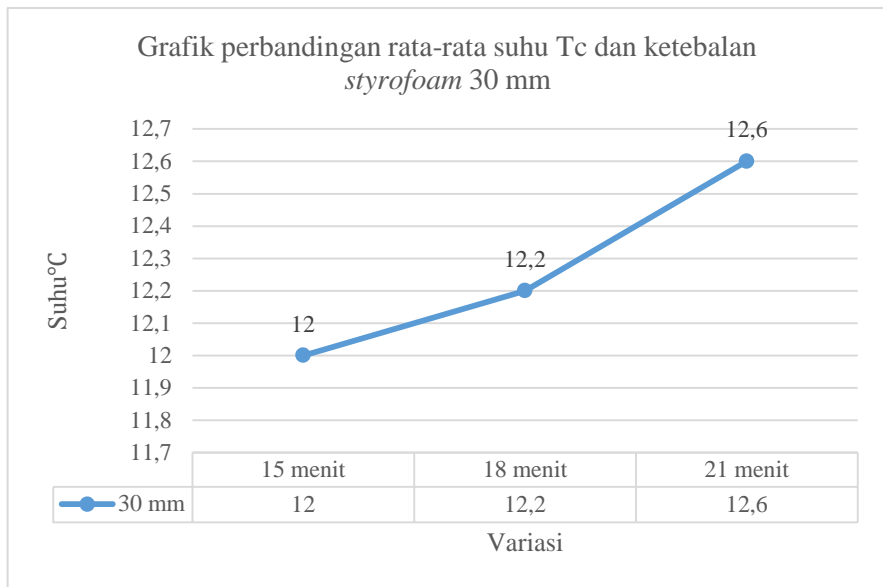
$$\begin{aligned}q_{\text{konveksi}} &= h \cdot A \cdot (T_{\infty} - T_w)^{\circ}\text{C} \\ q_{\text{konveksi}} &= 0,022 \cdot 0,0045 (34 - 24,2)^{\circ}\text{C} \\ &= 0,00097 \text{ W} \\ q_{\text{total}} &= q_{\text{heatsink}} + q_{\text{styrofoam}} + q_{\text{konveksi}} \\ &= 0,07299 + 5,445 \times 10^{-5} + 0,00097 \\ &= \mathbf{0,07401 \text{ W}}\end{aligned}$$

- b. Mencarai laju perpindahan panas konveksi rata-rata pada *styrofoam* 30 mm dalam waktu 18 menit. ($22^{\circ}\text{C} = 295^{\circ}\text{K}$)

$$\begin{aligned}q_{\text{konveksi}} &= h \cdot A \cdot (T_{\infty} - T_w)^{\circ}\text{C} \\ q_{\text{konveksi}} &= 0,020 \cdot 0,0045 (34,3 - 22)^{\circ}\text{C} \\ &= 0,0011 \text{ W} \\ q_{\text{total}} &= q_{\text{heatsink}} + q_{\text{styrofoam}} + q_{\text{konveksi}} \\ &= 0,06636 + 4,95 \times 10^{-5} + 0,0011 \\ &= \mathbf{0,0675 \text{ W}}\end{aligned}$$

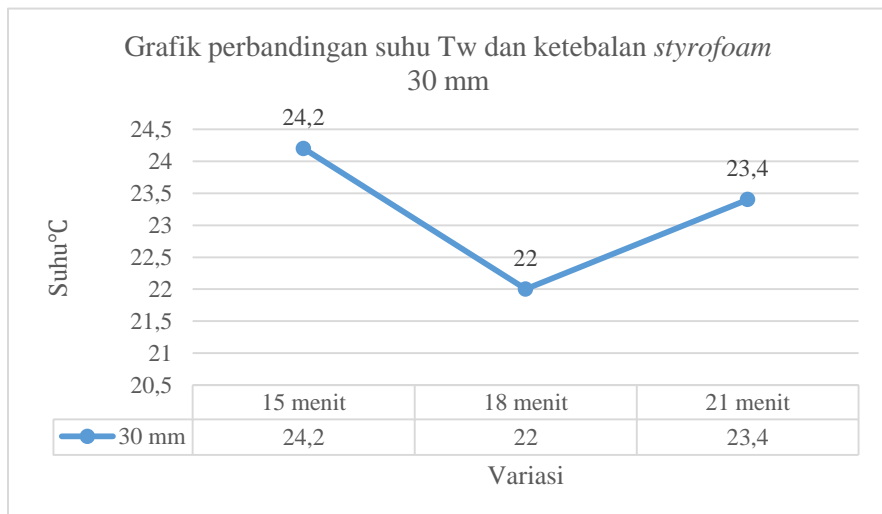
- c. Mencarai laju perpindahan panas konveksi rata-rata pada *styrofoam* 30 mm dalam waktu 21 menit. ($23,4^{\circ}\text{C} = 296^{\circ}\text{K}$)

$$\begin{aligned}q_{\text{konveksi}} &= h \cdot A \cdot (T_{\infty} - T_w)^{\circ}\text{C} \\ q_{\text{konveksi}} &= 0,022 \cdot 0,0045 (34,6 - 23,4)^{\circ}\text{C} \\ &= 0,00124 \text{ W} \\ q_{\text{total}} &= q_{\text{heatsink}} + q_{\text{styrofoam}} + q_{\text{konveksi}} \\ &= 0,0929 + 4,45 \times 10^{-5} + 0,00124 \\ &= \mathbf{0,09418 \text{ W}}\end{aligned}$$



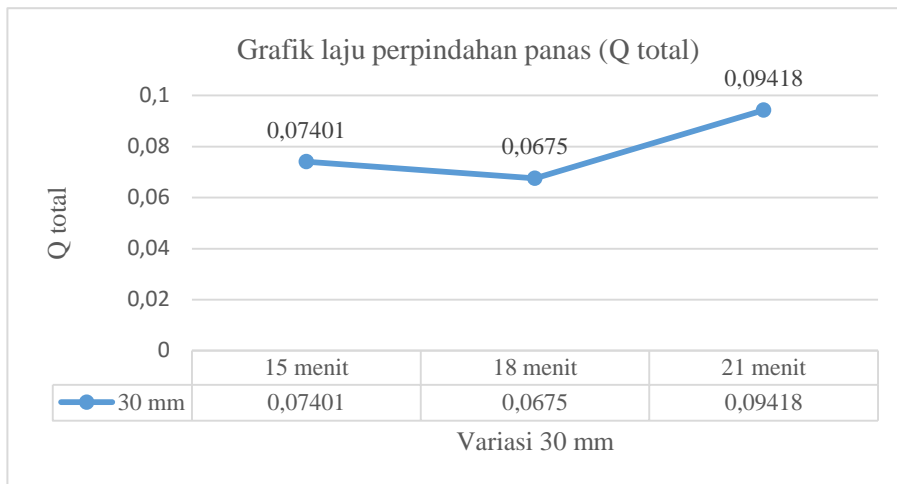
Grafik 4.4 perbandingan suhu T_c dan ketebalan styrofoam 30 mm

Pada grafik T_c (*heatsink* bagian dalam) rata-rata pada ketebalan styrofoam 30 mm terlihat suhu dingin berada menit ke 15 yaitu 12 °C, kemudian dalam 18 menit naik 12,2 °C kemudian kembali naik di waktu 21 menit yaitu 12,6 °C.



Grafik 4.5 perbandingan rata-rata suhu T_w dan ketebalan styrofoam 30mm

Pada grafik T_w rata-rata pada ketebalan *styrofoam* 30 mm terlihat suhu menit ke 15 yaitu 24,2 °C, kemudian dalam 18 menit turun ke 22 °C, kemudian pada menit ke 21 kembali naik 23,4 °C.



Grafik 4.6 laju perpindahan panas total pada tebal *styrofoam* 30 mm

Dari grafik laju perpindahan panas total terhadap variasi ketebalan rata-rata *styrofoam* 30 mm dalam waktu 15 menit, 18 menit 21 menit. Menunjukkan peningkatan antara waktu 18 menit dan 21 menit sekitar 0,09418 W.