

LAMPIRAN

Perpindahan Panas Konduksi

Perpindahan panas konduksi pada evaporator diketahui dengan persamaan berikut ini:

$$q'' = k \cdot \frac{(T_1 - T_0)}{L} \dots\dots\dots (\text{Asyari D. Yunus, 2009})$$

Dimana :

q'' = Perpindahan Panas Konduksi (W/mm⁰C)

k = Konduktivitas Termal (W/mm⁰C)

T_1 = Temperatur Rata-rata Yang Diuji (°C)

T_0 = Temperatur Ruang (°C)

L = Tebal Plat (mm)

Sehingga di dapat perhitungan sebagai berikut :

- **Pada Suhu 50⁰ C Pengujian Pertama**
- **Titik 1**

Perpindahan panas konduksi : $q'' = k \cdot \frac{(T_1 - T_0)}{L}$
 $q'' = 1,5 \cdot \frac{(54,37 - 27)}{1,5} = 273,7 \text{ W/mm}^0\text{C}$

- **Titik 2**

Perpindahan panas konduksi : $q'' = k \cdot \frac{(T_1 - T_0)}{L}$
 $q'' = 1,5 \cdot \frac{(57,43 - 27)}{1,5} = 304,3 \text{ W/mm}^0\text{C}$

- **Titik 3**

Perpindahan panas konduksi : $q'' = k \cdot \frac{(T_1 - T_0)}{L}$
 $q'' = 1,5 \cdot \frac{(25,7 - 27)}{1,5} = 263 \text{ W/mm}^0\text{C}$

- **Titik 4**

Perpindahan panas konduksi : $q'' = k \cdot \frac{(T_1 - T_0)}{L}$
 $q'' = 1,5 \cdot \frac{(52,32 - 27)}{1,5} = 253,2 \text{ W/mm}^0\text{C}$

No	Titik	T ₁ (Suhu Rata-rata) °C	T ₀ (Suhu Ruang) °C	k (W/mm ⁰ C)	L (mm)	q'' (W/mm ⁰ C)
1	1	54,37	27	1,5	1,5	273,7
2	2	57,43	27	1,5	1,5	304,3
3	3	53,30	27	1,5	1,5	263
4	4	52,32	27	1,5	1,5	253,2

Keterangan: k = Konduktivitas Termal (W/mm⁰C)

T₁ = Temperatur Rata-rata Yang Diuji (°C)

T₀ = Temperatur Ruang (°C)

L = Panjang Plat (mm)

q'' = Perpindahan Panas Konduksi (W/mm⁰C)

- **Pada Suhu 85⁰ C Pengujian Kedua**

- **Titik 1**

Perpindahan panas konduksi : $q'' = k \cdot \frac{(T_1 - T_0)}{L}$
 $q'' = 1,5 \cdot \frac{(96,05 - 27)}{1,5} = 690,5 \text{ W/mm}^0\text{C}$

- **Titik 2**

Perpindahan panas konduksi : $q'' = k \cdot \frac{(T_1 - T_0)}{L}$
 $q'' = 1,5 \cdot \frac{(94,79 - 27)}{1,5} = 677,9 \text{ W/mm}^0\text{C}$

- **Titik 3**

Perpindahan panas konduksi : $q'' = k \cdot \frac{(T_1 - T_0)}{L}$

$$q'' = 1,5 \cdot \frac{(71,12 - 27)}{1,5} = 441,2 \text{ W/mm}^0\text{C}$$

- **Titik 4**

Perpindahan panas konduksi : $q'' = k \cdot \frac{(T_1 - T_0)}{L}$

$$q'' = 1,5 \cdot \frac{(76,08 - 27)}{1,5} = 490,8 \text{ W/mm}^0\text{C}$$

No	Titik	T1(SuhuRata-rata) °C	T0(Suhu Ruang) °C	k (W/m ⁰ C)	L (mm)	q'' (W/mm ⁰ C)
1	1	96,05	27	1,5	1,5	690,5
2	2	94,79	27	1,5	1,5	677,9
3	3	71,12	27	1,5	1,5	441,2
4	4	76,08	27	1,5	1,5	490,8

Keterangan: k = Konduktivitas Termal (W/mm⁰C)

T₁ = Temperatur Rata-rata Yang Diuji (°C)

T₀ = Temperatur Ruang (°C)

L = Panjang Plat (mm)

q'' = Perpindahan Panas Konduksi (W/mm⁰C)

- **Pada Suhu 110⁰ C Pengujian Ketiga**

- **Titik 1**

Perpindahan panas konduksi : $q'' = k \cdot \frac{(T_1 - T_0)}{L}$

$$q'' = 1,5 \cdot \frac{(108,60 - 27)}{1,5} = 816 \text{ W/m}^0\text{C}$$

- **Titik 2**

Perpindahan panas konduksi : $q'' = k \cdot \frac{(T_1 - T_0)}{L}$

$$q'' = 1,5 \cdot \frac{(105,83 - 27)}{1,5} = 788,3 \text{ W/m}^0\text{C}$$

- **Titik 3**

Perpindahan panas konduksi : $q'' = k \cdot \frac{(T_1 - T_0)}{L}$

$$q'' = 1,5 \cdot \frac{(101,06 - 27)}{1,5} = 740,6 \text{ W/m}^0\text{C}$$

- **Titik 4**

Perpindahan panas konduksi : $q'' = k \cdot \frac{(T_1 - T_0)}{L}$

$$q'' = 1,5 \cdot \frac{(99,84 - 27)}{1,5} = 728,4 \text{ W/m}^0\text{C}$$

No	Titik	T1(Suhu Rata-rata) °C	T0 (Suhu Ruang) °C	k (W/m ⁰ C)	L (m)	q'' (W/m ⁰ C)
1	1	108,60	27	1,5	1,5	816
2	2	105,83	27	1,5	1,5	788,3
3	3	101,06	27	1,5	1,5	740,6
4	4	99,84	27	1,5	1,5	728,4

Keterangan: k = Konduktivitas Termal (W/m⁰C)

T₁ = Temperatur Rata-rata Yang Diuji (°C)

T₀ = Temperatur Ruang (°C)

L = Panjang Plat (mm)

q'' = Perpindahan Panas Konduksi (W/m⁰C)

4.2.2. Perpindahan Panas Konveksi Pada Evaporator

Perpindahan panas konveksi pada evaporator diketahui dengan persamaan berikut ini::

$$H = h \cdot L \cdot \Delta T \dots\dots\dots (\text{Asyari D. Yunus, 2009})$$

Dimana :

H = Laju Perpindahan (W/m⁰C)

h = Koefisien Konveksi Termal (W/sm²C)

ΔT = T₁ – T₀ (°C)

T₁ = Temperatur Rata-rata T₄ Yang Diuji (°C)

T₂ = Temperatur Ruang (°C)

Menghitung Koeisien konveksi termal:

$$h = 0,664 \times \frac{k}{L} Re^{0,5} Pr^{0,333}$$

Dimana :

k = Konduktivitas Termal (W/m⁰C)

L = Panjang Plat (m)

Re = Bilangan Reynold

Pr= Bilangan Prandtl

Sehingga di dapat perhitungan sebagai berikut :

Rumus :

$$Re = \frac{(v \cdot L)}{\mu}$$

v= kecepatan fluida

L= panjang plat

μ = viskositas kinematis

Diketahui : v = 5 m/s $\mu = 13,28 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$

Pr = 0,707 L = 1 m

k = $24,42 \cdot 10^{-3} \text{ W/m}^0\text{C}$ $\Delta T = T_1 - T_0$ (^0C)

T_1 = Temperatur Rata-rata Yang Diuji (^0C)

T_0 = Temperatur Ruang (^0C)

Ditanya : H = ...?

Jawab :

Mencari h = $0,664 \times \frac{k}{L} Re^{0,5} Pr^{0,333}$

$$Re = \frac{(5.1)}{13,28 \cdot 10^{-6}} = 376508$$

$$h = 0,664 \times \frac{24,42 \cdot 10^{-3}}{0,9} 376508^{0,5} 0,707^{0,333} = 4,43 \text{ W/m}^0\text{C}$$

- **Pada 50⁰ C**

Perpindahan panas konveksi : $H = h \cdot L \cdot \Delta T$

$$H = 4,43 \cdot 1 \cdot (52,32 - 27) = 112,16 \text{ W}$$

- **Pada 85⁰ C**

Perpindahan panas konveksi : $H = h \cdot L \cdot \Delta T$

$$H = 4,43 \cdot 1 \cdot (76,08 - 27) = 217,42 \text{ W}$$

- **Pada 110⁰ C**

Perpindahan panas konveksi : $H = h \cdot L \cdot \Delta T$

$$H = 4,43.1. (99,84 - 27) = 322,68 W$$

Tahanan Termal

Tahanan termal merupakan kemampuan suatu bahan untuk menghambat laju aliran kalor yang dapat dirumuskan dengan persamaan berikut:

$$q'' = \frac{\Delta T}{R} \dots\dots\dots (Asyari D. Yunus, 2009)$$

Dimana :

q'' = Perpindahan Panas Konduksi

R = Resistan

$$\Delta T = T_1 - T_0 \text{ (}^\circ\text{C)}$$

T_1 = Temperatur Rata-rata Yang Diuji ($^\circ\text{C}$)

T_0 = Temperatur Ruang ($^\circ\text{C}$)

Sehingga di dapat perhitungan sebagai berikut :

- **Pada 50⁰ C 2 jam**
- **Titik 1**

Tahanan Termal :

$$q'' = \frac{\Delta T}{R}$$

$$273,7 = \frac{(54,37 - 27)}{R_1}$$

$$R_1 = \frac{27,37}{273,7} = 0,1 \text{ W/m}^0\text{C}$$

- **Titik 2**

Tahanan Termal :

$$q'' = \frac{\Delta T}{R}$$

$$303,3 = \frac{(57,43 - 27)}{R_2}$$

$$R_2 = \frac{30,43}{304,3} = 0,1 \text{ W/m}^0\text{C}$$

- **Titik 3**

Tahanan Termal :

$$q'' = \frac{\Delta T}{R}$$

$$263 = \frac{(53,30 - 27)}{R_3}$$

$$R_3 = \frac{26,3}{263} = ,01 \text{ W/m}^0\text{C}$$

- **Titik 4**

Tahanan Termal :

$$q'' = \frac{\Delta T}{R}$$

$$253,2 = \frac{(53,32-27)}{R4}$$

$$R4 = \frac{25,32}{253,2} = 0,1 \text{W/m}^0\text{C}$$

No	Titik	T1(SuhuRata-rata) °C	T0(Suhu Ruang) °C	$\Delta T(^{\circ}\text{C})$	q'' ($\text{W/m}^0\text{C}$)	R($\text{W/m}^0\text{C}$)
1	1	54,37	27	27,37	273,7	0,1
2	2	57,43	27	30,43	304,3	0,1
3	3	53,30	27	26,3	263	0,1
4	4	52,32	27	25,32	253,2	0,1

Keterangan :

T_1 = Suhu rata-rata $\Delta T(^{\circ}\text{C}) = T_1 - T_0$ R= Resistan/ Tahanan Termal

T_0 = Suhu ruang q'' = Heat Flux

Pada 85⁰ C Pengujian 4 jam

- **Titik 1**

Tahanan Termal :

$$q'' = \frac{\Delta T}{R}$$

$$690,5 = \frac{(96,05 - 27)}{R1}$$

$$R1 = \frac{69,05}{690,5} = 0,1 \text{W/m}^0\text{C}$$

- **Titik 2**

Tahanan Termal :

$$q'' = \frac{\Delta T}{R}$$

$$677,9 = \frac{(94,79-27)}{R3}$$

$$R3 = \frac{67,79}{677,9} = 0,1 \text{W/m}^0\text{C}$$

- **Titik 3**

Tahanan Termal :

$$q'' = \frac{\Delta T}{R}$$

$$441,2 = \frac{(71,12-27)}{R3}$$

$$R3 = \frac{44,12}{441,2} = 0,1 \text{W/m}^0\text{C}$$

- **Titik 4**

Tahanan Termal :

$$q'' = \frac{\Delta T}{R}$$

$$490,8 = \frac{(76,08-27)}{R4}$$

$$R4 = \frac{49,08}{490,8} = 0,1 \text{W/m}^0\text{C}$$

No	Titik	T1(SuhuRata-rata) °C	T0(Suhu Ruang) °C	$\Delta T(^{\circ}\text{C})$	q'' ($\text{W/m}^0\text{C}$)	R($\text{W/m}^0\text{C}$)
1	1	96,05	27	69,05	690,5	0,1
2	2	94,79	27	67,79	677,9	0,1
3	3	71,12	27	44,12	441,2	0,1
4	4	76,08	27	49,08	490,8	0,1

Keterangan :

T_1 = Suhu rata-rata $\Delta T(^{\circ}\text{C}) = T_1 - T_0$ R = Resistan/ Tahanan Termal
 T_0 = Suhu ruang q'' = Heat Flux

Pada 110⁰ C Pengujian 6 jam

- **Titik 1**

Tahanan Termal :

$$q'' = \frac{\Delta T}{R}$$

$$816 = \frac{(108,60-27)}{R1}$$

$$R1 = \frac{81,6}{816} = 0,1 \text{W/m}^0\text{C}$$

- **Titik 2**

Tahanan Termal :

$$q'' = \frac{\Delta T}{R}$$

$$788,3 = \frac{(105,83-27)}{R2}$$

$$R2 = \frac{78,83}{788,3} = 0,1 \text{W/m}^0\text{C}$$

- **Titik 3**

Tahanan Termal :

$$q'' = \frac{\Delta T}{R}$$

$$740,6 = \frac{(101,06-27)}{R3}$$

$$R3 = \frac{74,06}{740,6} = ,01 \text{W/m}^0\text{C}$$

- **Titik 4**

Tahanan Termal :

$$q'' = \frac{\Delta T}{R}$$

$$728,4 = \frac{(99,84-27)}{R4}$$

$$R4 = \frac{72,84}{728,4} = 0,1 \text{W/m}^0\text{C}$$

No	Titik	T1(SuhuRata-rata) °C	T0(Suhu Ruang) °C	ΔT(°C)	q'' (W/m ⁰ C)	R(W/m ⁰ C)
1	1	108,60	27	81,6	816	0,1
2	2	105,83	27	78,83	788,3	0,1
3	3	101,06	27	74,06	740,6	0,1
4	4	99,84	27	72,84	728,4	0,1

Keterangan :

T₁ = Suhu rata-rata ΔT(°C)= T₁-T₀ R= Resistan/ Tahanan Termal
T₀= Suhu ruang q''= Heat Flux

Efisiensi Pada Evaporator

Efisiensi adalah suatu ukuran keberhasilan sebuah kegiatan yang dinilai berdasarkan besarnya biaya/ sumber daya yang digunakan untuk mencapai hasil yang diinginkan dengan persamaan berikut :

$$\eta = \frac{(M_2 \times Cp \times \Delta T)}{(M_1 \times Cp \times \Delta T)} \times 100\% \dots\dots\dots(\text{Ali Hasimi Pane, 2015})$$

Dimana :

- (M₁. Cp. ΔT) = Energi Masuk
- (M₂. Cp. ΔT) = Energi Keluar
- η = Efisiensi (%)
- M₁ = Massa air
- M₂ = Hasil Minyak
- C_p = Kapasitas kalor air
- ΔT = (Temperatur awal – Temperatur akhir)

Keterangan :

$$C_{p1} = 4 \text{ kal/kg}^0\text{C}$$

$$C_{P2} = 2 \text{ kal/kg}^\circ\text{C}$$

$$M_1 = 20 \text{ kg}$$

$$M_2 = 50^\circ\text{C}, 85^\circ\text{C dan } 110^\circ\text{C}$$

- Efisiensi Pada Suhu 50°C

$$\eta = \frac{(3 \times 2 \times (45,02 - 57,77))}{(20 \times 4 \times (67,55 - 48,4))} \times 100\%$$

$$= 0,075 \times 1,54 \times 100\% = 11\%$$

$$\eta = \frac{(M_2 \times C_p \times \Delta T)}{(M_1 \times C_p \times \Delta T)} \times 100\% \dots\dots\dots (\text{Ali Hasimi Pane, 2015})$$

Dimana :

$$(M_1 \cdot C_p \cdot \Delta T) = \text{Energi Masuk}$$

$$(M_2 \cdot C_p \cdot \Delta T) = \text{Energi Keluar}$$

$$\eta = \text{Efisiensi (\%)}$$

$$M_1 = \text{Massa air}$$

$$M_2 = \text{Hasil Minyak}$$

$$C_p = \text{Kapasitas kalor air}$$

$$\Delta T = (\text{Temperatur awal} - \text{Temperatur akhir})$$

Keterangan :

$$C_{P1} = 4 \text{ kal/kg}^\circ\text{C}$$

$$C_{P2} = 2 \text{ kal/kg}^\circ\text{C}$$

$$M_1 = 20 \text{ kg}$$

$$M_2 = 50^\circ\text{C}, 85^\circ\text{C dan } 110^\circ\text{C}$$

- Efisiensi Pada Suhu 85°C

$$\eta = \frac{(3,9 \times 2 \times (91,45 - 99,35))}{(20 \times 4 \times (67,55 - 48,4))} \times 100\%$$

$$= 0,075 \times 4,71 \times 100\% = 35\%$$

$$\eta = \frac{(M_2 \times C_p \times \Delta T)}{(M_1 \times C_p \times \Delta T)} \times 100\% \dots\dots\dots (\text{Ali Hasimi Pane, 2015})$$

Dimana :

$(M_1 \cdot C_p \cdot \Delta T)$ = Energi Masuk

$(M_2 \cdot C_p \cdot \Delta T)$ = Energi Keluar

η = Efisiensi (%)

M_1 = Massa air

M_2 = Hasil Minyak

C_p = Kapasitas kalor air

ΔT = (Temperatur awal – Temperatur akhir)

Keterangan :

$C_{p1} = 4 \text{ kal/kg}^\circ\text{C}$

$C_{p2} = 2 \text{ kal/kg}^\circ\text{C}$

$M_1 = 20 \text{ kg}$

$M_2 = 50^\circ\text{C}, 85^\circ\text{C} \text{ dan } 110^\circ\text{C}$

- Efisiensi Pada Suhu 110°C

$$\eta = \frac{(5 \times 2 \times (110,41 - 121,48))}{(20 \times 4 \times (67,55 - 48,4))} \times 100\%$$

$$= 0,075 \times 9,15 \times 100\% = 68\%$$

Pembahasan Data Perhitungan Perpindahan Panas

Rata Rata Pengambilan Data Pada Evaporator pada suhu 50°C , 85°C , dan 110°C yang masing-masing diuji selama 6 jam.

No	TEMPERATURE($^\circ\text{C}$)	T 1	T 2	T 3	T 4
1	50°C	273,7	304,3	263	253,3
2	85°C	690,5	677,9	441,2	490,8
3	110°C	816	788,3	740,6	728,4

Keterangan: T1 = Suhu Pada Titik 1

T2 = Suhu Pada Titik 2

T3 = Suhu Pada Titik 3

T4 = Suhu Pada Titik 4

LAMPIRAN GAMBAR DOKUMENTASI





