BAB IV

PENGUJIAN ALAT PERPINDAHAN PANAS HEAT EXCHANGER JENIS *SHELL AND TUBE DOUBLE PIPE*

4.1 Pengumpulan Data

Pengumpulan data ini dilakukan secara langsung dengan melakukan eksperimen pada alat penukar kalor pipa ganda yang dapat diatur menjadi *single pipe* dan *double pipe*. Adapun prinsip kerja alat uji adalah Air yang ada di dalam bejana dipanaskan menggunakan pemanas (*heater*) sampai temperatur yang diinginkan dan temperatur dijaga agar tetap konstan. Untuk mengetahui suhu air digunakan thermocopel. Setelah temperatur yang dikehendaki tercapai dan sudah konstan, kemudian air panas tersebut dialirkan ke dalam pipa bagian dalam (*tube*) dengan membuka kran *(ball valve)* untuk diuji dan dialirkan ke pompa untuk dinaikkan kembali ke dalam *Heat Exchanger*. Dengan bantuan pompa, air dingin dialirkan ke dalam pipa bagian luar *shell* dari bejana. Jika fluida panas dan dingin tersebut telah mengalir dengan konstan baru diambil data yang diperlukan. Untuk mengetahui suhu yang masuk dan keluar baik dari *Tube* atau *Shell* digunakan Thermocopel, dan untuk mengetahui debit yang masuk baik dalam *tube* atau *Shell* digunakan *flow meter*, sehingga akan didapatkan data-data yang diperlukan. Percobaan ini diulang sampai tiga kali kemudian hasilnya di rata-rata sehingga di dapatkan hasil yang maksimal.

4.2 Data Hasil Pengujian Suhu 60^0C.

- **Bukaan Kran *(ball vale)* air panas (m_h) 1 dan air dingin (m_c) $^3/_4$**

Tabel 4.2.1 data hasil pengujian *double pipe* debit panas 27 Lpm dan dingin 24 Lpm

Debit (Lpm)		Th_i	Th_o	Tc_i	Tc_o
Panas	Dingin	Air panas masuk	Air panas keluar	Air dingin masuk	Air dingin keluar
27	24	61	52,5	33,5	38,2
27	24	63	51,5	33,1	38,7
27	24	63	52	30	37,9
Total rata – rata		62,3	52	32,2	38,2

4.2.1.1 Perhitungan pertama

Qc = 0,00396 m^3/s

Qh = 0,00445 m^3/s

A = 0,00506 m^2

Vc = 0,782 m/s

Vh = 0,879 m/s

Ch = 0,001857

Cc = 0,001652

- 1 Lpm = 1,65 x 10^{-5} = 0,000165
- Panas Specifik : C_{ph} = 4,174 kj/kg

  C_{pc} = 4,179 kj/kg
- Q_{dingin} = 24 Lpm = 3,96 x 10^{-4} m/s = 0,00396 m^3/s
- Vc = – = ———— = 0,782 m/s
- Q_{panas} = 27 Lpm = 4,45 x 10^{-4} m/s = 0,00445 m^3/s
- Vh = – = ———— = 0,879 m/s

- $\dot{m}_{dingin}$ = Q . ρ

  = 3,96 x 10^{-4} m^3/s x 1000 kg/m^3

  = 0,396 kg/s

- C_c = Qc . Cpc

  = 3,96 x 10^{-4} x 4,174

  = 16,52 x 10^{-4}

  = 0,001652

- $\dot{m}_{panas}$ = Q . ρ

  = 4,45 x 10^{-4} x 1000 kg/m^3

  = 0,445 kg/s

- Ch = Qh . Cph

  = 4,45 x 10^{-4} x 4,179

  = 18,57 x 10^{-4}

  = 0,001857

- Th_i = 62,3^o C = 62,3 + 273 = 335,3^0 k

  Th_o = 52° C = 52 + 273 = 325^0 k

  Tc_i = 32,2^o C = 32,2 + 273 = 305,2^0 k

  Tc_o = 38,2 ^{o} C = 38,2 + 273 = 311,2^0 k

- ⬜⬜T_{LMTD} $\frac{(\qquad)\ (\qquad)}{(\qquad)\ (\qquad)} = \frac{(\qquad)\ (\qquad)}{(\qquad)\ (\qquad)}$

  =

  = ——— = $\frac{\qquad}{(\quad)}$ = ——— = 22,63

  ( )

- ε = $\frac{(\quad)\qquad(\qquad)}{}$

$$= \frac{(\qquad\qquad)\ (\qquad\qquad)}{(\qquad\qquad)\ (\qquad - \qquad)}$$

= ———— = ——— = 0,19 x 100 % = 19 %

- **Bukaan Kran *(ball vale)* air panas (m_h) $^3/_4$ dan air dingin (m_c) $^1/_2$.**

Tabel 4.2.2 data hasil pengujian *double pipe* debit panas 24 Lpm dan dingin 20 Lpm

Debit (Lpm)		Th_i	Th_o	Tc_i	Tc_o
Panas	Dingin	Air panas masuk	Air panas keluar	Air dingin masuk	Air dingin keluar
24	20	62	52,1	32,3	37,5
24	20	62	52,4	33,1	36,8
24	20	61	53	33,2	37,4
Total rata – rata		61,6	52,5	32,8	37,2

4.2.2.1 Perhitungan kedua

Qc = 0,0033 m^3/s

Qh = 0,00396 m^3/s

A = 0,00506 m^2

Vc = 0,652 m/s

Vh = 0,782 m/s

Ch = 0,001654

Cc = 0,001372

- 1 Lpm = 1,65 x 10^{-5} = 0,000165
- Panas Specifik : C_{ph} = 4,174 kj/kg

  C_{pc} = 4,179 kj/kg
- Q_{dingin} = 20 Lpm = 3,3 x 10^{-4} m/s = 0,0033 m^3/s
- Vc = — = ———— = 0,652 m/s
- Q_{panas} = 24 Lpm = 3,96 x 10^{-4} m/s = 0,00396 m^3/s

- Vh = – = ———————— = 0,782 r /s

- $\dot{m}_{dingin}$ = Q . ρ

  = 3,3 x 10^{-4} m^3/s x 1000 kg/m^3

  = 0,33 kg/s

- C_c = Qc . Cpc

  = 3,3 x 10^{-4} x 4,174

  = 13,77 x 10^{-4}

  = 0,001377

- $\dot{m}_{panas}$ = Q . ρ

  = 3,96 x 10^{-4} x 1000 kg/m^3

  = 0,396 kg/s

- C_h = Qh . Cph

  = 3,96x 10^{-4} x 4,179

  = 16,54 x 10^{-4}

  = 0,001654

- Th_i = 61,6^o C = 61,6 + 273 = 334,6^0 k

  Th_o = 52,5^o C = 52,5 + 273 = 325,5^0 k

  Tc_i = 32,8^o C = 32,8 + 273 = 305,8^0 k

  Tc_o = 37,2 ^{o} C = 37,2 + 273 = 310,2^0 k

- ►►T_{LMTD} $\frac{(\qquad)\ (\qquad)}{(\qquad)\ (\qquad)}$ = $\frac{(\qquad)\ (\qquad)}{(\qquad)\ (\qquad)}$

=

= ———— = ———— = ——— = 22,3

( )

- $\varepsilon = \frac{(\quad)\qquad(\quad)}{(\quad)} = \frac{(\qquad)\ (\qquad)}{(\qquad)\ (\quad - \quad)}$

$= \frac{\quad}{\quad} = \frac{\quad}{\quad} = 0{,}152 \times 100\ \% = 15{,}2\ \%$

- **Bukaan Kran *(ball vale)* air panas (m_h) $^1/_2$ dan air dingin (m_c) $^1/_4$**

Tabel 4.2.3 data hasil pengujian *double pipe* debit panas 22 Lpm dan dingin 14 Lpm

Debit (Lpm)		Th_i	Th_o	Tc_i	Tc_o
Panas	Dingin	Air panas masuk	Air panas keluar	Air dingin masuk	Air dingin keluar
22	14	63	51,3	30,6	36,2
22	14	64	51,6	31,3	36,1
22	14	63	51,1	31	36,4
Total rata – rata		63,3	51,3	30,9	36,3

4.2.3.1 Perhitungan ketiga

Qc = 0,00231 m^3/s

Qh = 0,00363 m^3/s

A = 0,00506 m^2

Vc = 0,456 m/s

Vh = 0,717 m/s

Ch = 0,001516

Cc = 0,00964

- 1 Lpm = 1,65 x 10^{-5} = 0,000165
- Panas Specifik : C_{ph} = 4,174 kj/kg

  C_{pc} = 4,179 kj/kg
- Q_{dingin} = 14 Lpm = 2,31 x 10^{-4} m/s = 0,00231 m^3/s
- Vc = – = ——— = 0,456 m/s

- Q_{panas} = 22 Lpm = 3,63 x 10^{-4} m/s = 0,00363 m^3/s
- Vh = – = ———————— = 0,717 m/s
- $\dot{m}_{dingin}$ = Q . ρ

  = 2,31 x 10^{-4} m^3/s x 1000 kg/m^3

  = 0,231 kg/s
- C_c = Qc . Cpc

  = 2,31 x 10^{-4} x 4,174

  = 9,64 x 10^{-4}

  = 0,00964
- $\dot{m}_{panas}$ = Q . ρ

  = 3,63 x 10^{-4} x 1000 kg/m^3

  = 0,363 kg/s
- C_h = Qh . Cph

  = 3,63x 10^{-4} x 4,179

  = 15,16 x 10^{-4}

  = 0,001516
- Th_i = 63,3^o C = 63,3 + 273 = 336,3^0 k

  Th_o = 51,3^o C = 51,3 + 273 = 324,3^0 k

  Tc_i = 30,9^o C = 30,9 + 273 = 303,9^0 k

  Tc_o = 36,3 ^{o} C = 36,3 + 273 = 309,3^0 k
- ⬜⬜T_{LMTD} ——————————— ( ) ( ) / ( ) ( ) =

( ) ( )
( ) ( )

$$= \frac{\quad}{\quad} = \frac{\quad}{(\quad)} = \frac{\quad}{\quad} = 23{,}57$$

$$\varepsilon = \frac{(\quad)\qquad(\quad)}{(\quad)} = \frac{(\quad)\ (\quad)}{(\quad)\ (\quad - \quad)}$$

$$= \frac{\quad}{\quad} = \frac{\quad}{\quad} = 0{,}165 \times 100\ \% = 16{,}5\ \%$$

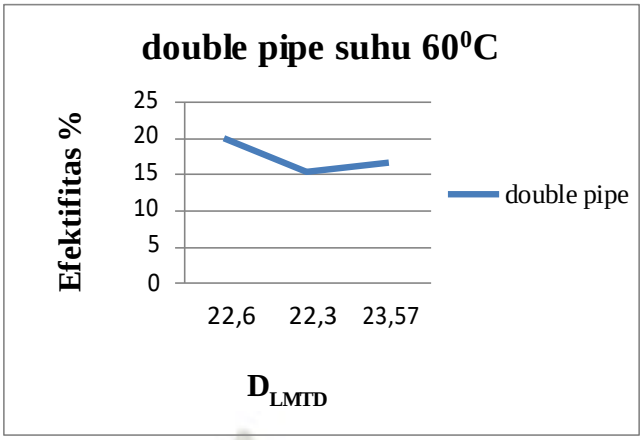
Tabel 4.2.4 hasil perhitungan pengujian *double pipe suhu* 60^{0}C

m (kg/s) panas	m (kg/s) dingin	Vh (m/s)	Vc (m/s)	Tco (k)	Tho (k)	ε (%)	ΔT_{LMTD}
27	24	0,87	0,78	32,8	52	0,19	22,6
24	20	0,78	0,65	37,2	52,5	0,152	22,3
22	14	0,71	0,45	36,3	51,3	0,165	23,57

4.3 Pembahasan

Dari percobaan ini untuk mengetahui suhu yang masuk dan keluar baik dari tube atau shell di gunakan thermocopel dan untuk mengetahui debit yang masuk baik dalam tube atau sheel digunakan flowmeter pada *double pipe*. Untuk fluida panas air panas dipanaskan dari bejana dari suhu 60^{0}C mengalir ke pipa heat exchanger. aliran fluida dingin, pipa yang digunakan untuk meneruskan aliran fluida dari bejana air ke heat exchanger menggunakan pipa stainlestel dengan diameter 1 inch. Untuk aliran fluida dingin menggunakan pipa stainless 3 inch yang berada di heat exchanger.

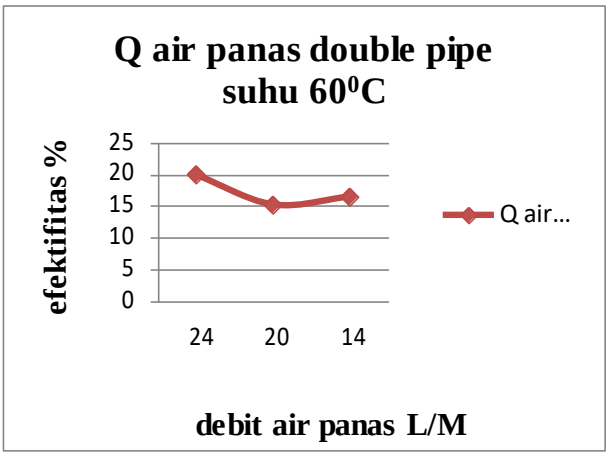
4.3.1 Grafik Efektifitas dan Delta LMTD pada *double pipe* dengan suhu 60^0C



Gambar 4.1 Grafik Efektifitas dan Delta LMTD pada *double pipe* dengan suhu 60^0C

Gambar grafik diatas menunjukkan hubungan antara efektifitas dengan pada pengujian *double pipe*. Grafik diatas menjelaskan pada percobaan pertama pada flow meter dengan debit 27 Lpm untuk air panas dan 24 Lpm untuk air dingin dengan hasil D_{LMTD} 22,6 dan efektifitas 20%. Pada percobaaan kedua pada flow meter dengan debit 24 Lpm untuk air panas dan 20 Lpm untuk air dingin dengan hasil D_{LMTD} 22,3 dan efektifitas 15,2%. Dan percobaan ketiga pada flow meter dengan debit 22 Lpm untuk air panas dan 14 Lpm untuk air dingin dengan hasil D_{LMTD} 23,57 dan efektifitas 16,5%.

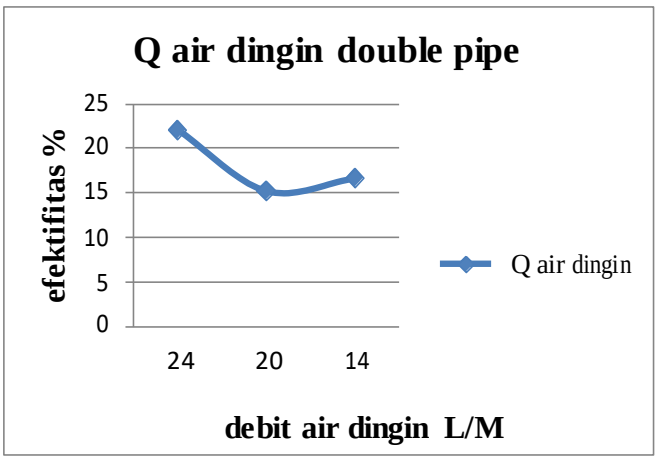
4.3.2 Grafik Q air panas dan efektifitas pada *double pipe* suhu 60^0C



Gambar 4.2 Grafik Q air panas dan efektifitas pada *double pipe* suhu 60^{0}C

Gambar grafik diatas menunjukkan hubungan antara efektifitas dengan debit air panas pada pengujian *double pipe*. Grafik diatas menjelaskan pada percobaan pertama pada flow meter dengan debit 27 Lpm untuk air panas dan efektifitas 20%. Pada percobaaan kedua pada flow meter dengan debit 24 Lpm untuk air panas dan efektifitas 15,2 %. Dan percobaan ketiga pada flow meter dengan debit 22 Lpm untuk air panas dan efektifitas 16,5 %.

4.3.3 Grafik Q air dingin dan efektifitas pada *duoble pipe*



Gambar 4.3 Grafik Q air dingin dan efektifitas pada *duoble pipe*

Gambar 4.5 grafik diatas menunjukkan hubungan antara efektifitas dengan debit air dingin pada pengujian *double pipe*. Grafik diatas menjelaskan pada percobaan pertama pada flow meter dengan debit air dingin 24 Lpm dengan hasil efektifitas 20 %. Pada percobaaan kedua pada flow meter dengan debit air dingin 20 Lpm dengan hasil efektifitas 15,2 %. Dan percobaan ketiga pada flow meter dengan debit dingin14 Lpm dengan hasil efektifitas 16,5%.

4.4 Data Hasil Pengujian Suhu 50^0C

- **Bukaan Kran *(ball vale)* air panas (m_h) 1 dan air dingin (m_c) $^3/_4$**

Tabel 4.4.1 data hasil pengujian *double pipe* debit panas 27 Lpm dan dingin 24 Lpm

Debit (Lpm)		Th_i	Th_o	Tc_i	Tc_o
Panas	Dingin	Air panas masuk	Air panas keluar	Air dingin masuk	Air dingin keluar
27	24	54	43,8	23,5	30,2
27	24	51	42,3	23,4	29,8
27	24	51	43,5	23,5	29,7
Total rata – rata		52	43,2	23,4	29,9

4.4.1.1 Perhitungan pertama

Qc = 0,00396 m^3/s

Qh = 0,00445 m^3/s

A = 0,00506 m^2

Vc = 0,782 m/s

Vh = 0,879 m/s

Ch = 0,001857

Cc = 0,001652

- 1 Lpm = $1{,}65 \times 10^{-5}$ = 0,000165
- Panas Specifik : C_{ph} = 4,174 kj/kg

  C_{pc} = 4,179 kj/kg
- Q_{dingin} = 24 Lpm = $3{,}96 \times 10^{-4}$ m/s = 0,00396 m^3/s
- Vc = – = ———————— = 0,782 m/s
- Q_{panas} = 27 Lpm = $4{,}45 \times 10^{-4}$ m/s = 0,00445 m^3/s
- Vh = – = ———————— = 0,879 m/s
- $\dot{m}_{dingin}$ = Q . ρ

  = $3{,}96 \times 10^{-4}$ m^3/s x 1000 kg/m^3

  = 0,396 kg/s
- C_c = Qc . Cpc

  = $3{,}96 \times 10^{-4}$ x 4,174

  = $16{,}52 \times 10^{-4}$

  = 0,001652
- $\dot{m}_{panas}$ = Q . ρ

  = $4{,}45 \times 10^{-4}$ x 1000 kg/m^3

  = 0,445 kg/s
- Ch = Qh . Cph

  = $4{,}45 \times 10^{-4}$ x 4,179

  = $18{,}57 \times 10^{-4}$

  = 0,001857

- $Th_i = 52^o C$ $= 52 + 273$ $= 325^0$ k

  $Th_o = 43,2^o C$ $= 43,2 + 273$ $= 316,2^0$ k

  $Tc_i = 23,4^o C$ $= 23,4 + 273$ $= 296,4^0$ k

  $Tc_o = 29,9^o C$ $= 29,9 + 273$ $= 302,9^0$ k

- ⬜⬜T_{LMTD} $\frac{(\quad) - (\quad)}{(\quad)\ (\quad)} = \frac{(\quad)\ (\quad)}{(\quad)\ (\quad)}$

=

$= \frac{}{} = \frac{}{(\quad)} = \frac{}{} = 23$

- $\varepsilon = \frac{(\quad)\ (\quad)}{(\quad)} = \frac{(\quad)\ (\quad)}{(\quad)\ (\quad - \quad)}$

$= \frac{}{} = \frac{}{} = 0,22 \times 100\ \% = 22\ \%$

- **Bukaan Kran *(ball vale)* air panas (m_h) $^3/_4$ dan air dingin (m_c) $^1/_2$**

Tabel 4.4.2 data hasil pengujian *double pipe* debit panas 25 Lpm dan dingin 21 Lpm

Debit (Lpm)		Th_i	Th_o	Tc_i	Tc_o
Panas	Dingin	Air panas masuk	Air panas keluar	Air dingin masuk	Air dingin keluar
25	21	53	41,9	24,2	29,4
25	21	52	42,3	24,7	29,1
25	21	52	42,1	25	28,7
Total rata – rata		52,3	42,1	24,6	29

4.4.2.1 Perhitungan kedua

Qc $= 0,00336\ m^3/s$ A $= 0,00506\ m^2$

Qh $= 0,00412\ m^3/s$ Vc $= 0,664$ m/s

Vh = 0,814 m/s Cc = 0,001402

Ch = 0,001721

- 1 Lpm = 1,65 x 10^{-5} = 0,000165
- Panas Specifik : C_{ph} = 4,174 kj/kg

  C_{pc} = 4,179 kj/kg
- Q_{dingin} = 21 Lpm = 3,36 x 10^{-4} m/s = 0,00336 m^3/s
- Vc = — = ———— = 0,664 m/s
- Q_{panas} = 25 Lpm = 4,12 x 10^{-4} m/s = 0,00412 m^3/s
- Vh = — = ———— = 0,814 m/s
- $\dot{m}_{dingin}$ = Q . ρ

  = 3,36 x 10^{-4} m^3/s x 1000 kg/m^3

  = 0,336 kg/s
- C_c = Qc . Cpc

  = 3,36 x 10^{-4} x 4,174

  = 14,02 x 10^{-4}

  = 0,001402
- $\dot{m}_{panas}$ = Q . ρ

  = 4,12 x 10^{-4} x 1000 kg/m^3

  = 0,412 kg/s
- Ch = Qh . Cph

  = 4,12 x 10^{-4} x 4,179

$= 17{,}21 \times 10^{-4}$

$= 0{,}001721$

- $Th_i = 52{,}3^o C$ $= 52{,}3 + 273$ $= 325{,}3^0$ k

  $Th_o = 42{,}1^o C$ $= 42{,}1 + 273$ $= 315{,}1^0$ k

  $Tc_i = 24{,}6^o C$ $= 24{,}6 + 273$ $= 297{,}6^0$ k

  $Tc_o = 29\ ^o C$ $= 29 + 273$ $= 302^0$ k

- ⬖⬖T_{LMTD} $\frac{(\qquad)\ (\qquad)}{(\qquad)\ (\qquad)} = \frac{(\qquad)\ (\qquad)}{(\qquad)\ (\qquad)}$

=

$= \frac{}{} = \frac{}{(\quad)} = \frac{}{} = 20{,}7$

- $\varepsilon = \frac{(\quad)\ (\quad)}{(\quad)} = \frac{(\qquad)\ (\qquad)}{(\qquad)\ (\quad - \quad)}$

$= \frac{}{} = \frac{}{} = 0{,}15 \times 100\ \% = 15\ \%$

- **Bukaan Kran *(ball vale)* air panas (m_h) $^1/_2$ dan air dingin (m_c) $^1/_4$**

Tabel 4.4.3 data hasil pengujian *double pipe* debit panas 22 Lpm dan dingin 15 Lpm

Debit (Lpm)		Th_i	Th_o	Tc_i	Tc_o
Panas	Dingin	Air panas masuk	Air panas keluar	Air dingin masuk	Air dingin keluar
22	15	52	41,3	24,3	28,1
22	15	52	41,1	24,7	27,7
22	15	50	41,6	24,9	28,3
Total rata – rata		51,3	41,3	24,6	28

4.4.3.1 Perhitungan ketiga

Qc	= 0,00336 m^3/s	Vh	= 0,814 m/s
Qh	= 0,00412 m^3/s	Ch	= 0,001721
A	= 0,00506 m^2	Cc	= 0,001402
Vc	= 0,664 m/s		

- 1 Lpm = 1,65 x 10^{-5} = 0,000165
- Panas Specifik : C_{ph} = 4,174 kj/kg

  C_{pc} = 4,179 kj/kg
- Q_{dingin} = 15 Lpm = 2,47 x 10^{-4} m/s = 0,00247 m^3/s
- Vc = – = ———————— = 0,488 m/s
- Q_{panas} = 22 Lpm = 3,63 x 10^{-4} m/s = 0,00363 m^3/s
- Vh = – = ———————— = 0,717 m/s
- $\dot{m}_{dingin}$ = Q . ρ

  = 2,47 x 10^{-4} m^3/s x 1000 kg/m^3

  = 0,247 kg/s
- C_c = Qc . Cpc

  = 2,47 x 10^{-4} x 4,174

  = 10,30 x 10^{-4}

  = 0,001030
- $\dot{m}_{panas}$ = Q . ρ

  = 3,63 x 10^{-4} x 1000 kg/m^3

  = 0,363 kg/s

- Ch = Qh . Cph

  = 3,63 x 10^{-4} x 4,179

  = 15,61 x 10^{-4}

  = 0,001561

- Th_i = 51,3^o C = 51,3 + 273 = 324,3^0 k

  Th_o = 41,3^o C = 41,3 + 273 = 314,3^0 k

  Tc_i = 24,6^o C = 24,6 + 273 = 297,6^0 k

  Tc_o = 28 ^{o} C = 28 + 273 = 301^0 k

- ►►T_{LMTD} $\frac{(\quad)\ (\quad)}{(\quad)\ (\quad)} = \frac{(\quad)\ (\quad)}{(\quad)\ (\quad)}$

  =

  = ——— = $\frac{\quad}{(\quad)}$ = ——— = 20

- ε = $\frac{(\quad)\ (\quad)}{(\quad)} = \frac{(\quad)\ (\quad)}{(\quad)\ (\quad - \quad)}$

  = ——— = ——— = 0,12 x 100 % = 12 %

Tabel 4.4.4 hasil perhitungan pengujian *double pipe suhu* 50^{0}C

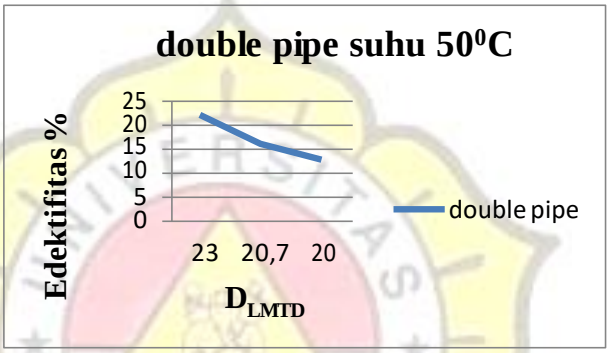
m (kg/s) panas	m (kg/s) dingin	Vh (m/s)	Vc (m/s)	Tco (k)	Tho (k)	ε (%)	ΔT_{LMTD}
27	24	0,87	0,78	29,9	43,2	0,22	23
25	21	0,81	0,66	29	42,1	0,15	20,7
22	15	0,71	0,48	28	41,3	0,12	20

4.5 Pembahasan

Dari percobaan ini untuk mengetahui suhu yang masuk dan keluar baik dari tube atau shell di gunakan thermocopel dan untuk mengetahui debit yang

masuk baik dalam tube atau sheel digunakan flowmeter pada *double pipe*. Untuk fluida panas air panas dipanaskan dari bejana dari suhu 50^0C mengalir ke pipa heat exchanger. aliran fluida dingin, pipa yang digunakan untuk meneruskan aliran fluida dari bejana air ke heat exchanger menggunakan pipa stainlestel dengan diameter 1 inch. Untuk aliran fluida dingin menggunakan pipa stainless 3 inch yang berada di heat exchanger.

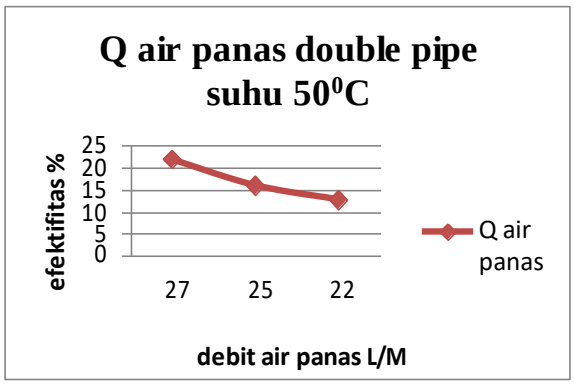
4.5.1 Grafik Efektifitas dan Delta LMTD pada *double pipe* dengan suhu 50^0C



Gambar 4.4 Grafik Efektifitas dan Delta LMTD pada *double pipe* dengan suhu 50^0C

Gambar grafik diatas menunjukkan hubungan antara efektifitas dengan pada pengujian *double pipe*. Grafik diatas menjelaskan pada percobaan pertama pada flow meter dengan debit 27 Lpm untuk air panas dan 24 Lpm untuk air dingin dengan hasil D LMTD 23 dan efektifitas 22%. Pada percobaaan kedua pada flow meter dengan debit 25 Lpm untuk air panas dan 21 Lpm untuk air dingin dengan hasil D LMTD 20,7 dan efektifitas 15%. Dan percobaan ketiga pada flow meter dengan debit 22 Lpm untuk air panas dan 15 Lpm untuk air dingin dengan hasil D LMTD 20 dan efektifitas 12%

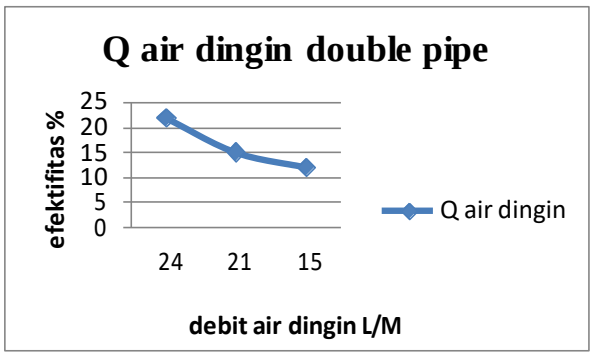
4.5.2 Grafik Q air panas dan efektifitas pada *double pipe* suhu 50^0C



Gambar 4.5 Grafik Q air panas dan efektifitas pada *double pipe* suhu 50^0C

Gambar grafik diatas menunjukkan hubungan antara efektifitas dengan debit air panas pada pengujian *double pipe*. Grafik diatas menjelaskan pada percobaan pertama pada flow meter dengan debit 27 Lpm untuk air panas dan efektifitas 22%. Pada percobaaan kedua pada flow meter dengan debit 25 Lpm untuk air panas dan efektifitas 15%. Dan percobaan ketiga pada flow meter dengan debit 22 Lpm untuk air panas dan efektifitas 12%

4.5.3 Grafik Q air dingin dan efektifitas pada *duoble pipe*



Gambar 4.6 Grafik Q air dingin dan efektifitas pada *duoble pipe*

Gambar grafik diatas menunjukkan hubungan antara efektifitas dengan debit air dingin pada pengujian *double pipe*. Grafik diatas menjelaskan pada percobaan pertama pada flow meter dengan debit air dingin 24 Lpm dan efektifitas 22%. Pada percobaaan kedua pada flow meter dengan debit air dingin 21 Lpm dengan hasil efektifitas 15%. Dan percobaan ketiga pada flow meter dengan debit air dingin15 Lpm dengan hasil dan efektifitas 12%.

4.6 Data Hasil Pengujian Suhu 40^0C

- **Bukaan Kran *(ball vale)* air panas (m_h) 1 dan air dingin (m_c) $^3/_4$**

Tabel 4.6.1 data hasil pengujian *double pipe* debit panas 27 Lpm dan dingin 24 Lpm

Debit (Lpm)		Th_i	Th_o	Tc_i	Tc_o
Panas	Dingin	Air panas masuk	Air panas keluar	Air dingin masuk	Air dingin keluar
27	24	43	32,8	23,4	25,2
27	24	41	32,5	23,1	25,7
27	24	40	33,1	23,2	24,8
Total rata – rata		41,3	32,8	23,2	25,2

4.6.1.1 Perhitungan pertama

Qc = 0,00396 m^3/s

Qh = 0,00445 m^3/s

A = 0,00506 m^2

Vc = 0,782 m/s

Vh = 0,879 m/s

Ch = 0,001857

Cc = 0,001652

- 1 Lpm = $1,65 \times 10^{-5}$ = 0,000165
- Panas Specifik : C_{ph} = 4,174 kj/kg

  C_{pc} = 4,179 kj/kg
- Q_{dingin} = 24 Lpm = $3,96 \times 10^{-4}$ m/s = 0,00396 m^3/s
- Vc = – = ———————— = 0,782 m/s
- Q_{panas} = 27 Lpm = $4,45 \times 10^{-4}$ m/s = 0,00445 m^3/s
- Vh = – = ———————— = 0,879 m/s
- $\dot{m}_{dingin}$ = Q . ρ

  = $3,96 \times 10^{-4}$ m^3/s x 1000 kg/m^3

  = 0,396 kg/s
- C_c = Qc . Cpc

  = $3,96 \times 10^{-4}$ x 4,174

  = $16,52 \times 10^{-4}$

  = 0,001652
- $\dot{m}_{panas}$ = Q . ρ

  = $4,45 \times 10^{-4}$ x 1000 kg/m^3

  = 0,445 kg/s
- Ch = Qh . Cph

  = $4,45 \times 10^{-4}$ x 4,179

  = $18,57 \times 10^{-4}$

  = 0,001857
- Th_i = 41,3^o C = 41,3 + 273 = 314,3^0 k

$Th_o = 32{,}8^o\,C \quad = 32{,}8 + 273 \quad = 305{,}8^0\,k$

$Tc_i = 23{,}2^o\,C \quad = 23{,}2 + 273 \quad = 296{,}2^0\,k$

$Tc_o = 25{,}2^o\,C \quad = 25{,}2 + 273 \quad = 298{,}2^0\,k$

- ►► T_{LMTD} $\frac{(\quad)\ (\quad)}{(\quad)\ (\quad)} = \frac{(\quad)\ (\quad)}{(\quad)\ (\quad)}$

=

$= \frac{}{} = \frac{}{(\quad)} = \frac{}{} = 12{,}7$

- $\varepsilon = \frac{(\quad)\ (\quad)}{(\quad)} = \frac{(\quad)\ (\quad)}{(\quad)\ (\quad - \quad)}$

$= \frac{}{} = \frac{}{} = 0{,}11 \times 100\ \% = 11\ \%$

- **Bukaan Kran *(ball vale)* air panas (m_h) $^3/_4$ dan air dingin (m_c) $^1/_2$**

Tabel 4.6.2 data hasil pengujian *double pipe* debit panas 25 Lpm dan dingin 21 Lpm

Debit (Lpm)		Th_i	Th_o	Tc_i	Tc_o
Panas	Dingin	Air panas masuk	Air panas keluar	Air dingin masuk	Air dingin keluar
25	21	42	38,5	24,2	27,5
25	21	41	36,7	24,5	26,9
25	21	41	39,4	24,7	27,7
Total rata – rata		41,3	36,3	24,4	27,3

4.6.2.1 Perhitungan kedua

Qc = 0,00336 m^3/s A = 0,00506 m^2

Qh = 0,00412 m^3/s

Vc =

0,664 m/s

Vh =

0,814 m/s

Ch =

0,001721

Cc = 0,001402

- 1 Lpm = 1,65 x 10^{-5} = 0,000165
- Panas Specifik : C_{ph} = 4,174 kj/kg

  C_{pc} = 4,179 kj/kg
- Q_{dingin} = 21 Lpm = 3,36 x 10^{-4} m/s = 0,00336 m^3/s
- Vc = — = ———————— = 0,664 m/s
- Q_{panas} = 25 Lpm = 4,12 x 10^{-4} m/s = 0,00412 m^3/s
- Vh = — = ———————— = 0,814 m/s
- $\dot{m}_{dingin}$ = Q . ρ

  = 3,36 x 10^{-4} m^3/s x 1000 kg/m^3

  = 0,336 kg/s
- C_c = Qc . Cpc

  = 3,36 x 10^{-4} x 4,174

  = 14,02 x 10^{-4}

  = 0,001402
- $\dot{m}_{panas}$ = Q . ρ

  = 4,12 x 10^{-4} x 1000 kg/m^3

  = 0,412 kg/s
- Ch = Qh . Cph

  = 4,12 x 10^{-4} x 4,179

  = 17,21 x 10^{-4}

  = 0,001721

- $Th_i = 41{,}3^o\,C$ $= 41{,}3 + 273 = 314{,}3^0\,k$

  $Th_o = 36{,}3^o\,C$ $= 36{,}3 + 273 = 309{,}3^0\,k$

  $Tc_i = 24{,}4^o\,C$ $= 24{,}4 + 273 = 297{,}4^0\,k$

  $Tc_o = 27{,}3^o\,C$ $= 27{,}3 + 273 = 300{,}3^0\,k$

- ??T_{LMTD} $\frac{(\quad)\ (\quad)}{(\quad)\ (\quad)} = \frac{(\quad)\ (\quad)}{(\quad)\ (\quad)}$

  $=$

  $= \frac{}{} = \frac{}{(\quad)} = \frac{}{} = 13$

- $\varepsilon = \frac{(\quad)\ (\quad)}{(\quad)} = \frac{(\quad)\ (\quad)}{(\quad)\ (\quad - \quad)}$

  $= \frac{}{} = \frac{}{} = 0{,}17 \times 100\ \% = 17\ \%$

- **Bukaan Kran *(ball vale)* air panas (m_h) $^1/_2$ dan air dingin (m_c) $^1/_4$**

Tabel 4.6.3 data hasil pengujian *double pipe* debit panas 22 Lpm dan dingin 15 Lpm

Debit (Lpm)		Th_i	Th_o	Tc_i	Tc_o
Panas	Dingin	Air panas masuk	Air panas keluar	Air dingin masuk	Air dingin keluar
22	15	43	31,3	22,3	25,8
22	15	43	32,1	23,1	25,7
22	15	42	31,5	22,9	26,2
Total rata – rata		42,3	32,1	22,9	25,9

4.6.3.1 Perhitungan ketiga

Qc $= 0{,}00247\ m^3/s$ A $= 0{,}00506\ m^2$

Qh $= 0{,}00363\ m^3/s$ Vc $= 0{,}488\ m/s$

Vh = 0,717 m/s Cc = 0,001030

Ch = 0,001516

- 1 Lpm = 1,65 x 10^{-5} = 0,000165
- Panas Specifik : C_{ph} = 4,174 kj/kg

  C_{pc} = 4,179 kj/kg
- Q_{dingin} = 15 Lpm = 2,47 x 10^{-4} m/s = 0,00247 m^3/s
- Vc = – = ———————— = 0,488 m/s
- Q_{panas} = 22 Lpm = 3,63 x 10^{-4} m/s = 0,00363 m^3/s
- Vh = – = ———————— = 0,717 m/s
- $\dot{m}_{dingin}$ = Q . ρ

  = 2,47 x 10^{-4} m^3/s x 1000 kg/m^3

  = 0,247 kg/s
- C_c = Qc . Cpc

  = 2,47 x 10^{-4} x 4,174

  = 10,30 x 10^{-4}

  = 0,001030
- $\dot{m}_{panas}$ = Q . ρ

  = 3,63 x 10^{-4} x 1000 kg/m^3

  = 0,363 kg/s
- Ch = Qh . Cph

  = 3,63 x 10^{-4} x 4,179

$= 15{,}16 \times 10^{-4}$

$= 0{,}001516$

- $Th_i = 42{,}3^o\,C \quad = 42{,}3 + 273 \quad = 315{,}3^0\,k$

  $Th_o = 32{,}1^o\,C \quad = 32{,}1 + 273 \quad = 305{,}1^0\,k$

  $Tc_i = 22{,}9^o\,C \quad = 22{,}9 + 273 \quad = 295{,}9^0\,k$

  $Tc_o = 25{,}9^o\,C \quad = 25{,}9 + 273 \quad = 298{,}9^0\,k$

- ⬚⬚T_{LMTD} $\frac{(\quad)\ (\quad)}{(\quad)\ (\quad)} = \frac{(\quad)\ (\quad)}{(\quad)\ (\quad)}$

  $=$

  $= \frac{}{} = \frac{}{(\quad)} = \frac{}{} = 12{,}6$

- $\varepsilon = \frac{(\quad)\ (\quad)}{(\quad)} = \frac{(\quad)\ (\quad)}{(\quad)\ (\quad)}$

  $= \frac{}{} = \frac{}{} = 0{,}15 \times 100\ \% = 15\ \%$

Tabel 4.6.4 hasil perhitungan pengujian *double pipe suhu* 40^0C

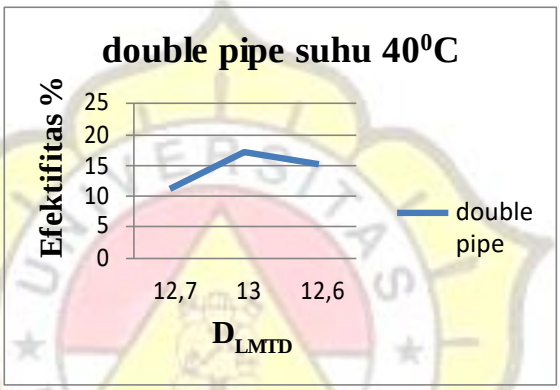
m (kg/s) panas	m (kg/s) dingin	Vh (m/s)	Vc (m/s)	Tco (k)	Tho (k)	ε (%)	ΔT_{LMTD}
27	24	0,87	0,78	25,2	32,8	0,11	12,7
25	21	0,81	0,66	27,3	36,3	0,17	13
22	15	0,71	0,48	25,9	32,1	0,15	12,6

4.7 Pembahasan

Dari percobaan ini untuk mengetahui suhu yang masuk dan keluar baik dari tube atau shell di gunakan thermocopel dan untuk mengetahui debit yang

masuk baik dalam tube atau sheel digunakan flowmeter pada *single pipe* dan *double pipe*. untuk fluida panas air panas dipanaskan dari bejana dari suhu 40^0C mengalir ke pipa heat exchanger. aliran fluida dingin, pipa yang digunakan untuk meneruskan aliran fluida dari bejana air ke heat exchanger menggunakan pipa stainlestel dengan diameter 1 inch. Untuk aliran fluida dingin menggunakan pipa stainless 3 inch yang berada di heat exchanger.

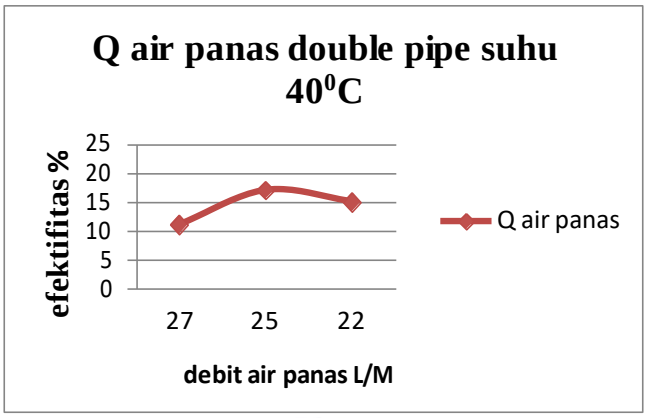
4.7.3 Grafik Efektifitas dan Delta LMTD pada *double pipe* dengan suhu 40^0C



Gambar 4.7 Grafik Efektifitas dan Delta LMTD pada *double pipe* dengan suhu 40^0C

Gambar grafik diatas menunjukkan hubungan antara efektifitas dengan pada pengujian *double pipe*. Grafik diatas menjelaskan pada percobaan pertama pada flow meter dengan debit 27 Lpm untuk air panas dan 24 Lpm untuk air dingin dengan hasil D LMTD 12,7 dan efektifitas 11%. Pada percobaaan kedua pada flow meter dengan debit 25 Lpm untuk air panas dan 21 Lpm untuk air dingin dengan hasil D LMTD 13 dan efektifitas 17%. Dan percobaan ketiga pada flow meter dengan debit 22 Lpm untuk air panas dan 15 Lpm untuk air dingin dengan hasil D LMTD 12,6 dan efektifitas 15%

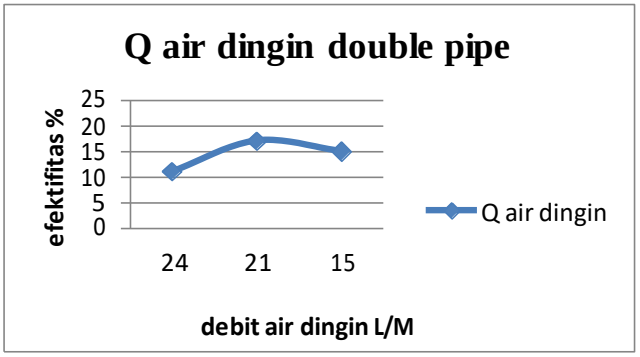
4.7.4 Grafik Q air panas dan efektifitas pada *double pipe* suhu 40^0C



Gambar 4.8 Grafik Q air panas dan efektifitas pada *double pipe* suhu 40^0C

Gambar grafik diatas menunjukkan hubungan antara efektifitas dengan debit air panas pada pengujian *double pipe*. Grafik diatas menjelaskan pada percobaan pertama pada flow meter dengan debit 27 Lpm untuk panas dan efektifitas 11%. Pada percobaaan kedua pada flow meter dengan debit 25 Lpm untuk panas dan efektifitas 17%. Dan percobaan ketiga pada flow meter dengan debit 22 Lpm untuk panas dan efektifitas 15 %.

4.7.5 Grafik Q air dingin dan efektifitas pada *duoble pipe*



Gambar 4.9 Grafik Q air dingin dan efektifitas pada *duoble pipe*

Gambar grafik diatas menunjukkan hubungan antara efektifitas dengan debit air dingin pada pengujian *double pipe*. Grafik diatas menjelaskan pada pecobaan pertama pada flow meter dengan debit air dingin 24 Lpm dan hasil efektifitas 11%. Pada pecobaaan kedua pada flow meter dengan debit air dingin 21 Lpm dan hasil efektifitas 17%. Dan percobaan ketiga pada flow meter dengan debit air dingin 15 Lpm dan hasil dan efektifitas 15%.

4.8 Data Hasil Pengujian Suhu 60^0C

- **Bukaan Kran *(ball vale)* air panas (m_h) 1 dan air dingin (m_c) 1**

Tabel 4.8.1 data hasil pengujian *double pipe* debit panas 27 Lpm dan dingin 27 Lpm.

Debit (Lpm)		Th_i	Th_o	Tc_i	Tc_o
Panas	Dingin	Air panas masuk	Air panas keluar	Air dingin masuk	Air dingin keluar
27	27	61	52,5	33,5	38,2
27	27	63	51,5	33,1	38,7
27	27	63	52	30	37,9
Total rata – rata		62,3	52	32,2	38,2

- **4.8.1.1 Perhitungan pertama**

Qc = 0,00445m^3/s

Qh = 0,00445 m^3/s

A = 0,00506 m^2

Vc = 0,782 m/s

Vh = 0,879 m/s

Ch = 0,001857

Cc = 0,001652

- 1 Lpm = 1,65 x 10^{-5} = 0,000165
- Panas Specifik : C_{ph} = 4,174 kj/kg

  C_{pc} = 4,179 kj/kg

- Q_{dingin} = 27 Lpm = 4,45 x 10^{-4} m/s = 0,00445 m^3/s
- Vc = – = ———————— = 0,879 m/s
- Q_{panas} = 27 Lpm = 4,45 x 10^{-4} m/s = 0,00445 m^3/s
- Vh = – = ———————— = 0,879 m/s
- $\dot{m}_{dingin}$ = Q . ρ

  = 4,45 x 10^{-4} m^3/s x 1000 kg/m^3

  = 0,445 kg/s
- C_c = Qc . Cpc

  = 4,45 x 10^{-4} x 4,174

  = 18,57 x 10^{-4}

  = 0,001857
- $\dot{m}_{panas}$ = Q . ρ

  = 4,45 x 10^{-4} x 1000 kg/m^3

  = 0,445 kg/s
- Ch = Qh . Cph

  = 4,45 x 10^{-4} x 4,179

  = 18,59 x 10^{-4}

  = 0,001859
- Th_i = 62,3^o C = 62,3 + 273 = 335,3^0 k

  Th_o = 52° C = 52 + 273 = 325^0 k

  Tc_i = 32,2^o C = 32,2 + 273 = 305,2^0 k

  Tc_o = 38,2 ^{o} C = 38,2 + 273 = 311,2^0 k

- ⬡ T_{LMTD} $\frac{(\quad)\ (\quad)}{(\quad)\ (\quad)} = \frac{(\quad)\ (\quad)}{(\quad)\ (\quad)}$

$=$

$= \frac{}{} = \frac{}{(\quad)} = \frac{}{} = 22{,}63$

- $\varepsilon = \frac{(\quad)\ (\quad)}{(\quad)} = \frac{(\quad)\ (\quad)}{(\quad)\ (\quad - \quad)}$

$= \frac{}{} = \frac{}{} = 0{,}20 \times 100\ \% = 20\%$

- **Bukaan Kran *(ball vale)* air panas (m_h) $^3/_4$ dan air dingin (m_c) $^3/_4$**

Tabel 4.8.2 data hasil pengujian *double pipe* debit panas 24 Lpm dan dingin 24 Lpm

Debit (Lpm)		Th_i	Th_o	Tc_i	Tc_o
Panas	Dingin	Air panas masuk	Air panas keluar	Air dingin masuk	Air dingin keluar
24	24	62	52,1	32,3	37,5
24	24	62	52,4	33,1	36,8
24	24	61	53	33,2	37,4
Total rata – rata		61,6	52,5	32,8	37,2

4.8.2.1 Perhitungan kedua

Qc = 0,00396 m^3/s

Qh = 0,00396 m^3/s

A = 0,00506 m^2

Vc = 0,782 m/s

Vh = 0,782 m/s

Ch = 0,001654

Cc = 0,001654

- 1 Lpm = 1,65 x 10^{-5} = 0,000165

- Panas Specifik : C_{ph} = 4,174 kj/kg

  C_{pc} = 4,179 kj/kg

- Q_{dingin} = 24 Lpm = 3,96 x 10^{-4} m/s = 0,00396 m^3/s

- Vc = — = ———— = 0,782 m/s

- Q_{panas} = 24 Lpm = 3,96 x 10^{-4} m/s = 0,00396 m^3/s

- Vh = — = ———— = 0,782 m/s

- $\dot{m}_{dingin}$ = Q . ρ

  = 3,96 x 10^{-4} m^3/s x 1000 kg/m^3

  = 0,396 kg/s

- C_c = Qc . Cpc

  = 3,96 x 10^{-4} x 4,174

  = 16,52 x 10^{-4}

  = 0,001377

- $\dot{m}_{panas}$ = Q . ρ

  = 3,96 x 10^{-4} x 1000 kg/m^3

  = 0,396 kg/s

- C_h = Qh . Cph

  = 3,96x 10^{-4} x 4,179

  = 16,54 x 10^{-4}

  = 0,001654

- Th_i = 61,6^o C = 61,6 + 273 = 334,6^0 k

  Th_o = 52,5^o C = 52,5 + 273 = 325,5^0 k

$Tc_i = 32{,}8^o\,C \quad = 32{,}8 + 273 \quad = 305{,}8^0\,k$

$Tc_o = 37{,}2\,^o\,C \quad = 37{,}2 + 273 \quad = 310{,}2^0\,k$

- ►► T_{LMTD} $\frac{(\qquad)\ (\qquad)}{(\qquad)\ (\qquad)} = \frac{(\qquad)\ (\qquad)}{(\qquad)\ (\qquad)}$

=

$= \frac{\qquad}{\qquad} = \frac{\qquad}{(\quad)} = \frac{\qquad}{\qquad} = 22{,}3$

- $\varepsilon = \frac{(\quad)\qquad(\qquad)}{(\qquad)} = \frac{(\qquad)\ (\qquad)}{(\qquad)\ (\quad - \quad)}$

$= \frac{\qquad}{\qquad} = \frac{\qquad}{\qquad} = 0{,}15 \times 100\ \% = 15\ \%$

UNIVERSITAS DARMA PERSADA