

## BAB IV DATA DAN PEMBAHASAN

### 4.1 Analisa Data

#### 4.1.1 Data Hasil Pengujian

Setelah dilakukan penelitian, didapatkan data pada tiap variasi debit aliran udara, antara lain yaitu :

- a. Temperatur air masuk *cooling tower*, ( $T_{w\ in}$ )
- b. Temperatur air keluar *cooling tower*, ( $T_{w\ out}$ )
- c. Temperatur bola kering udara masuk *cooling tower*, ( $T_1$ )
- d. Temperatur bola basah udara masuk *cooling tower*, ( $T_2$ )
- e. Temperatur bola kering udara keluar *cooling tower*, ( $T_3$ )
- f. Temperatur bola basah udara keluar *cooling tower*, ( $T_4$ )

Tabel 4.1 Tabel hasil pengambilan data

Temperatur lingkungan =  $27^{\circ}\text{C}$

Kelembaban relatif lingkungan = 76 %

Debit Udara (liter/detik)	Debit Air (liter/detik)	$T_{w\ in}$ ( $^{\circ}\text{C}$ )	$T_{w\ out}$ ( $^{\circ}\text{C}$ )	$T_1$ ( $^{\circ}\text{C}$ )	$T_2$ ( $^{\circ}\text{C}$ )	$T_3$ ( $^{\circ}\text{C}$ )	$T_4$ ( $^{\circ}\text{C}$ )
12	0,06	50	37	29	25	30	28
	0,05	50	35	28	24	32	30
	0,04	50	34	28.5	24	32	29
14	0,06	50	36.5	32	27	33	31
	0,05	50	34	30.5	26	33.5	31.5
	0,04	50	33	32	26	31	27.5
16	0,06	50	36	27	23	26.5	24
	0,05	50	33	32	26	36	32
	0,04	50	32.5	35	28	29	26
18	0,06	50	36	30.5	24	29	26
	0,05	50	32.5	32.5	26.5	36	32.5



	0,04	50	32	36	29	34	30
20	0,06	50	34	32	25.5	32	30.5
	0,05	50	32	28	24	35	32
	0,04	50	31	34	28	33	29

#### 4.1.2 Contoh Perhitungan Data

Perhitungan data dilakukan untuk mencari parameter-parameter yang diperlukan untuk menentukan nilai dari laju perpindahan kalor, efektivitas (*effectiveness*) *cooling tower*, dan *number of transfer unit* (NTU).

Data hasil pengamatan *cooling tower* dengan variasi debit aliran udara 12 liter/detik dengan debit air panas masuk 0.06 liter/detik adalah:

- Temperatur air masuk,  $T_{w\text{ in}}$  : 50<sup>o</sup>C
- Temperatur air keluar,  $T_{w\text{ out}}$  : 37<sup>o</sup>C
- Temperatur bola kering udara masuk,  $T_1$  : 29<sup>o</sup>C
- Temperatur bola basah udara masuk,  $T_2$  : 25<sup>o</sup>C
- Temperatur bola kering udara keluar,  $T_3$  : 30<sup>o</sup>C
- Temperatur bola basah udara keluar,  $T_4$  : 28<sup>o</sup>C
- Temperatur lingkungan : 27<sup>o</sup>C

##### 1. Perhitungan sifat-sifat udara masuk

- Kelembaban relatif masuk ( $\Phi_{\text{in}}$ )

Dari diagram psikrometri pada  $T_1$  : 29<sup>o</sup>C dan  $T_2$  : 25<sup>o</sup>C didapatkan harga kelembaban relatif,  $\Phi_{\text{in}}$  : 72 % atau 0,72

- Kelembaban absolut masuk ( $W_{\text{in}}$ )

Kelembaban absolut adalah perbandingan massa uap air dengan massa udara kering, yang dapat dihitung dengan

$$W_{\text{in}} = 0,622 \frac{p_{s\text{ in}}}{(p_t - p_{s\text{ in}})}$$

Sedangkan  $p_s$  adalah tekanan uap air parsial, yang didapat dari

$$p_{s\text{ in}} = \Phi_{\text{in}} \cdot p_g$$

Pada tabel sifat – sifat termodinamik udara jenuh, pada temperatur  $29^{\circ}\text{C}$ , didapat nilai  $p_g$  sebesar 4,0055 kPa, sehingga

$$p_{s\text{ in}} = 0,72 \cdot 4,0055$$

$$p_{s\text{ in}} = 2,88396 \text{ kPa}$$

jadi,

$$W_{\text{in}} = 0,622 \frac{2,88396}{101,3 - 2,88396}$$

$$W_{\text{in}} = 0,0182223 \text{ kg uap/kg udara kering}$$

- Laju aliran udara lembab masuk ( $m_{\text{moist in}}$ )

Pertama kali dihitung dahulu massa jenis udara yang masuk melalui pipa blower.

Dari tabel lembab udara pada temperatur  $29^{\circ}\text{C}$  didapatkan volume spesifik,  $v$  :  $0,891 \text{ m}^3/\text{kg}$

$$\text{Sehingga dapat diketahui } \rho_{\text{udara}} = \frac{1}{v} = \frac{1}{0,891} = 1,122334456 \text{ kg/m}^3$$

luas penampang pipa  $A = 2,025 \times 10^{-3} \text{ m}^2$ , dan kecepatan udara masuk adalah  $5,92 \text{ m/s}$

$$m_{\text{moist in}} = \rho \cdot v \cdot A$$

$$m_{\text{moist in}} = 1,122334456 \times 5,92 \times 2,025 \cdot 10^{-3}$$

$$= 0,13454545 \text{ kg/s}$$

- Laju uap air dalam udara

$$\dot{m}_{v,\text{in}} = \frac{\dot{m}_{\text{moist air}}}{\left(\frac{1}{W_{\text{in}}}\right) + 1}$$

$$\dot{m}_{v,\text{in}} = \frac{0,13454545}{\left(\frac{1}{0,0182223}\right) + 1}$$

$$= 0,00240785 \text{ kg/s}$$

Pada temperatur  $29^{\circ}\text{C}$  memiliki entalpi uap air sebesar  $h_{g\text{ in}} = 2554,55 \text{ kJ/kg}$  (Tabel A-1 sifat – sifat cairan dan uap jenuh)

$$h_{\text{air in}} = c_p \cdot T_1 + W_{\text{in}} \cdot h_{g\text{ in}}$$

$$= 1 \cdot 29 + 0,0182223 \cdot 2554,55$$

$$= 75,549776465 \text{ kJ/kg}$$

- Laju aliran massa udara kering ( $m_{\text{dry air}}$ )



$$\begin{aligned} m_{\text{dry air}} &= m_{\text{moist in}} - \dot{m}_{v,\text{in}} \\ &= 0,13454545 - 0,00240785 \\ &= 0,1321376 \text{ kg/s} \end{aligned}$$

## 2. Perhitungan sifat-sifat udara keluar

- Kelembaban relatif ( $\Phi_{\text{out}}$ )

Dari diagram psikrometri pada  $T_3 : 30^{\circ}\text{C}$  dan  $T_4 : 28^{\circ}\text{C}$  didapatkan harga kelembaban relatif,  $\Phi_{\text{out}} : 85\%$  atau 0,85

- Kelembaban absolut ( $W_{\text{out}}$ )

$$W_{\text{out}} = 0,622 \frac{p_{s \text{ out}}}{(p_t - p_{s \text{ out}})}$$

$p_{s \text{ out}}$  didapat dari,

$$p_{s \text{ out}} = \Phi_{\text{out}} \cdot p_g \text{ out}$$

Dari tabel A-2 sifat-sifat termodinamik udara jenuh pada temperatur  $30^{\circ}\text{C}$ , diperoleh harga  $p_g = 4,2431 \text{ kPa}$ , sehingga

$$\begin{aligned} P_{s \text{ out}} &= \Phi_{\text{out}} \cdot p_g \\ &= 0,85 \cdot 4,2431 \\ &= 3,6066435 \text{ kPa} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Jadi } W_{\text{out}} &= 0,622 \frac{3,6066435}{(101,3 - 3,6066435)} \\ &= 0,022962997 \text{ kg uap/ kg udara kering} \end{aligned}$$

Dari tabel A-1 sifat-sifat cairan dan uap jenuh pada temperatur  $30^{\circ}\text{C}$ , didapatkan harga entalpi uap air ( $h_g$ ) sebesar  $2556,4 \text{ kJ/kg}$  dengan kandungan entalpi:

$$\begin{aligned} h_{\text{air out}} &= c_p \cdot T_3 + W_{\text{out}} \cdot h_g \\ &= 1 \cdot 30 + 0,022962997 \cdot 2556,4 \\ &= 88,70260553 \text{ kJ/kg} \end{aligned}$$

- Laju aliran uap keluar ( $m_{v \text{ out}}$ )

$$\begin{aligned} m_{v \text{ out}} &= W_{\text{out}} \cdot m_{\text{dry air}} \\ &= 0,022962997 \cdot 0,002410884 \\ &= 0,003032641 \text{ kg/s} \end{aligned}$$

- Laju Penguapan ( $m_{\text{evaporation}}$ )

Selisih dari nilai massa uap keluar ( $m_{v \text{ out}}$ ) dengan uap masuk ( $m_{v \text{ in}}$ ) merupakan laju penguapan yang nilainya sebesar

$$\begin{aligned} m_{\text{evaporation}} &= m_{v \text{ out}} - m_{v \text{ in}} \\ &= 0,003032641 - 0,00240785 \\ &= 6,31856 \times 10^{-5} \text{ kg/s} \end{aligned}$$

- Laju aliran udara lembab keluar ( $m_{\text{moist out}}$ )

Merupakan penjumlahan laju udara lembab masuk ( $m_{\text{moist in}}$ ) dan laju penguapan ( $m_{\text{evaporation}}$ )

$$\begin{aligned} m_{\text{moist out}} &= m_{\text{moist in}} + m_{\text{evaporation}} \\ &= 0,13454545 + 0,000631856 \\ &= 0,135186401 \text{ kg/s} \end{aligned}$$

### 3. Perhitungan sifat-sifat air

- Laju aliran air masuk ( $m_{w \text{ in}}$ )

Debit airmasuk : 3,6 liter/menit = 0,06 liter/s

$$m_{w \text{ in}} = 0,06 \text{ kg/s}$$

dengan entalpi ( $h_{g \text{ in}}$ ) pada temperatur 50 °C sebesar 209,26 kJ/kg dari tabel A-1 sifat –sifat cairan dan uap jenuh.

- Laju aliran air keluar ( $m_{w \text{ out}}$ )

Didapat dari laju aliran massa air masuk ( $m_{w \text{ in}}$ ) dikurangi besarnya laju penguapan ( $m_{\text{evaporation}}$ ) yaitu

$$\begin{aligned} m_{w \text{ out}} &= m_{w \text{ in}} - m_{\text{evaporation}} \\ &= 0,06 - 0,000631856 \\ &= 0,059368144 \text{ kg/s} \end{aligned}$$

Pada temperatur air keluar *cooling tower* ( $T_{w \text{ out}} = 37^{\circ}\text{C}$ ) memiliki nilai entalpi sebesar,  $h_{g \text{ out}} = 154,915 \text{ kJ/kg}$  dari tabel A-1 sifat –sifat cairan dan uap jenuh.

### 4. Nilai kalor yang dilepas oleh air ( $q_{\text{out}}$ )

Didapat dari penjumlahan kalor yang dilepas oleh air saat masuk *cooling tower* dikurangi nilai kalor yang dilepas oleh air saat keluar *cooling tower*.

$$\begin{aligned} q_{\text{out}} &= (m_{w \text{ in}} \cdot h_{g \text{ in}}) - (m_{w \text{ out}} \cdot h_{g \text{ out}}) \\ &= (0,06 \cdot 209,26) - (0,059368144 \cdot 154,915) \\ &= 3,35857224 \text{ kJ/s} \end{aligned}$$

### 5. Nilai kalor maksimum yang mungkin dilepas ( $q_{\text{max}}$ )

Kalor maksimum yang mungkin dilepas *cooling tower* akan mencapai maksimum bila temperatur air keluar ( $T_{w \text{ out}}$ ) sama dengan temperatur bola basah udara masuk ( $T_2$ ) yaitu  $25^{\circ}\text{C}$ . Pada temperatur  $25^{\circ}\text{C}$ , air yang keluar dari *cooling tower* mempunyai kandungan entalpi cairan sebesar  $h_{g \text{ wb}} = 104,77 \text{ kJ/kg}$  dari tabel A-1 sifat –sifat cairan dan uap jenuh.

$$\begin{aligned} \text{Jadi } q_{\text{max}} &= (m_{w \text{ in}} \cdot h_{g \text{ in}}) - (m_{w \text{ out}} \cdot h_{g \text{ wb}}) \\ &= (0,06 \cdot 209,26) - (0,059368144 \cdot 104,77) \\ &= 6,33559955 \text{ kJ/s} \end{aligned}$$

#### 6. Efektifitas/Effectivness ( $\epsilon$ )

*Effectivness* merupakan perbandingan antara kalor aktual yang dilepas *cooling tower* dengan kalor maksimum yang mungkin dapat dilepas *cooling tower*, adalah

$$\begin{aligned} \epsilon &= \frac{q_{\text{out}}}{q_{\text{max}}} \\ \epsilon &= \frac{3,35857224}{6,33559955} \\ &= 0,5301111936 \end{aligned}$$

#### 7. Number of Transfer Unit (NTU)

$$NTU = - \frac{\ln \left( \frac{1-\epsilon}{1-\epsilon m^*} \right)}{1-m^*}$$

$$m^* \text{ dicari dari persamaan, } m^* = \frac{\dot{m}_{\text{moist in}} \cdot C_s}{\dot{m}_{\text{moist out}} \cdot C_p}$$

dan  $C_s$  merupakan kalor spesifik standar yaitu perbandingan  $\Delta h$  dengan  $\Delta T$  aktual

$$C_s = \frac{h_{g \text{ in}} - h_{g \text{ out}}}{T_{w \text{ in}} - T_{w \text{ out}}}$$

$$C_s = \frac{209,26 - 104,77}{50 - 37}$$

$$= 4,18038462 \text{ kJ/kg}^{\circ}\text{C}$$

$$m^* = \frac{0,13454545}{0,135186401} \cdot \frac{4,18038462}{4,184}$$

$$= 0,995350338$$

Jadi

$$NTU = - \frac{\ln \left( \frac{1 - 0,5301111936}{1 - 0,5301111936 \cdot 0,995350338} \right)}{1 - 0,995350338}$$



$$NTU = 1,125214434$$

#### 4.1.3 Hasil Pengolahan Data

Hasil pengolahan data akan di tampilkan dalam bentuk tabel 4.2 berikut ini :

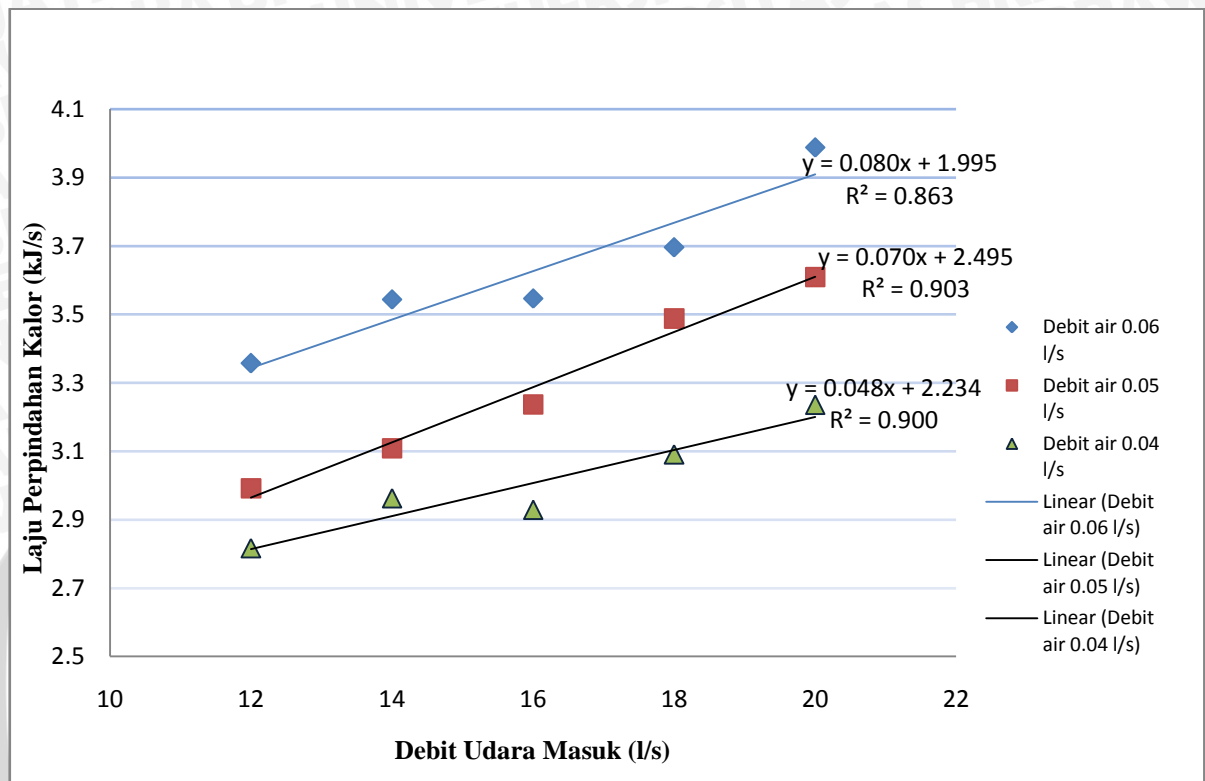
Tabel 4.2 : Tabel Hasil Pengolahan Data

Temperatur lingkungan : 27 °C

Debit Udara (liter/detik)	Debit Air (liter/detik)	q out(kJ/s)	q out (Watt)	q max(kJ/s)	Effectivness	NTU
12	0,06	3,358572247	3358,572246	6,335599558	0,530111193	1,125214434
	0,05	2,991487654	2991,487654	5,550493869	0,538958825	1,163218619
	0,04	2,816888182	2816,888182	4,446901238	0,633449684	1,717290975
14	0,06	3,543736209	3543,736209	5,838561189	0,530116578	1,137513874
	0,05	3,108765478	3108,765478	5,179655088	0,600187739	1,490476112
	0,04	2,96287258	2962,87258	4,107374584	0,721354364	2,570144415
16	0,06	3,546429228	3546,429228	6,793531842	0,548744878	1,215091935
	0,05	3,236758387	3236,758387	5,19786865	0,622708769	1,637803156
	0,04	2,929068057	2929,068057	3,699860377	0,791669896	3,413845389
18	0,06	3,696139117	3696,139117	6,643611343	0,556344874	1,249239861
	0,05	3,487683784	3487,683784	5,096594814	0,684316472	2,131058799
	0,04	3,090877428	3090,877428	3,584675483	0,862247487	6,198978823
20	0,06	3,987563434	4302,563241	6,361475066	0,626830003	1,666967485
	0,05	3,608787474	3608,787474	5,699073158	0,633223574	1,709442284
	0,04	3,235696309	3235,696309	3,731212616	0,867196979	6,486010151

## 4.2 Pembahasan Grafik

### 4.2.1 Grafik Pengaruh Variasi Debit Udara dan Debit Air Masuk terhadap Laju Perpindahan Kalor *Cooling Tower*



Gambar 4.1 Grafik pengaruh variasi debit udara dan debit air masuk terhadap laju perpindahan kalor *cooling tower*

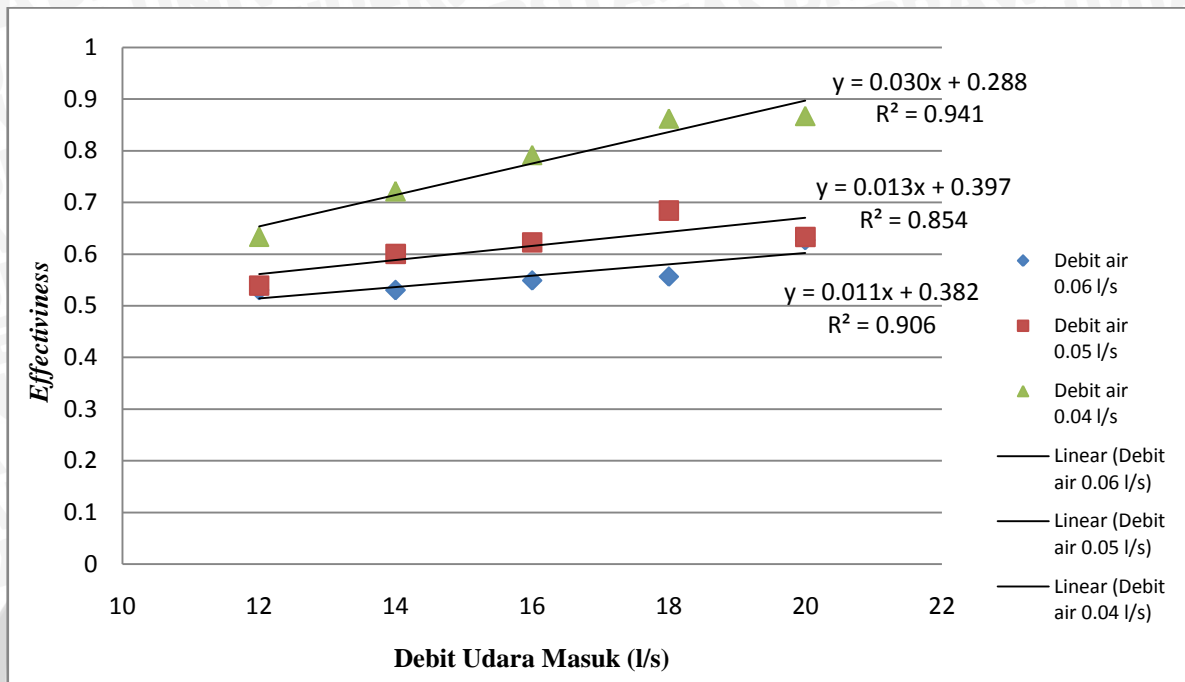
Dari gambar 4.1 dapat diketahui bahwa hubungan antara debit aliran udara masuk terhadap laju perpindahan kalor yaitu semakin besar debit aliran udara laju perpindahan kalor juga semakin besar. Pada linier debit air 0,04 l/s kecenderungannya naik dari debit udara 12 l/s, 14 l/s, 16 l/s, 18 l/s dan 20 l/s yaitu 2,816888182kJ/s, 2,96287258kJ/s, 2,929068057kJ/s, 3,090877428kJ/s dan 3,235696309kJ/s. Terjadi penurunan laju perpindahan kalor pada debit udara 16 l/s. Hal ini diakibatkan laju penguapan ( $m_{\text{evaporation}}$ ) yang kecil sehingga laju air keluar ( $m_{\text{w out}}$ ) juga semakin besar dan akibatnya laju perpindahan kalornya ( $q_{\text{out}}$ ) juga semakin kecil yang didapat dari persamaan  $q_{\text{out}} = (m_{\text{w in}} \cdot h_{\text{w in}}) - (m_{\text{w out}} \cdot h_{\text{w out}})$ . Kecilnya laju penguapan tersebut diakibatkan ketika butiran air yang disemprotkan dari *nozzles* saat menyentuh *filler*, air mengumpul dan tidak menjadi butiran – butiran kecil lagi sehingga ketika menetes kebawah melewati lubang udara, udara tidak mampu memindahkan seluruh kalor pada permukaan air tersebut karena permukaan air yang terlalu luas. Kemudian penyebab



lainnya bisa diakibatkan karena penurunan temperature  $T_{w\ out}$  yang lebih kecil dari debit udara 14 l/s sehingga  $\Delta T$  yang dihasilkan juga semakin kecil, dimana persamaan perpindahan kalor yaitu  $q = \dot{m} \cdot C_p \cdot \Delta T$  akibatnya laju perpindahan kalor juga kecil. Hal ini menunjukkan bahwa udara membutuhkan waktu untuk memindahkan kalor, apabila debit udara terlalu besar maka kontak antara permukaan air dan udara terjadi begitu cepat sehingga hanya sedikit kalor dari air yang dipindahkan oleh udara. Untuk linear debit air 0,05 l/s terjadi peningkatan laju perpindahan kalor saat debit udara semakin diperbesar dari 12 l/s, 14 l/s, 16 l/s, 18 l/s dan 20 l/s yaitu 2.991487654 kJ/s, 3.108765478 kJ/s, 3.236758387 kJ/s, 3.487683784 kJ/s, dan 3.608787474 kJ/s. Untuk linier debit air 0,06 l/s terjadi kecenderungan peningkatan laju perpindahan kalor saat debit udara naik dari 12 l/s, 14 l/s, 16 l/s, 18 l/s dan 20 l/s yaitu 3,357019467 kJ/s, 3,543736209 kJ/s, 3,546429228 kJ/s, 3,696139117 kJ/s dan 4,302563241 kJ/s. Hal ini terjadi karena semakin tinggi debit udara masuk cooling tower, maka perbandingan laju massa alir antara air dan udara yang masuk *cooling tower* semakin kecil, sehingga laju perpindahan kalor semakin besar, karena semakin banyak udara didalam *cooling tower* yang tergantikan oleh udara yang baru sehingga semakin banyak pula kalor yang dilepas ke atmosfer ( $q_{out}$ ).

Sedangkan dari ketiga linier, linier debit air 0,06 l/s adalah yang teratas, kemudian linier 0,05 l/s kedua dan yang terakhir linier 0,04 l/s. Hal ini disebabkan dengan debit air semakin besar maka aliran akan semakin turbulen dan ketika keluar melalui *nozzle* butiran air yang dihasilkan lebih kecil dari pada debit air 0,05 dan 0,06 l/s, maka udara lebih mudah memindahkan kalor dari permukaan air yang lebih kecil dan akibatnya semakin banyak pula jumlah kalor yang dipindahkan. Jumlah kalor yang dilepas oleh air sebanding dengan jumlah kalor yang diserap oleh udara. Semakin banyak kalor yang dilepas oleh air maka semakin banyak pula kalor yang diserap oleh udara. Laju perpindahan kalor akan sebanding dengan perbedaan temperatur air masuk dengan temperatur air keluar *cooling tower*, sesuai dengan persamaan  $q = \dot{m} \cdot C_p \cdot \Delta T$ . Dengan perbedaan temperatur besar pula menyebabkan laju perpindahan kalor semakin tinggi. Dapat diketahui dari grafik bahwa nilai laju perpindahan kalor paling kecil terjadi pada debit udara 12 l/s dan debit air 0,04 l/s yaitu 3,357019467 l/s dan nilai laju perpindahan kalor terbesar yaitu pada debit udara 20 l/s dan debit air 0,06 l/s yaitu 4,302563241 kJ/s.

#### 4.2.2 Grafik Pengaruh Variasi Debit Udara dan Debit Air Masuk terhadap Efektivitas (*Effectiveness*) *Cooling Tower*

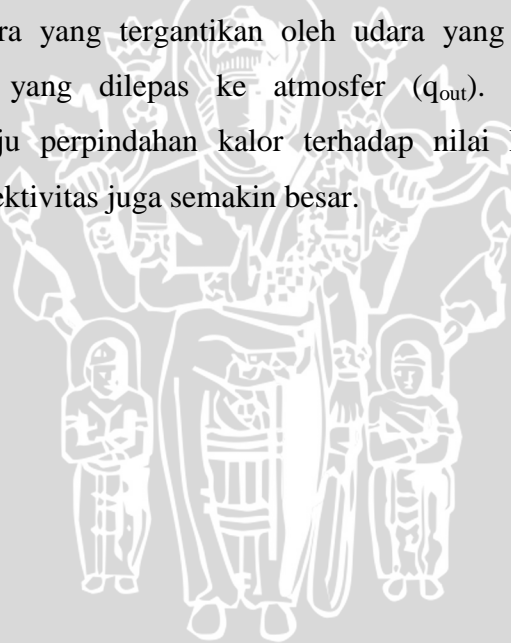


Gambar 4.2 Grafik pengaruh variasi debit udara dan debit air masuk terhadap efektivitas (*effectiveness*) *cooling tower*

Hubungan antara variasi debit aliran udara dan debit air masuk *cooling tower* terhadap efektivitas *cooling tower* tersaji dalam grafik 4.2. Dari ketiga linier debit air 0,04 l/s, 0,05 l/s dan 0,06 l/s efektivitas tertinggi yaitu linier debit air 0,04 l/s kemudian linear debit air 0,05 l/s dan yang terakhir linear 0,06 l/s. Kecenderungan ini berbeda dengan grafik laju perpindahan kalor, hal ini disebabkan karena perbandingan kalor aktual yang dilepas oleh air ( $q_{out}$ ) dan kalor yang mungkin dilepas oleh air ( $q_{max}$ ) sesuai persamaan efektivitas  $\varepsilon = \frac{q_{out}}{q_{max}}$ . Nilai  $q_{out}$  yang dihasilkan linear debit air 0,04 l/s hampir mendekati nilai  $q_{max}$  nya, hal ini menunjukkan bahwa pada debit air 0,04 l/s dengan kenaikan debit aliran udara menghasilkan laju perpindahan kalor yang lebih mendekati nilai teoritisnya daripada linear debit air 0,05 l/s dan 0,06 l/s. Linear debit air 0,05 l/s dan 0,06 l/s memiliki nilai laju perpindahan kalor ( $q_{out}$ ) yang besar, tetapi nilai tersebut tidak mendekati teoritisnya ( $q_{max}$ ) dan hal ini menunjukkan bahwa efektivitas dari debit air 0,05 l/s dan 0,06 l/s dengan kenaikan debit udara masuk lebih rendah dari debit air 0,04 l/s

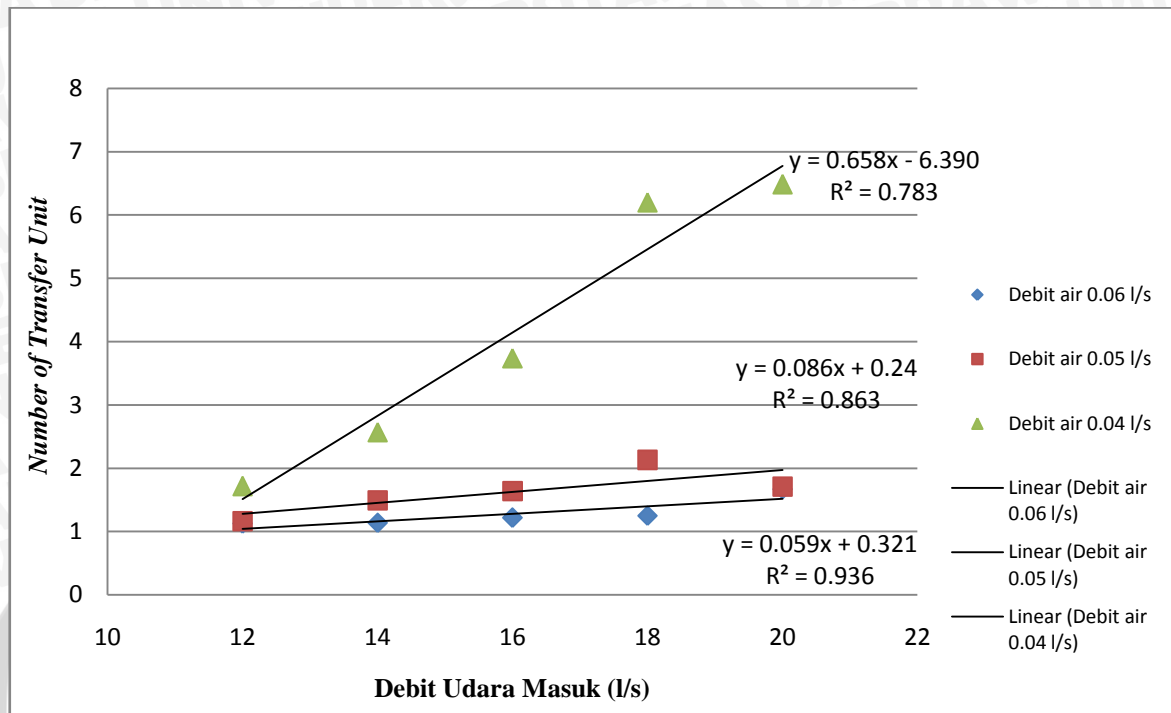


Dari gambar 4.2 diatas nilai terkecil efektivitas terjadi pada debit udara 12l/sdan debit air 0,06l/syaitu sebesar 0.529954612. Nilai efektivitas terbesar pada debit udara 20 l/sdan debit air 0,04l/syaitu 0.867196979, kemudian pada debit air yang sama tetapi dengan debit udara 18 l/sterjadi penurunan efektivitas menjadi 0.862247487. Penurunan nilai efektivitas ini menunjukkan bahwa dengan variasi debit aliran udara akan memberikan pengaruh pada efektivitas *cooling tower*. Peningkatan maupun penurunan nilai *effectiveness* juga sebanding dengan kenaikan dan penurunan variasi debit aliran udara masuk *cooling tower*. Pada gambar 4.2 di atas dapat dilihat bahwa pada variasi debit air masuk *cooling tower* yang sama, semakin tinggi debit udara masuk *cooling tower* maka laju perpindahan kalor juga semakin tinggi. Hal ini terjadi karena semakin tinggi debit udara masuk *cooling tower*, maka perbandingan laju massa alir antara air dan udara yang masuk *cooling tower* semakin kecil, sehingga laju perpindahan kalor semakin besar, karena semakin banyak udara yang tergantikan oleh udara yang baru maka semakin banyak pula kalor yang dilepas ke atmosfer ( $q_{out}$ ). Sehingga semakin mendekatinyanilai laju perpindahan kalor terhadap nilai kalor yang mungkin dilepas, maka nilai efektivitas juga semakin besar.





#### 4.2.3 Grafik Pengaruh Variasi Debit Udara dan Debit Air Masuk terhadap *Number of Transfer Unit (NTU) Cooling Tower*



Gambar 4.3 Grafik pengaruh variasi debit udara dan debit air masuk terhadap *number of transfer unit (NTU) cooling tower*

Grafik pada gambar 4.3 menunjukkan hubungan debit aliran udara masuk terhadap *number of transfer unit (NTU) cooling tower* dengan variasi debit air masuk. Grafik tersebut menunjukkan pada variasi debit air yang sama, maka nilai *number of transfer unit (NTU) cooling tower* semakin besar seiring dengan bertambahnya debit udara masuk *cooling tower*, nilai *number of transfer Unit (NTU)* terkecil terjadi pada debit udara masuk 12 l/s dan akan meningkat seiring dengan bertambahnya debit udara masuk hingga debit 20 l/s pada tiap variasi debit air. Pada variasi debit air 0,04 nilai *Number of Transfer Unit (NTU)* yaitu 1.717290975 pada debit udara masuk 12 l/s dan meningkat hingga 6.486010151 pada debit udara masuk 20 l/s. Hal ini terjadi karena semakin tinggi debit udara masuk menyebabkan kecepatan udara masuk *cooling tower* juga semakin tinggi dan semakin banyak pula udara didalam *cooling tower* yang tergantikan oleh udara baru.

Dari gambar 4.3 dapat diketahui bahwa hubungan antara debit udara dan debit air masuk terhadap laju perpindahan kalor yaitu semakin besar debit aliran udara pada debit air yang sama maka nilai *number of transfer unit (NTU)* juga semakin besar. Nilai

*number of transfer unit (NTU)* terkecil terjadi pada debit udara masuk *cooling tower* 12 l/s dengan debit air 0,06 l/s yaitu 1.124598418. Sedangkan pada debit air yang sama dengan penambahan debit udara menjadi 14 l/s mengalami peningkatan nilai *number of transfer unit (NTU)* yaitu menjadi 1.561774311. Nilai *number of transfer unit (NTU)* tertinggi terjadi pada debit udara masuk 20 l/s dengan debit air 0,04 l/s yaitu sebesar 6.486010151. Kecenderungan peningkatan *number of transfer unit (NTU)* pada *cooling tower* disebabkan karena efektivitas ( $\epsilon$ ). Efektivitas memberikan pengaruh

pada nilai *NTU*, yang mana  $NTU = -\frac{\ln\left(\frac{1-\epsilon}{1-\epsilon m^*}\right)}{1-m^*}$  (Lu lu, 2000 : 3) sehingga semakin tinggi nilai efektivitas ( $\epsilon$ ) maka nilai *number of transfer unit (NTU)* juga semakin tinggi.

