

BAB IV DATA DAN PEMBAHASAN

4.1 Analisa Data

4.1.1 Data Hasil Pengujian

Setelah dilakukan penelitian, didapatkan data-data pada tiap variasi sudut aliran udara, berupa:

- 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 pada temperatur lingkungan 27 °C dengan kelembaban relatif lingkungan 74 %

Sudut aliran udara dari blower (°)	Q (l/s)	$T_{w\ in}$ (°C)	$T_{w\ out}$ (°C)	T_1 (°C)	T_2 (°C)	T_3 (°C)	T_4 (°C)
0	20	50	40	31	23	32	25
	25	50	37,5	29	24	30	27
	30	50	35	28,5	22,5	33	30
15	20	50	38	31	23	31	30,5
	25	50	37	29	22,5	32	28
	30	50	36,5	26	22,5	33	30
30	20	50	37	29	23	29	24
	25	50	36	27,5	23	30	25
	30	50	35	31	23	33	32
45	20	50	36,5	30,5	23	31	25
	25	50	36	29,5	23,5	33	31
	30	50	34	30	23	33	27
60	20	50	37	28	22,5	31	28
	25	50	36,5	28	23,5	28	27
	30	50	36	28,5	23	31	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 sudut aliran udara 0° dengan debit udara masuk 20 liter/detik:

- Temperatur air masuk ($T_{w\text{in}}$) = 50°C
- Temperatur air keluar ($T_{w\text{out}}$) = 40°C
- Temperatur bola kering udara masuk (T_1) = 31°C
- Temperatur bola basah udara masuk (T_2) = 23°C
- Temperatur bola kering udara keluar (T_3) = 32°C
- Temperatur bola basah udara keluar (T_4) = 25°C
- Temperatur lingkungan = 27°C

1. Perhitungan sifat-sifat udara masuk

- Kelembaban relatif (Φ_{in})

Dari diagram psikrometri pada $T_1 : 31^\circ\text{C}$ dan $T_2 : 23^\circ\text{C}$ didapatkan harga kelembaban relatif, $\Phi_{\text{in}} : 64\%$ atau 0,64

- Kelembaban absolut (ω_{in})

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

$$\omega_{\text{in}} = 0,622 \frac{p_{v\text{in}}}{(p - p_{v\text{in}})}$$

Sedangkan $p_{v\text{in}}$ adalah tekanan parsial uap air, yang didapat dari

$$p_{v\text{in}} = \Phi_{\text{in}} \cdot p_{g\text{in}}$$

Pada tabel sifat uap air pada temperatur 31°C , dari interpolasi didapat nilai $p_{g\text{in}}$ sebesar 4,497 kPa, sehingga:

$$p_{v\text{in}} = 0,64 \cdot 4,497$$

$$p_{v\text{in}} = 2,87808 \text{ kPa}$$

jadi

$$\omega_{\text{in}} = 0,622 \frac{2,87808}{101,3 - 2,87808}$$

$$\omega_{\text{in}} = 0,016300998 \text{ kg uap/kg udara kering}$$

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

Pertama kali dihitung dahulu massa jenis udara yang masuk melalui katup udara.

Dari tabel lembab udara pada temperatur 31°C didapatkan volume spesifik, v :

$$0,9014 \text{ m}^3/\text{kg}$$

$$\text{Sehingga dapat diketahui } \rho_{\text{udara}} = \frac{1}{v} = \frac{1}{0,9014} = 1,115946881 \text{ kg/m}^3$$

luas penampang $A_u = 2,237 \times 10^{-3} \text{ m}^2$, dan kecepatan udara masuk adalah 9 m/s

$$m_{\text{moist in}} = \rho v A_u$$

$$\begin{aligned} m_{\text{moist in}} &= 1,15946881 \times 9 \times 2,237 \cdot 10^{-4} \\ &= 0,013223971 \text{ kg/s} \end{aligned}$$

- Laju uap air dalam udara

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

$$\begin{aligned} \dot{m}_{v.in} &= \frac{0,013223971}{\left(\frac{1}{0,016300998}\right) + 1} \\ &= 0,000212106 \text{ kg/s} \end{aligned}$$

dengan kandungan energi sebesar $h_{v.in} = 2558,2 \text{ kJ/kg}$

$$\begin{aligned} h_{\text{air in}} &= c_p \cdot T_1 + \omega_{in} \cdot h_{v.in} \\ &= 1 \cdot 31 + 0,016300998 \cdot 2558,2 \\ &= 71,67187044 \text{ kJ/kg} \end{aligned}$$

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

$$\begin{aligned} m_{\text{dry air}} &= m_{\text{moist in}} - m_{v.in} \\ &= 0,013223971 - 0,000212106 \\ &= 0,013011864 \text{ kg/s} \end{aligned}$$

2. Perhitungan sifat-sifat udara keluar

- Kelembaban relatif (Φ_{out})

Dari diagram psikrometri pada $T_3: 32 \text{ }^\circ\text{C}$ dan $T_4: 25 \text{ }^\circ\text{C}$ didapatkan harga kelembaban relatif, $\Phi_{\text{out}}: 68\%$ atau 0,68

- Kelembaban absolut (ω_{out})

$$\omega_{\text{out}} = 0,622 \frac{p_{v \text{ out}}}{(p - p_{v \text{ out}})}$$

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

$$p_{v \text{ out}} = \Phi_{\text{out}} \cdot p_{g \text{ out}}$$

Dari tabel sifat-sifat uap jenuh pada temperatur $32 \text{ }^\circ\text{C}$, diperoleh harga:

$$p_{g \text{ out}} = 4.753 \text{ kPa,}$$

sehingga:

$$p_{v \text{ out}} = \Phi_{\text{out}} \cdot p_{g \text{ out}}$$

$$= 0,68 \cdot 4,753$$

$$= 3,057 \text{ kPa}$$

$$\text{Jadi } \omega_{\text{out}} = 0,622 \frac{3,057}{(101,3 - 3,057)}$$

$$= 0,0193546 \text{ kg uap/ kg udara kering}$$

Dari tabel sifat-sifat uap jenuh pada temperatur 32°C , didapatkan harga entalpi uap air sebesar $2560,0 \text{ kJ/kg}$. Dengan kandungan entalpi:

$$\begin{aligned} h_{\text{air out}} &= c_p \cdot T_3 + \omega_{\text{out}} \cdot h_{v \text{ out}} \\ &= 1 \cdot 31 + 0,01935460 \cdot 2560,0 \\ &= 80,51293856 \text{ kJ/kg} \end{aligned}$$

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

$$\begin{aligned} m_{v \text{ out}} &= \omega_{\text{out}} \cdot m_{\text{dry air}} \\ &= 0,01935460 \cdot 0,013011864 \\ &= 0,000251839 \text{ kg/s} \end{aligned}$$

- 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:

$$\begin{aligned} m_{\text{evaporation}} &= m_{v \text{ out}} - m_{v \text{ in}} \\ &= 0,000251839 - 0,000212106 \\ &= 3,97331 \times 10^{-5} \text{ kg/s} \end{aligned}$$

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

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

$$\begin{aligned} m_{\text{moist out}} &= m_{\text{moist in}} + m_{\text{evaporation}} \\ &= 0,013223971 + 0,0000397331 \\ &= 0,013263704 \text{ kg/s} \end{aligned}$$

3. Perhitungan sifat-sifat air

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

Debit air masuk : $1,5 \text{ liter/menit} = 0,025 \text{ l/s}$

$$m_{w \text{ in}} = 0,025 \text{ kg/s}$$

dengan entalpi ($h_{w \text{ in}}$) pada temperatur 50°C sebesar $209,26 \text{ kJ/kg}$

- 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:

$$\begin{aligned} m_{w \text{ out}} &= m_{w \text{ in}} - m_{\text{evaporation}} \\ &= 0,025 - 0,000039733 \\ &= 0,024960267 \text{ kg/s} \end{aligned}$$

Pada temperatur air keluar *cooling tower* ($T_{w \text{ out}}$) = 40 °C memiliki nilai entalpi sebesar, $h_{w \text{ out}} = 167,45 \text{ kJ/kg}$

4. Nilai kalor yang dilepas oleh air (q_{out})

$$\begin{aligned} q_{\text{out}} &= (m_{w \text{ in}} \cdot h_{w \text{ in}}) - (m_{w \text{ out}} \cdot h_{w \text{ out}}) \\ &= (0,025 \cdot 209,26) - (0,024960267 \cdot 167,45) \\ &= 1,051903301 \text{ kJ/s} \end{aligned}$$

5. Nilai kalor maksimum yang mungkin dilepas (q_{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). Pada temperatur 23 °C, air yang keluar dari *cooling tower* mempunyai kandungan energi sebesar $h_{w \text{ wb}} = 96,41 \text{ kJ/kg}$.

$$\begin{aligned} \text{Jadi } q_{\text{max}} &= (m_{w \text{ in}} \cdot h_{w \text{ in}}) - (m_{w \text{ out}} \cdot h_{w \text{ wb}}) \\ &= (0,025 \cdot 209,26) - (0,024960267 \cdot 96,41) \\ &= 2,720746749 \text{ kJ/s} \end{aligned}$$

6. Efektifitas/*Effectiveness* (ϵ)

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

$$\epsilon = \frac{q_{\text{out}}}{q_{\text{max}}}$$

$$\begin{aligned} \epsilon &= \frac{1,051903301}{2,720746749} \\ &= 0,3866230011 \end{aligned}$$

7. *Number of Transfer Unit (NTU)*

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

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

dan C_s merupakan kalor spesifik standar yaitu perbandingan Δh dengan ΔT aktual

$$C_s = \frac{hw_{in} - hw_{out}}{T_{wi} - T_{wo}}$$

$$C_s = \frac{209,26 - 167,45}{50 - 40}$$

$$= 4,181 \text{ kJ/kg}^{\circ}\text{C}$$

$$m^* = \frac{0,013223971}{0,025} \cdot \frac{4,181}{4,18}$$

$$= 0,529085367$$

Jadi

$$NTU = - \frac{\ln \left(\frac{1 - 0,386623011}{1 - 0,386623011 \cdot 0,529085367} \right)}{1 - 0,529085367}$$

$$NTU = 0,551947143$$

4.1.3 Hasil Pengolahan Data

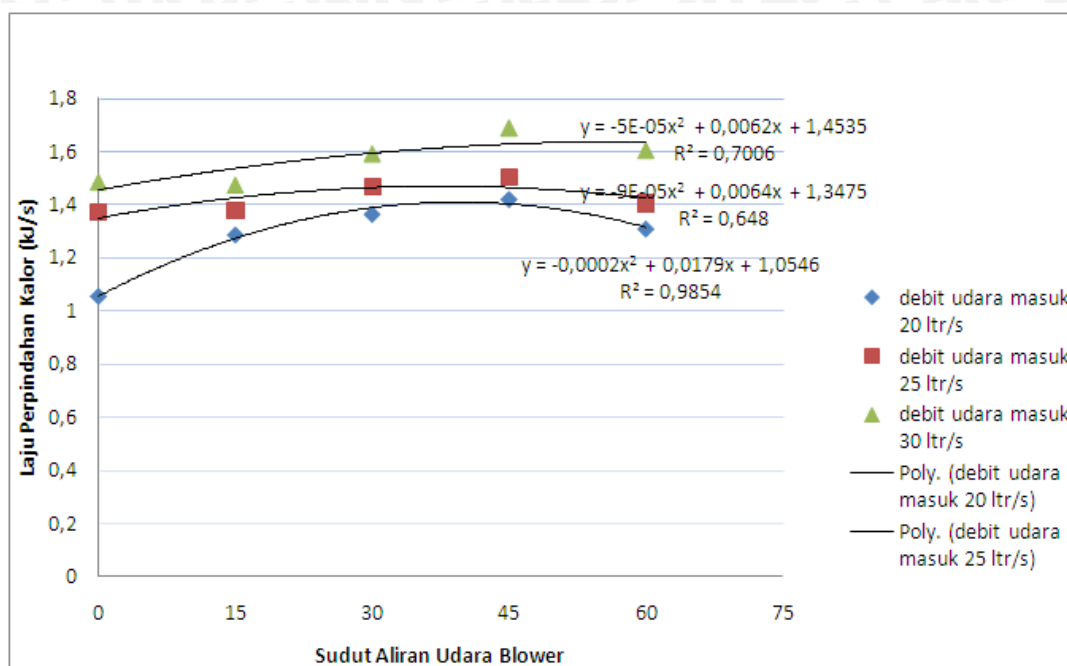
Hasil pengolahan data akan di tampilkan dalam bentuk tabel 4.2 berikut ini:

Tabel 4.2 Tabel Hasil Pengolahan Data pada Temperatur lingkungan 27 °C

Sudut aliran udara (°c)	Q (l/s)	q out(kJ/s)	q out (Watt)	q max(kJ/s)	Effectivness	NTU
0	20	1,051903	1051,903	2,72074675	0.386623	0.551947
	25	1,370125	1370,125	2,82832929	0.484429	0.779587
	30	1,484517	1484,517	2,88696316	0.514214	0.860279
15	20	1,28511	1285,11	2,83995127	0.452511	0.718925
	25	1,377337	1377,337	2,88481703	0.477443	0.786475
	30	1,472842	1472,842	2,88191673	0.511464	0.885336
30	20	1,362984	1362,984	2,82388528	0.482663	0.828356
	25	1,467487	1467,487	2,82411962	0.519626	0.946674
	30	1,591217	1591,217	2,8368518	0.56091	1.086647
45	20	1,419847	1419,847	2,82698837	0.502247	0.915622
	25	1,502578	1502,578	2,79486167	0.537621	1.0432
	30	1,688874	1688,874	2,83267614	0.596212	1.288725
60	20	1,337592	1337,592	2,59006569	0.457425	0.833257
	25	1,433047	1433,047	2,68079315	0.511299	0.898051
	30	1,654598	1654,598	2,64210541	0.527358	0.991778

4.2 Pembahasan Grafik

4.2.1 Grafik Pengaruh Sudut aliran udara dari blower dan Debit Udara Masuk terhadap Laju Perpindahan Kalor *Cooling Tower*



Gambar 4.1 Grafik pengaruh sudut aliran udara dari blower dan debit udara masuk terhadap laju perpindahan kalor *cooling tower*

Dari gambar 4.1 dapat diketahui bahwa hubungan antara debit udara masuk dan sudut aliran udara terhadap laju perpindahan kalor yaitu semakin besar sudut aliran udara pada debit yang sama maka nilai laju perpindahan kalor juga semakin besar pada titik tertentu namun mengalami penurunan setelah sudut 60 derajat. Nilai laju perpindahan kalor terkecil terjadi pada debit udara masuk *cooling tower* 20 l/s dengan menggunakan sudut aliran udara 0° yaitu 1,051903 kJ/sec atau 1051,903 Watt. Sedangkan pada debit yang sama dengan variasi sudut aliran udara 15° mengalami peningkatan laju perpindahan kalor, yaitu sebesar 1,370125 kJ/sec atau 1370,125 Watt dan 1,484517 kJ/sec atau 1484,517 Watt.

Nilai laju perpindahan kalor tertinggi terjadi pada debit udara masuk 30 l/s dengan variasi sudut aliran udara 45° yaitu sebesar 1,688874 kJ/sec atau 1688,874 Watt. Namun pada debit yang sama Nilai laju perpindahan kalor mengalami penurunan pada sudut 60° yaitu 1,654598 kJ/sec atau 1654,598 Watt.

Peningkatan laju perpindahan kalor juga sebanding dengan kenaikan variasi debit udara masuk *cooling tower*. Pada gambar 3 di atas dapat dilihat bahwa pada

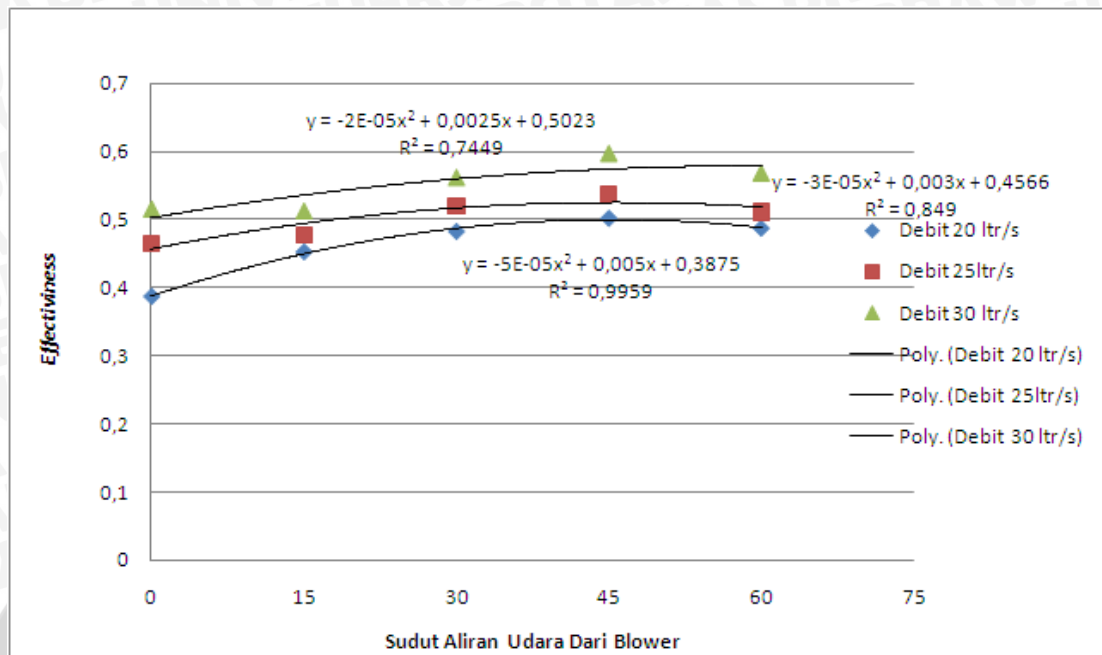
variasi sudut aliran udara masuk *cooling tower* yang sama, semakin tinggi debit udara masuk *cooling tower* maka laju perpindahan kalor juga semakin tinggi.

Pada gambar 4.1 di atas dapat dilihat bahwa pada variasi debit udara masuk *cooling tower* yang sama terdapat kecenderungan peningkatan laju perpindahan kalor *cooling tower* pada setiap variasi sudut aliran udara sampai sudut 45° , hal ini disebabkan dengan semakin tinggi sudut udara maka semakin banyak persebaran udara yang masuk *cooling tower* hal ini memungkinkan luas permukaan kontak antara air dan udara di dalam *cooling tower* semakin besar sehingga laju perpindahan kalor yang terjadi antara air panas dan udara yang masuk *cooling tower* semakin tinggi. Jumlah kalor yang dilepas oleh air sebanding dengan jumlah kalor yang diserap oleh udara. Semakin banyak kalor yang diserap oleh udara maka semakin banyak pula kalor yang dilepas oleh air panas. Hal ini sesuai dengan persamaan:

$$q = \dot{m} \cdot C_p \cdot \Delta T.$$

Dengan semakin besar luasan permukaan kontak antara air panas dan udara masuk maka laju perpindahan kalor semakin tinggi. Dapat diketahui dari grafik laju perpindahan kalor paling tinggi terjadi pada variasi sudut aliran udara 45° dengan debit udara masuk *cooling tower* 30 l/s sebesar 1,654598 kj/sec atau 1654,598 Watt. Namun setelah sudut 45° terlihat pada grafik bahwa laju perpindahan kalor semakin menurun, Hal ini di sebabkan udara yang masuk *cooling tower* lebih dahulu keluar menuju atmosfer sebelum terjadi kontak dengan air panas sehingga banyak nilai kalor yang diserap udara semakin sedikit, dapat diketahui dari grafik laju perpindahan kalor pada sudut aliran udara 60° menurun sebesar 1,654598 kj/sec atau 1654,598 Watt.

4.2.2 Grafik Pengaruh Sudut Aliran udara dari Blower dan Debit Udara Masuk terhadap Efektivitas (*Effectiveness*) *Cooling Tower*



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

Hubungan antara variasi sudut aliran udara dan debit udara masuk *cooling tower* terhadap efektivitas *cooling tower* tersaji dalam grafik di atas. Sumbu absis menyatakan sudut aliran udara masuk *cooling tower* dan sumbu ordinatnya menyatakan efektivitas atau *effectiveness* dari *cooling tower*. Pada gambar 4.2 dapat diketahui bahwa pada variasi sudut aliran udara masuk *cooling tower* dari 0° hingga 45°, efektivitas (*effectiveness*) cenderung meningkat untuk yang sama masuk namun menurun pada sudut 60°.

Dari gambar 4.2 terlihat bahwa *effectiveness* terkecil terjadi pada debit udara masuk 20 l/s pada variasi sudut aliran udara 0° yaitu sebesar 0,3867. Pada debit yang sama dengan menggunakan variasi sudut aliran udara 15°, *effectiveness* meningkat menjadi 0,4844 dan menjadi 0,5142 pada variasi sudut aliran udara 30° dan terus meningkat pada sudut 45° yaitu 0,502247 namun menurun pada sudut 60° yaitu 0,457425. *Effectiveness* paling tinggi terjadi pada debit udara masuk *cooling tower* 30 liter/sec dengan variasi sudut aliran udara 45° yaitu sebesar 0,588725. Peningkatan nilai *effectiveness* ini menunjukkan bahwa penggunaan sudut aliran udara yang berbeda memberikan pengaruh pada *effectiveness cooling tower* itu sendiri.

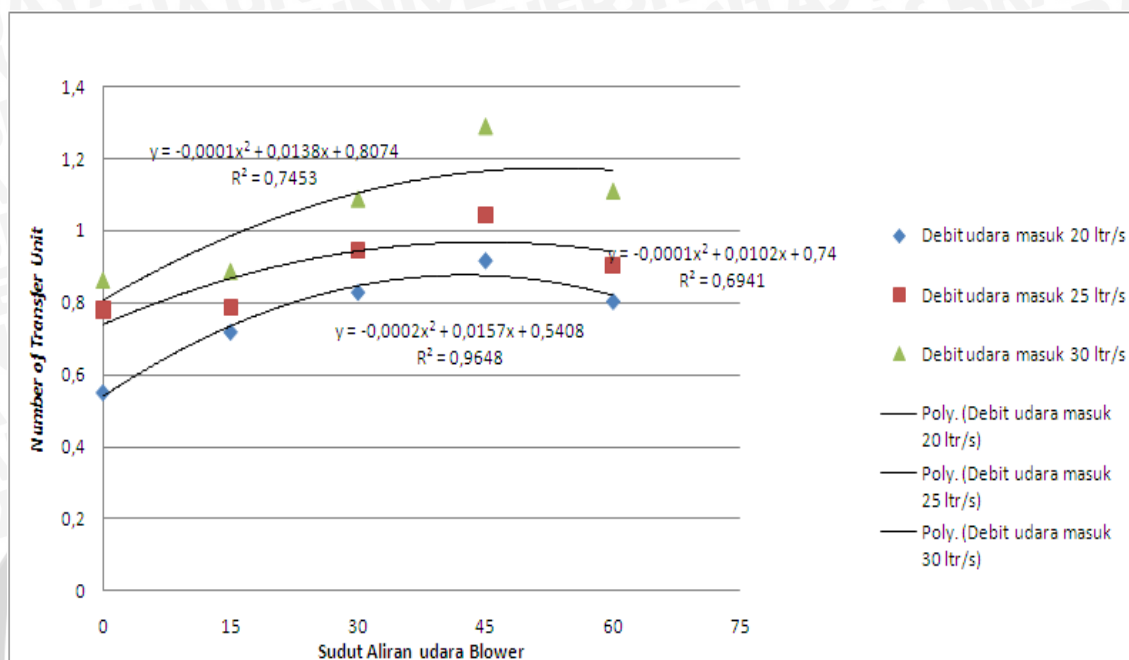
Pada gambar 4.2 di atas dapat dilihat bahwa pada variasi debit udara masuk *cooling tower* yang sama terdapat kecenderungan peningkatan laju perpindahan kalor *cooling tower* pada setiap variasi sudut aliran udara pada sampai titik pada sudut 45° , hal ini disebabkan penggunaan sudut aliran udara dengan variasi yang berbeda akan membuat luasan kontak antara air panas dan udara masuk *cooling tower* juga berbeda. Selain itu, semakin besar variasi sudut aliran udara, maka semakin banyak persebaran udara yang masuk *cooling tower* hal ini memungkinkan luas permukaan kontak antara air dan udara di dalam *cooling tower* semakin besar sehingga laju perpindahan kalor yang terjadi antara air panas dan udara yang masuk *cooling tower* semakin tinggi. Oleh karena itu, semakin tinggi nilai dari laju perpindahan kalor, maka semakin tinggi pula nilai *effectiveness*.

Peningkatan nilai *effectiveness* juga sebanding dengan kenaikan variasi debit udara masuk *cooling tower*. Pada gambar 4.2 di atas dapat dilihat bahwa pada variasi sudut aliran udara 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 besar laju perpindahan kalor, maka nilai *effectiveness* juga semakin besar. Hal ini sesuai dengan persamaan,

$$\varepsilon = \frac{q_{out}}{q_{max}} \quad (19)$$

semakin besar kalor aktual yang dilepas *cooling tower* maka semakin meningkat pula *effectiveness cooling tower*.

4.2.3 Grafik Pengaruh Sudut aliran udara dan Debit Udara Masuk terhadap Number of Transfer Unit (NTU)



Gambar 4.3 Grafik pengaruh sudut aliran udara dari blower dan debit udara masuk terhadap *number of transfer unit (NTU) cooling tower*

Grafik pada gambar 4.3 menunjukkan hubungan debit udara masuk terhadap *number of transfer unit (NTU) cooling tower* dengan variasi debit udara masuk 20, 25°, dan 30 l/s. Grafik tersebut menunjukkan pada variasi debit udara masuk yang sama, maka nilai *Number of Transfer Unit (NTU) cooling tower* semakin tinggi seiring dengan besarnya debit udara masuk *cooling tower* sampai sudut 30 l/s, Nilai *Number of Transfer Unit (NTU)* terkecil terjadi pada debit udara masuk 20 l/s dan akan meningkat seiring dengan bertambahnya debit udara masuk hingga debit 30 l/s pada tiap variasi sudut aliran udara yang sama. Pada variasi sudut aliran udara 0° nilai *Number of Transfer Unit (NTU)* yaitu 0,5519 pada debit udara masuk 20 l/s dan meningkat hingga 0,9432 pada debit udara masuk 30 liter/sec. hal ini terjadi karena semakin tinggi debit udara masuk menyebabkan kecepatan udara masuk *cooling tower* juga semakin tinggi. Dengan demikian perubahan kecepatan udara masuk *cooling tower*, maka bilangan *Reynolds* maka semakin besar pula dan berdasarkan rumus $Nu = C Re_L^m Pr^n$, maka semakin besar bilangan *Reynolds* maka makin besar pula bilangan *Nusselt*. Semakin besar bilangan *Nusselt* maka koefisien perpindahan panas konveksi semakin besar. Sedangkan *NTU* dirumuskan:

$$NTU = \frac{U.A}{\dot{m} \cdot C_p}$$

Dimana U merupakan koefisien perpindahan kalor keseluruhan, yang mana:

$$U = \frac{1}{(1/h_i + 1/h_o)}$$

sehingga semakin besar juga nilai *NTU* yang terjadi pada instalasi *cooling tower*.

Dari gambar 4.3 dapat diketahui bahwa hubungan antara debit udara masuk dan sudut aliran udara terhadap laju perpindahan kalor yaitu semakin besar sudut aliran udara pada debit yang sama maka nilai *Number of Transfer Unit (NTU)* juga semakin besar sampai sudut 45° namun menurun pada sudut 60°. Nilai *Number of Transfer Unit (NTU)* terkecil terjadi pada debit udara masuk *cooling tower* 20 liter/sec dengan menggunakan sudut aliran udara 0° yaitu 0,5519. Sedangkan pada debit yang sama dengan variasi sudut aliran udara 15° mengalami peningkatan nilai *Number of Transfer Unit (NTU)* yaitu sebesar 0,7795 dan 0,860 pada variasi sudut aliran udara 30° terus meningkat sampai sudut 45° namun menurun pada sudut 60° yaitu 0,833257. Nilai *Number of Transfer Unit (NTU)* tertinggi terjadi pada debit udara masuk 30 l/s dengan variasi sudut aliran udara 45° yaitu sebesar 1,288725. kecenderungan peningkatan laju perpindahan kalor *cooling tower* pada setiap variasi sudut aliran udara maka semakin banyak persebaran udara yang masuk *cooling tower* hal ini memungkinkan luas permukaan kontak antara air dan udara di dalam *cooling tower* semakin besar sehingga laju perpindahan kalor yang terjadi antara air panas dan udara yang masuk *cooling tower* semakin tinggi. Oleh karena itu, semakin tinggi nilai dari laju perpindahan kalor, maka semakin tinggi pula nilai *effectiveness*. Pada *counterflow cooling tower* efektivitas memberikan pengaruh pada besaran nilai *NTU*, yang mana: $NTU = -\frac{\ln\left(\frac{1-\epsilon}{1-\epsilon m^*}\right)}{1-m^*}$ sehingga semakin tinggi *effectiveness* maka nilai *Number of Transfer Unit (NTU)* juga semakin tinggi.