

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Analisa Data

4.1.1 Data Hasil Pengujian

Setelah dilakukan penelitian, didapatkan data-data pada tiap variasi sudut semprotan air, 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

Debit aliran udara (l/s)	Sudut semprotan air ($^{\circ}$)	$T_{w\ in}$ ($^{\circ}C$)	$T_{w\ out}$ ($^{\circ}C$)	T_1 ($^{\circ}C$)	T_2 ($^{\circ}C$)	T_3 ($^{\circ}C$)	T_4 ($^{\circ}C$)
12	60	50	36	26	23	26	24
	70	50	35	28	23	29	25
	80	50	34.5	29	24	29	27
14	60	50	35.5	28	23	28	27
	70	50	34.5	28	23	29	27
	80	50	33	29	24	29	27
16	60	50	34	28	22	30	24
	70	50	33.5	26	22	29	26
	80	50	32	27	23	29	27

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

Kelembaban relatif lingkungan = 74 %

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 semprotan air 60° dan debit udara masuk 12 liter/detik :

- a. Temperatur air masuk, $T_{w\ in} : 50\ ^\circ\text{C}$
- b. Temperatur air keluar, $T_{w\ out} : 36\ ^\circ\text{C}$
- c. Temperatur bola kering udara masuk, $T_1 : 26\ ^\circ\text{C}$
- d. Temperatur bola basah udara masuk, $T_2 : 23\ ^\circ\text{C}$
- e. Temperatur bola kering udara keluar, $T_3 : 26\ ^\circ\text{C}$
- f. Temperatur bola basah udara keluar, $T_4 : 24\ ^\circ\text{C}$
- g. Temperatur lingkungan : $27\ ^\circ\text{C}$

1. Perhitungan sifat-sifat udara masuk

- Kelembaban relatif (Φ_{in})

Dari diagram psikrometri pada $T_1 : 26\ ^\circ\text{C}$ dan $T_2 : 23\ ^\circ\text{C}$ didapatkan harga kelembaban relatif, $\Phi_{in} : 78\ %$ atau 0,78

- Kelembaban absolut (ω_{in})

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

$$\omega_{in} = 0,622 \frac{P_{s\ in}}{P - P_{s\ in}}$$

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

$$P_{s\ in} = \Phi_{in} \cdot p_{w\ in}$$

Pada tabel sifat uap air pada temperatur 26 °C, didapat nilai $p_{w\ in}$ sebesar 3,360 kPa, sehingga

$$P_{s\ in} = 0,78 \cdot 3,360$$

$$P_{s\ in} = 2,6208\ \text{kPa}$$

jadi

$$\omega_{in} = 0,622 \frac{2,6208}{101,3 - 2,6208}$$

$$\omega_{in} = 0,016519566\ \text{kg uap/kg udara kering}$$

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

Pertama kali dihitung dari tabel lembab udara pada temperatur 26°C didapatkan volume spesifik, $v : 0,8763 \text{ m}^3/\text{kg}$

$$\text{Sehingga dapat diketahui } \rho_{\text{udara}} = \frac{1}{v} = \frac{1}{0,8763} = 1,141161703 \text{ kg/m}^3$$

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

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

$$\begin{aligned} m_{\text{moist in}} &= 1,141161703 \times 5,92 \times 2,025 \cdot 10^{-3} \\ &= 0,01368025 \text{ kg/s} \end{aligned}$$

- Laju uap air dalam udara

$$\begin{aligned} \dot{m}_{v.in} &= \frac{\dot{m}_{\text{moist.air}}}{\left(\frac{1}{\omega_{\text{in}}}\right)+1} \\ \dot{m}_{v.in} &= \frac{0,01368025}{\left(\frac{1}{0,016519566}\right)+1} \\ &= 0,000222319 \text{ kg/s} \end{aligned}$$

dengan kandungan energi sebesar $h_{v \text{ in}} = 2549,1 \text{ kJ/kg}$

$$\begin{aligned} h_{\text{air in}} &= c_p \cdot T_1 + \omega_{\text{in}} \cdot h_{v \text{ in}} \\ &= 1 \cdot 26 + 0,016519566 \cdot 2549,1 \\ &= 68,1100268 \text{ kJ/kg} \end{aligned}$$

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

$$\begin{aligned} m_{\text{dry air}} &= m_{\text{moist in}} - m_{v \text{ in}} \\ &= 0,01368025 - 0,000222319 \\ &= 0,013457927 \text{ kg/s} \end{aligned}$$

2. Perhitungan sifat-sifat udara keluar

- Kelembaban relatif (Φ_{out})

Dari diagram psikrometri pada $T_3 : 26^{\circ}\text{C}$ dan $T_4 : 24^{\circ}\text{C}$ didapatkan harga kelembaban relatif, $\Phi_{\text{out}} : 85 \%$ atau $0,85$

- Kelembaban absolut (ω_{out})

$$\omega_{\text{out}} = 0,622 \frac{P_{s \text{ out}}}{P - P_{s \text{ out}}}$$

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

$$P_{s \text{ out}} = \Phi_{\text{out}} \cdot P_{w \text{ out}}$$

Dari tabel sifat-sifat uap jenuh pada temperatur 26°C , diperoleh nilai $p_{w\text{ out}} = 3.360$ kPa, sehingga

$$\begin{aligned} P_{s\text{ out}} &= \Phi_{\text{out}} \cdot p_{w\text{ out}} \\ &= 0,85 \cdot 3,360 \\ &= 2.856 \text{ kPa} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Jadi } \omega_{\text{out}} &= 0,622 \frac{2.856}{(101,3 - 2.856)} \\ &= 0,018045102 \text{ kg uap/ kg udara kering} \end{aligned}$$

Dari tabel sifat-sifat uap jenuh pada temperatur 26°C , didapatkan harga entalpi uap air sebesar $2549,1$ kJ/kg dengan kandungan entalpi

$$\begin{aligned} h_{\text{air out}} &= c_p \cdot T_3 + \omega_{\text{out}} \cdot h_{v\text{ out}} \\ &= 1 \cdot 26 + 0,018045102 \cdot 2549,1 \\ &= 71,998769 \text{ kJ/kg} \end{aligned}$$

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

$$\begin{aligned} m_{v\text{ out}} &= \omega_{\text{out}} \cdot m_{\text{dry air}} \\ &= 0,018045102 \cdot 0,013457927 \\ &= 0,00024285 \text{ kg/s} \end{aligned}$$

- 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

$$\begin{aligned} m_{\text{evaporation}} &= m_{v\text{ out}} - m_{v\text{ in}} \\ &= 0,00024285 - 0,000222319 \\ &= 2,05305 \times 10^{-5} \text{ kg/s} \end{aligned}$$

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

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

$$\begin{aligned} m_{\text{moist out}} &= m_{\text{moist in}} + m_{\text{evaporation}} \\ &= 0,013680246 + 0,0000205305 \\ &= 0,013700777 \text{ kg/s} \end{aligned}$$

3. Perhitungan sifat-sifat air

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

Debit air masuk : 1,5 liter/menit = 0,025 liter/s

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

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

$$\begin{aligned} m_{w \text{ out}} &= m_{w \text{ in}} - m_{\text{evaporation}} \\ &= 0,025 - 0,0000205305 \\ &= 0,024979469 \text{ kg/s} \end{aligned}$$

Pada temperatur air keluar *cooling tower* ($T_{w \text{ out}}$) = 36 °C memiliki nilai entalpi sebesar, $h_{w \text{ out}} = 150,74 \text{ kJ/kg}$

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

$$\begin{aligned} q_{\text{out}} &= (m_{w \text{ in}} \cdot h_{w \text{ in}}) - (m_{w \text{ out}} \cdot h_{w \text{ out}}) \\ &= (0,025 \cdot 209,26) - (0,024979469 \cdot 150,74) \\ &= 1,466094774 \text{ kJ/s} \end{aligned}$$

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, setelah di interpolasi air yang keluar dari *cooling tower* mempunyai kandungan energi sebesar $h_{w \text{ wb}} = 96,41 \text{ kJ/kg}$.

$$\begin{aligned} \text{Jadi } q_{\text{max}} &= (m_{w \text{ in}} \cdot h_{w \text{ in}}) - (m_{w \text{ out}} \cdot h_{w \text{ wb}}) \\ &= (0,025 \cdot 209,26) - (0,024979469 \cdot 96,41) \\ &= 2,82322935 \text{ kJ/s} \end{aligned}$$

6. Efektifitas/Effectivness (ϵ)

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

$$\begin{aligned} \epsilon &= \frac{q_{\text{out}}}{q_{\text{max}}} \\ \epsilon &= \frac{1,466094774}{2,82322935} \\ &= 0,519297086 \end{aligned}$$

7. Number of Transfer Unit (NTU)

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

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

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

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

$$C_s = \frac{209,26 - 150,74}{50 - 36}$$

$$= 4,18 \text{ kJ/kg}^{\circ}\text{C}$$

$$m^* = \frac{0,013680246}{0,013700777} \cdot \frac{4,18}{4,18}$$

$$= 0,998501505$$

Jadi

$$NTU = -\frac{\ln\left(\frac{0,519297086}{1 - 0,519297086 \cdot 0,998501505}\right)}{1 - 0,998501505}$$

$$NTU = 1,079413508$$



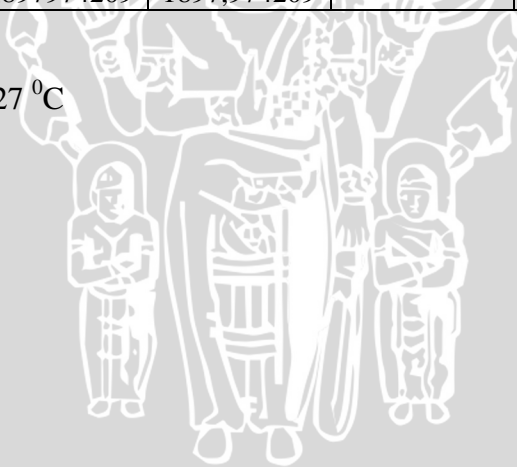
4.1.3 Hasil Pengolahan Data

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

Tabel 4.2 : Tabel Hasil Pengolahan Data

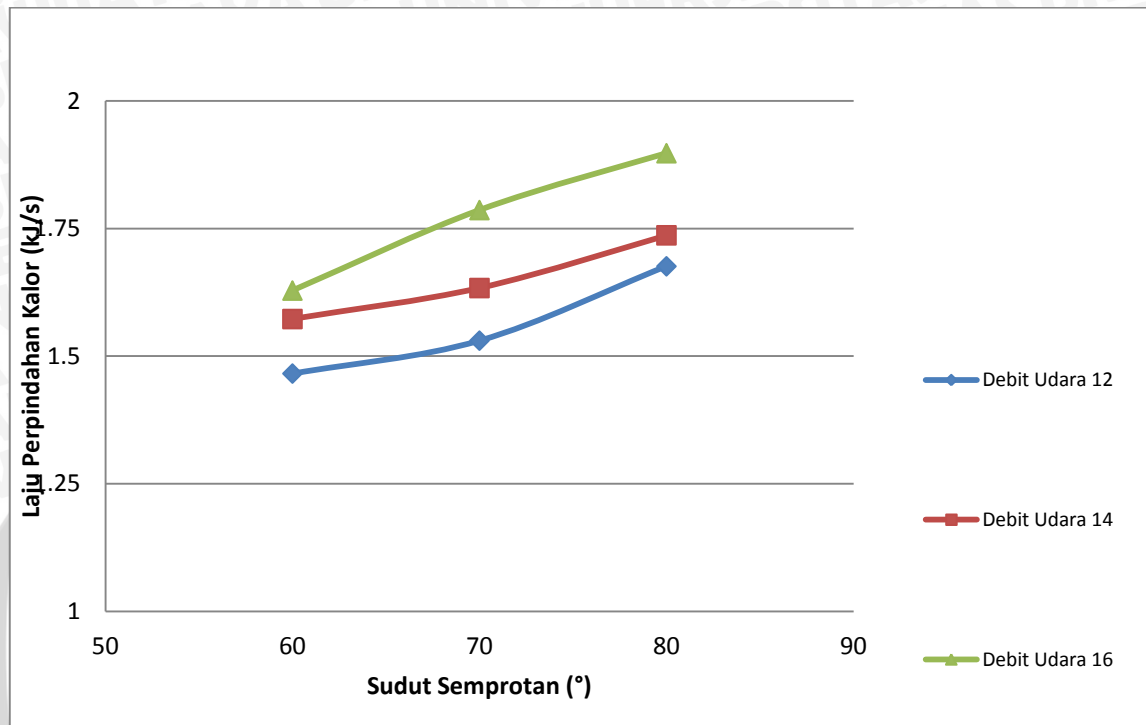
Q (liter/detik)	Sudut semprotan air (°)	q out(kJ/s)	q out (Watt)	q max(kJ/s)	<i>Effectiveness</i>	<i>NTU</i>
12	60	1,466094774	1466,094774	2,82322935	0,519297086	1,079413508
	70	1,572953583	1572,953583	2,824837473	0,556829764	1,254309305
	80	1,628753852	1628,753852	2,723019104	0,598142646	1,483360917
14	60	1,530617452	1530,617452	2,831216875	0,530116578	1,124068855
	70	1,633684664	1633,684664	2,8305491	0,577161747	1,359346699
	80	1,786553448	1786,553448	2,724067485	0,655840378	1,897305356
16	60	1,676313951	1676,313951	2,928544463	0,548744878	1,214804521
	70	1,737058429	1737,058429	2,934170567	0,592010038	1,445827623
	80	1,897974209	1897,974209	2,833460741	0,669843129	2,014739469

Temperatur lingkungan : 27 °C



4.2 Pembahasan Grafik

4.2.1 Grafik Pengaruh Sudut Semprotan Air dan Debit Udara Masuk terhadap Laju Perpindahan Kalor



Gambar 4.1. Grafik pengaruh sudut semprotan air dan debit udara masuk terhadap laju perpindahan kalor *cooling tower* tipe *crossflow* dengan *filler*

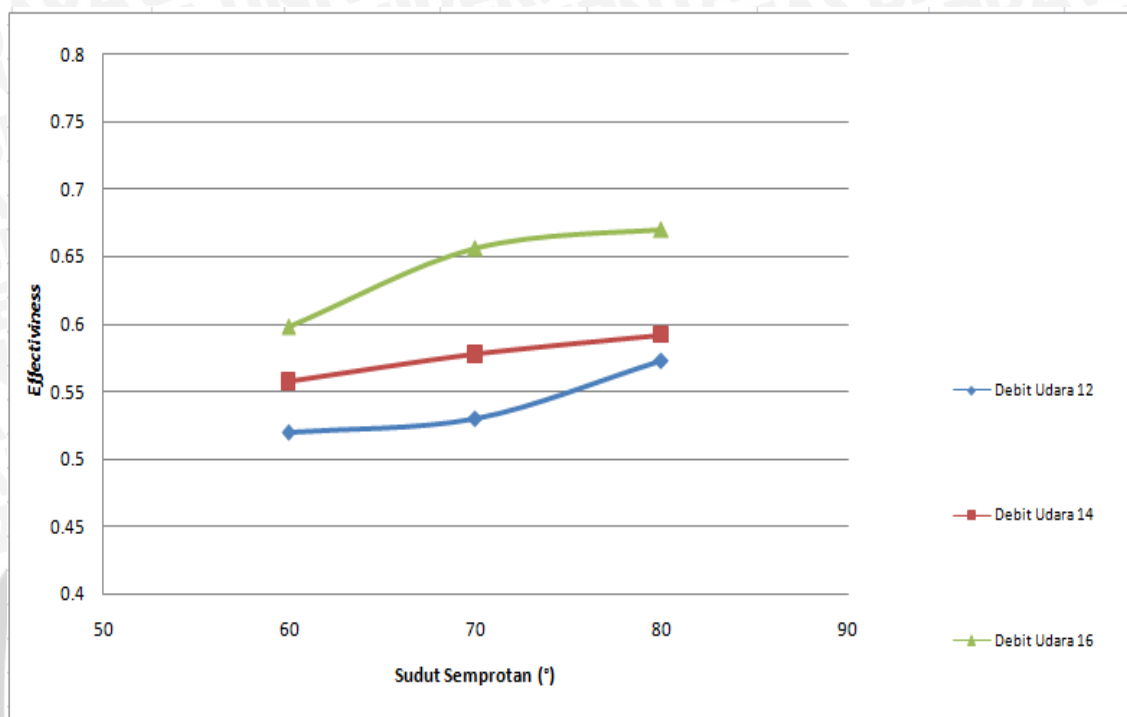
Dari gambar grafik 4.1 dapat diketahui bahwa hubungan antara debit udara masuk dan sudut semprotan air terhadap laju perpindahan kalor yaitu semakin besar sudut semprotan air pada debit yang sama maka nilai laju perpindahan kalor juga semakin besar. Nilai laju perpindahan kalor terkecil terjadi pada debit udara masuk *cooling tower* 12 liter/detik dengan menggunakan sudut semprotan air 60° yaitu 1,466 kJ/detik atau 1466,094 Watt. Sedangkan pada debit udara yang sama dengan variasi sudut semprotan air 70° mengalami peningkatan laju perpindahan kalor, yaitu sebesar 1,572 kJ/detik atau 1572,953 Watt dan 1,628 kJ/detik atau 1628,753 Watt pada variasi sudut semprotan air 80°. Nilai laju perpindahan kalor tertinggi terjadi pada debit udara masuk 16 liter/detik dengan variasi sudut semprotan air 80° yaitu sebesar 1,897 kJ/detik atau 1897,974 Watt.

Peningkatan laju perpindahan kalor juga sebanding dengan kenaikan variasi debit udara masuk *cooling tower*. Pada gambar grafik 4.1 di atas dapat dilihat bahwa

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

Pada gambar grafik 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 semprotan air, hal ini disebabkan karena penggunaan *filler* pada instalasi *cooling tower*, ketika butiran air yang disemprotkan dari *nozzle* menyentuh *filler*, air menjadi butiran – butiran kecil sehingga ketika menetes kebawah melewati lubang udara, udara mampu memindahkan seluruh kalor pada permukaan butiran air tersebut sehingga sudut semprotan air dengan variasi yang berbeda akan membuat total luasan kontak antara air panas dan udara masuk *cooling tower* juga berbeda. Selain itu, semakin besar variasi sudut semprotan air, maka jarak lintasan air juga semakin jauh sehingga tenggang waktu antara air panas disemprotkan hingga keluar *cooling tower* juga semakin lama. Hal ini memungkinkan proses perpindahan kalor antara air panas dan udara masuk *cooling tower* yang lebih lama karena semakin banyak kalor yang dilepas oleh air panas, sehingga temperatur air keluar *cooling tower* semakin rendah. 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 tinggi terjadi pada debit udara masuk 16 liter/detik dengan variasi sudut semprotan air 80° yaitu sebesar 1.897 kJ/detik atau 1.897 Watt.

4.2.2 Grafik Pengaruh Sudut Semprotan Air dan Debit Udara Masuk terhadap Efektivitas (*Effectiveness*)



Gambar 4.2 Grafik pengaruh sudut semprotan air dan debit udara masuk terhadap Efektivitas (*Effectiveness*) *cooling tower* tipe crossflow dengan filler

Hubungan antara variasi sudut semprotan air dan debit udara masuk *cooling tower* terhadap efektivitas *cooling tower* tersaji dalam gambar grafik 4.2 Sumbu absis menyatakan debit udara masuk *cooling tower* dan sumbu ordinatnya menyatakan efektivitas atau *effectiveness* dari *cooling tower*. Pada gambar grafik 4.2 dapat diketahui bahwa pada debit udara masuk *cooling tower* dari 12 liter/detik hingga 16 liter/detik, efektivitas (*effectiveness*) cenderung meningkat untuk tiap variasi sudut semprotan air.

Dari gambar grafik 4.2 terlihat bahwa *effectiveness* terkecil terjadi pada debit udara masuk 12 liter/detik pada variasi sudut semprotan air 60° yaitu sebesar 0,519. Pada debit yang sama dengan menggunakan variasi sudut semprotan air 70°, *effectiveness* meningkat menjadi 0,556 dan menjadi 0.598 pada variasi sudut semprotan air 80°. *Effectiveness* paling tinggi terjadi pada debit udara masuk *cooling tower* 16 liter/detik dengan variasi sudut semprotan air 80° yaitu sebesar 0,669. Peningkatan nilai *effectiveness* ini menunjukkan bahwa penggunaan sudut semprotan air yang berbeda memberikan pengaruh pada *effectiveness cooling tower* itu sendiri.

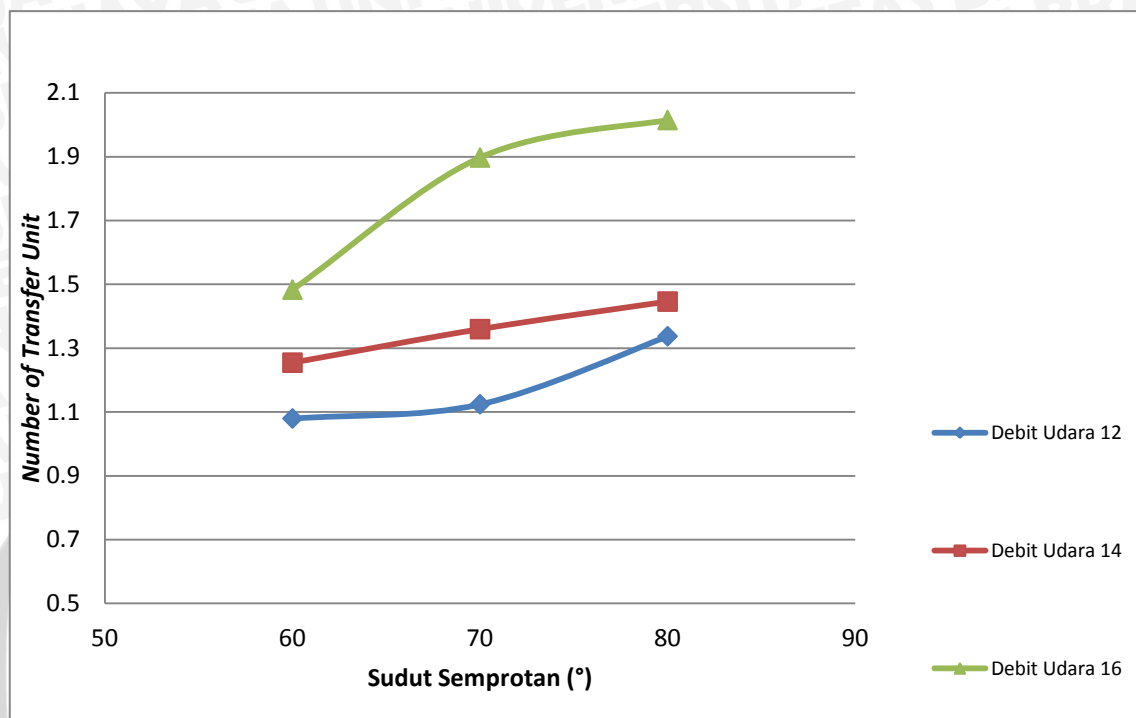
Pada gambar grafik 4.2 di atas dapat dilihat bahwa pada variasi debit udara masuk *cooling tower* yang sama terdapat kecenderungan peningkatan laju perpindahan kalor *cooling tower* pada setiap variasi sudut semprotan air, hal ini disebabkan karena penggunaan *filler* pada instalasi *cooling tower*, ketika butiran air yang disemprotkan dari *nozzle* menyentuh *filler*, air menjadi butiran – butiran kecil sehingga ketika menetes kebawah melewati lubang udara, udara mampu memindahkan seluruh kalor pada permukaan butiran air tersebut sehingga sudut semprotan air dengan variasi yang berbeda akan membuat total luasan kontak antara air panas dan udara masuk *cooling tower* juga berbeda. Selain itu, semakin besar variasi sudut semprotan air, maka jarak lintasan air juga semakin jauh sehingga tenggang waktu antara air panas disemprotkan hingga keluar *cooling tower* juga semakin lama. Hal ini memungkinkan proses perpindahan kalor antara air panas dan udara masuk *cooling tower* yang lebih lama karena semakin banyak kalor yang dilepas oleh air panas, sehingga temperatur air keluar *cooling tower* semakin rendah. 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 grafik 4.2 di atas dapat dilihat bahwa pada variasi sudut semprotan 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 besar laju perpindahan kalor, maka nilai *effectiveness* juga semakin besar. Hal ini sesuai dengan persamaan,

$$\varepsilon = \frac{q_{out}}{q_{max}} \quad (\text{Holman, 1994: 498})$$

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

4.2.3 Grafik Pengaruh Sudut Semprotan Air dan Debit Udara Masuk terhadap *Number of Transfer Unit (NTU)*



Gambar 4.3. Grafik pengaruh sudut semprotan air dan debit udara masuk terhadap *number of transfer unit (NTU) cooling tower* tipe crossflow dengan filler

Grafik pada gambar grafik 4.3 menunjukkan hubungan debit udara masuk terhadap *number of transfer unit (NTU) cooling tower* dengan variasi sudut semprotan air masuk 60°, 70°, dan 80°. Grafik tersebut menunjukkan pada variasi sudut semprotan 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 liter/detik dan akan meningkat seiring dengan bertambahnya debit udara masuk hingga debit 16 liter/detik pada tiap variasi sudut semprotan air yang sama. Pada variasi sudut semprotan air 60° nilai *Number of Transfer Unit (NTU)* yaitu 1.079 pada debit udara masuk 12 liter/detik dan meningkat hingga 1.214 pada debit udara masuk 16 liter/detik.

Dari gambar grafik 4.3 dapat diketahui bahwa hubungan antara debit udara masuk dan sudut semprotan air terhadap laju perpindahan kalor yaitu semakin besar sudut semprotan air pada debit 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 liter/detik dengan menggunakan sudut semprotan air 60° yaitu 1.079. Sedangkan pada debit yang sama dengan variasi sudut semprotan air 70° mengalami peningkatan nilai *Number of Transfer Unit (NTU)* yaitu sebesar 1.254 dan 1.483 pada variasi sudut semprotan air 80 °. Nilai *Number of Transfer Unit (NTU)* tertinggi terjadi pada debit udara masuk 16 liter/detik dengan variasi sudut semprotan air 80° yaitu sebesar 2.014. kecenderungan peningkatan laju perpindahan kalor *cooling tower* pada setiap variasi sudut semprotan air ini disebabkan penggunaan sudut semprotan air dengan variasi yang berbeda akan membuat total luasan kontak antara air panas dan udara masuk *cooling tower* juga berbeda. Selain itu, semakin besar variasi sudut semprotan air, maka jarak lintasan air juga semakin jauh sehingga tenggang waktu antara air panas disemprotkan hingga keluar *cooling tower* juga semakin lama. Hal ini memungkinkan proses perpindahan kalor antara air panas dan udara masuk *cooling tower* yang lebih lama karena semakin banyak kalor yang dilepas oleh air panas, sehingga temperatur air keluar *cooling tower* semakin rendah. Oleh karena itu, semakin tinggi nilai dari laju perpindahan kalor, maka semakin tinggi pula nilai *effectiveness*. Pada *crossflow 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.

