

## **BAB IV**

### **ANALISA DATA**

#### **4.1 ANALISA GRAFIK**

Setelah melakukan langkah perhitungan sesuai dengan tahapan yang sudah dijelaskan pada bab 3, maka akan didapatkan hasil tentang perbandingan untuk perpindahan massa (*mass transfer*) dan perpindahan panas (*heat transfer*) dengan menggunakan metode perhitungan yang didasarkan pada model biasa, model stagnan film dan model baru pada serta pendekatan secara eksperimental.

Untuk membantu dalam langkah analisisnya dari perbandingan keempat metode diatas, maka dalam percobaanya dilakukan dengan menggunakan konsentrasi larutan, temperatur dan kecepatan aliran (*flow*) sebagai variasi dalam percobaanya serta diambil dengan interval waktu 0 – 30 detik dan 30 – 60 sekon, sedangkan untuk larutan yang digunakan sebagai media pengujian adalah larutan agar – agar, hal ini disesuaikan dengan tujuan dari tugas akhir ini.

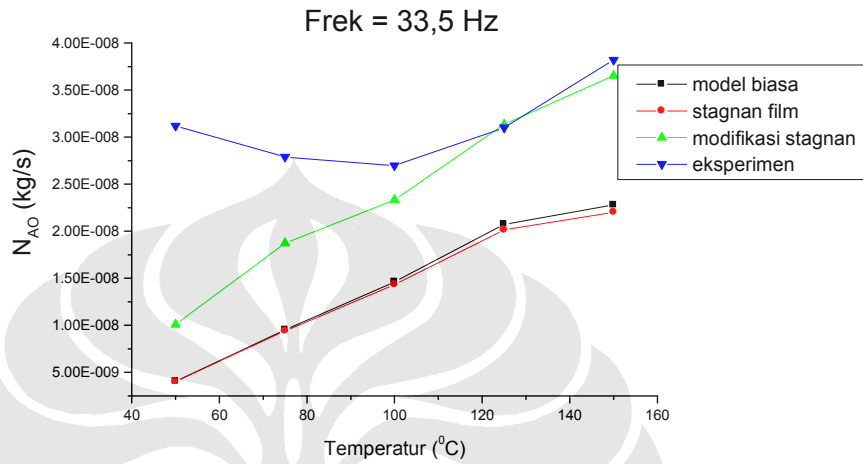
Sebagai hasil dari perbandingan untuk keempat metode perhitungan yang tersebut diatas, maka pada penjelasan berikut ini akan ditampilkan hasil grafiknya yang disesuaikan dengan keempat metode tersebut.

##### **4.1.1 Analisa Grafik Perpindahan Massa**

Pada grafik yang akan ditampilkan ini, diharapkan dapat dianalisa mengenai bagaimana pengaruh peningkatan temperature pada frekuensi konstan dengan perubahan nilai dari perpindahan massa pada setiap konsentrasi. Analisa pengaruh tersebut menggunakan tiga metode yakni model biasa, model stagnan film dan model baru yang langsung dibandingkan dengan menggunakan perhitungan secara eksperimen. Hal ini dilakukan untuk melihat seberapa dekat korelasi yang disajikan pada masing – masing metode perhitungan dengan hasil yang didapatkan pada perhitungan eksperimen. Untuk lebih memudahkan dalam melakukan analisisnya, berikut ini akan ditampilkan hasil grafik yang didapatkan dari perhitungan dengan metode – metode diatas, tetapi hanya untuk konsentrasi 2 % saja. Hal ini dilakukan dengan pertimbangan bahwa hasil grafik yang

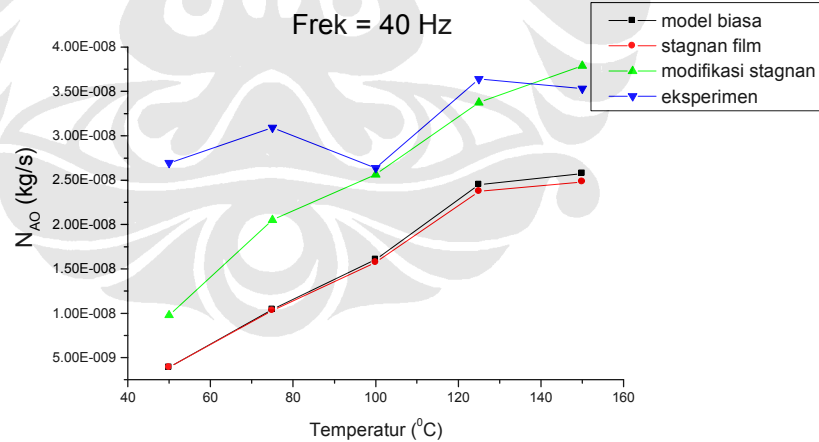
didapatkan pada setiap konsentrasi mempunyai kecenderungan yang sama, sehingga dirasakan cukup untuk mewakili semua konsentrasi yang lain. Untuk lebih jelasnya dapat terlihat pada grafik berikut ini

1. Untuk kecepatan aliran 1.3 m/s



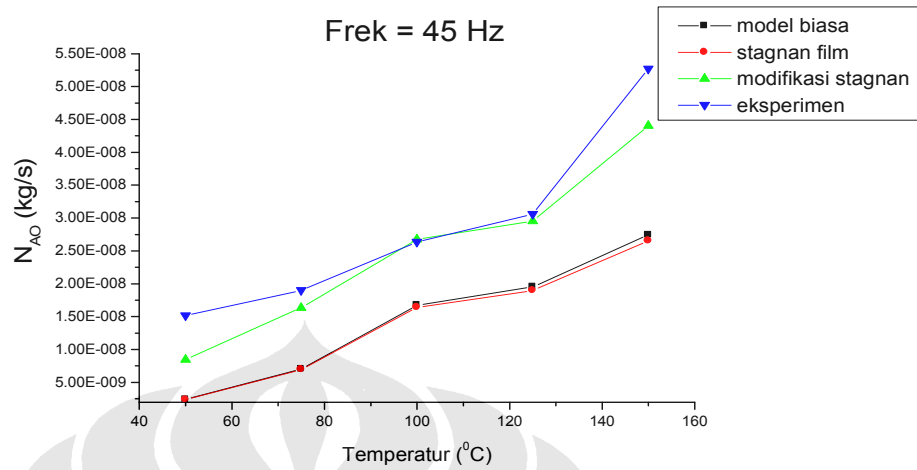
**Gambar 4.1** Grafik perpindahan massa kecepatan aliran 1.3 m/s

2. Untuk kecepatan aliran 1.5 m/s



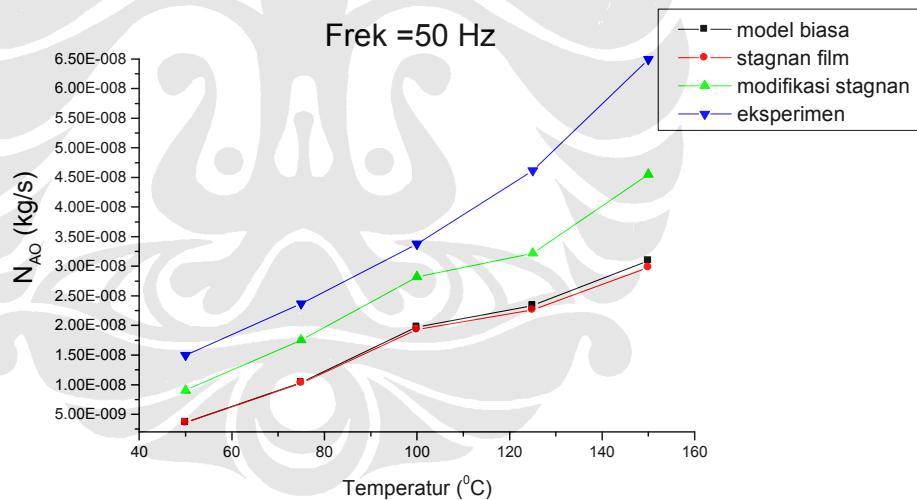
**Gambar 4.2** Grafik perpindahan massa kecepatan aliran 1.5 m/s

3. Untuk kecepatan aliran 1.7 m/s



**Gambar 4.3** Grafik perpindahan massa kecepatan aliran 1.7 m/s

4. Untuk kecepatan aliran 1.9 m/s



**Gambar 4.4** Grafik perpindahan massa kecepatan aliran 1.9 m/s

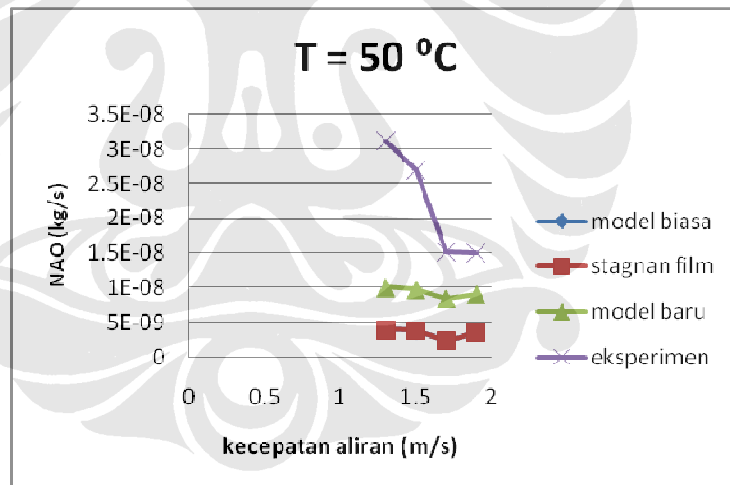
Dari grafik diatas dapat terlihat bahwa pada masing – masing metode perhitungan mempunyai nilai perpindahan massa tertentu. Untuk model biasa dan model film stagnan memiliki nilai perpindahan massa yang hampir sama sedangkan untuk model baru memiliki nilai perpindahan massa yang lebih besar dibandingkan dengan model biasa dan model film stagnan, tetapi nilainya tidak begitu jauh dari perhitungan yang berdasarkan eksperimen, bahkan pada beberapa

titik nilainya hampir sama. Hal ini menunjukkan bahwa model baru memiliki karakteristik yang hampir mirip dengan eksperimen.

Sedangkan jika ingin melihat pengaruh pada setiap frekuensi konstan, ternyata terdapat peningkatan nilai dari perpindahan massa seiring dengan peningkatan temperatur. Hal ini disebabkan oleh adanya peningkatan kecepatan aliran akibat adanya penaikan temperatur walaupun sumber kecepatan aliran yakni frekuensinya di buat dalam kondisi konstan. Fenomena ini terjadi karena dengan meningkatnya temperature akan menyebabkan menurunnya densitas dari udara aliran sehingga kecepatan meningkat dan akan berdampak pada nilai reynold aliran tersebut. Dengan adanya peningkatan kecepatan ini menyebabkan adanya kenaikan dari nilai reynold aliran sehingga akan berpengaruh pada besaran untuk nilai dari koefisien perpindahan massa ( $k_c$ ) dan akan akan berpengaruh pada nilai dari perpindahan massa ( $N_{ao}$ )

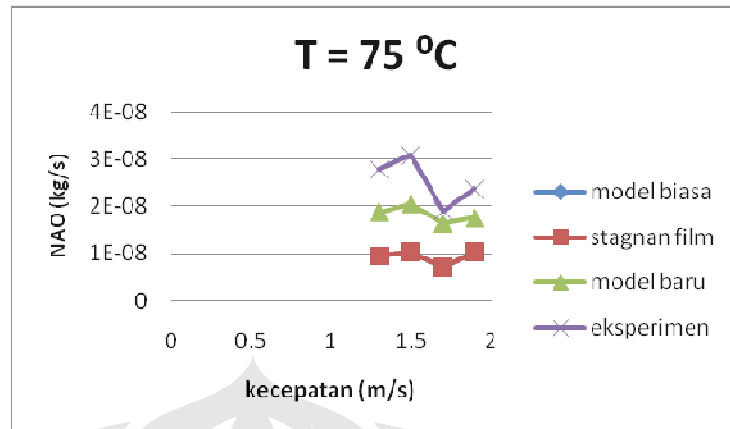
#### B. Perbandingan pada Temperatur yang Sama

##### 1. Untuk temperatur 50 °C



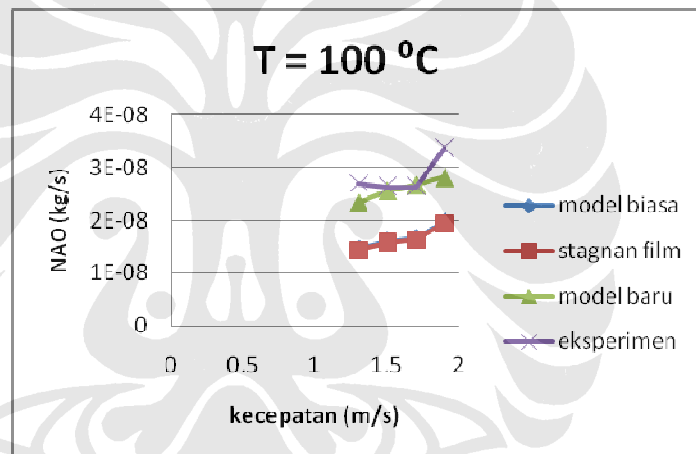
**Gambar 4.5** Grafik perpindahan massa pada temperatur 50 °C

2. Untuk temperatur 75 °C



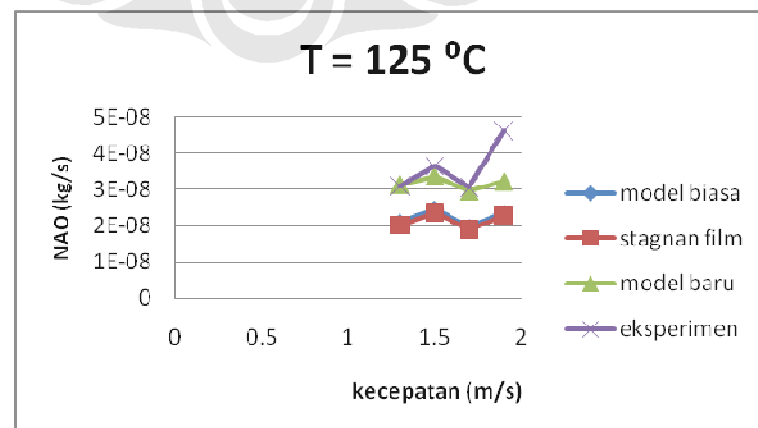
Gambar 4.6 Grafik perpindahan massa pada temperatur 75 °C

3. Untuk temperatur 100 °C



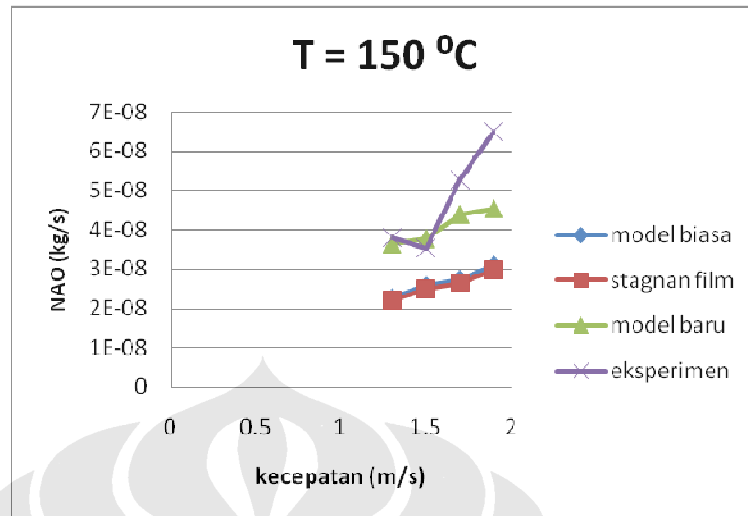
Gambar 4.7 Grafik perpindahan massa pada temperatur 100 °C

4. Untuk temperatur 125 °C



Gambar 4.8 Grafik perpindahan massa pada temperatur 125 °C

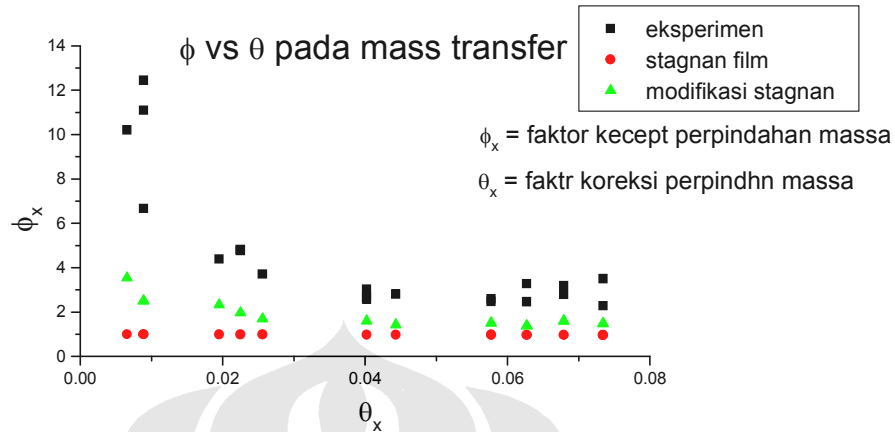
5. Untuk temperatur 150 °C



**Gambar 4.9** Grafik perpindahan massa pada temperatur 150 °C

Secara teori perhitungan, ketika ada peningkatan kecepatan aliran akan mengakibatkan adanya peningkatan nilai reynold aliran dan akan berdampak pada peningkatan nilai perpindahan massanya, seperti yang telah dijelaskan pada analisa sebelumnya. Tetapi dalam uji sampel kali ini, didapatkan adanya penurunan nilai dari perpindahan massa pada temperatur 50 °C dan 75 °C. Hal ini mungkin disebabkan adanya kesalahan dalam teknis pengambilan datanya, terutama dalam pembacaan temperatur dengan menggunakan display dan *thermocontroller*. Setiap kesalahan pada temperatur rendah tersebut akan berpengaruh besar dalam proses perhitungannya. Jika dibandingkan dengan hasil yang didapat dari temperatur 100 °C, 125 °C dan 150 °C dengan peningkatan kecepatan frekuensi aliran, akan menunjukkan kecenderungan yang berbeda yakni akan adanya peningkatan nilai perpindahan massa. Hal ini sesuai dengan teori perhitungan yang telah dijelaskan diawal analisa ini, yakni peningkatan frekuensi akan meningkatkan nilai reynold sehingga akan berpengaruh pada besaran untuk nilai dari koefisien perpindahan massa ( $k_c$ ) dan akan akan berpengaruh pada nilai dari perpindahan massa (Nao). Jadi secara umum dapat disimpulkan bahwa jika terjadi peningkatan kecepatan frekuensi aliran akan menyebabkan adanya peningkatan nilai perpindahan panasnya.

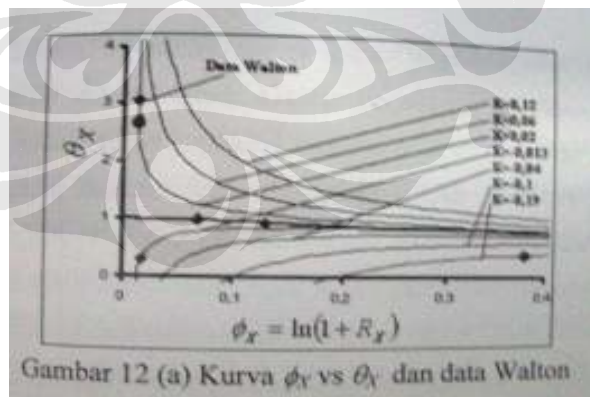
#### 4.1.2 Validasi Faktor Kecepatan dan Faktor Koreksi Perpindahan Massa



Gambar 4.10  $\phi_x$  vs  $\theta_x$

Gambar di atas menjelaskan tentang faktor kecepatan dan faktor koreksi perpindahan massa. Dapat dilihat pada grafik bahwa persebaran data eksperimen berada di atas stagnan film bahkan cenderung mendekati data pada model baru. Hal ini menunjukkan bahwa data eksperimen tidak selamanya berada pada daerah stagnan film.

Kurva di atas sesuai dengan hasil referensi yang ada dimana data faktor koreksi eksperimen seharusnya berdekatan dengan faktor koreksi model baru seperti pada gambar kurva di bawah ini,

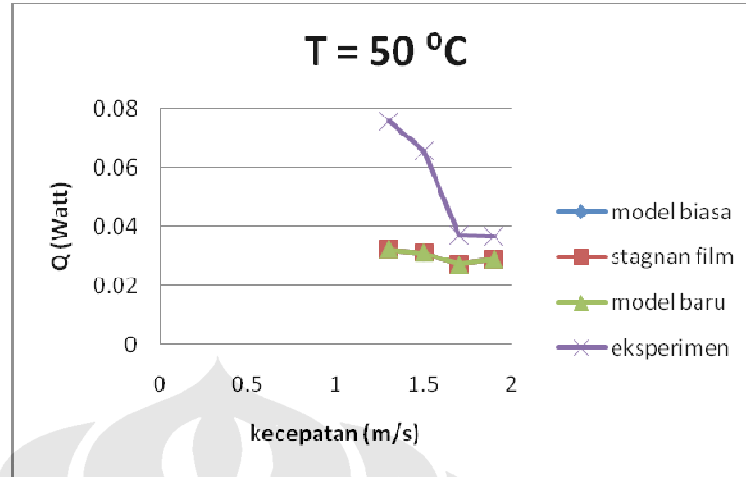


Gambar 4.11 Kurva  $\Phi_x$  vs  $\theta_x$  dan data Walton

#### 4.1.3 Analisa Grafik Perpindahan Panas

Berikut ini adalah grafik perbandingan dari keempat metode perhitungan di atas untuk perpindahan panas pada masing – masing temperatur dengan variasi dari frekuensi aliran.

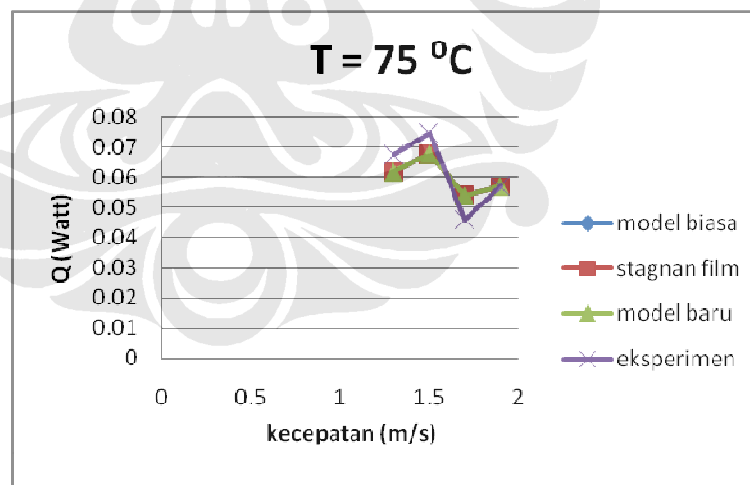
1. Untuk temperatur *heater* 50 °C



**Gambar 4.12** Grafik perpindahan panas pada temperatur 50°C

Dari grafik di atas memperlihatkan penambahan frekuensi malah menurunkan laju perpindahan panas. Laju perpindahan panas tertinggi didapat dengan metode eksperimen yaitu 0.075880473 Watt pada 33.5 Hz sedangkan laju perpindahan panas terendah didapat dengan metode stagnan film yaitu 0.027149633 Watt pada frekuensi 45 Hz.

2. Untuk temperatur *heater* 75 °C



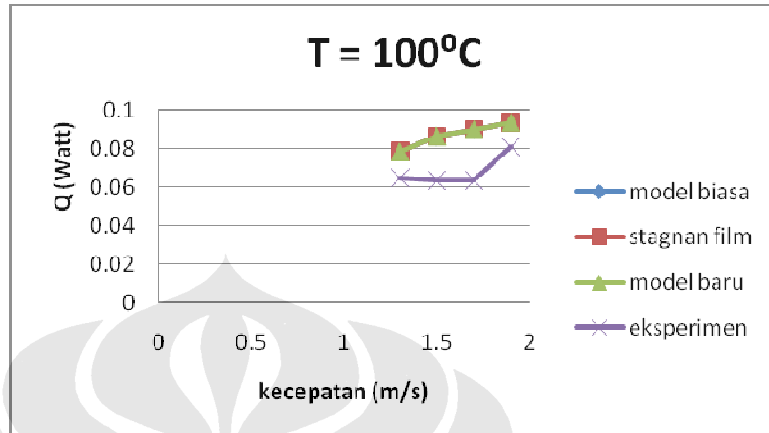
**Gambar 4.13** Grafik perpindahan panas pada temperatur 75 °C

Dari grafik di atas memperlihatkan penambahan frekuensi malah menurunkan laju perpindahan panas. Laju perpindahan panas tertinggi didapat dengan metode eksperimen yaitu 0.074804645 Watt pada 40 Hz sedangkan laju



perpindahan panas terendah didapat dengan metode model biasa yaitu 0.053998398 Watt pada frekuensi 45 Hz.

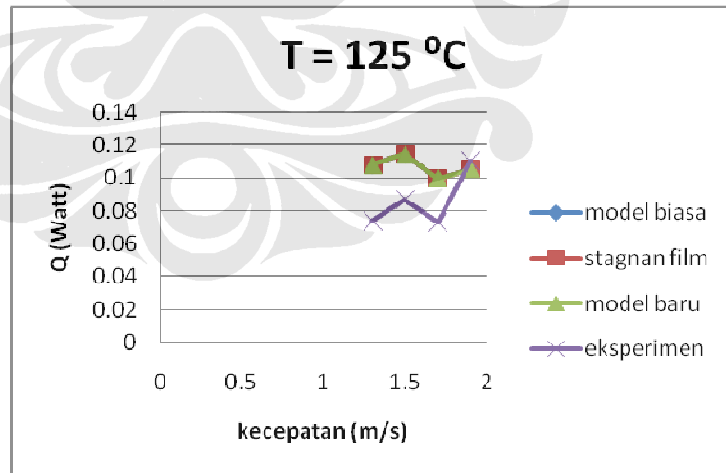
3. Untuk temperatur *heater* 100 °C



**Gambar 4.14** Grafik perpindahan panas pada temperatur 100 °C

Dari grafik di atas memperlihatkan penambahan frekuensi semakin meningkatkan laju perpindahan panas. Laju perpindahan panas tertinggi didapat dengan metode eksperimen yaitu 0.093670062 Watt pada 50 Hz sedangkan laju perpindahan panas terendah didapat dengan metode stagnan film yaitu 0.063422706 Watt pada frekuensi 40 Hz.

4. Untuk temperatur *heater* 125 °C

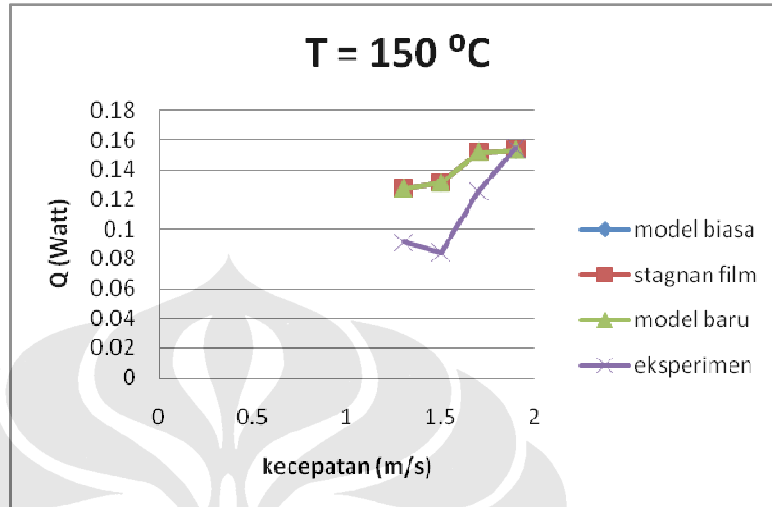


**Gambar 4.15** Grafik perpindahan panas pada temperatur 125 °C

Dari grafik di atas memperlihatkan penambahan frekuensi semakin meningkatkan laju perpindahan panas. Laju perpindahan panas tertinggi didapat dengan metode model baru yaitu 0.114621839 Watt pada 40 Hz sedangkan laju

perpindahan panas terendah didapat dengan metode eksperimen yaitu 0.073242642 Watt pada frekuensi 45 Hz.

5. Untuk temperatur *heater* 150 °C



**Gambar 4.16** Grafik perpindahan panas pada temperatur 150 °C

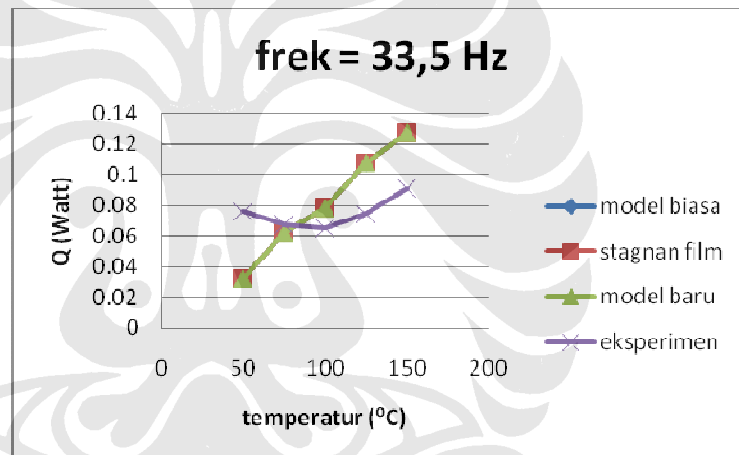
Dari grafik di atas memperlihatkan penambahan frekuensi semakin meningkatkan laju perpindahan panas. Laju perpindahan panas tertinggi didapat dengan metode eksperimen yaitu 0.154714118 Watt pada 50 Hz sedangkan laju perpindahan panas terendah didapat dengan eksperimen yaitu 0.084188334 Watt pada frekuensi 40 Hz.

Pada gambar grafik diatas dapat terlihat bahwa dari masing – masing grafik tidak begitu memiliki penyimpangan nilai yang besar, bahkan mungkin dapat dikatakan bahwa nilai pada masing – masing grafik sebagai gambaran mengenai analisa untuk perpindahan panas (*heat transfer*) dengan menggunakan metode model biasa, metode stagnan film dan menggunakan metode model baru, ternyata menunjukkan hasil yang sangat mendekati. Dengan demikian, dapat disimpulkan sesuai dengan perhitungan yang telah dilakukan bahwa ketiga metode perhitungan diatas mempunyai nilai yang dapat dikatakan sama untuk melakukan perhitungan perpindahan panas. Walaupun sebenarnya dalam masing – masing metode mempunyai faktor koreksi tertentu, ternyata faktor – faktor tersebut tidak berpengaruh pada saat ingin melakukan perhitungan perpindahan panas (*heat transfer*). Sedangkan metode eksperimen berada di luar kisaran. Dari kelima grafik di atas dapat disimpulkan pengaruh penambahan frekuensi laju

aliran memiliki pengaruh yang berbeda. Pada temperatur 50 °C dan 75 °C kecenderungan laju perpindahan panas adalah turun. Hal ini karena penambahan frekuensi laju aliran tidak terlalu berpengaruh pada laju perpindahan panas pada temperatur tersebut. Hasil pengolahan data pada lampiran juga menunjukkan pengurangan diameter yang tidak terlalu signifikan sehingga laju perpindahan panas cenderung melambat. Sedangkan pada temperatur 100 °C, 125 °C, dan 150 °C penambahan frekuensi laju aliran semakin mempercepat laju perpindahan panas.

Berikut ini adalah grafik perbandingan dari keempat metode perhitungan di atas untuk perpindahan panas (*heat transfer*) pada masing – masing frekuensi aliran dengan variasi dari temperatur.

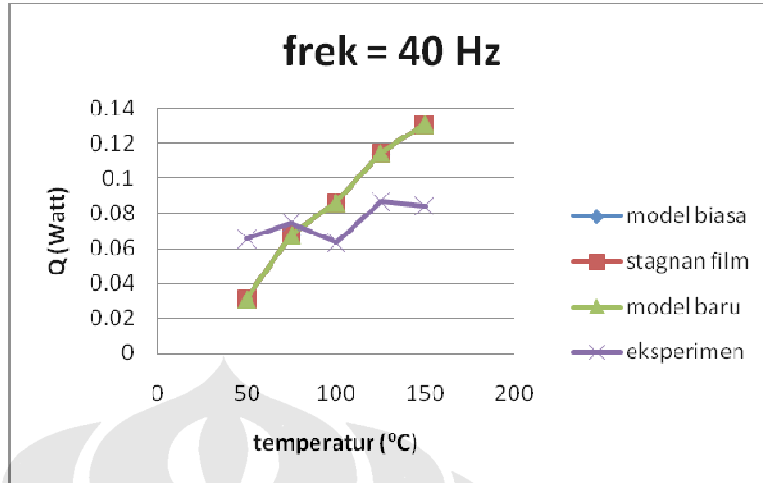
1. Untuk kecepatan aliran 1.3 m/s



**Gambar 4.17** Grafik perpindahan panas kecepatan aliran 1.3 m/s

Dari grafik di atas memperlihatkan penambahan temperatur semakin meningkatkan laju perpindahan panas. Laju perpindahan panas tertinggi didapat dengan metode model baru yaitu 0.127360647 Watt pada temperatur 150 °C sedangkan laju perpindahan panas terendah didapat dengan metode stagnan film yaitu 0.032177418 Watt pada temperatur 50 °C.

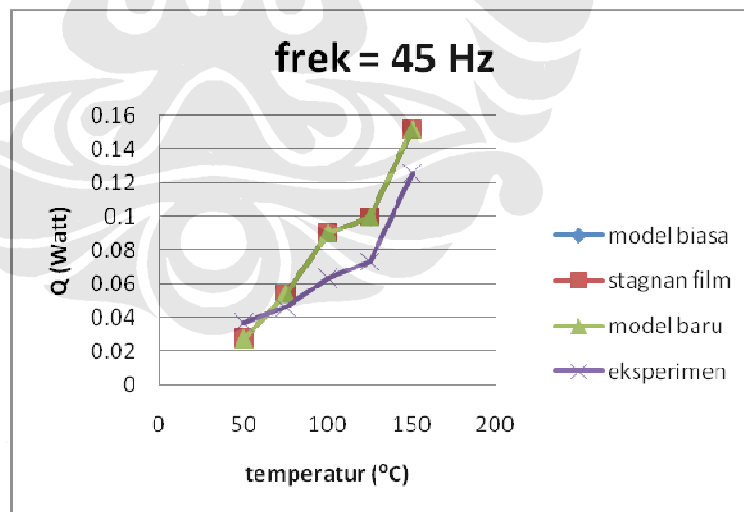
2. Untuk kecepatan aliran 1.5 m/s



**Gambar 4.18** Grafik perpindahan panas kecepatan aliran 1.5 m/s

Dari grafik di atas memperlihatkan penambahan temperatur semakin meningkatkan laju perpindahan panas. Laju perpindahan panas tertinggi didapat dengan metode model baru yaitu 0.131263121 Watt pada temperatur 150 °C sedangkan laju perpindahan panas terendah didapat dengan metode stagnan film yaitu 0.031124557 Watt pada temperatur 50 °C.

3. Untuk kecepatan aliran 1.7 m/s

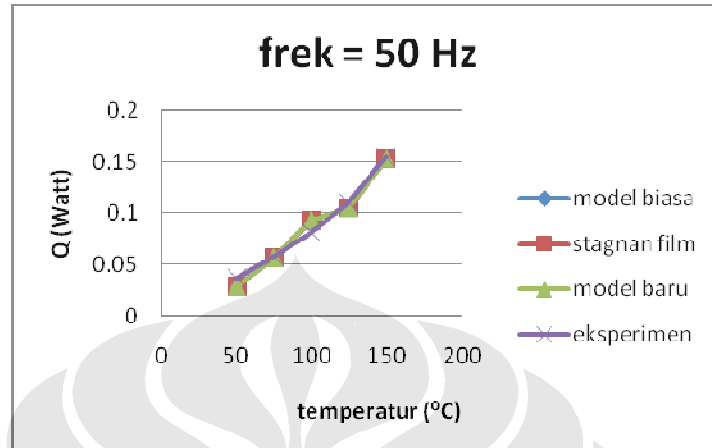


**Gambar 4.19** Grafik perpindahan panas kecepatan aliran 1.7 m/s

Dari grafik di atas memperlihatkan penambahan temperatur semakin meningkatkan laju perpindahan panas. Laju perpindahan panas tertinggi didapat dengan metode model baru yaitu 0.151779726 Watt pada temperatur 150 °C

sedangkan laju perpindahan panas terendah didapat dengan metode model biasa yaitu 0.027149633 Watt pada temperatur 50 °C.

4. Untuk kecepatan aliran 1.9 m/s



**Gambar 4.20** Grafik perpindahan panas kecepatan aliran 1.9 m/s

Dari grafik di atas memperlihatkan penambahan temperatur semakin meningkatkan laju perpindahan panas. Laju perpindahan panas tertinggi didapat dengan metode eksperimen yaitu 0.154714118 Watt pada temperatur 150 °C sedangkan laju perpindahan panas terendah didapat dengan metode model biasa yaitu 0.028954415 Watt pada temperatur 50 °C.

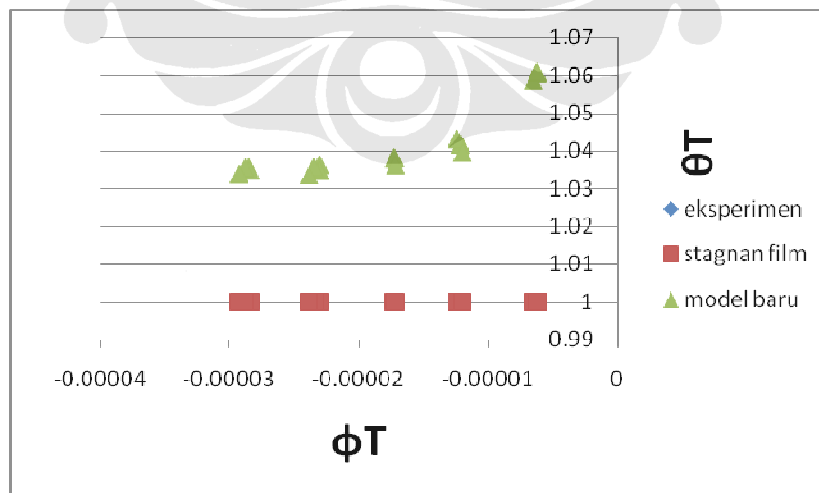
Dari grafik tersebut dapat diambil kesimpulan bahwa semakin tinggi temperatur *heater* pada frekuensi yang sama menunjukkan nilai perpindahan panas yang semakin tinggi. Hal ini karena temperatur yang tinggi semakin mempercepat laju perpindahan panas. Perbedaan temperature ( $\Delta T$ ) yang tinggi meningkatkan nilai laju perpindahan panas. Hal ini sesuai dengan persamaan konveksi dimana perbedaan temperature berbanding lurus dengan laju perpindahan panas. Semakin tinggi perbedaan temperature maka akan meningkatkan laju perpindahan panas.

Terlihat dari ketiga grafik di atas kecenderungan pola distribusi perpindahan panas (*Heat transfer*) cenderung sama. Hal ini karena nilai dari hasil perhitungan pada ketiga metode baik metode model biasa, model stagnan film, dan model baru tersebut menghasilkan nilai yang hampir sama. Grafik yang dihasilkan dari ketiga metode tersebut juga sangat berhimpit karena nilai dari hasil perhitungan menunjukkan nilai yang hampir sama.

Kesamaan nilai yang didapat dari ketiga metode tersebut karena masing-masing metode saling terkait satu sama lain. Pada metode baru terdapat faktor koreksi perpindahan panas ( $K$ ) dimana apabila nilai  $K$  pada tersebut adalah nol ( $K = 0$ ) maka nilai perhitungan perpindahan panas pada metode pendekatan baru (E.A. Kosasih) akan sama dengan hasil perhitungan pada model film stagnan. Dari hasil perhitungan didapat bahwa nilai  $K$  hampir mendekati nol sesuai dengan persamaan  $K = C_{pA}C_2/k$  (E.A. Kosasih, 2006) sehingga hasilnya mendekati perhitungan model stagnan film. Sedangkan untuk model biasa sudah termasuk dalam perhitungan di model stagnan film, karena model biasa merupakan dasar perhitungan untuk model stagnan film. Jadi dari sini dapat diambil kesimpulan bahwa nilai perpindahan pada masing – masing metode akan memiliki nilai yang hampir sama.

Hal yang berbeda ditunjukkan oleh hasil perhitungan eksperimen. Pada metode eksperimen hal yang sangat dipertimbangkan adalah perbedaan temperatur ( $\Delta T$ ). Pada beberapa titik seperti di 33.5 Hz saat temperatur 50 °C hasil perhitungan di lampiran menunjukkan tidak ada perubahan temperatur droplet sehingga  $Q_s = 0$ . Hal ini karena kemampuan alat ukur yaitu *hot wire anemometer* sangat terbatas dalam pembacaannya sehingga terlihat tidak ada perubahan temperatur yang menyebabkan hasil perhitungan berbeda dibandingkan ketiga metode lainnya.

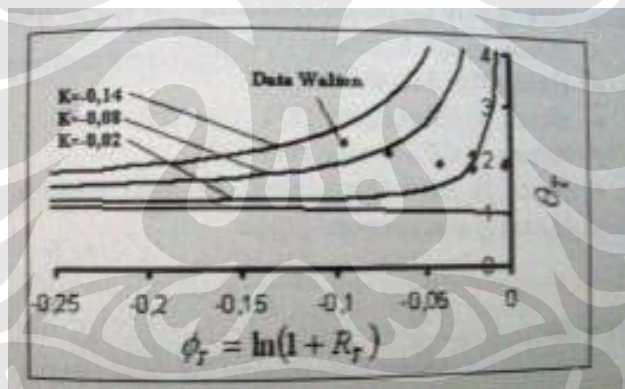
#### 4.1.4 Validasi Faktor Kecepatan dan Faktor Koreksi Perpindahan Panas



Gambar 4.21  $\phi T$  vs  $\theta T$

Gambar di atas menjelaskan tentang faktor koreksi dan faktor koreksi perpindahan panas. Metode stagnan film dan eksperimen menunjukkan hasil yang hampir sama karena kedua metode di atas tidak memasukkan variabel pendukung. Hal ini menyebabkan nilai dari faktor koreksi eksperimen sangat berdekatan dengan faktor koreksi stagnan film.

Kurva di atas tidak sesuai dengan hasil referensi yang ada dimana data faktor koreksi eksperimen seharusnya berdekatan dengan faktor koreksi model baru seperti pada gambar kurva di bawah ini, tapi hasil dari perhitungan sangat berdekatan seperti terlihat pada grafik di atas. Sebagai contoh untuk faktor kecepatan perpindahan panas ( $\Phi T$ )  $-6.30248E-06$ , nilai dari faktor koreksi eksperimen, faktor koreksi stagnan film, dan faktor koreksi model baru berturut-turut adalah 1.000000109, 1.000003151, dan 1.060724386. Walaupun nilai dari faktor koreksi eskperimen tidak berdekatan dengan faktor koreksi model baru, tapi perbedaan nilainya hanya sekitar 5% saja.



**Gambar 4.22** Kurva  $\Phi T$  vs  $\theta T$  dan data Walton