

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 umum, *stagnant film model* dan pendekatan baru pada *stagnant film model* (E. A. Kosasih, 2006) 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.

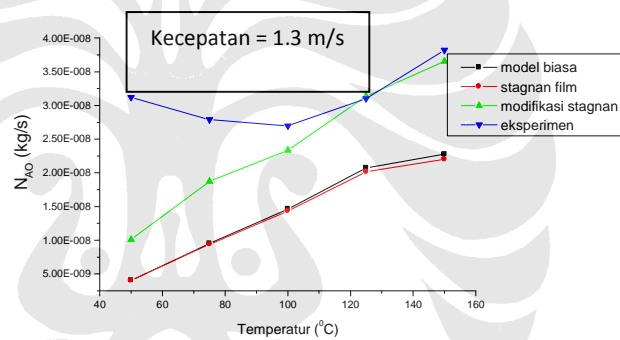
4.1.1 Grafik Perpindahan Massa (*Heat Transfer*) pada 0 – 30 Detik

A. Perbandingan pada Frekuensi Aliran yang Sama

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 umum, *stagnant film model* dan pendekatan baru *stagnan film model* (E.A. Kosasih, 2006) yang langsung

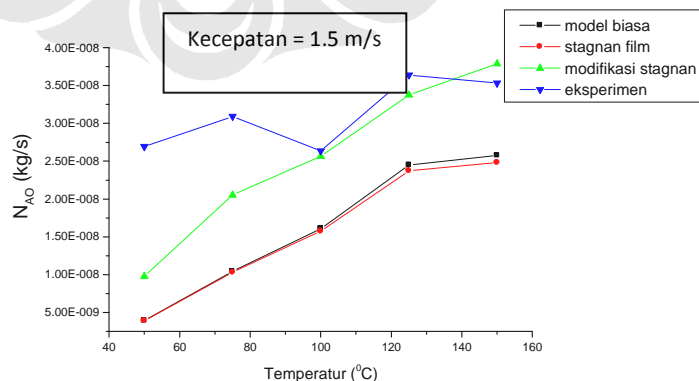
dibandingkan dengan menggunakan perhitungan secara eksperimen. Hal ini dilakukan untuk melihat seberapa dekat korelasi yang disajikan pada masing – masing metode perhitungan dengan hasil yang didapatkan pada perhitungan eksperimen. Untuk lebih memudahkan dalam melakukan analisisnya, berikut ini akan 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



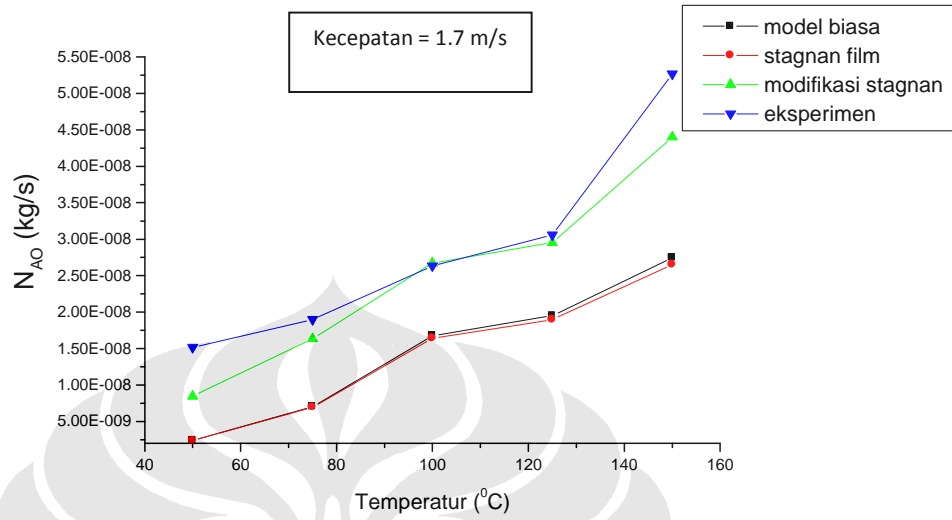
Gambar 4.1 Grafik Perpindahan Massa pada Kecepatan 1,3 m/s

2. Untuk Kecepatan Aliran 1,5 m/s



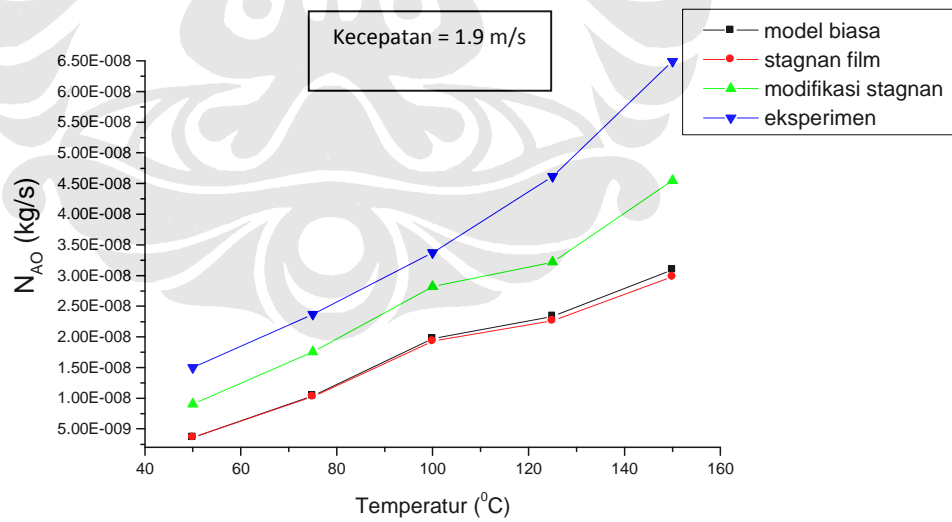
Gambar 4.2 Grafik Perpindahan Massa pada Kecepatan 1,5 m/s

3. Untuk Kecepatan Aliran 1,7 m/s



Gambar 4.3 Grafik Perpindahan Massa pada Kecepatan 1,7 m/s

4. Untuk Kecepatan Aliran 1,9 m/s



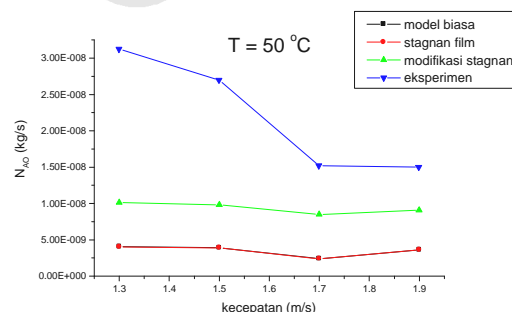
Gambar 4.4 Grafik Perpindahan Massa pada Kecepatan 1,9 m/s

Dari grafik diatas dapat terlihat bahwa pada masing – masing metode perhitungan mempunyai nilai perpindahan massa tertentu. Untuk model rumus umum (model biasa) dan *stagnant film model* memiliki nilai perpindahan massa yang hampir sama sedangkan untuk model pendekatan baru (E.A. Kosasih, 2006) memiliki nilai perpindahan massa yang lebih besar dibandingkan dengan model rumus umum (model biasa) dan *stagnant film model*, tetapi nilainya tidak begitu jauh dari perhitungan yang berdasarkan eksperimen, bahkan pada beberapa titik nilainya hampir sama. Hal ini menunjukkan bahwa model pendekatan baru (E.A. Kosasih, 2006) memiliki karakteristik yang hampir mirip dengan eksperimen.

Sedangkan jika ingin melihat pengaruh pada setiap kecepatan aliran konstan, ternyata terdapat peningkatan nilai dari perpindahan massa seiring dengan peningkatan temperature. Hal ini disebabkan oleh adanya peningkatan kecepatan aliran akibat adanya penaikan temperature walaupun sumber kecepatan aliran yakni frekuensinya inverter ke blower 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})

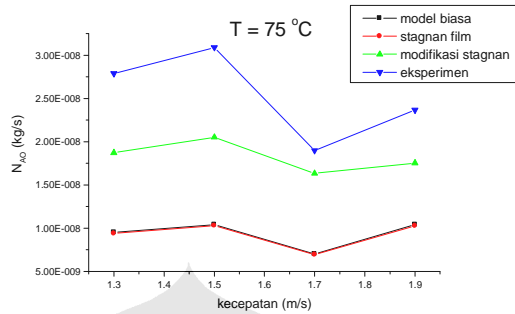
B. Perbandingan pada Temperatur yang Sama

1. Untuk Temperatur 50 °C



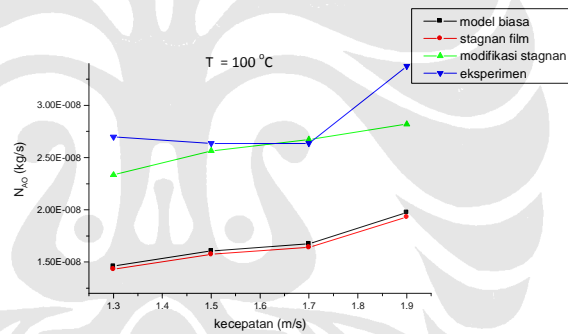
Gambar 4.5 Grafik Perpindahan Massa pada Temperatur 50 °C

2. Untuk Temperatur 75 °C



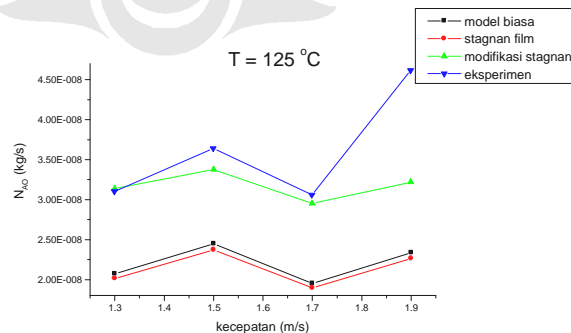
Gambar 4.6 Grafik Perpindahan Massa pada Temperatur 75 °C

3. Untuk Temperatur 100 °C



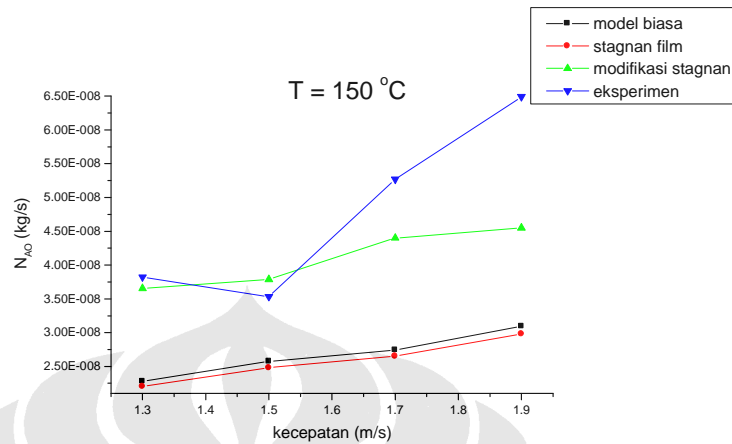
Gambar 4.7 Grafik Perpindahan Massa pada Temperatur 100 °C

4. Untuk Temperatur 125 °C



Gambar 4.8 Grafik Perpindahan Massa pada Temperatur 125 °C

5. Untuk Temperatur 150 °C

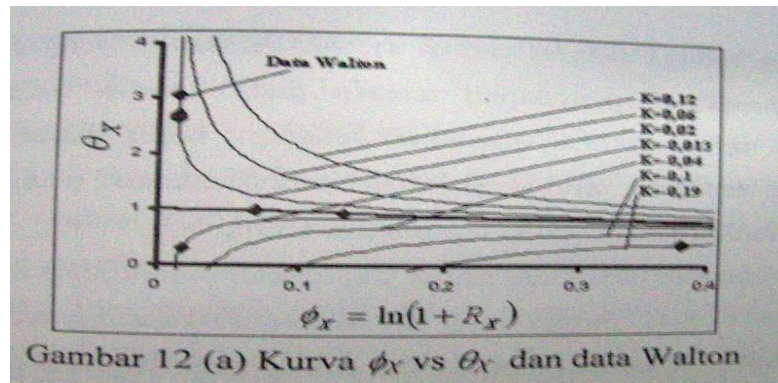


Gambar 4.9 Grafik Perpindahan Massa pada Temperatur 150 °C

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 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 kecepatan 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 (N_{Ao}). Jadi secara umum dapat disimpulkan bahwa jika terjadi peningkatan kecepatan aliran akan menyebabkan adanya peningkatan nilai perpindahan massanya.

C. Perbandingan dengan Menggunakan Bilangan Tak Berdimensi

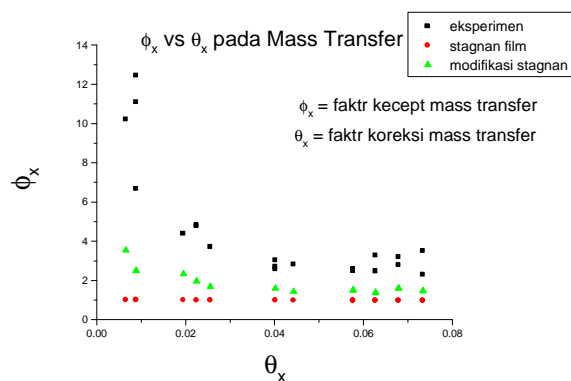
Perbandingan ini dilakukan agar dapat terlihat bagaimana korelasi dari masing – masing metode perhitungan dalam menghasilkan nilai perpindahan massanya, sebagaimana yang telah digambarkan pada gambar perbandingan faktor koreksi dengan rasio fluks (E.A. Kosasih, 2006) berikut ini.



Sumber: E.A. Kosasih, 2006

Gambar 4.10 Grafik Perbandingan Faktor Koreksi dengan Rasio Fluks Perpindahan Massa

Dalam perhitungan ini hanya menggunakan tiga metode perhitungan saja yakni *stagnant film model*, modifikasi stagnan film dan juga model eksperimen sebagai pembandingnya karena untuk model biasa dan *stagnant film model* mempunyai kesamaan perhitungan sehingga hanya menggunakan metode *stagnant film model* saja. Berikut ini adalah grafik perbandingannya



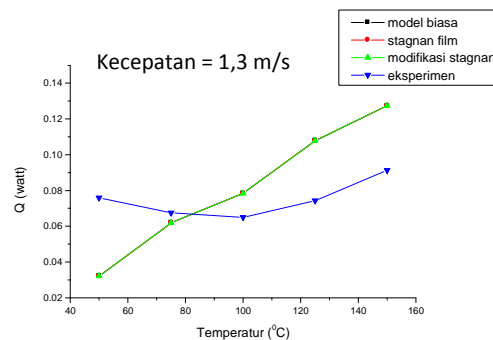
Gambar 4.11 Hubungan Faktor Kecepatan dan Koreksi Perpindahan Massa

Dari gambaran grafik diatas dapat menunjukkan bahwa model eksperimen yang lebih menitik beratkan perhitungan pada korelasi perubahan diameter tetesan untuk mendapatkan nilai perpindahan massanya ternyata mempunyai nilai yang lebih dekat pada metode perhitungan pendekatan baru pada *stagnant film model* (E.A. Kosasih, 2006). Hal ini disebabkan adanya factor penambahan C_1 untuk memperbesar jangkauan nilainya, ketika nilai C_1 mendekati nol maka metode perhitungan pendekatan baru pada *stagnant film model* (E.A. Kosasih, 2006) akan bernilai sama dengan perhitungan *stagnant film model*

4.1.2 Grafik Perpindahan Panas (*Heat Transfer*) pada 0 – 30 Detik

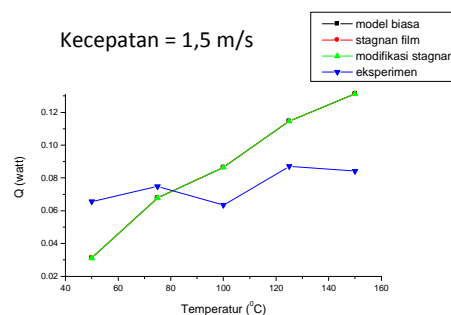
A. Perbandingan pada Frekuensi aliran yang Sama

1. Untuk Kecepatan Aliran 1,3 m/s



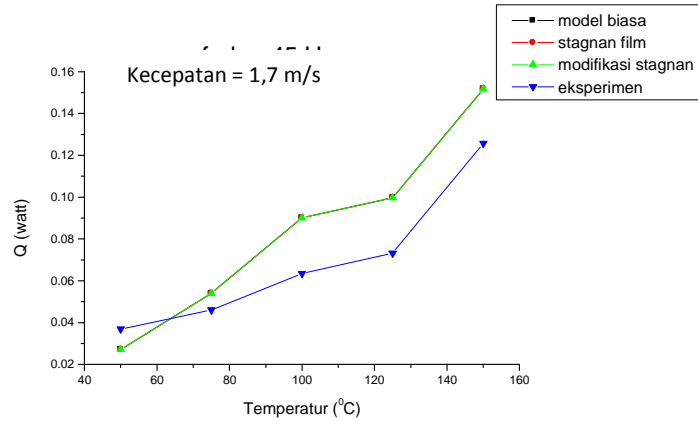
Gambar 4.12 Grafik Perpindahan Panas pada Kecepatan 1,3 m/s

2. Untuk Kecepatan Aliran 1,5 m/s



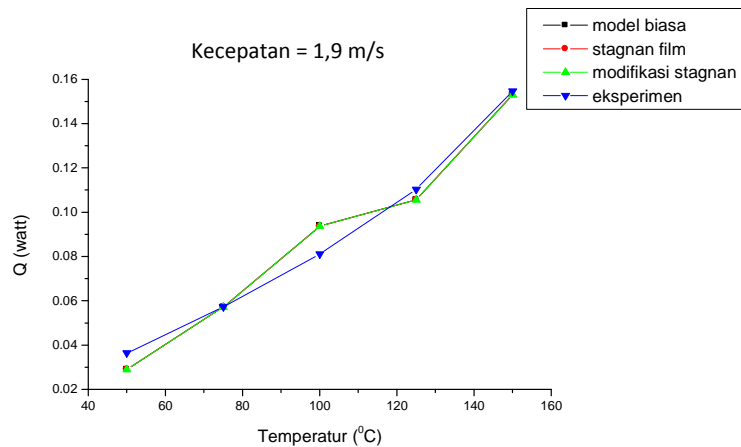
Gambar 4.13 Grafik Perpindahan Panas pada Kecepatan 1,5 m/s

3. Untuk Kecepatan Aliran 1,7 m/s



Gambar 4.14 Grafik Perpindahan Panas pada Kecepatan 1,7 m/s

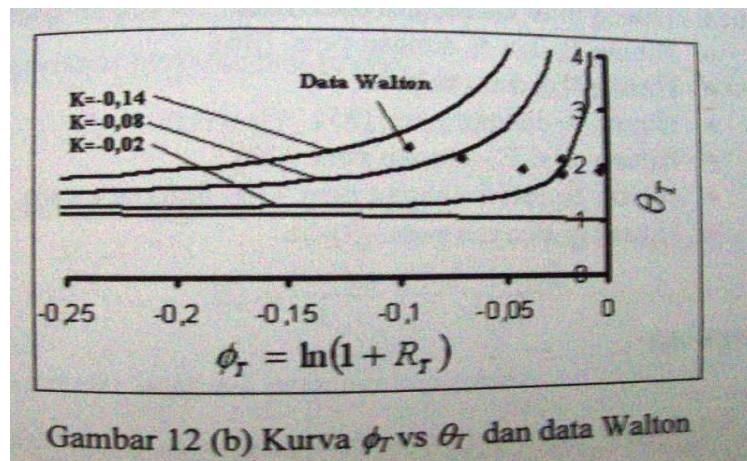
4. Untuk Kecepatan Aliran 1,9 m/s



Gambar 4.15 Grafik Perpindahan Panas pada Kecepatan 1,9 m/s

Dari keterangan grafik perbandingan untuk perpindahan panas (*heat transfer*) yang dianalisa pada kecepatan aliran tetap dan adanya variasi temperatur yang meningkat, akan terlihat bahwa nilai perpindahan panas dari masing – masing metode perhitungan hampir selalu sama pada tiap – tiap kecepatan aliran. Fenomena ini dapat dianalisa lewat *staganant film model* dan metode pendekatan stagnan film (E.A Kosasih, 2006) yang menyatakan bahwa nilai dari faktor koreksi untuk perpindahan

panas (K) = 0 untuk *stagnant film model* sedangkan untuk metode pendekatan E.A. Kosasih jika nilai $K = 0$ maka nilai perpindahan panas yang dihasilkan melalui metode ini akan sama dengan nilai perpindahan panas pada *stagnant film model* (E.A. Kosasih, 2006). Analisa ini dapat terlihat pada gambar dari perbandingan faktor koreksi dengan rasio fluks (E.A. Kosasih, 2006), seperti yang terlihat pada gambar berikut ini



Sumber: E.A.Kosasih, 2006

Gambar 4.16 Grafik Perbandingan Faktor Koreksi dengan Rasio Fluks
Perpindahan Panas

sedangkan nilai yang dihasilkan dari data pengujian akan menunjukkan bahwa nilai K yang dihasilkan hampir mendekati nol. Nilai K ini didefinisikan sebagai

$$K = C_{pA}C_2/k \quad (\text{E.A. Kosasih, 2006})$$

Dimana :

K = faktor koreksi untuk perpindahan panas

C_{pA} = panas jenis molar udara (J/mol K)

C_2 = konstanta perpindahan panas

k = konduktivitas termal (W / mK)

Dari persamaan diatas dapat terlihat bahwa nilai K akan bergantung pada salah satu komponennya adalah C_2 . Sedangkan pada hasil perhitungan dengan menggunakan metode pendekatan stagnan film (E.A. Kosasih, 2006) akan menghasilkan nilai C_2 yang hampir mendekati nol, yakni berkisar pada angka 10^{-9}

sampai 10^{-8} . Dari hubungan korelasi ini, dapat dinyatakan bahwa jika nilai C_2 mendekati nol maka nilai K yang dihasilkan juga akan mendekati nol atau dapat ditulis sebagai $K=0$ yang berarti nilai perpindahan panas yang dihasilkan oleh metode pendekatan stagnan film (E.A. Kosasih, 2006) akan sama dengan nilai dari perpindahan panas dari *stagnant film model*, sedangkan untuk rumus umum sudah termasuk dalam perhitungan di *stagnant film model*, karena rumus model umum merupakan dasar perhitungan untuk *stagnant film model*. Jadi dari sini dapat diambil kesimpulan bahwa nilai perpindahan pada masing – masing metode akan memiliki nilai yang hampir sama.

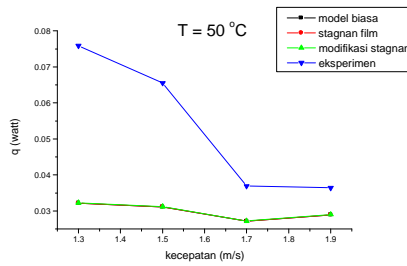
Sedangkan untuk menganalisa pengaruh temperature pada nilai perpindahan panas akan terlihat pada kecenderungan dari grafik perbandingan diatas yang semakin meningkat seiring dengan peningkatan temperature. Hal ini disebabkan oleh adanya perbedaan suhu (ΔT) yang semakin lama semakin besar sesuai dengan peningkatan temperature aliran udara akibat adanya proses pemanasan oleh *heater*, sedangkan untuk temperature tetesan (*droplet*) cenderung untuk tetap. Dengan adanya perbedaan suhu (ΔT) yang semakin besar akan menyebabkan nilai perpindahan panasnya juga akan semakin besar, karena dalam perhitungan nilai perbedaan suhu (ΔT) berbanding lurus dengan nilai dari perpindahan panasnya, nilai perbedaan suhu (ΔT) akan selalu digunakan pada setiap metode perhitungan baik untuk rumus model umum, *stagnant film model* ataupun untuk metode pendekatan stagnan film (E.A. Kosasih, 2006). Analisa ini juga dapat digunakan untuk pengaruh kecepatan aliran terhadap nilai perpindahan panasnya, untuk pengaruhnya akan dibahas pada bagian selanjutnya sehingga akan terlihat lebih jelas bagaimana pengaruh dari peningkatan kecepatan aliran tersebut. Jadi makin tinggi perbedaan suhu (ΔT) dan kecepatan aliran maka akan semakin tinggi juga nilai perpindahan panasnya.

Dari analisa diatas dapat terlihat bahwa ketiga metode perhitungan yakni rumus model umum, *stagnant film model* ataupun untuk metode pendekatan stagnan film (E.A. Kosasih, 2006) memang hampir mempunyai nilai yang sama dan fenomena ini juga tergambar pada grafik perbandingannya. Sedangkan untuk perhitungan secara eksperimental digunakan sebagai data pembanding mengenai

persebaran datanya dan ternyata nilainya pun tidak terlalu jauh berbeda dengan ketiga metode perhitungan yang lain

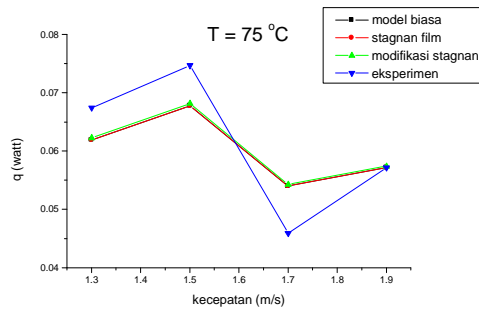
B. Perbandingan pada Temperatur yang Sama

1. Untuk Temperatur 50 °C



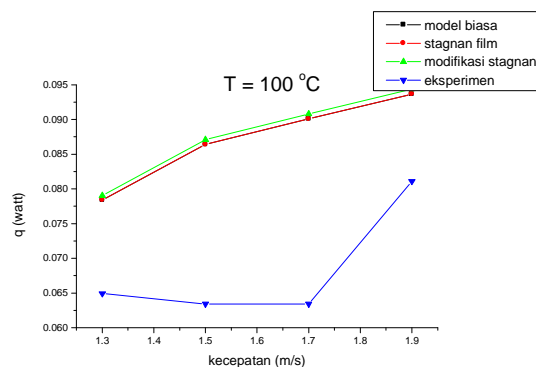
Gambar 4.17 Grafik Perpindahan Panas pada Temperatur 50 °C

2. Untuk Temperatur 75 °C



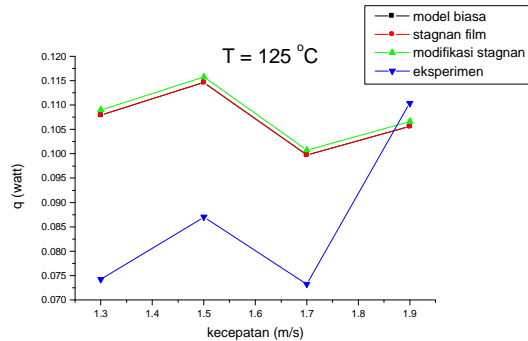
Gambar 4.18 Grafik Perpindahan Panas pada Temperatur 75 °C

3. Untuk Temperatur 100 °C



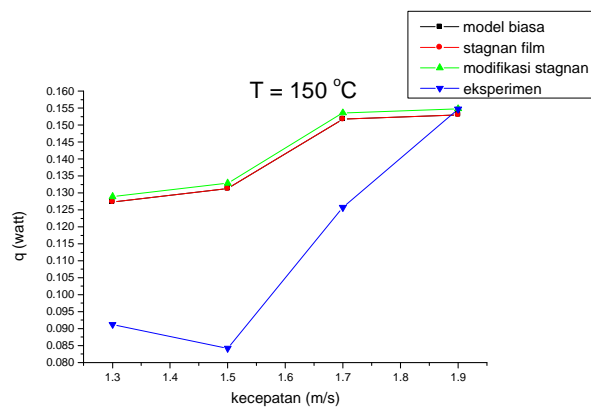
Gambar 4.19 Grafik Perpindahan Panas pada Temperatur 100 °C

4. Untuk Temperatur 125 °C



Gambar 4.20 Grafik Perpindahan Panas pada Temperatur 125 °C

5. Untuk Temperatur 150 °C



Gambar 4.21 Grafik Perpindahan Panas pada Temperatur 150 °C

Dari kelima grafik perbandingan nilai perpindahan panas dengan temperature tetap dan variasi dari kecepatan aliran diatas, akan terlihat juga bahwa nilai dari masing – masing perpindahan panas pada setiap metode perhitungan akan memiliki nilai yang hampir sama juga, sehingga analisa pada bagian A diatas dapat digunakan untuk menganalisa fenomena ini. Sedangkan untuk pengaruh dari perubahan aliran yang meningkat dapat terlihat telah sedikit dijelaskan pada bagian diatas, yakni dengan adanya peningkatan kecepatan aliran maka akan meningkatkan nilai perpindahan panasnya. Hal ini dapat dianalisa dengan meggunakan korelasi antara nilai *reynold* dengan nilai kecepatan. Nilai *reynold* ini akan berpengaruh untuk

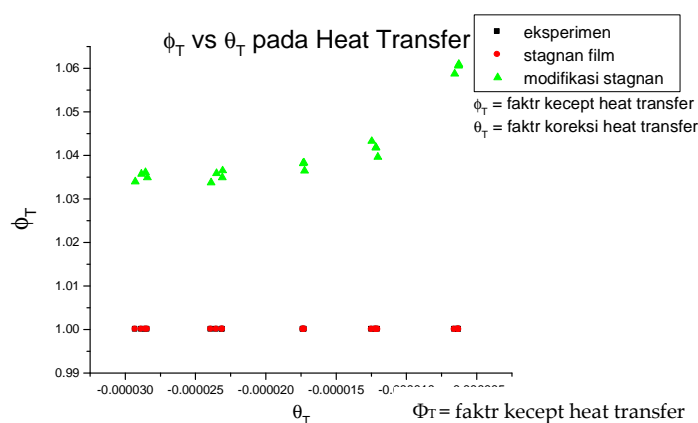
menghitung nilai koefisien konveksi (h). Hubungan korelasinya adalah sebagai berikut, makin tinggi kecepatan maka nilai *reynold* akan meningkat pula, sebagaimana yang dijelaskan pada persamaan (2.44). Jika nilai *reynold* meningkat maka nilai *Nusslet* juga akan meningkat, sebagaimana yang dijelaskan pada persamaan **RANZ-MARSHALL** (pers. 2.52), sehingga dengan adanya peningkatan nilai *Nusslet* akan meningkatkan nilai koefisien konveksi (h) yang akan digunakan pada setiap metode perhitungan. Dan korelasi yang terakhir adalah dengan adanya peningkatan nilai koefisien konveksi (h) maka nilai perpindahan panasnya juga akan meningkat. Korelasi - korelasi ini berlaku untuk semua metode perhitungan, baik untuk rumus umum, *stagnant film model* dan juga metode pendekatan stagnan model (E.A. Kosasih, 2006) karena semua metode pasti akan menggunakan nilai koefisien konveksi (h) yang sama.

Tetapi yang harus menjadi perhatian dalam menganalisa pembentukan grafik perpindahan panas pada temperature konstan ternyata didapatkan bahwa pada temperature 50 °C dan 75 °C, ternyata didapatkan juga fenomena mengenai turunnya nilai perpindahan panas pada peningkatan kecepatan aliran. Hal ini hampir sama dengan nilai perpindahan massanya. Dan faktor penyebabnya pun adalah akibat adanya kesalahan teknis dalam hal pengambilan data sehingga untuk temperature ini sangat berpengaruh pada saat melakukan proses perhitungannya karena perbedaan temperature ambient dan temperature tetesan tidak terlalu besar. Sedangkan untuk melihat kecenderungan dari grafik hasilnya, akan terlihat bahwa pembentukan polanya sama seperti pada grafik untuk mendapatkan nilai perubahan massa pada temperature konstan, sehingga analisisnya dapat digunakan untuk membantu menganalisa perpindahan panas yang terjadi. Tetapi yang sedikit membedakan adalah dengan meningkatnya temperature akan meningkatkan kecepatan serta nilai *reynold* sehingga yang digunakan dalam persamaan RANZ-MARSHALL adalah untuk mencari bilangan Sherwood (pers. 2.53) yang kemudian akan digunakan untuk mencari koefisien konveksi (h) dan akhirnya digunakan untuk mencari nilai perpindahan panasnya. Secara umum dengan adanya peningkatan kecepatan aliran maka menyebabkan meningkatnya nilai perpindahan panasnya.

Untuk analisa mengenai grafik yang menggambarkan fenomena perpindahan panas pada detik ke – 60, ternyata memiliki kecenderungan yang sama pada detik ke – 30, baik pada temperature tetap maupun pada kecepatan aliran tetap. Sehingga untuk melakukan proses analisisnya dapat menggunakan penjelasan diatas. Sedangkan untuk data eksperimental digunakan sebagai pembanding untuk ketiga metode diatas.

C. Perbandingan dengan Menggunakan Bilangan Tak Berdimensi

Tujuan perbandingan ini sama pada perbandingan untuk perpindahan massa yakni agar dapat melihat bagaimana korelasi dari masing – masing metode perhitungan dalam menghasilkan nilai perpindahan panasnya, sebagaimana yang telah digambarkan pada gambar perbandingan faktor koreksi dengan rasio fluks (E.A. Kosasih, 2006) pada gambar 4.16 diatas. Sedangkan untuk melihat korelasi perpindahan panasnya, juga hanya menggunakan tiga metode perhitungan saja yakni *stagnant film model*, modifikasi stagnan film dan juga model eksperimen sebagai pembandingnya karena untuk model biasa dan *stagnant film model* mempunyai kesamaan perhitungan sehingga hanya menggunakan metode *stagnant film model* saja. Berikut ini adalah grafik perbandingannya



Gambar 4.22 Hubungan Faktor Kecepatan dan Koreksi Perpindahan Panas

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 (ΦT) $-6.30248E-06$, 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 eksperimen tidak berdekatan dengan faktor koreksi model baru, tapi perbedaan nilainya hanya sekitar 5% saja.

4.2 ANALISA PENELITIAN

- Diperlukan waktu dan usaha yang lebih untuk membuat alat uji ini agar mendapatkan hasil yang lebih baik.
- Cukup sulit mendapatkan komponen-komponen untuk pembuatan alat uji penguapan tetesan terutama alat ukur berupa *wire-probe thermocouple* dan alat suntik untuk menghasilkan tetesan (*droplet*), hal ini disebabkan oleh ukuran dari kedua alat tersebut sangat kecil sehingga jarang ada di pasaran.
- Didapatkan beberapa gambar yang masih kurang baik akibat adanya getaran pada kamera maupun getaran dari alat uji yang dihasilkan oleh *blower*.
- Untuk pengukuran diameter tetesan, menggunakan program pengolah gambar, dimana perbandingan ukuran jarum dan mata bor yang presisi sebagai acuan skala dibandingkan dengan penarikan garis yang dilakukan kita terhadap pixel pada software kurang akurat, sehingga diasumsi kesalahan terkecil adalah setengah dari skala terkecil yaitu $0,5 \times 1$ pixel.
- Pemasangan *wire-probe thermocouple* pada ujung jarum sangat sulit untuk diposisikan pada tengah - tengah Pyrex