

PENGUJIAN PERPINDAHAN PANAS KONVEKSI PADA HEAT SINK JENIS EXTRUDED

Bambang Yunianto¹⁾

Abstrak

Komponen elektronik ataupun mikroprosesor yang menghasilkan panas umumnya dipasang pada heat sink sebagai elemen pelepas panas. Efektifitas heat sink tergantung dari jenisnya. Ada beberapa jenis heat sink yang sering digunakan, yang salah satunya adalah heat sink plat bersirip jenis extrude .

Pada pengujian ini digunakan heat sink jenis extrude yang mempunyai panjang 12 cm dan lebar 8 cm. Tinggi sirip 40 mm dan jarak antar sirip 9 mm. Aliran diantara sirip dinyatakan sebagai aliran dalam saluran tertutup (internal flow), yaitu dengan membuat selubung disisi atas dan samping heat sink. Sebagai fluida kerja digunakan udara dengan variasi kecepatan 2, 3, 4, 5, 6 m/dt dan sebagai sumber panas adalah elemen pemanas 60 watt.

Dari hasil pengujian ini, dibandingkan dengan metoda aliran dalam saluran terbuka. Dari perbandingan ini untuk kecepatan aliran yang sama, didapat bahwa metoda aliran dalam saluran tertutup menghasilkan temperatur heat sink yang lebih rendah dari pada metoda aliran dalam saluran terbuka.

Kata kunci: konveksi, heat sink

PENDAHULUAN

Pada suatu sistem elektronik, komponen-komponen elektronika dalam suatu rangkaian akan menimbulkan panas. Timbulnya panas ini akan mengakibatkan *performance* dari komponen-komponen tersebut terganggu, bahkan pada tingkat lebih serius akan dapat mengakibatkan komponen-komponen tersebut mengalami kerusakan.

Oleh sebab itu diperlukan proses pendinginan yang dapat menyerap panas atau membuang panas yang terjadi pada saat komponen-komponen tersebut bekerja. Media untuk meningkatkan pelepasan panas pada komponen elektronik digunakan *heat sink* jenis plat bersirip.

Pada penelitian ini dilakukan pengujian karakteristik thermal *heat sink* model *extruded fin* terhadap variasi kecepatan udara yang mengalir pada permukaan sirip. Perubahan kecepatan akan menimbulkan perubahan temperatur permukaan heat sink. Makin tinggi kecepatan udara mengalir lewat permukaan, maka akan terjadi penurunan temperatur yang lebih tinggi. Hal ini menunjukkan terjadinya peningkatan perpindahan panas dari heat sink ke udara yang mengalir. Besaran lain untuk menunjukkan laju perpindahan panas dapat dinyatakan dalam bilangan tanpa dimensi yaitu bilangan Nusselt.

Prestasi heat sink dari hasil pengujian ini akan ditampilkan dalam hubungan kecepatan terhadap penurunan temperatur dan bilangan Reynold terhadap bilangan Nusselt.

TUJUAN PENELITIAN

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

- Mengetahui pengaruh kecepatan udara pendingin terhadap laju penurunan temperatur pada *heat sink* jenis *extruded*.
- Mengetahui koefisien perpindahan panas konveksi sebagai fungsi bilangan Reynolds.
- Membandingkan dengan hasil pengujian metoda lain (metoda aliran dalam saluran terbuka).

BATASAN MASALAH

Dalam penelitian ini perlu juga dibuat batasan masalah sebagai berikut:

- Fluida yang digunakan untuk mendinginkan komponen/*heat sink* adalah udara.
- Fluks panas diasumsikan seragam sepanjang heat sink.
- Pengujian dilakukan dalam keadaan tunak (*steady state*), temperatur sirip dinyatakan stedi pada $\frac{\Delta T}{dt} = 0,07 \text{ }^\circ\text{C}/\text{min}$.
- Selang waktu, *t* yang diberikan dalam pengujian adalah 800 detik.
- Variasi kecepatan udara yang diberikan adalah 2 m/s; 3 m/s; 4 m/s ; 5 m/s dan 6 m/s.
- Sumber panas yang digunakan dalam pengujian sebesar 60 watt.

DASAR TEORI

Heat sink plat bersirip, banyak digunakan untuk meningkatkan pelepasan panas pada komponen mikroelektronik dan komponen elektronik penghasil

¹⁾ Staf Pengajar Jurusan Teknik Mesin FT-UNDIP

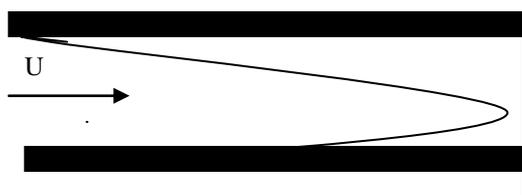
panas lainnya. Penggunaan *heat sink* plat bersirip adalah untuk menurunkan tahanan termal dan temperatur operasi komponen.

Hal ini dapat diwujudkan karena adanya penambahan luas permukaan pendingin dari sirip plat, juga dengan didaparkannya peningkatan koefisien perpindahan panas konveksi. *Heat sink* plat bersirip yang banyak dipakai sekarang ini adalah jenis *extrude* seperti gambar 1.

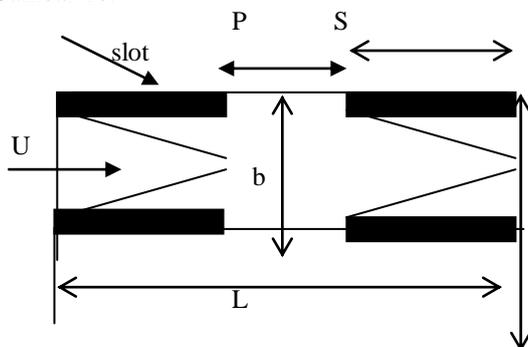
Heat sink ini terdiri dari susunan sirip-sirip plat tipis berjejer yang dipasang pada plat dasar yang sama. Pengembangan dan peningkatan unjuk kerja termal jenis *heat sink* ini adalah dibentuknya slot-slot pada sirip-sirip plat (gambar 1b).

Ukuran dan jarak antar sirip serta panjang dan jarak antar slot mempunyai pengaruh penting terhadap unjuk kerja *heat sink*. Pada jenis slot, pola aliran fluida dalam saluran yang dibentuk oleh dua sirip yang berjejer, akan berubah.

Perubahan pola aliran adalah terjadinya lapis batas aliran yang berlangsung hanya sepanjang slot, kemudian dimulai lagi pembentukan lapis batas pada slot berikutnya. Hal ini akan memperpendek terbentuknya lapisan batas sehingga sepanjang *heat sink* tebal lapis batas yang terbentuk lebih kecil.



Gambar 1b.



Dimana L = panjang *heat sink*
 U = kecepatan bebas
 H = tinggi sirip
 δ = tebal lapis batas
 S = panjang slot
 b = lebar celah antar sirip

Gambar 1. Lapisan batas

Sementara itu, pada *heat sink* tanpa slot, maka lapis batas akan tumbuh dari ujung plat hingga ujung yang terakhir (ref.4), sehingga tebal lapis batas secara keceluruhan menjadi lebih tebal, dan akibatnya tahanan termalnya menjadi besar.

Sebaliknya dengan kecilnya tebal lapis batas pada permukaan sirip (*heat sink* dengan slot), mengakibatkan turunnya tahanan termal konveksi, atau meningkatnya koefisien konveksinya. Dengan meningkatnya koefisien konveksi, maka pada gilirannya akan menurunkan suhu permukaan *heat sink*.

Sebagai pembandingan dapat ditunjukkan perbedaan unjuk kerja antara *heat sink* jenis slot dan tanpa slot (*extrude*), untuk bilangan Reynold 50 hingga 200 terdapat perbedaan $\pm 10\%$ hingga 30% (ref.3). Sementara tinggi sirip dapat memperluas permukaan sirip, sehingga menambah laju perpindahan panas, namun sebaliknya makin tinggi sirip justru akan menurunkan efisiensi sirip (ref.1).

Ukuran panjang dan tinggi sirip juga jarak antar sirip memerlukan analisis yang lebih dalam untuk mendapatkan nilai optimumnya. Secara pemodelan telah dilakukan oleh P. Teerstra dkk (ref.3), bahwa efisiensi sirip merupakan fungsi dari panjang, tinggi dan jarak celah antar sirip, serta jarak antar slot yang dinyatakan dalam persamaan 3.

Laju perpindahan panas pada sirip

Sirip pada plat *heat sink* adalah berbentuk persegi dengan tebal yang relatif tipis, sehingga dalam analisis perpindahan panasnya didekati dengan ujung sirip yang diisolasi (adiabatis). Laju perpindahan panasnya dapat dinyatakan dengan persamaan 1, berikut (ref.2)

$$q = \tanh mL \sqrt{PkA} \Theta \dots\dots\dots(1)$$

- $m = [hP/kA]$
- P = keliling sirip
- k = konduktivitas bahan
- A = luas penampang sirip
- Θ = beda suhu dasar dan lingkungan
- h = koefisien konveksi
- L = panjang sirip

Disamping laju panas lewat sirip, untuk mengetahui unjuk kerja, ditentukan pula parameter lain yaitu efisiensi sirip, yang dinyatakan dengan persamaan 2. berikut,

$$\eta = \tanh mL / mL \dots\dots\dots(2)$$

Heat sink plat bersirip jenis slot, penurunan persamaan efisiensi sirip yang melibatkan banyak variabel telah dibuat oleh Teerstra, dkk, (ref 3). dengan persamaan 3 berikut

$$\eta = \tanh \sqrt{2 \frac{k_f \cdot H \cdot H}{k \cdot b \cdot t} \left(\frac{t}{L} + 1 \right)}$$

$$\sqrt{2 \frac{k_f \cdot H \cdot H}{k \cdot b \cdot t} \left(\frac{t}{L} + 1 \right)} \dots \dots \dots (3)$$

dimana k_f = konduktansi fluida

k = konduktansi bahan *heat sink*

t = tebal sirip

Karena *heat sink* terdiri dari plat dasar dan sejumlah sirip, maka laju perpindahan panas totalnya adalah dinyatakan dengan persamaan 4 berikut,

$$qt = h[N \cdot \eta \cdot Af + (At - N \cdot Af)] \cdot \Theta \dots \dots \dots (4)$$

- dengan At = luas total *heat sink*
- Af = luas permukaan tiap sirip
- N = jumlah sirip

Persamaan 4 diatas berlaku untuk *heat sink* tanpa slot, sementara oeh Teertstra, dkk, (ref 3), persamaan 4, menjadi

$$qt = hN \cdot \eta \cdot A \cdot \Theta$$

Persamaan diatas adalah persamaan empiris yang dilakukan oleh Teertstra, dkk, untuk bermacam jenis *heat sink* dengan slot. Persamaan tersebut harus memenuhi persamaan dasar untuk pengujian, yaitu,

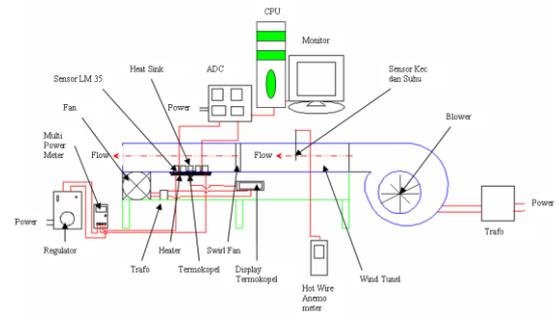
$$N_{ub} = \frac{\left(\frac{Q}{N} \right) b}{k_f \cdot A \cdot \Delta T} \dots \dots \dots (5)$$

- dengan $A = 2L \cdot H (1 - S/P)$
- P = jarak antar slot.

- Dimana : N_{ub} = Bilangan Nusselt
 - k_f = Konduktivitas fluida (W/m.⁰C)
 - A = Luas permukaan saluran (m²)
 - ΔT = Temperatur rata-rata (⁰C)
 - N = Jumlah saluran pada heatsink
 - b = Jarak saluran (m)
 - Q = Laju perpindahan panas total pada saluran (WATT)
- Persamaan diatas berlaku juga untuk *heat sink* tanpa slot ($S = 0$), sehingga luas permukaan saluran menjadi.
- $A = 2 \cdot L \cdot H$
 - L = Panjang *heat sink* (m)
 - H = Tinggi sirip atau *fin* (m)

METODOLOGI PENELITIAN

Sistem pengujian



Gambar 2. Skema Sistem Pengujian

Pada gambar di atas menunjukkan adanya aliran fluida pendingin yang berupa udara mengalir melalui *wind tunnel*. Aliran udara tersebut berasal dari *blower* yang digerakkan oleh motor penggerak. Selanjutnya fluida mengalir di dalam *wind tunnel*.

Heat sink jenis extrude yang diuji mempunyai panjang 12 cm, lebar 8 cm. Tinggi sirip 4 cm dan jarak antar sirip 0,9 cm serta jumlah sirip 8. Pada sisi atas dan samping *heat sink* dipasang selubung, sehingga aliran udara dalam saluran antar sirip menjadi aliran dalam saluran tertutup.

Instalasi Pengujian

Alat-alat pendukung yang diperlukan untuk instalasi pengujian terdiri dari :

- *Blower, Fan, Elemen Pemanas, Wind Tunnel, heat sink*, Alat ukur temperatur yang di *base*, 4 (empat) buah yaitu sensor LM35, Alat ukur temperatur yang di *wind tunnel*, Alat ukur temperatur dan kecepatan udara yaitu *hot-wire anemometer*, Termokopel, ADC, Multi Power, Meter, Regulator, dan Display termokopel.
- Dan prosedur pemasangan alat uji adalah sebagai berikut

1. Jarak outlet sejauh 30 cm dari elemen pemanas
2. Sensor suhu ditempatkan pada permukaan *heat sink* bagian depan dan belakang
3. Sensor kecepatan udara di pasang pada inlet.

Prosedur Pengujian

Setelah instalasi sudah terpasang pengujian mulai dilakukan dengan menempatkan 1 buah sensor untuk mengukur aliran udara, 4 buah sensor untuk mengukur temperatur. Dari kelima sensor didapatkan data yang diperlukan.

Prosedur yang dilakukan untuk pengujian ini adalah:

1. Memberikan masukan daya terhadap elemen pemanas yaitu sebesar 60 Watt.
2. Men-*steady*-kan temperatur pada elemen pemanas sampai kondisi *steady* ($\frac{dT}{dt} < 0,07$ ⁰C/min).

- Menyalakan *blower* dengan kecepatan yang ditentukan.
- Mencatat laju penurunan temperatur selama 10 menit.
- Laju aliran udara di dalam saluran divariasikan sebesar 2 m/s ; 3 m/s ; 4 m/s ; 5 m/s dan 6 m/s.

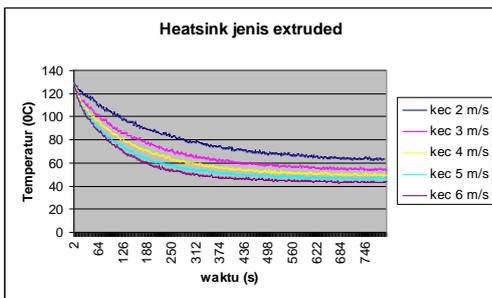
HASIL PENGUJIAN DAN PEMBAHASAN

Hasil pengujian pada heat sink jenis extrude ((tanpa slot) dapat disajikan dalam grafik –grafik berikut

1. Pengaruh Kecepatan Terhadap Temperatur

Dari data yang didapat saat melakukan eksperimen dapat dilihat perubahan temperatur *base* (permukaan *heat sink*) terhadap waktu dengan variasi kecepatan 2 m/s, 3 m/s, 4 m/s, 5 m/s dan 6 m/s.

Pada pengujian dengan variasi kecepatan aliran fluida terjadi penurunan temperatur dikarenakan beda temperatur antara *heatsink* dengan fluida yang dialirkan.



Gambar 3. Grafik penurunan temperatur *base* terhadap waktu dengan variasi kecepatan.

Analisa

Pada Gambar 3 ditunjukkan bahwa setelah fluida dialirkan selama 800s didapat penurunan temperatur *base* pada masing-masing kecepatan. Pada kecepatan udara 2 m/s dengan sumber panas sebesar 60 Watt setelah fluida dialirkan, penurunan temperatur menjadi 64,26°C, pada kecepatan udara 3 m/s terjadi penurunan suhu menjadi 54,56°C. Pada kecepatan 4 m/s terjadi penurunan sebesar 50,29°C sedang pada kecepatan 5 m/s terjadi penurunan suhu menjadi 46,32°C. Dan pada kecepatan 6 m/s temperatur *case* menurun menjadi 43,82°C.

Dari grafik dapat diketahui bahwa pada aliran fluida dengan kecepatan rendah, gradien temperaturnya juga semakin rendah karena hasil akhir temperatur yang ditunjukkan pada profil penurunan temperatur *base* menunjukkan hasil lebih tinggi daripada aliran fluida dengan kecepatan tinggi. Secara umum dapat dikatakan bahwa semakin besar kecepatan fluida pendingin, maka semakin rendah pula temperatur akhir *base* atau semakin besar gradien temperaturnya. Ini disebabkan karena pada kecepatan udara yang terjadi mengakibatkan intensitas turbulensi semakin tinggi

sehingga proses pendinginan yang terjadi pada *heatsink* lebih cepat. Demikian juga dengan semakin tingginya kecepatan aliran fluida (u) maka tebal lapisan batas (δ) pada saluran *heatsink* akan semakin menipis sehingga tahanan termal akan semakin rendah.

2. Perubahan Kecepatan Terhadap

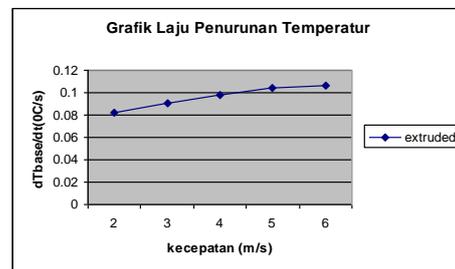
Laju perubahan temperatur *Base*.

Perubahan temperatur *Base* dapat diartikan sebagai selisih nilai perubahan temperatur pada saat $t(0)$ sampai dengan $t(800)$.

Dimana : $\Delta T_{base} = T_{(0)} - T_{(800)}$

$$\text{Maka : } \frac{\Delta T_{base}}{\Delta t} = \frac{T_0 - T_{800}}{800}$$

Nilai perubahan Temperatur *base* terhadap waktu untuk setiap variasi kecepatan dapat di buat grafik seperti di bawah ini.



Gambar 4. Grafik $\Delta T_{case}/\Delta t$ terhadap variasi kecepatan

Analisa :

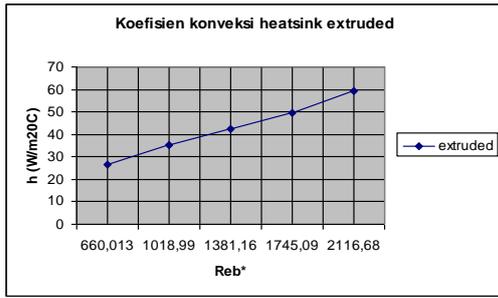
Dari gambar 4 diatas dapat disimpulkan bahwa laju pendinginan pada kecepatan tinggi, lebih cepat menurunkan laju pendinginan pada *base* (elemen pemanas). Selain itu juga terlihat bahwa nilai penurunan suhu yang dihasilkan lebih tinggi dibandingkan kecepatan rendah.

PERFORMA HEATSINK EXTRUDED

Koefisien perpindahan panas konveksi (h)

Koefisien perpindahan panas konveksi merupakan ukuran tingkat efektivitas proses perpindahan panas dari suatu permukaan. Biasanya dinyatakan dalam satuan daya yang disisipkan tiap meter persegi luas permukaan dan tiap kenaikan suhu derajat temperatur ($W/m^2 \cdot ^\circ C$).

Pepindahan panas yang terjadi pada *heatsink* adalah perpindahan panas secara konduksi dan konveksi. Pada proses ini perpindahan panas konveksi lebih dominan dibandingkan dengan perpindahan panas secara konduksi.



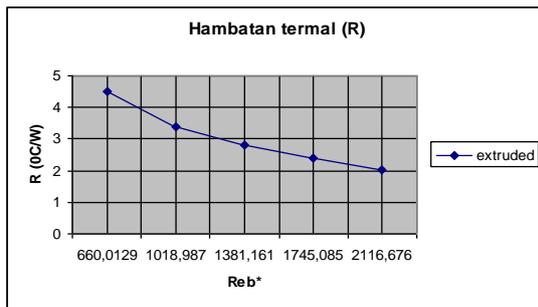
Gambar 5. Grafik koefisien perpindahan panas konveksi

Analisa :

Gambar 5 merupakan grafik koefisien perpindahan panas konveksi terhadap bilangan Reynolds. Pada bilangan Reynolds 660,013 koefisien perpindahan panas konveksi sebesar 26,46 W/m²⁰ C, sedang pada bilangan Reynolds 2116,68 sebesar 59,06 W/m²⁰ C. Dengan semakin besarnya bilangan Reynolds (Reb*) maka koefisien perpindahan panas konveksi (h) akan semakin besar pula. Ini disebabkan karena intensitas turbulensi tinggi pada bilangan reynold tinggi dan sebaliknya. Oleh karena intensitas turbulensi tinggi lapisan batas semakin tipis dan aliran pada base lebih cepat merata sehingga pendinginan akan lebih cepat. Hal ini mengakibatkan ΔT yaitu selisih antara temperatur base dengan temperatur ambient semakin kecil sehingga bilangan Nusselt (Nub) semakin tinggi maka koefisien perpindahan panas konveksi semakin besar.

Hambatan termal heatsink (R)

Dari pengujian hambatan termal pada heatsink diukur pada kondisi stedi.



Gambar 6. Grafik hambatan termal

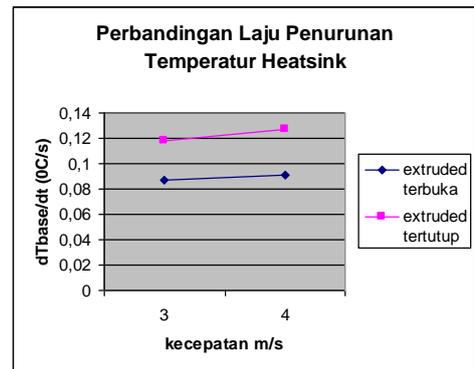
Analisa :

Gambar 6 adalah grafik hambatan termal terhadap bilangan Reynolds. Hambatan termal paling tinggi pada bilangan Reynold 660,013 sebesar 4,5⁰C/W sedang paling rendah pada bilangan Reynold 2116,68 sebesar 2,02⁰C/W . Maka semakin tinggi bilangan Reynolds hambatan termal semakin rendah. Karena semakin tinggi bilangan Reynolds akan semakin tinggi pula koefisien perpindahan panas konveksi. Sedang hambatan termal berbanding terbalik

dengan koefisien konveksi maka hambatan termalnya akan semakin rendah.

Membandingkan heatsink jenis extruded dengan metode lain

Dalam pengujian ini metode perbandingan yang digunakan sama dengan yang sebelumnya hanya di sini selubung pada heat sink dilepas, sehingga aliran yang lewat heat sink menjadi aliran dalam saluran terbuka. Perbandingan ini dilihat dari laju penurunan temperatur heatsink pada kecepatan yang sama yaitu 3 m/s dan 4 m/s. Dari sini kita dapat melihat pengaruh kecepatan aliran fluida pada temperatur heatsink dari 2 (dua) metode tersebut.

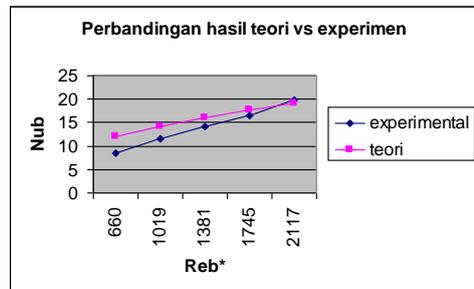


Gambar 7. Grafik Perbandingan Extruded

Analisa

Pada gambar 7 grafik perbandingan heatsink jenis extruded dari 2 (dua) metode berbeda dengan kecepatan aliran fluida dari blower yang sama. Grafik tersebut menunjukkan bahwa metode aliran dalam saluran tertutup memiliki laju penurunan temperatur yang tinggi dibanding dengan metode aliran dalam saluran terbuka. Hal ini dikarenakan ada perubahan pola aliran dalam saluran. Pada aliran dalam saluran terbuka, terjadi perubahan kecepatan yang besar dari dasar permukaan hingga ujung heat sink. Sementara hal ini tidak terjadi pada aliran lewat saluran tertutup. Kecepatan dalam permukaan saluran heat sink relatif lebih merata, sehingga laju penurunan temperaturnya menjadi lebih efektif.

Memeriksa validasi



Gambar 8. Grafik perbandingan hasil experimental dengan Persamaan teori (Teertstra)

Gambar 8 adalah grafik hasil penelitian dan hasil perhitungan teori. Ditunjukkan bahwa hasil

penelitian hampir sama atau mendekati dengan perhitungan teori. Pada bilangan Reynold rendah, perbedaan bilangan Nusselt paling tinggi yaitu 28,03%. Sedangkan pada bilangan Reynold tinggi, perbedaan bilangan Nusseltnya hanya 2,67%.

KESIMPULAN

Dari data dan pembahasan diatas dapat disimpulkan berikut:

1. Laju penurunan temperatur *base* semakin cepat dengan meningkatnya kecepatan aliran.
2. Nilai koefisien perpindahan panas konveksi paling besar pada kecepatan 6m/s dengan besar 59,06 W/m²⁰ C sedang paling kecil pada kecepatan 2m/s sebesar 26,46 W/m²⁰ C.
3. Metode pada saluran tertutup lebih efektif meningkatkan laju penurunan temperatur dibandingkan dengan metode pada saluran terbuka.
4. Selisih bilangan Nusselt (N_{ub}) hasil penelitian dengan bilangan Nusselt (N_{ub}) perhitungan teori 28,03% untuk Re kecil dan 2,67% untuk Re tinggi.

DAFTAR PUSTAKA

1. Incropera, Frank. P, 1981, “ *Fundamental of Heat Transfer* ”, John Willey & Son. Inc, Canada.
2. Kreith, Frank, 1991, “*Prinsip – Prinsip Perpindahan Panas*”, Edisi Ketiga, Alih Bahasa oleh Arko Prijono, MSc., Erlangga, Jakarta.
3. P. Teertstra, J.R. Culham, M.M. Yovannovich, 1999. “*Analitical Modeling of Forced Convection in Slot Plate Fin Heat Sinks*,”. Microelectronics heat transfer Laboratory, Department Mechanical Engineering, University of Waterloo, Canada,
4. William R. Hamburg, , 1986. “*Optimal finned heat sinks*”, Digital Equipment Corporation Western Research Laboratory, 100 Hamilton Avenue, Palo Alto.