

## PENGUJIAN PERPINDAHAN PANAS KONVEKSI PADA *HEAT SINK PLAT* JENIS *EXTRUDED* DAN *HEAT SINK PLAT* DENGAN SLOT

**Bambang Yunianto**

Jurusan Mesin Fakultas Teknik  
Universitas Diponegoro  
Jl..Prof. Sudarto, SH. Tembalang – Semarang  
Jawa Tengah , Indonesia  
Phone: ( 024) 7460059, E-mail: b\_yunianto@undip.ac.id

### ABSTRAK

*Komponen elektronik ataupun micro prosesor yang menghasilkan panas umumnya dipasang pada heat sink sebagai elemen pelepas panas. Unjuk kerja heat sink tergantung dari jenisnya. Ada beberapa jenis heat sink yang sering digunakan, antara lain heat sink plat bersirip jenis extrude, heatsink dengan slot segaris dan heat sink slot selang-seling. Pengujian dilakukan terhadap ketiga jenis heat sink tersebut untuk mengetahui masing-masing unjuk kerjanya, yang dinyatakan dengan bilangan Nusselt. Ukuran ke tiga heat sink masing-masing 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, diketahui bahwa Bilangan Nusselt terbaik terjadi pada heat sink dengan slot. Perbedaan antara jenis extrude dan jenis slot cukup nyata, sementara perbedaan antara jenis slot segaris dan selang seling sangat kecil.*

**Kata kunci :** *heat sink, kecepatan, jarak slot dan bilangan Nusselt*

### PENDAHULUAN

#### Latar Belakang Masalah

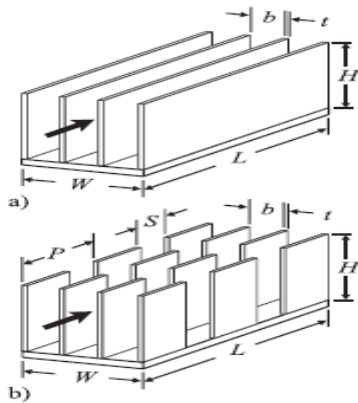
Komponen-komponen elektronika dalam suatu rangkaian akan menimbulkan panas, sehingga perlu pelepasan panas atau pendinginan, agar kinerja komponen-komponen tidak terganggu atau bahkan pada tingkat lebih serius terjadi kerusakan. Peralatan pelepas panas pada komponen elektronik yang banyak digunakan adalah *heat sink* plat bersirip jenis *extrude*. Pada perkembangannya *heat sink extrude* ini diberikan slot untuk meningkatkan unjuk kerja pelepas panasnya. Slot pada *heat sink* dibuat secara segaris (*inline*) dan selang seling (*staggered*). Adanya slot-slot ini menyebabkan terjadi peningkatan perpindahan panas, yang disebabkan terjadinya perubahan pola aliran didalam saluran-saluran antar sirip *heat sink*. Perubahan

pola aliran terjadi karena perubahan lapis batas dalam saluran antara sirip. Jika pada jenis *extrude*, lapis batat dalam saluran antar sirip terbentuk dari ujung hingga akhir panjang *heat sink*. Sedangkan pada penggunaan slot, tebal lapis batas terputus hanya sepanjang sirip yang berslot. Hal ini akan memperpendek panjang dan tebal lapis batas, yang selanjutnya memperkecil tahannan termal pada permukaan yang berakibat kenaikan laju perpindahan panas.

Pada penelitian ini dilakukan pengujian karakteristik thermal *heat sink* model *heatsink* dengan slot segaris dan *heat sink* slot selang-seling dengan variasi kecepatan udara yang mengalir pada permukaan sirip. Perubahan kecepatan akan menimbulkan perubahan temperatur permukaan, semakin tinggi kecepatan udara mengalir lewat permukaan, maka akan terjadi penurunan temperatur yang lebih tinggi.

Z





**Gambar 1.** Heat sink plat jenis extrude (a) dan heat sink plat berslot (b)

Hal ini menunjukkan terjadinya peningkatan perindahan panas dari *heat sink* ke udara yang mengalir. Besaran 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 atau bilangan Reynold terhadap bilangan Nusselt.

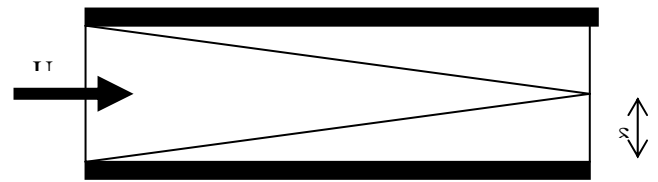
### Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

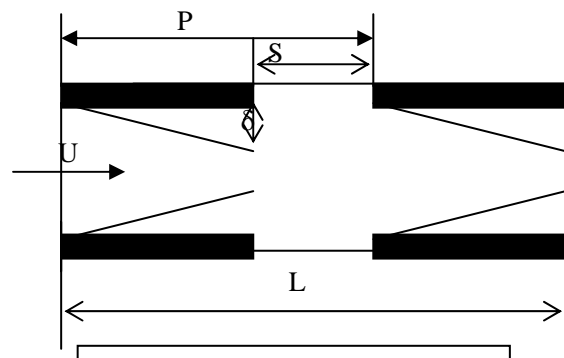
- Mengetahui pengaruh kecepatan udara pendingin terhadap laju penurunan temperatur pada ketiga jenis *heat sink*.
- Mengetahui koefisien perpindahan panas konveksi atau bilangan Nusselt sebagai fungsi bilangan Reynolds.
- Membandingkan dengan masing-masing hasil pengujian ketiga *heat sink* tersebut.

### TINJAUAN PUSTAKA

*Heat sink* plat bersirip, banyak digunakan untuk meningkatkan pelepasan panas pada komponen mikroelektronik dan komponen elektronik penghasil 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 didaptkannya peningkatan koefisien perpindahan panas konveksi. *Heat sink* plat bersirip yang banyak dipakai sekarang ini adalah jenis *extrude* seperti gambar 2.a. *Heat sink* ini terdiri dari susunan sirip-sirip plat tipis berjejer yang dipasang pada plat dasar yang sama. *Heat sink* ini terdiri dari susunan sirip-sirip plat tipis berjejer yang dipasang pada plat dasar yang sama.



**Gambar 2a.** Tebal lapis batas pada *heat sink* jenis extrude



Dimana :

- L = panjang *heat sink*
- U = kecepatan bebas
- H = tinggi sirip
- $\delta$  = tebal lapis batas
- S = jarak antar slot
- P = jarak ujung ke ujung slot

**Gambar 2b.** Tebal lapis batas pada *heat sink* dengan slot

Pengembangan dan peningkatan unjuk kerja termal jenis *heat sink* ini adalah dibentuknya slot-slot pada sirip-sirip plat (gambar 2b). 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.

Sementara itu, pada *heat sink* tanpa slot, maka lapis batas akan tumbuh dari ujung plat hingga ujung yang terakhir (W.R.Hamburgen, 1986) [5], 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*. Sementara tinggi sirip dapat memperluas permukaan sirip, sehingga menambah laju perpindahan panas, namun sebaliknya makin tinggi sirip justru akan menurunkan efisiensi sirip. 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., [3] bahwa efisiensi sirip merupakan fungsi dari panjang, tinggi dan jarak celah antar sirip, serta jarak antar slot yang dinyatakan dalam persamaan 4.

### 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 panas *heat sink* dengan sirip plat (*extrude*) dapat dinyatakan dengan persamaan 1, berikut, (Incropera, Frank, P, 1981) [ 1 ]

$$qt = h[N.\eta.Af + (At - N.Af)].\Theta \dots\dots\dots(1)$$

- $m = [hP/kfA]^{0.5}$  At = luas total *heat sink*
- P = keliling sirip N = jumlah sirip
- $k_f =$  konduktifitas bahan L = panjang sirip
- Af = luas penampang sirip h = koefisien konveksi

$\Theta =$  beda suhu dasar dan lingkungan

Dengan efisiensi sirip, yang dinyatakan dengan persamaan 2,

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

*Heat sink* plat bersirip jenis slot, laju perpindahan panas dan persamaan efisiensi sirip melibatkan banyak variabel yang dinyatakan dengan persamaan 3 dan 4, [3]

$$hN.\eta.A.\Theta \dots\dots\dots(3)$$

Dengan efisiensi sirip total pada *heat sink* jenis slot adalah,

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

$$\sqrt{2 \frac{k_f.H.H}{k.b.t} \left(\frac{t}{L} + 1\right)} \dots\dots\dots(4)$$

Adapun persamaan bilangan Nusselt untuk pengujian dinyatakan dengan persamaan,

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

- Dimana :  $N_{ub}$  = Bilangan Nusselt
- b = lebar antar sirip ( m )
- A = Luas permukaan saluran (  $m^2$  )
- L = Panjang *heat sink* ( m )
- $= 2L.H$  (1 - S/P)
- H = Tinggi sirip atau *fin* ( m )
- $\Delta T =$  Beda temperatur rata-rata (  $^{\circ}C$  )
- N = Jumlah saluran pada *heatsink*
- Q = Laju perpindahan panas total pada saluran (Watt)

Bilangan Reynold sebagai fungsi kecepatan dalam pengujian ini dinyatakan dalam persamaan,

$$Re_b^* = \frac{(U.b)b}{\nu.L} \dots\dots\dots(6)$$

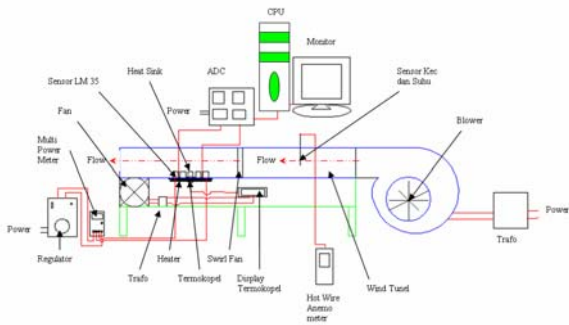
Parameter lain untuk menunjukkan pengaruh terhadap laju perpindahan panas adalah tahanan termal R, yang dinyatakan dengan persamaan,

$$R = 1/(h.A) \dots\dots\dots(7)$$

### METODOLOGI PENELITIAN

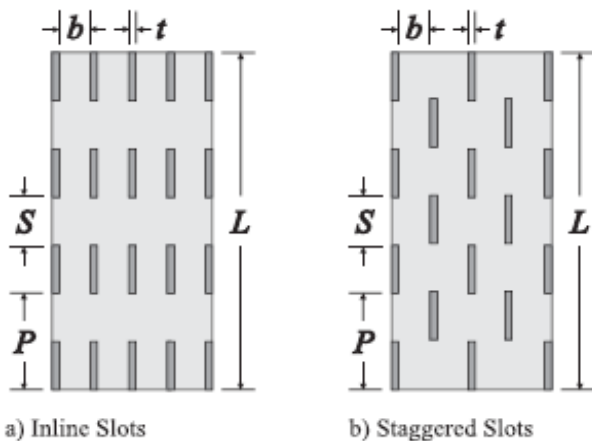
Pengujian *heat sink* dilakukan dalam *wind tunnel* dengan sistem instalasi pengujian ditunjukkan dengan gambar 3. *Heat sink* yang diuji mempunyai panjang 12 cm, lebar 8 cm. Tinggi sirip 4 cm dan jarak antar sirip 0,9 cm serta jumlah sirip 8. Panjang slot (P = 4,5 cm) dan jarak antar slot (S = 1,5 cm). Pada sisi atas dan samping *heat sink* dipasang selubung, sehingga aliran udara dalam saluran antar sirip menjadi aliran dalam saluran tertutup. Bentuk dan disain *heat sink* jenis slot segaris dan selang seling ditunjukkan dengan gambar 4.





Gambar 3. Skema Sistem Pengujian

Sebagai sumber pemanas digunakan pemanas listrik 60 watt yang ditempelkan pada bagian alas *heat sink*. Pada permukaan atas *heat sink* dipasang termometer yang dibuat dari sensor LM35 pada empat titik yang dihubungkan dengan sistem akuisisi data. Pengukuran aliran udara digunakan anemometer (*hot-wire anemometer*) yang dipasang pada posisi saluran masuk *wind tunnel*.



Gambar 4. Susunan slot *heat sink* segaris (*inline*) dan selang seling (*staggered*)

Pengukuran temperatur hingga mencapai kondisi stedi diasumsikan jika sudah dicapai  $\frac{\Delta T}{dt} = 0,07 \text{ } ^\circ\text{C}/\text{min}$ .

Pengujian pada ke tiga *heat sink* divariasikan pada kecepatan udara 2 m/s; 3 m/s; 4 m/s ; 5 m/s dan 6 m/s. Dari data pengujian digunakan untuk menghitung bilangan Nusselt dan tahanan termal yang dirumuskan pada persamaan 5 dan 7, dan disajikan dalam grafik.

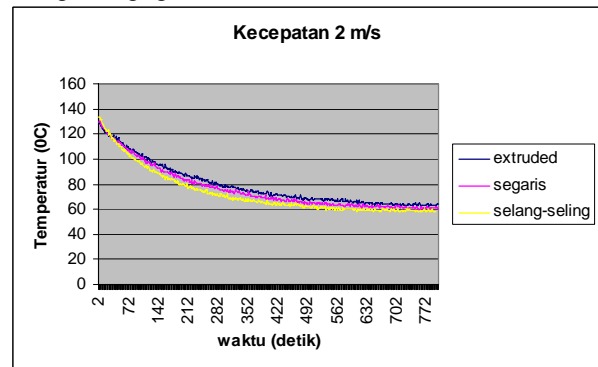
## HASIL PENGUJIAN DAN PEMBAHASAN

Hasil pengujian pada ke tiga *heat sink* disajikan dalam grafik –grafik, yang menunjukkan pengaruh laju penurunan temperatur terhadap waktu dan kecepatan. Juga diperlihatkan hubungan bilangan Reynold

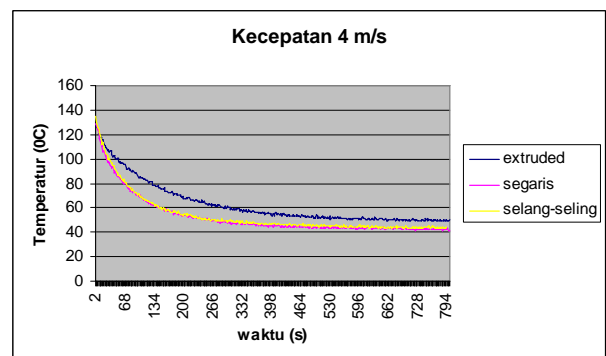
terhadap bilangan Nusselt.

## Pengaruh Kecepatan Terhadap Penurunan Temperatur

Dari data pengujian dapat dilihat bahwa laju perubahan temperatur *base* (permukaan *heat sink*) dipengaruhi oleh kecepatan aliran udaranya. Makin tinggi kecepatan udara laju penurunan temperatur *heat sink* makin tinggi, sehingga temperatur permukaan menjadi lebih rendah (gambar 5a s.d 5c) . Pada kecepatan 2, 4 dan 6 m/dt, temperatur akhir (stedi) permukaan *heat sink* berturut-turut 60, 43 dan 40  $^\circ\text{C}$  . Perbedaan temperatur akhir antara masing-masing jenis *heat sink* pada kecepatan yang sama kurang lebih 1  $^\circ\text{C}$ . Laju penurunan temperatur tertinggi dan pencapaian temperatur terendah terjadi pada *heat sink* jenis slot selang seling (gambar 6)

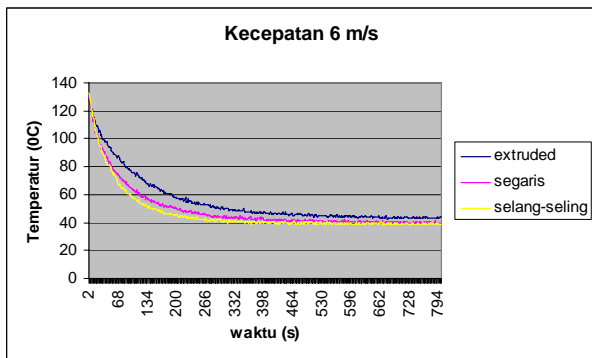


Gambar. 5a. Penurunan temperatur *base* terhadap waktu dengan kecepatan udara 2 m/dt

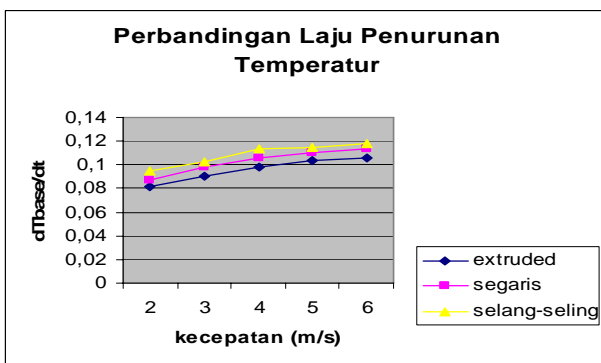


Gambar. 5b. Penurunan temperatur *base* terhadap waktu dengan kecepatan udara 4 m/dt





Gambar. 5c. Penurunan temperatur base terhadap waktu dengan kecepatan udara 6 m/dt



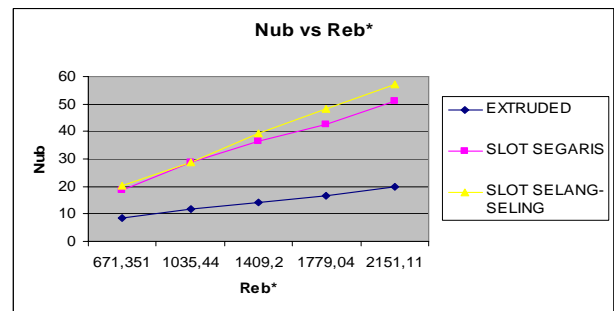
Gambar .6. Laju penurunan temperatur terhadap variasi kecepatan

### Koefisien perpindahan panas konveksi (Nu) dan variasi kecepatan (Re)

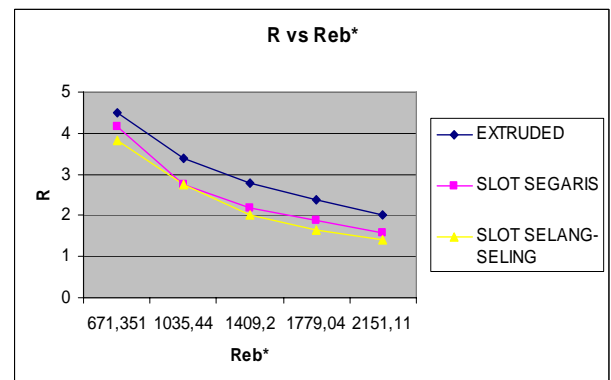
Koefisien perpindahan panas konveksi yang dinyatakan dalam bilangan tak berdimensi Nusselt,  $Nu_b$  dipengaruhi oleh kecepatan udara yang dinyatakan dalam bilangan Reynold,  $Re_b^*$ . Dari gambar 7 berikut, terlihat bahwa peningkatan kecepatan udara akan meningkatkan koefisien perpindahan panas, yang terlihat dari meningkatnya bilangan Nusselt sebanding dengan meningkatnya bilangan Reynold. Dari ketiga jenis *heat sink*, perbedaan yang cukup menyolok terjadi pada *heat sink* dengan slot. Dibandingkan dengan *heat sink* jenis *extrude*, terjadi peningkatan lebih dari 100 % (dua kalinya). Pada jenis tanpa slot (*extrude*), terjadi perpindahan panas yang terkecil ( $Nu = 9$  s.d 20), sementara *heat sink* dengan slot terjadi peningkatan perpindahan panas yang besar ( $Nu = 20$  s.d 52). Namun perbedaan bilangan Nusselt pada *heat sink* segaris dan selang-seling cukup kecil. Bilangan Nusselt pada jenis slot segaris lebih kecil ( $Nu = 19$  s.d 41) dari pada jenis slot selang seling ( $Nu = 20$  s.d 56).

Peningkatan koefisien perpindahan panas (Nu) pada *heat sink* dengan slot dipicu oleh perubahan pola aliran

dalam saluran diantara sirip. Perubahan pola aliran terjadi karena terputusnya pembentukan lapis batas dalam saluran akibat adanya slot pada sirip, sehingga tebal lapis batas menjadi lebih tipis. Dengan menipisnya tebal lapis batas dalam saluran, maka tahanan termal pada permukaan plat menjadi lebih kecil. Hal ini dapat dibuktikan dengan data pengujian yang ditunjukkan pada gambar 8..



Gambar .7. Hubungan bilangan Nusselt dan bilangan Reynold



Gambar.8. Hubungan Tahanan Termal dan bilangan Reynold

Peningkatan bilangan Nuselt pada *heat sink* yang ber slot juga disebabkan adanya peningkatan turbulensi dalam saluran diantara sirip. Sebagaimana aliran dalam berkas tabung, laju perpindahan panas pada susunan selang seling akan lebih besar dari pada susunan segaris. Demikian juga perpindahan panas pada *heat sink* dengan slot selang seling lebih besar dari pada jenis slot segaris. Hal ini terjadi karena faktor turbulensi aliran pada slot selang seling lebih besar dari pada slot segaris. Perbedaan ini cukup kecil karena slot yang dibentuk hanya dalam jumlah yang sedikit (dua slot dalam satu sirip). Perbedaan lebih besar dimungkinkan, jika jumlah slot dalam sirip-sirip *heat sink* diperbanyak, tentu saja dengan memperhatikan rasio panjang slot ( $=P$ ) terhadap jarak antar slot ( $=S$ ) yang tepat.



## **KESIMPULAN**

Dari hasil pengujian yang ditampilkan dengan grafik diatas dapat disimpulkan berikut:

1. Laju penurunan temperatur permukaan heat sink semakin cepat dengan meningkatnya kecepatan aliran, dengan laju penurunan terbesar untuk ketiga heat sink terjadi pada heat sink jenis ber slot selang seling.
2. Dari ketiga jenis heat sink, perbedaan yang cukup menyolok terjadi pada heat sink dengan slot. Pada heat sink jenis tanpa slot (extrude), terjadi perpindahan panas yang terkecil ( $Nu = 9$  s.d 20), sementara heat sink dengan slot terjadi peningkatan perpindahan panas yang lebih besar ( $Nu = 19$  s.d 56).
3. Perbedaan bilangan Nusselt pada heat sink segaris ( $Nu = 19$  s.d 41) dan selang-seling ( $Nu = 21$  s.d 56) relatif kecil, hanya berkisar 2 hingga 5.
4. Penggunaan slot dalam sirip heat sink terbukti mampu meningkatkan laju perpindahan panas dan meningkatkan laju pendinginan.

## **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. “*Analytical Modeling of Forced Convection in Slot Plate Fin Heat Sinks*,”. “Microelectronics heat transfer Laboratory, Department Mechanical Engineering, University of Waterloo, Canada,
4. Umar Saputra 2007,” Pengujian Perpindahan Panas Konveksi pada Heat Sink jenis Extrude “. Teknik Mesin UNDIP
5. William R.Hamburgen, , 1986. “*Optimal finned heat sinks*”, Digital Equipment Corporation Western Research Laboratory, 100 Hamilton Avenue, Palo Alto.

