

PENGARUH JARAK SWIRL FAN TERHADAP LAJU PENURUNAN TEMPERATUR CASE, HAMBATAN TERMAL DAN EFEKTIFITAS FIN PADA EXTRUDE FIN

Sugeng Tirta Atmadja¹⁾

Abstrak

In the electronical series, the cooling upon electronical component is highly required. In this final assignment, the writer discusses about the effect of cooling using swirl fan effect with distance variation which is usually called as a wind flow effect. This effect is obtained from the fluids flow turned by a fan, in which the direction of fluids flow is spread by fan located between the source of flow and cooled component. By using swirl fan effect which its distance is modified, it is expected to increase turbulence effect of fluids flow and recognize the most optimum distance that will effect to the flow of air cooling. The used distance variation are 1cm, 3cm, 5cm, 7cm, 9cm and 11cm. By using the method, the fast heat cooling is generated. The standard of swirl fan effect using is by not using swirl fan, so that the flow is just let without any obstacles. The existing result indicated that the using of swirl fan effect on the distance of 3cm is more optimum than on the other distance and it is better than the one which does not use swirl fan. In the speed of 6,6 m/s for all variation, the power generates smaller thermal resistance than the speed of 2,8 m/s and 4,3 m/s and the effectivity in the condition without swirl fan is better than the fin using swirl fan for both kinds of heat sink..

Kata Kunci : swirl fan

PENDAHULUAN

Banyak cara yang dapat dilakukan untuk mendinginkan komponen-komponen elektornika, diantaranya adalah dengan memperluas bidang geometri dari komponen-komponen tersebut yaitu dengan menambahkan elemen penghantar panas atau *Heat Sink*. Elemen penghantar panas ini mempunyai bentuk dan luas bidang geometri yang berbeda-beda tergantung dengan dimana komponen-komponen elemen penghantar panas diaplikasikan. Dengan makin luasnya bidang geometri tentu saja akan semakin besar kemampuannya menghantarkan panas untuk mengendalikan temperatur komponen. Cara lain yang dapat juga dilakukan adalah dengan meningkatkan laju aliran udara yang dialirkan pada permukaan komponen. Dengan laju aliran udara yang lebih kencang tentu saja mempunyai kemampuan menyerap panas dari komponen-komponen elektronika dan membuangnya panas lebih besar.

DASAR TEORI

Perpindahan Kalor

Perpindahan kalor atau *heat transfer* ialah ilmu untuk meramalkan perpindahan energi yang terjadi karena adanya perbedaan temperatur diantara benda atau material^[9]. Energi yang berpindah ini dinamakan kalor atau panas (*heat*). Perpindahan kalor ini tidak hanya menjelaskan bagaimana energi kalor itu berpindah dari satu benda ke benda lain, tetapi juga dapat meramalkan laju perpindahan yang terjadi pada kondisi-kondisi tertentu. Adapun modus perpindahan kalornya dapat terjadi dengan tiga cara yaitu sebagai berikut ini :

1. Konduksi
2. Konveksi
3. Radiasi

Perpindahan kalor konduksi

Perpindahan kalor secara konduksi atau hantaran ini terjadi dikarenakan perpindahan energi dari partikel yang memiliki energi lebih tinggi ke partikel yang energinya lebih rendah dikarenakan adanya interaksi antara kedua partikel^[9]. Jadi jika pada suatu benda terdapat gradien suhu atau *temperature gradient*, maka akan terjadi perpindahan energi dari bagian bersuhu tinggi ke bagian bersuhu rendah sehingga laju perpindahan kalor berbanding dengan gradien suhunya.

$$\frac{q}{A} \sim \frac{dT}{dx} \dots\dots (2.1)$$

Berdasarkan hukum Fourier Perpindahan kalor secara konduksi dapat di rumuskan sebagai berikut :

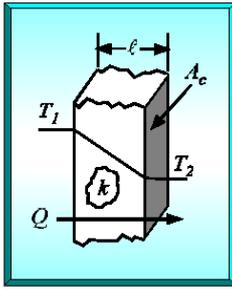
$$q = kA \frac{dT}{dx} \dots\dots (2.2)$$

Dimana : q = laju perpindahan kalor (Watt)

$\frac{dT}{dx}$ = gradient suhu ke arah perpindahan kalor (°C/m)

k = konduktivitas termal (*thermal conductivity*) bahan (W/m.°C)

A = luas benda (m²)



Gambar 1. Proses perpindahan kalor secara konduksi^[4]

Perpindahan kalor konveksi

Perpindahan kalor secara konveksi terdiri dari 2 mekanisme, yang pertama terjadinya perpindahan energi dikarenakan gerak acak fluida dan yang kedua dikarenakan pergerakan fluida secara makro. Pergerakan fluida yang memiliki perbedaan temperatur akan meningkatkan perpindahan kalor^[4]. Perpindahan kalor secara konveksi dibedakan menjadi 2, yaitu :

a. Konveksi paksa

Konveksi paksa terjadi dimana fluida dialirkan oleh media lain seperti fan, pompa atau kompresor.

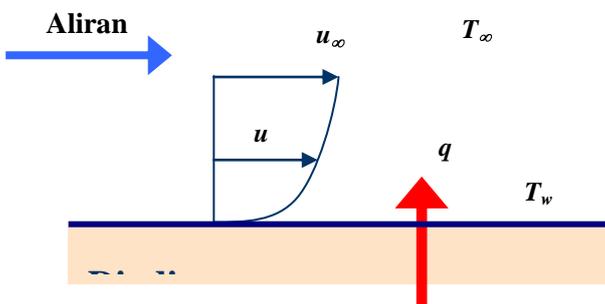
b. Konveksi alamiah

Konveksi alamiah terjadi dimana pergerakan fluida disebabkan oleh adanya gaya apung (*buoyancy force*) yang meningkat karena perbedaan densitas.

Persamaan dasar untuk perpindahan kalor secara konveksi dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$q = hA(T_w - T_\infty) \dots (2.3)$$

Dimana : q = laju perpindahan kalor (W)
 T_w = suhu plat ($^{\circ}\text{C}$)
 T_∞ = suhu fluida ($^{\circ}\text{C}$)
 A = luas permukaan (m^2)
 h = koefisien perpindahan kalor konveksi (*convection heat-transfer coefficient*) ($\text{W}/\text{m}^2 \cdot ^{\circ}\text{C}$)



Gambar 2. Proses perpindahan kalor konveksi dari suatu plat^[3]

Pada gambar 2 di atas laju perpindahan kalor dihubungkan dengan perbedaan temperatur yang menyeluruh antara dinding dan fluida serta suatu luasan plat sebesar A. Kecepatan aliran adalah nol pada muka plat sebagai akibat dari aksi kental viskos

(*viscous action*). Oleh karena kecepatan lapisan fluida pada dinding adalah nol, maka di sini kalor hanya dapat berpindah secara konduksi saja. Jadi perpindahan kalor dapat dihitung dengan persamaan 2.1 dengan menggunakan konduktivitas termal fluida dan gradien suhu fluida pada dinding. Gradien suhu ini tergantung pada laju fluida yang membawa kalor pada daerah tersebut. Kecepatan fluida yang tinggi akan menyebabkan gradien suhu yang besar pula. Sehingga gradien suhu pada dinding bergantung pada medan aliran, tetapi mekanisme fisis pada dinding berupa proses konduksi.

Dengan demikian dapatlah diharapkan bahwa perpindahan kalor konveksi bergantung kepada viskositas fluida disamping ketergantungannya kepada sifat-sifat termal fluida itu (konduktivitas termal, kalor spesifik, densitas). Hal ini dapat dimengerti karena viskositas mempengaruhi profil kecepatan dan karena itu mempengaruhi laju perpindahan energi di daerah dinding.

Perpindahan kalor radiasi

Berlainan dengan mekanisme konduksi dan konveksi dimana perpindahan energinya terjadi melalui bahan antara, pada perpindahan kalor secara radiasi terjadi karena radiasi elektro magnetik atau daerah-daerah hampa.^[4] Mekanismenya berupa sinaran atau radiasi elektromagnetik. Pembahasan secara termodinamika menunjukkan bahwa penyinar ideal atau benda hitam, memancarkan energi dengan laju yang sebanding dengan pangkat empat suhu absolut benda itu dan berbanding langsung dengan luas permukaan. Persamaan dasar untuk perpindahan kalor radiasi adalah:

$$q = \sigma \cdot A \cdot T^4 \dots (2.4)$$

Dimana : q = laju perpindahan kalor (Watt)
 σ = konstanta Stefan-Boltzman ($5,669 \times 10^{-8} \text{ W}/\text{m}^2/\text{K}^2$)
 A = luas permukaan (m^2)
 T = suhu ($^{\circ}\text{K}$)

Hambatan Termal

Hambatan termal adalah suatu sifat yang dapat mengukur kemampuan suatu bahan, semakin kecil hambatan termal yang terjadi pada bahan tersebut maka kemampuan untuk memindahkan panasnya akan lebih baik jika dibandingkan dengan suatu bahan yang memiliki hambatan termal yang tinggi.

Persamaan untuk menghitung hambatan termal adalah:

$$\theta = \frac{1}{h \cdot A} \dots (2.5)$$

Didapatkan hubungan antara perpindahan kalor dengan hambatan termal:

$$Q = hA(T_{\text{case}} - T_{\text{ambient}}) \dots (2.6)$$

Didapatkan hubungan antara perpindahan kalor dengan hambatan termal:

$$\theta = \frac{(T_{\text{case}} - T_{\text{ambient}})}{Q} \dots\dots (2.7)$$

karena kalor yang dihasilkan oleh elemen pemanas sama dengan daya yang dikeluarkan maka:

$$Q = P \dots\dots(2.8)$$

Oleh karena itu maka,

$$\theta = \frac{T_{\text{case}} - T_{\text{ambient}}}{P} \dots\dots(2.9)$$

Dimana : P = Daya (Watt)
 θ = hambatan termal ($^{\circ}\text{C}\cdot\text{m}^2/\text{W}$)
 T_{case} = suhu elemen Pemanas ($^{\circ}\text{C}$)
 T_{ambient} = suhu udara ($^{\circ}\text{C}$)

Jenis Aliran

Pada aliran fluida, struktur aliran dapat dibedakan menjadi dua yaitu aliran laminar dan aliran turbulen. Aliran laminar adalah aliran yang struktur alirannya memiliki karakteristik pergerakan yang halus dalam lamina atau lapisan. Dalam aliran laminar ini, gerakan fluida pada orde yang tinggi dan memungkinkan untuk mengidentifikasi bahwa aliran *streamline* (searah garis aliran) sepanjang partikel itu bergerak. Aliran turbulen adalah aliran yang struktur alirannya memiliki karakteristik pergerakan yang acak dari partikel fluida. Jadi gerakannya sangat tak teratur dan ditunjukkan oleh fluktuasi kecepatan. Gesekan permukaan dan laju perpindahan kalor secara konveksi sangat tergantung pada kondisi aliran fluida apakah lapisan batas itu laminar atau turbulen.

Kondisi keadaan tak-tunak

Sebuah benda padat yang tiba-tiba mengalami perubahan lingkungan akan memerlukan waktu sebelum suhu benda tersebut berada kembali pada keadaan seimbang. Keadaan seimbang ini disebut dengan keadaan tunak (steady state). Dalam proses pemanasan atau pendinginan yang bersifat *transient* berlangsung sebelum tercapainya keseimbangan, analisis yang akan digunakan memperhitungkan perubahan energi-dalam (*internal energy*) benda menurut waktu. Demikian pula kondisi atau syarat-syarat batas (*boundary condition*) disesuaikan agar cocok dengan situasi fisis yang terdapat dalam perpindahan kalor dalam keadaan tak-tunak (*unsteady state heat transfer*). Rugi kalor konveksi dari suatu benda terlihat dari penurunan energi-dalam benda itu dengan menggunakan persamaan

$$Q = hA(T - T_{\infty}) = -cpV \frac{dT}{dt} \dots\dots(2.10)$$

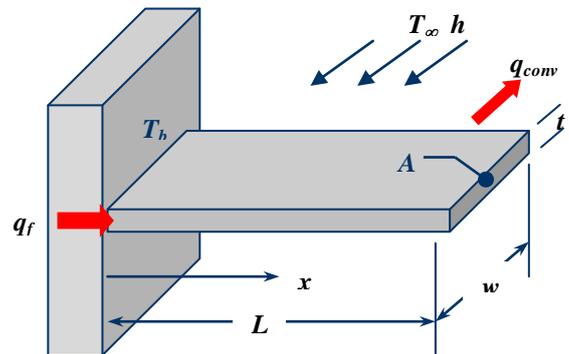
Untuk menganalisis aliran kalor *transient* dalam benda padat semi-tak berhingga kita dapat menggunakan persamaan.

$$q_0 = \frac{kA(T_0 - T_i)}{\sqrt{\pi\alpha t}} \dots\dots (2.11)$$

di sini T_i merupakan suhu awal dari benda tersebut, T_0 suhu benda setelah waktu t .

Sirip (Fin)

Sirip (*fin*) digunakan pada *heat sink* untuk memperbesar laju perpindahan panas. Laju perpindahan panas pada sirip dapat diketahui dengan menentukan distribusi suhu sepanjang sirip. Dengan asumsi bahwa konduksi hanya terjadi satu-dimensi sepanjang arah (x), *steady state*, konduktivitas konstan, radiasi dipermukaan diabaikan, pengaruh pembangkitan energi dihilangkan, koefisien perpindahan konveksi seragam disepanjang permukaan [3], untuk berbagai kondisi sirip dengan luas penampang seragam (Gambar 2.3) diperoleh persamaan berikut.



Gambar 3. Penampang sirip lurus dengan luas seragam [3]

a. Konveksi pada ujung sirip, ($h\theta \left. \frac{d\theta}{dx} \right|_{x=L} = -kd\theta/dx_{x=L}$)

$$\frac{\theta}{\theta_b} = \frac{\cosh m(L-x) + \frac{h}{mk} \sinh m(L-x)}{\cosh mL + \frac{h}{mk} \sinh mL} \dots\dots(2.12)$$

$$q_f = M \frac{\sinh mL + \frac{h}{mk} \cosh mL}{\cosh mL + \frac{h}{mk} \sinh mL} \dots\dots(2.13)$$

b. Ujung sirip *Adiabatic*, ($d\theta/dx_{x=L} = 0$)

$$\frac{\theta}{\theta_b} = \frac{\cosh m(L-x)}{\cosh mL} \dots\dots(2.14)$$

$$q_f = M \tanh mL \dots\dots(2.15)$$

c. Temperatur pada ujung sirip telah ditentukan, ($\theta \left. \frac{d\theta}{dx} \right|_{x=L} = \theta_L$)

$$\frac{\theta}{\theta_b} = \frac{(\theta_L/\theta_b) \sinh mx + \sinh m(L-x)}{\sinh mL} \dots\dots(2.16)$$

$$q_f = M \frac{\cosh mL - \theta_L/\theta_b}{\sinh mL} \dots(2.17)$$

d. Sirip sangat panjang ($L \rightarrow \infty$), ($\theta \rightarrow 0$)

$$\frac{\theta}{\theta_b} = e^{-mx} \dots(2.18)$$

$$q_f = M \dots(2.19)$$

dengan :

$$\theta \equiv T - T_\infty \quad m^2 \equiv hP/kA_c$$

$$\theta_b = \theta \Big|_{x=0} = T_b - T_\infty \quad M \equiv \sqrt{hPkA_c} \theta_b$$

Properti termofisis material didapatkan pada temperatur film yang dicari dengan menggunakan persamaan ^[4] :

$$T_{film} = \frac{T_b + T_\infty}{2} \dots(2.20)$$

Efektifitas Sirip

Efektifitas sirip didefinisikan sebagai perbandingan antara laju perpindahan panas dengan sirip terhadap laju perpindahan panas yang ada tanpa penggunaan sirip. Nilai efektifitas sirip jarang dibenarkan jika kurang dari dua ^[4]. Efektifitas sirip dapat diketahui melalui persamaan :

$$\varepsilon_f = \frac{q_f}{hA_{c,b}\theta_b} \dots(2.21)$$

Dengan mengasumsikan bahwa terdapat kesamaan antara perpindahan panas pada sirip dengan ujung yang dikonveksi dan ujung sirip *adiabatic* ^[3], maka terdapat panjang koreksi sirip (L_c), yang didefinisikan :

$$L_c = L + \left(\frac{t}{2}\right) \dots(2.22)$$

Maka untuk sirip dengan luas permukaan seragam, ujung yang dikonveksi, laju perpindahan panas pada sirip adalah :

$$q_f = M \tanh mL_c \dots(2.23)$$

Efisiensi Sirip

Efisiensi sirip merupakan perbandingan laju perpindahan panas sirip (q_f) dengan laju perpindahan panas maksimum dihantarkan melalui seluruh permukaan sirip (q_{max}). Harga efisiensi sirip ini dapat dicari menggunakan persamaan ^[3] :

$$\eta_f = \frac{q_f}{hA_f\theta_b} = \frac{\tanh mL_c}{mL_c} \dots(2.24)$$

Efisiensi Total

Efisiensi total permukaan adalah efisiensi seluruh permukaan dengan sejumlah sirip pada *base* ^[3] yang didefinisikan sebagai :

$$\eta_o = \frac{q_t}{q_{max}} = \frac{q_t}{hA_t\theta_b} \dots(2.25)$$

Dimana q_t adalah panas total yang dipindahkan melalui konveksi dari seluruh luas permukaan, A_t .

$$q_t = N\eta_f hA_f\theta_b + hA_b\theta_b \dots(2.26)$$

$$A_t = NA_f + A_b \dots(2.27)$$

Sehingga :

$$\eta_o = 1 - \frac{NA_f}{A_t}(1 - \eta_f) \dots(2.28)$$

Heat Sink

Komponen elektronika seperti komputer, transportasi, infrastruktur komunikasi, power supply, kontrol motor, peralatan konversi daya dan lain-lain memerlukan proses pendinginan. Oleh karena itu, proses pendinginan merupakan bagian yang penting dalam proses desain sistem elektronika. Proses pendinginan yang ada pada hampir semua alat termoelektrik menggunakan *Heat Sink* (sirip pendingin) untuk mempercepat laju pendinginan.

Sebuah plat logam panas akan menjadi dingin lebih cepat jika dialirkan fluida yang suhunya lebih rendah dari suhu plat logam panas tersebut. Pendinginan dengan cara ini termasuk dalam proses perpindahan kalor secara konveksi. Penggunaan sirip juga dapat digunakan untuk mempercepat perpindahan kalor dari sumber kalor menuju media yang lain. Laju fluida juga dapat mempengaruhi proses perpindahan kalor. Kecepatan yang tinggi dari fluida akan menyebabkan gradien suhu yang besar pula. ^[3] Jenis-jenis *heat sink* yang ada antara lain :

a. *Extruded Heat Sink*

Extruded heat sink merupakan contoh yang paling murah dan populer di pasaran. *Heat sink* ini terbuat dari aluminium. *Heat sink* ini mempunyai sifat-sifat perpindahan kalor yang baik dikarenakan memiliki bidang permukaan yang luas ^[12].



Gambar 4. *Extruded Heat Sink*^[12]

b. ***Folded Fin Heat Sink***

Lembaran logam yang terlipat dipasang (disolder atau dilem dengan menggunakan minyak konduksi kalor *adhesive* khusus) di dasar *heat sink*. Lipatan-lipatan yang terbentuk akan nampak seperti permukaan sirip. Material dasarnya adalah aluminium dan tembaga. Jika dibandingkan dengan *extruded heat sink*, maka teknologi ini dapat digunakan untuk alat-alat yang lebih kecil dengan tingkat keefektifan sama atau bahkan lebih tinggi^[12].



Gambar 5. *Folded Fin Heat Sink*^[12]

c. ***Cold-Forged Heatsink***

Teknologi *cold pressing* memungkinkan tidak hanya pembuatan sirip bentuk *rectangular* tetapi juga pin. *Heat sink* seperti ini sebagian besar terbuat dari material aluminium. Tetapi sering digunakan tembaga sebagai alasnya untuk mempertinggi sifat-sifat perpindahan kalornya. *Heat sink* ini lebih mahal dibandingkan dengan jenis *extruded* atau *folded*, tetapi efisiensi termal mereka tidak selalu lebih baik^[12].



Gambar 6. *Cold-Forged Heatsink*^[12]

d. ***Bonded/Fabricated Fin Heatsink***

Heat sink ini sangat mirip dengan *folded fin heat sink*, tetapi ada beberapa perbedaan, yaitu : permukaan sirip tidak terbuat dari satu lembar logam melainkan plat-plat tipis terpisah yang disolder atau dilas terhadap alas *heat sink*. Material utamanya adalah tembaga. *Heat sink* ini mempunyai keefektifan termal yang lebih tinggi daripada jenis *extruded* atau *folded*. Akan tetapi hal ini hanya akan terwujud bila kualitas proses produksi diawasi dengan ketat^[12].



Gambar 7. *Bonded/Fabricated Fin Heatsink*^[12]

e. ***Skived Fin Heatsink***

Saat ini, *heat sink* jenis ini merupakan *heat sink* yang paling banyak berkembang dan mahal. Hal ini disebabkan karena produksinya melibatkan proses permesinan presisi tinggi dari *solid blanks* (mereka diproses pada mesin presisi tinggi dengan berbasis CPU khusus). Keefektifan termal *heat sink* ini adalah yang paling baik. Aluminium dan tembaga adalah material utama. *Heat sink* ini dapat menggantikan *heat sink* jenis lainnya jika biaya pembuatannya dapat dikurangi sampai ke tingkat yang dapat diterima^[12].



Gambar 8. *Skived Fin Heatsink*^[12]

ANALISA DAN PENGOLAHAN DATA

Prosedur Pengambilan Data



Gambar 9. Skema Instalasi Peralatan Uji

a. **Pengambilan data**

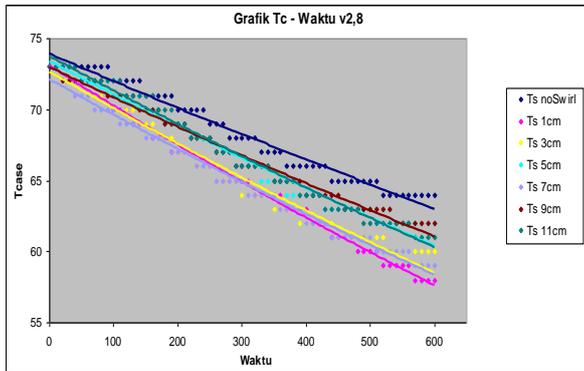
Adapun prosedur pengambilan data adalah sebagai berikut :

- Memberikan masukan daya sebesar 35 watt terhadap elemen pemanas
- Steadykan temperatur pada elemen pemanas sampai kondisi steady ($< 0,07$ oC/min)
- Menyalakan blower dengan kecepatan yang ditentukan
- Catat laju penurunan Temperatur selama 10 menit

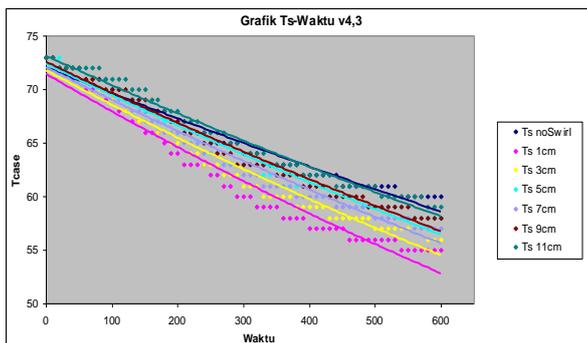
- Laju aliran udara di dalam saluran divariasikan sebesar 2,8 m/s, 4,3 m/s dan 6,6 m/s
- Ambil data untuk pemakaian *swirl fan* dan yang tidak memakai *swirl fan* dengan variasi jarak 1cm, 3cm, 5cm, 7cm, 9cm dan 11cm

Data Hasil Pengujian

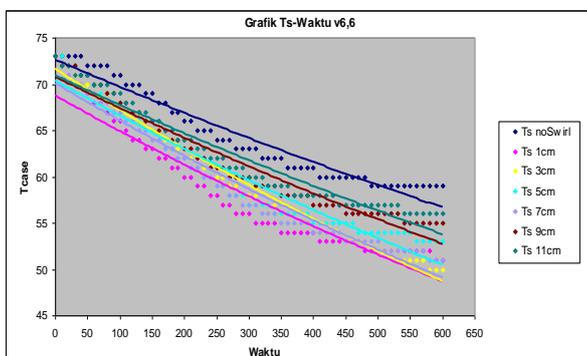
Data hasil pengujian penurunan T_{case}



Gambar 10. Grafik penurunan temperatur case terhadap waktu pada daya input 35 Watt pada kecepatan 2,8 m/s



Gambar 11. Grafik penurunan temperatur case terhadap waktu pada daya input 35 Watt pada kecepatan 4,3 m/s

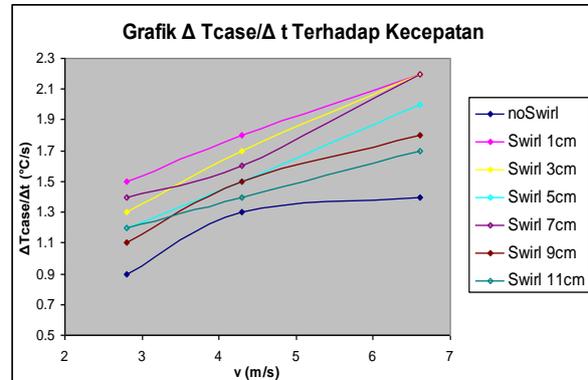


Gambar 12. Grafik penurunan temperatur case terhadap waktu pada daya input 35 Watt pada kecepatan 6,6 m/s

Dari Gambar 10 sampai 12 diatas dapat dilihat bahwa pada jarak *swirl fan* #1 memiliki nilai penurunan temperatur yang lebih besar ini disebabkan

oleh efek *swirl fan*, dimana efek *swirl fan* merubah bentuk aliran fluida pendingin dan terjadinya *dead air zone*.

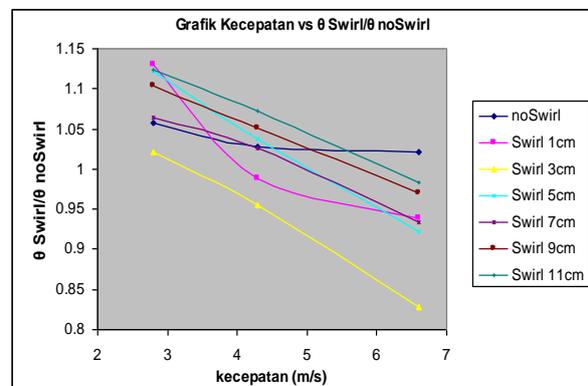
Data hasil perubahan T_{case} terhadap waktu



Gambar 13. Grafik $\Delta T_{case}/dt$ terhadap kecepatan pada jarak 1cm, 3cm, 5cm, 7cm, 9cm dan 11cm

Dari Gambar 13 pada daya 35 watt terlihat pengaruh perubahan penurunan temperatur terhadap waktu berdasarkan pada masing-masing kecepatan. Pada kecepatan terendahlah yang memiliki efek *swirl* terbesar sedangkan untuk kecepatan besar hampir pada titik yang sama.

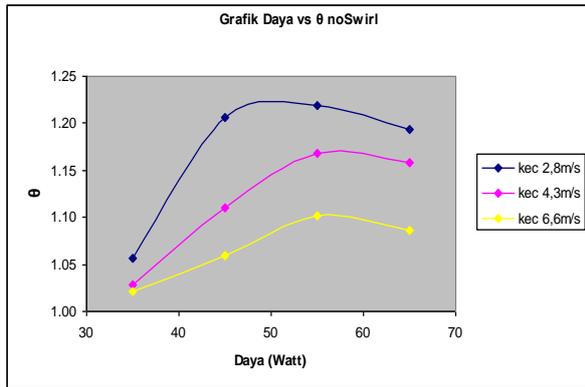
Data perhitungan hambatan termal



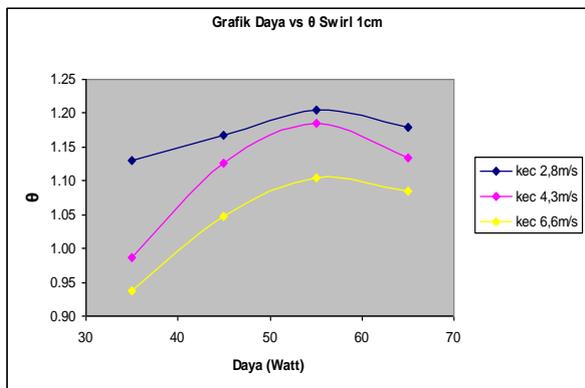
Gambar 14. Grafik Perbandingan Jarak vs $\theta_{swirl}/\theta_{no\ swirl}$

Dari Gambar 14 terlihat bahwa semakin besar aliran udara yang dialirkan maka hambatan termal akan semakin kecil. Dapat juga dilihat bahwa hambatan termal yang terkecil terjadi pada swirl jarak 3cm pada semua kecepatan.

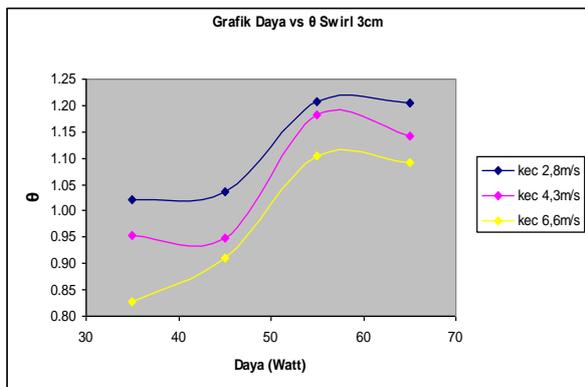
Data perbandingan hambatan termal daya 35 Watt dengan daya 45, 55, 65 Watt



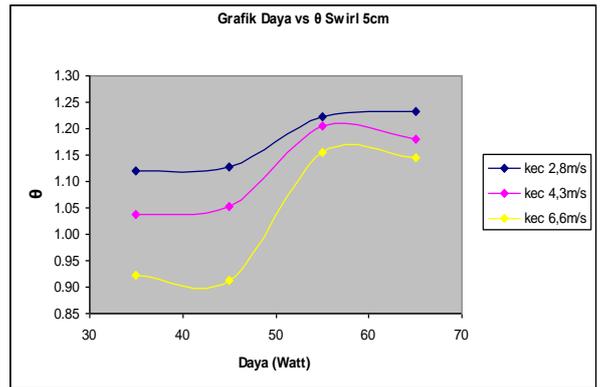
Gambar 15. Grafik perbandingan θ tanpa swirl



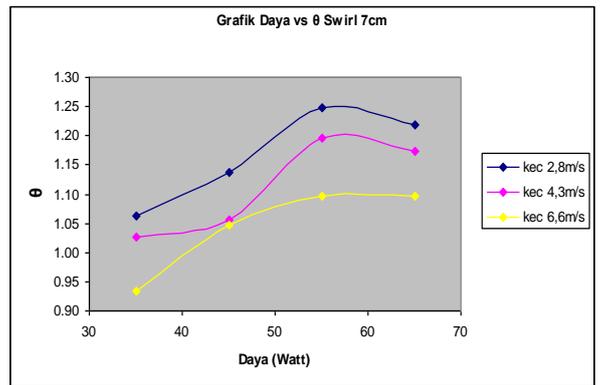
Gambar 16. Grafik perbandingan θ pada jarak swirl 1cm



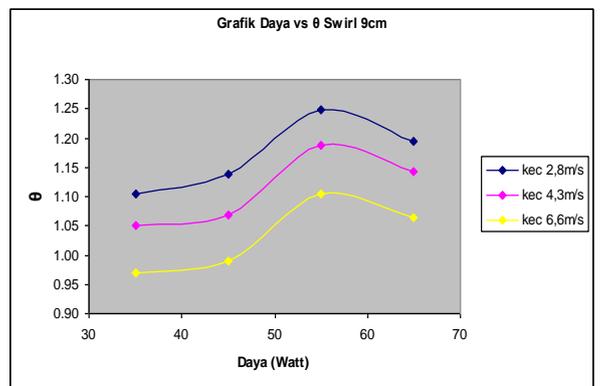
Gambar 17. Grafik perbandingan θ pada jarak swirl 3cm



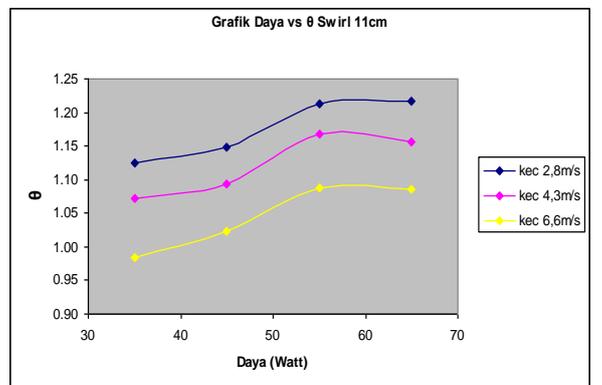
Gambar 18. Grafik perbandingan θ pada jarak 5cm



Gambar 19. Grafik perbandingan θ pada jarak 7cm



Gambar 20. Grafik perbandingan θ pada jarak 9cm



Gambar 21. Grafik perbandingan θ pada jarak 11cm

Dari Gambar grafik 15 sampai Gambar grafik 21 kita dapat melihat bahwa hambatan termal yang dihasilkan pada kecepatan 6,6 m/s lebih baik dibanding dengan kecepatan 2,8 m/s dan 4,3 m/s pada semua titik daya yang digunakan. Sehingga ini membuktikan bahwa semakin besar kecepatan udara yang mengalir maka hambatan termalnya akan semakin kecil, maka dengan memberikan kecepatan yang besar bahan tersebut mampu memindahkan panas dengan lebih baik.

Koefisien perpindahan panas pada *heat sink*

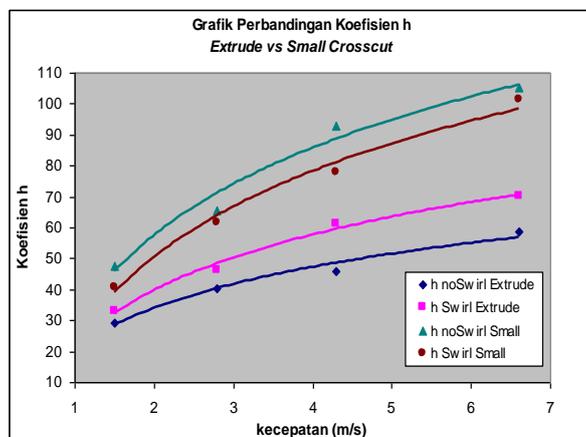
Koefisien perpindahan panas konveksi atau yang biasa dilambangkan dengan simbol h merupakan ukuran tingkat efektifitas proses perpindahan panas dari suatu permukaan. Biasanya dinyatakan dalam satuan daya yang didisipasikan tiap meter persegi luas permukaan dan tiap kenaikan satu derajat temperatur ($\text{Watt/m}^2 \cdot ^\circ\text{K}$).

Perpindahan panas yang terjadi pada *heat sink* adalah perpindahan panas secara konduksi dan konveksi. Pada proses ini perpindahan panas konveksi lebih dominan dibanding dengan perpindahan panas secara konduksi. Dengan melakukan proses penurunan rumus, mengambil beberapa asumsi serta menentukan kondisi batas, maka diperoleh persamaan fluks panas total q_t , berikut.

$$q_t = hA_b\theta_b + hNA_f\eta_f\theta_b$$

$$\text{dimana: } \eta_f = \frac{\tanh mL_c}{mL_c}$$

θ_b adalah beda temperatur base dan ambien yang diukur pada kondisi stedi. Angka perpindahan panas konduksi atau biasa disebut *konduktivitas thermal* dapat dicari secara interpolasi dengan data temperatur stedi. Dari Persamaan di atas dapat diperoleh koefisien perpindahan panas h pada *heat sink*. Dengan menggunakan bantuan program MAPLE 8.



Gambar 22. Grafik h pada *extrude fin* dengan variasi kecepatan uji (*extrude vs small*)

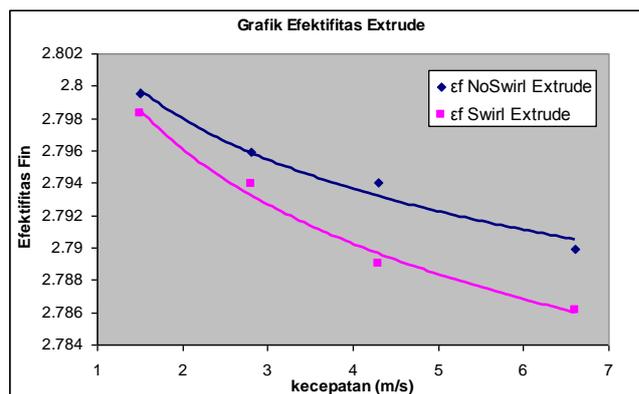
Kenaikan kecepatan aliran fluida juga mempengaruhi besarnya koefisien perpindahan panas pada *heat sink*. Koefisien perpindahan panas konveksi terbesar dari kedua tipe *heat sink* adalah $105,29 \text{ Watt/m}^2 \cdot ^\circ\text{K}$, yaitu untuk *heat sink* jenis *small crosscut* dengan kecepatan aliran udara sebesar 6,6 m/s. Selain dipengaruhi kecepatan koefisien h juga dipengaruhi oleh konduktivitas termalnya, semakin kecil konduktivitas termal maka koefisien h akan semakin besar.

Efektifitas sirip

Efektifitas sirip ϵ_f , merupakan salah satu parameter performa sirip. Efektifitas sirip adalah perbandingan antara laju perpindahan panas dengan menggunakan sirip dengan laju perpindahan panas dengan tidak menggunakan sirip. Rumus perhitungannya adalah :

$$\epsilon_f = \frac{q_f}{hA_{c,b}\theta_b}$$

Data hasil pengujian untuk perhitungan efektifitas sirip pada *heat sink* diukur pada kondisi stedi.



Gambar 23. Grafik perbandingan efektifitas *fin extrude* pada berbagai kecepatan

Dari penjelasan Gambar 23 dan ditunjukkan bahwa semakin besar kecepatan aliran fluida maka makin turun pula efektifitasnya. Dapat juga dilihat bahwa ϵ_f dengan menggunakan *swirl fan* lebih kecil daripada ϵ_f tanpa menggunakan *swirl fan* untuk kedua tipe *heat sink*. Selain dipengaruhi kecepatan efektifitas juga dipengaruhi oleh koefisien h , seiring koefisien h semakin besar maka efektifitasnya akan semakin kecil.

PENUTUP

Kesimpulan

Dari data pengujian maupun analisa pengolahan data dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Dari laju penurunan yang dihasilkan oleh pendinginan dengan menggunakan *swirl fan* dan yang tidak menggunakan *swirl fan* pada daya 35 watt dapat dilihat bahwa pendinginan dengan

- menggunakan *swirl fan* lebih cepat pada setiap variasi kecepatan yang diberikan.
- Perbandingan hambatan termal antara yang menggunakan efek *swirl fan* dan yang tidak menunjukkan bahwa hambatan termal pada saat menggunakan *swirl fan* dengan jarak 1cm pada kecepatan 2,8 m/s lebih besar dibandingkan dengan jarak yang lain dan tanpa *swirl fan*. Sedangkan pada kecepatan 4,3 m/s hambatan termal yang lebih besar adalah pada jarak 11cm, dan untuk kecepatan 6,6 m/s hambatan termal yang lebih besar adalah yang tidak menggunakan *swirl fan*.
 - Perbandingan koefisien h antara *extrude fin* dengan *small crosscut fin* menunjukkan bahwa *heat sink* dengan bentuk *small crosscut* lebih besar dari *heat sink* dengan bentuk *extrude* pada semua variasi kecepatan baik dengan *swirl fan* maupun tidak menggunakan *swirl fan*. Koefisien perpindahan panas tertinggi diperoleh *heat sink* jenis *small crosscut* untuk jarak yang optimal yaitu 3 cm pada kecepatan 6,6 m/s.

Saran

- Percobaan yang kami lakukan adalah secara horisontal. Maka jika ada yang ingin meneruskan eksperimen ini, disarankan untuk dilakukan secara vertikal, agar diketahui parameter – parameter yang diperlukan dapat terlihat.
- Pengujian yang dilakukan adalah efek penggunaan *swirl fan*. Diharapkan untuk pengujian berikutnya dapat dengan menggunakan kassa, lalu dibandingkan dengan penggunaan *swirl fan* untuk mengetahui laju pendinginan, koefisien perpindahan panas dan efektivitasnya.
- Disarankan untuk pengujian berikutnya, pengaturan kecepatan aliran fluida menggunakan blower dengan bukaan otomatis agar kecepatan yang dihasilkan untuk masing – masing variasi jarak tetap. Karena blower di atur secara manual maka ada sedikit perbedaan kecepatan pada masing – masing variasi jarak.

DAFTAR PUSTAKA

- Buschmann, M. H., Gad-el-Hak, M., *New Mixing-Length Approach for the Mean Velocity Profile of Turbulent Boundary Layers*, paper, Dresden.
- Fox, Robert W. and Alan T. Mc Donald, *Introduction to Fluid Mechanics, fourth edition, SI Version*, John Wiley & Sons, Inc, Canada, 1994.
- Holman, J.P., *Perpindahan Kalor*, Edisi ke Enam, Erlangga, 1997.
- Incropera, F.P and De Witt D.P, *Fundamentals of Heat and Mass Transfer*, Fourth Edition, John Wiley & Sons, 1996.
- Kordiban, T, *Fan swirl and Planar Resistance Don't Mix*, paper, Tellabs.
- Lee, Seri, *Optimum Design and Selection of Heat Sinks*, paper, Laconia.

- R. Byron Bird, Warren E. Stewart, Edwin N. Lightfoot, *Transport Phenomena*, John Willey & Son, 1960.
- Thurlow, E, Prather, E and Mansingh, V, *Fan Swirl Effects on Cooling Heat Sinks and Electronic Packages*, paper, Santa Clara.
- Welty, J.R., Wicks, C.E., Wilson, R.E., Rorrer, G, *Dasar-dasar Fenomena Transport volume 2 Transfer Panas*, Edisi ke Empat, Erlangga, 2004.