

ANALISA NUMERIK DISTRIBUSI PANAS TAK TUNAK PADA HEATSINK MENGUNAKAN METODA *FINITE DIFFERENT*

Fahendri^{*)}, Festiyed^{**)}, dan Hidayati^{**)}

^{*)}Mahasiswa Fisika, FMIPA Universitas Negeri Padang

^{**)}Staf Pengajar Jurusan Fisika FMIPA Universitas Negeri Padang
fahens_phy@yahoo.co.id

ABSTRACT

Heatsink is one of the multiple device of coolant on computer or electronics device commonly made of metal. Heatsink as cooler is very interesting to be analyzed the model of its heating distribution. The purpose of the research is to analyse the model of transient heating distribution and the influence of material heatsink at the model of heat distribution which is produced. The methods which is used on the research is finite different that functions to get model of heating distribution. It is a the descriptive research namely modeling heat distribution at heatsink and comparing it with existing theory. The result of research indicates that heat distribution model at heatsink is almost spread evenly. The material of heatsink has an influence towards heat distribution of heatsink. The large value material of conductivity has a better heat distribution.

Keywords: *Heatsink, Model of Transient Heating Distribution, Finite Different.*

PENDAHULUAN

Perpindahan panas adalah transisi energi dalam bentuk panas karena adanya perbedaan suhu/temperatur^[1]. Perpindahan panas secara alami akan mengalir dari suhu yang lebih tinggi ke suhu yang lebih rendah. Perpindahan panas akan berhenti hingga tercapainya kesetimbangan termal. Konsep perpindahan panas dimanfaatkan dalam berbagai aplikasi teknologi seperti teknologi pendingin pada perangkat elektronik, salah satunya adalah *heatsink* pada komputer.

Perkembangan teknologi saat ini memungkinkan komputer mengalami peningkatan kinerja/performa. Peningkatan kinerja pada komputer juga menghasilkan beban panas yang tinggi. Mengatasi beban panas tersebut dibutuhkan perangkat pendingin yang disebut *heatsink*. *Heatsink* pada komputer berfungsi memperluas perpindahan panas untuk menjaga kesetimbangan termal pada *microprocessor* agar tidak terjadi beban panas tinggi yang akan menyebabkan kerusakan pada *microprocessor*.

Peran penting *heatsink* sebagai pendingin membuat *heatsink* menarik untuk diteliti. Banyak penyelesaian analitik yang menyangkut perpindahan panas namun terkendala situasi praktis yang dihadapi seperti syarat-syarat atau kondisi batas dan geometri^[2]. Berdasarkan situasi praktis itu perlu sebuah metoda dalam menyelesaikan situasi tersebut.

Penggunaan metoda numerik dapat menjadi solusi untuk mengatasi keterbatasan yang dihadapi dalam solusi analitik. Salah satu metoda numerik yang biasa digunakan dalam permasalahan aliran panas/difusi adalah metoda beda hingga (*finite different*). Metoda beda hingga membuat persamaan analitik yang bersifat kontinu menjadi bersifat diskrit. Bentuk diskrit selanjutnya lebih mudah diprogram dengan bantuan komputer.

Perpindahan panas yang diteliti pada *heatsink* berupa perpindahan panas secara konduksi dan konveksi. Secara konduksi q_k panas ditransfer sebanding dengan luas daerah dan perbedaan temperatur panas yang dipindahkan. Tingkat perpindahan panas bergantung kepada konduktivitas bahan k , untuk medium yang bersifat homogen persamaan konduksi di ungkapkan dalam Persamaan 1 yang disebut juga dengan hukum fourier tentang konduksi panas^[3]

$$q_k = -kA \frac{dT}{dx} \quad (1)$$

Konstanta lainnya yang sering dijumpai dalam masalah analisa panas adalah ρC_p , yang disebut sebagai kapasitas panas. Panas jenis C_p dan kapasitas panas ρC_p keduanya menggambarkan kemampuan menyimpan panas dari suatu material. Tapi, panas jenis C_p menyatakan persatuan massa sedangkan kapasitas panas ρC_p menyatakan persatuan volum.

Cepat atau lambatnya penyebaran panas di dalam suatu material dapat di ungkapkan dalam Persamaan 2^[3]

$$\alpha = \frac{k}{\rho C_p} \quad (2)$$

dimana, α adalah difusivitas panas, k adalah konduktivitas panas, ρ adalah massa jenis, dan C_p adalah panas jenis.

Perpindahan panas lainnya yang terjadi pada *heatsink* adalah perpindahan panas secara konveksi. Konveksi adalah cara perpindahan energi antara permukaan padat dengan pergerakan di permukaan medium cair dan gas, dan konveksi menyatakan perpaduan antara efek dari konduksi dan gerakan fluida. Disamping kompleksitas perpindahan panas konveksi, tingkat perpindahan panas konveksi menjadi sebanding dengan perbedaan temperatur, dan sesuai dalam hukum pendinginan Newton sebagai^[3]

$$Q_{conv} = h A_s (T_s - T_\infty) \quad (3)$$

dimana, T_s dan T_∞ masing-masing menyatakan Suhu permukaan solid dan suhu fluida, A adalah luas area permukaan, sedangkan h adalah koefisien panas konveksi.

Persamaan aliran panas/difusi merupakan persamaan differensial parsial yang mempunyai bentuk umum^[4]

$$\nabla^2 u = \frac{1}{\alpha} \frac{\partial u}{\partial t} \quad (4)$$

dimana, α menyatakan karakteristik medium terjadinya proses difusi (aliran panas), dan u merupakan fungsi yang mempunyai variabel ruang dan waktu.

Untuk Persamaan aliran panas dua dimensi Persamaan 4 dapat diungkapkan menjadi^[2]

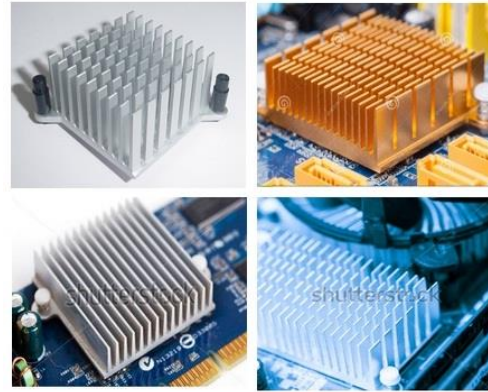
$$\frac{\partial^2 T}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 T}{\partial y^2} = \frac{1}{\alpha} \frac{\partial T}{\partial t} \quad (5)$$

dalam hal ini, T pada Persamaan 5 merupakan fungsi temperatur keadaan tidak mantap (temperatur berubah terhadap waktu) dalam suatu daerah x dan y tidak terdapat sumber panas.

Analisis aliran panas berguna untuk menentukan temperatur bidang dalam sebuah medium yang dihasilkan dari kondisi sarat batas. Hal ini diharapkan untuk mengetahui distribusi

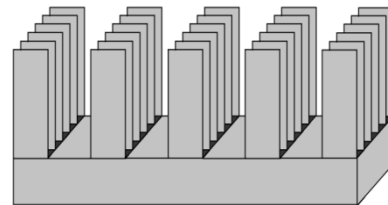
temperatur yang menjelaskan bagaimana perubahan temperatur terhadap posisi di dalam medium^[1].

Heatsink memanfaatkan konsep perpindahan panas yang akan membantu memindahkan panas dari medium yang bertemperatur tinggi ke medium yang bertemperatur rendah. Kerja dari *heatsink* tergantung pada bahan penyusun dan geometrinya. Bentuk-bentuk *heatsink* dapat dilihat pada Gambar 1



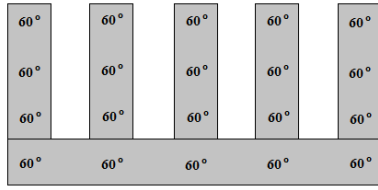
Gambar 1. Bentuk-Bentuk dari *Heatsink*^[5]

Heatsink yang akan menjadi objek penelitian ini adalah *heatsink* dengan geometri sirip persegi dengan sekat udara antar siripnya yang ketebalannya diabaikan karena sirip *heatsink* yang dibuat tipis. Bentuk *heatsink* dapat dilihat pada Gambar 2



Gambar 2. *Heatsink*

Analisa pada *heatsink* dapat dilakukan dengan membagi *heatsink* beberapa bagian dengan ukuran yang sama (simetris) yang akan menghasilkan penampang *heatsink* dua dimensi dan dapat mewakili bentuk perpindahan panas pada sebuah *heatsink*. Idealnya, panas yang terdistribusi pada sirip *heatsink* seragam dengan panas bagian dasar *heatsink*. Distribusi panas pada *heatsink* dapat dilihat pada Gambar 3



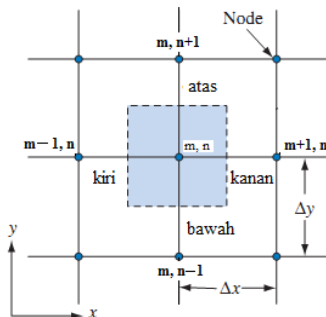
Gambar 3. Distribusi Panas pada Heatsink

Temperatur pada bagian dasar *heatsink* akan sama dengan temperatur pada setiap titik sirip *heatsink*. Kondisi ini terjadi jika bahan memiliki nilai k yang besar.

Temperatur yang mengalir pada *heatsink* dapat dijelaskan melalui Persamaan 5. Metoda numerik untuk memecahkan persamaan differensial berdasarkan pada penggantian persamaan differensial dengan persamaan yang bersifat secara aljabar^[3]. Metoda beda hingga membuat persamaan analitik yang bersifat kontinu menjadi bersifat diskrit.

Beberapa metoda numerik yang biasa digunakan dalam menyelesaikan masalah persamaan diferensial baik persamaan diferensial biasa (*ordinary differential equation*) maupun persamaan diferensial parsial (*partial differential equation*) adalah Metoda Elemen Hingga (MEH) dan Metoda Perbedaan Hingga (MPH). Perbedaan utama dari kedua metoda ini terletak pada solusi yang diperoleh dan juga bentuk (geometri) dari domain. Hubungan derivatif pada MPH didiskritisasikan menurut deret Taylor sedangkan pada MEH fungsi aproksimasi dibuat dalam bentuk fungsi perkiraan mendekati solusi sebenarnya^[6]. Distribusi panas pada *heatsink* dalam penelitian ini sudah bisa diterapkan metoda MPH, sedangkan metoda MEH digunakan untuk kasus yang mempunyai kompleksitas yang lebih tinggi.

Pendekatan *finite different* secara diskrit dibuat dari hubungan titik kisi yang berdekatan sesuai Gambar 4



Gambar 4. Titik Node Acuan^[7].

Bentuk turunan dalam pendekatan *finite different* dua dimensi dapat diikuti dengan cara mencari turunan 1 dan 2 dalam arah x dan y , untuk arah x dapat dijelaskan^[3]

$$\frac{\partial T}{\partial x} \Big|_{m-\frac{1}{2},n} \cong \frac{T_{m,n} - T_{m-1,n}}{\Delta x}$$

dan

$$\frac{\partial T}{\partial x} \Big|_{m+\frac{1}{2},n} \cong \frac{T_{m+1,n} - T_{m,n}}{\Delta x}$$

serta untuk arah y dijelaskan

$$\frac{\partial T}{\partial y} \Big|_{m,n-\frac{1}{2}} \cong \frac{T_{m,n} - T_{m,n-1}}{\Delta y}$$

dan

$$\frac{\partial T}{\partial y} \Big|_{m,n+\frac{1}{2}} \cong \frac{T_{m,n+1} - T_{m,n}}{\Delta y}$$

sedangkan untuk persamaan diferensial orde 2 menjadi

$$\begin{aligned} \frac{\partial^2 T}{\partial x^2} \Big|_{m,n} &\cong \frac{\frac{\partial T}{\partial x} \Big|_{m+\frac{1}{2},n} - \frac{\partial T}{\partial x} \Big|_{m-\frac{1}{2},n}}{\Delta x} \\ &= \frac{T_{m+1,n} + T_{m-1,n} - 2T_{m,n}}{(\Delta x)^2} \end{aligned} \quad (6)$$

dan

$$\begin{aligned} \frac{\partial^2 T}{\partial y^2} \Big|_{m,n} &\cong \frac{\frac{\partial T}{\partial y} \Big|_{m,n+\frac{1}{2}} - \frac{\partial T}{\partial y} \Big|_{m,n-\frac{1}{2}}}{\Delta y} \\ &= \frac{T_{m,n+1} + T_{m,n-1} - 2T_{m,n}}{(\Delta y)^2} \end{aligned} \quad (7)$$

Persamaan beda hingga untuk aliran panas/difusi diungkapkan dengan menstutitusikan Persamaan 6 dan Persamaan 7 ke dalam Persamaan 5 sehingga^[2]

$$\begin{aligned} &\frac{T_{m+1,n} + T_{m-1,n} - 2T_{m,n}}{(\Delta x)^2} \\ &+ \frac{T_{m,n+1} + T_{m,n-1} - 2T_{m,n}}{(\Delta y)^2} \\ &= \frac{1}{\alpha} \frac{T_{m,n}^{i+1} - T_{m,n}^i}{\Delta t} \end{aligned}$$

Jika $\Delta x = \Delta y$, persamaan difusi menjadi^[2]

$$\begin{aligned} &[1 + 4(For)]T_{m,n}^{i+1} - For(T_{m-1,n}^{i+1} + T_{m,n+1}^{i+1} \\ &+ T_{m+1,n}^{i+1} + T_{m,n-1}^{i+1}) \\ &- T_{m,n}^i = 0 \end{aligned} \quad (8)$$

untuk Fo menyatakan bilangan Fourier^[2]

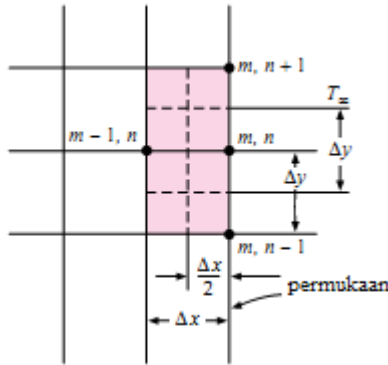
$$Fo = \frac{\alpha \Delta t}{(\Delta x)^2} \quad (9)$$

Berdasar Gambar 4, setiap titik acuan pada *heatsink* harus memenuhi syarat kesetimbangan energi yaitu jumlah panas yang masuk pada tiap titik tersebut akan sama dengan jumlah panas yang keluar^[3].

$$Q_{kiri} + Q_{kanan} + Q_{atas} + Q_{bawah} + \dot{G}_{element} = \frac{\Delta E}{\Delta t} = 0 \quad (10)$$

dimana, $\dot{G}_{element}$ = jumlah panas yang dibangkitkan.

Dengan mempertimbangkan aliran panas dari lingkungan secara konveksi, skema *finite different* dari Persamaan difusi permukaan dapat dijelaskan berdasar Gambar 5



Gambar 5. Konveksi Permukaan^[2]

Sesuai Persamaan 10, persamaan aliran panas pada gambar 5 dapat diungkapkan^[2]

$$\begin{aligned} & k \Delta y \frac{T_{m-1,n}^i - T_{m,n}^i}{\Delta x} + k \frac{\Delta x}{2} \frac{T_{m,n+1}^i - T_{m,n}^i}{\Delta y} \\ & + k \frac{\Delta x}{2} \frac{T_{m,n-1}^i - T_{m,n}^i}{\Delta y} \\ & + h \Delta y (T_{\infty} - T_{m,n}^i) \\ & = \rho C \frac{\Delta x}{2} \Delta y \frac{T_{m,n}^{i+1} - T_{m,n}^i}{\Delta t} \end{aligned} \quad (11)$$

selanjutnya dimisalkan dengan bilangan Biot^[2]:

$$Bi = \frac{h \Delta x}{k} \quad (12)$$

Jika $\Delta x = \Delta y$, maka Persamaan 11 menjadi^[2]

$$[1 + 2(Fo)(2 + Bi)]T_{m,n}^{i+1} - Fo[T_{m,n+1}^{i+1} + T_{m,n-1}^{i+1} + 2T_{m-1,n}^{i+1} + 2(Bi)T_{\infty}^{i+1}] - T_{m,n}^i = 0 \quad (13)$$

untuk jumlah titik node $N=1...i+1$, persamaan yang diperoleh dari diskritisasi yang memenuhi kesetimbangan energi berdasarkan Persamaan 10 untuk setiap titik node seperti yang diperoleh pada Persamaan 8 dan 13 akan membentuk sistem persamaan aljabar sebagai

$$AT = B$$

dimana A adalah matriks koefisien, T merupakan vektor yang terdiri dari nilai diskrit suhu, dan B merupakan vektor hasil dari sumber. Yang selanjutnya dapat diselesaikan dengan metoda operasi langsung

$$T = A^{-1}B$$

Proses metoda operasi langsung nilai dari T yang dicari akan didapatkan dengan terlebih dahulu melakukan proses invers matriks A . proses komputasi akan mudah dilakukan dengan menggunakan pemrograman. Software yang digunakan dalam pemrograman ini adalah Matlab 7.0.

Sebelumnya penelitian yang berkaitan dengan distribusi panas pada *heatsink* telah dilakukan oleh (Bayu, 2010) dalam kondisi Tunak (*steady state*)^[8] yang berjudul *Analisa Numerik Perpindahan Panas Heatsink Menggunakan Metoda Gauss-Seidel Melalui Pendekatan Metoda Finite Element*. Penelitian perpindahan panas pada *heatsink* akan mendapatkan hasil yang lebih jelas dan lebih mudah untuk diamati jika diukur berdasarkan perbedaan waktu/ tak tunak (*unsteady state/transient*), penelitian bertujuan untuk menganalisa model distribusi panas tak tunak pada *heatsink* dan pengaruh bahan/material penyusun *heatsink* terhadap model distribusi panas yang dihasilkannya.

METODE PENELITIAN

Jenis penelitian yang dilakukan adalah bersifat deskriptif. Instrument penelitian menggunakan sepasang unit komputer Celeron M 2.2 Ghz beserta software pendukung yaitu Matlab 7.0. *Heatsink* yang diteliti terdiri dari dua bahan homogen (Alumunium dan Tembaga) dengan ukuran tinggi=2,0 cm dan panjang=4,5 cm, selanjutnya pada *heatsink* dibuat titik-titik node untuk mencari persamaan distribusi panasnya dengan metoda beda hingga. Solusi numerik didapatkan dengan bantuan komputer dan menggambarkan distribusi panasnya menggunakan software Matlab 7.0.

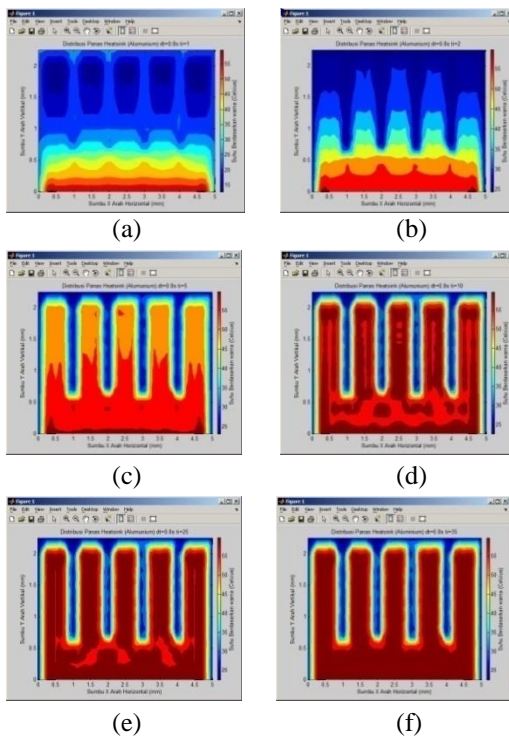
HASIL DAN PEMBAHASAN

Distribusi panas tak tunak pada *heatsink* menggunakan jarak waktu 0,8 detik dengan langkah waktu iterasi pengamatan t_i adalah 1, 2, 5, 10, 25 dan setimbang saat t_i ke-35, namun berapapun jarak waktu yang digunakan tidak akan mempengaruhi suhu akhir saat tercapainya kesetimbangan termal. Jarak waktu yang digunakan kecil agar proses distribusi panas yang berlangsung dapat diamati. Jarak waktu yang terlalu besar akan sulit untuk diamati karena kesetimbangan termal pada *heatsink* cenderung telah tercapai.

Bentuk distribusi panas pada masing-masing bahan penyusun *heatsink* digambarkan dalam bentuk kontur yang menyatakan besarnya suhu dalam derajat celsius ($^{\circ}\text{C}$). suhu sumber dibuat 60°C sedangkan suhu udara berkisar suhu kamar 25°C .

1. Aluminium

Proses perambatan aliran panas dapat dilihat pada gambar masing-masing dijelaskan pada Gambar 6 (a). $t_i=1$, (b). $t_i=2$, (c). $t_i=5$, (d). $t_i=10$, (e). $t_i=25$ dan (f). $t_i=35$. Sebaran panas pada *heatsink* aluminium mula-mula dapat dilihat dari perbedaan warna kontur yang bervariasi sesuai perbedaan derajat panas tiap bagian *heatsink*.

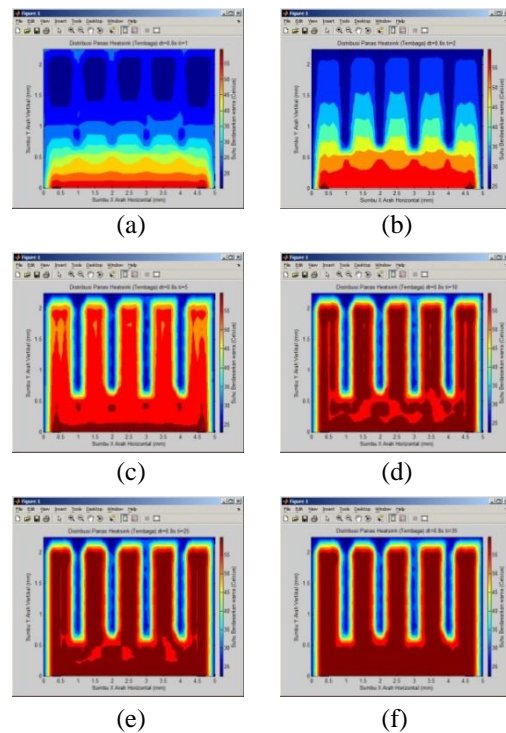


Gambar 6. Distribusi Panas pada Kontur *Heatsink* Aluminium Berjarak 0,8 detik Iterasi (a) $t_i=1$, (b) $t_i=2$, (c) $t_i=5$, (d) $t_i=10$, (e) $t_i=25$ dan (f) $t_i=35$.

Bagian yang paling panas ditunjukkan kontur berwarna merah gelap pada dasar *heatsink* dan panas yang paling rendah ditunjukkan warna kontur biru gelap pada ujung-ujung *heatsink*. Seiring perubahan waktu, variasi warna kontur perlahan-lahan berkurang hingga tercapainya kesetimbangan termal sesuai Gambar 6 (f) saat iterasi $dt=0.8$ detik t_i ke-35 menunjukkan suhu rata-rata $59,8470^{\circ}\text{C}$ dengan warna kontur hampir seragam yang ditunjukkan warna merah gelap.

2. Tembaga

Proses perambatan aliran panas pada *heatsink* tembaga dapat dilihat masing-masing dijelaskan pada Gambar 7 (a). $t_i=1$, (b). $t_i=2$, (c). $t_i=5$, (d). $t_i=10$, (e). $t_i=25$ dan (f). $t_i=35$. Sebaran panas pada *heatsink* tembaga mula-mula dapat dilihat dari perbedaan warna kontur yang bervariasi sesuai perbedaan derajat panas tiap bagian *heatsink*.



Gambar 7. Distribusi Panas pada Kontur *Heatsink* Tembaga Berjarak 0,8 detik Iterasi (a) $t_i=1$, (b) $t_i=2$, (c) $t_i=5$, (d) $t_i=10$, (e) $t_i=25$ dan (f) $t_i=35$.

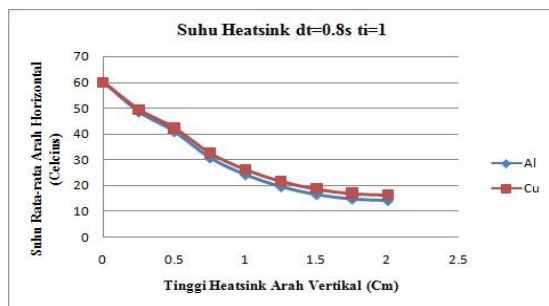
Bagian yang paling panas ditunjukkan kontur berwarna merah gelap pada dasar *heatsink* dan panas yang paling rendah ditunjukkan warna kontur biru gelap pada ujung-ujung *heatsink*. Seiring perubahan waktu, variasi warna kontur perlahan-lahan berkurang hingga tercapainya kesetimbangan termal sesuai gambar 7 (f) saat iterasi $dt=0.8$ detik t_i ke-35

menunjukkan suhu rata-rata 59,9094 °C dengan warna kontur hampir seragam yang ditunjukkan warna merah gelap.

Bahan penyusun *heatsink* memiliki pengaruh dalam proses distribusi panas pada *heatsink*. Bahan yang memiliki nilai konduktivitas termal k yang besar lebih cepat menghantarkan panas daripada bahan yang memiliki nilai konduktivitas termal k yang lebih kecil. Pada *heatsink* berbahan tembaga panas lebih cepat merambat daripada bahan aluminium karena nilai konduktivitas tembaga ($k=401$ W/m. °C) lebih besar daripada nilai konduktivitas aluminium ($k=237$ W/m. °C).

Pengaruh bahan/material *heatsink* dapat dilihat dari perbandingan distribusi panas yang dihasilkannya. Perbandingan yang menjadi acuan adalah sebaran suhu rata-rata horizontal (panjang *heatsink* 4,5 cm) terhadap jarak ketinggian *heatsink* vertikal (tinggi *heatsink* 2,0 cm) dengan suhu pada bagian dasar *heatsink* yang menempel pada *microprocessor* dibuat tetap adalah 60 °C. Panas merambat keseluruh bagian *heatsink* sepanjang vertikal dan horizontal (arah x dan y) berdasarkan waktu $dt=0,8$ detik dengan langkah waktu iterasi $t_i=1, 2, 5, 10, 25$ dan 35.

1. $dt=0.8$ detik $t_i=1$

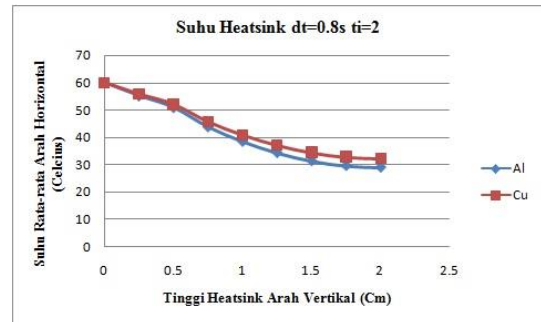


Gambar 8. Perbandingan Distribusi Panas pada *Heatsink* Berbahan Aluminium dan Tembaga $dt=0.8$ detik $t_i=1$.

Gambar 8 merupakan grafik sebaran suhu rata-rata pada bahan aluminium setiap ketinggian 0 cm, 0,25 cm, 0,5 cm, 0,75 cm, 1,0 cm, 1,25 cm, 1,5 cm, 1,75 cm dan 2,0 cm masing-masing adalah 60 °C, 48,4923 °C, 40,8396 °C, 30,7038 °C, 24,124 °C, 19,5021 °C, 16,4459 °C, 14,7064 °C, dan 14,1432 °C, sedangkan pada bahan tembaga pada jarak yang sama sebaran suhu rata-rata masing-masingnya adalah 60 °C, 49,4573 °C, 42,3045 °C, 32,6324 °C, 26,2584 °C, 21,7238°C, 18,6948 °C, 16,9582 °C, dan 16,3931 °C. Suhu paling rendah pada

bahan aluminium dan tembaga masing-masingnya adalah 14,1432 °C dan 16,3931 °C.

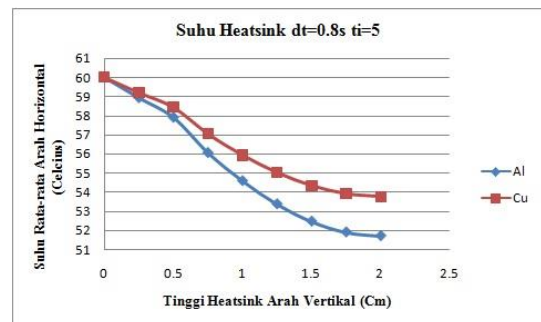
2. $dt=0.8$ detik $t_i=2$



Gambar 9. Perbandingan Distribusi Panas pada *Heatsink* Berbahan Aluminium dan Tembaga $dt=0.8$ detik $t_i=2$.

Grafik pada Gambar 9 menjelaskan suhu rata-rata pada bahan aluminium setiap ketinggian 0 cm, 0,25 cm, 0,5 cm, 0,75 cm, 1,0 cm, 1,25 cm, 1,5 cm, 1,75 cm dan 2,0 cm masing-masing adalah 60 °C, 55,2162 °C, 50,9487 °C, 43,8116 °C, 38,4725 °C, 34,3034 °C, 31,3252 °C, 29,5411 °C, dan 28,9468 °C, sedangkan pada bahan tembaga pada jarak yang sama sebaran suhu rata-rata masing-masingnya adalah 60 °C, 55,8079 °C, 52,0344 °C, 45,6572 °C, 40,8468 °C, 37,0625 °C, 34,3428 °C, 32,7065 °C, dan 32,1601 °C. Suhu paling rendah pada bahan aluminium dan tembaga masing-masingnya adalah 28,9468 °C dan 32,1601 °C.

3. $dt=0.8$ detik $t_i=5$

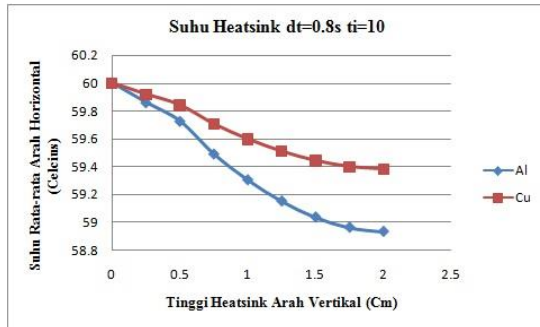


Gambar 10. Perbandingan Distribusi Panas pada *Heatsink* Berbahan Aluminium dan Tembaga $dt=0.8$ detik $t_i=5$.

Sebaran suhu rata-rata pada waktu iterasi t_i ke-5 dapat dilihat pada grafik Gambar 10 pada bahan aluminium setiap ketinggian 0 cm, 0,25 cm, 0,5 cm, 0,75 cm, 1,0 cm, 1,25 cm, 1,5 cm, 1,75 cm dan 2,0 cm masing-masing adalah 60 °C, 58,9325 °C, 57,9088 °C, 56,061 °C,

54,5912°C, 53,3771 °C, 52,4689 °C, 51,9055 °C, dan 51,7112 °C, sedangkan pada bahan tembaga pada jarak yang sama sebaran suhu rata-rata masing-masingnya adalah 60 °C, 59,1974, 58,4274, 57,0361, 55,9291, 55,014, 54,3292, 53,9045, dan 53,7585 °C. Suhu paling rendah pada bahan alumunium dan tembaga masing-masingnya adalah 51,7112 °C dan 53,7585 °C.

4. $dt=0.8$ detik $t_i=10$



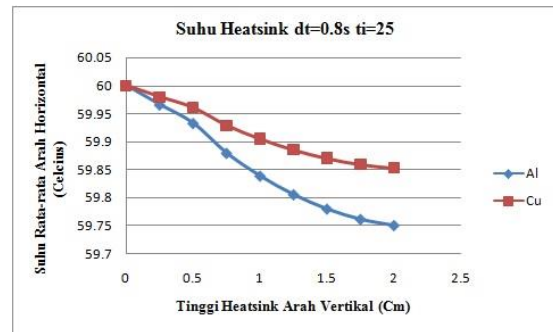
Gambar 11. Perbandingan Distribusi Panas pada *Heatsink* Berbahan Alumunium dan Tembaga $dt=0.8$ detik $t_i=10$.

Berdasarkan grafik pada Gambar 11 dapat dilihat sebaran suhu rata-rata pada bahan alumunium setiap ketinggian 0 cm, 0,25 cm, 0,5 cm, 0,75 cm, 1,0 cm, 1,25 cm, 1,5 cm, 1,75 cm dan 2,0 cm masing-masing adalah 60 °C, 59,8609 °C, 59,7269 °C, 59,4905 °C, 59,3045 °C, 59,1511 °C, 59,0353 °C, 58,9613 °C, dan 58,9315 °C, sedangkan pada bahan tembaga pada jarak yang sama sebaran suhu rata-rata masing-masingnya adalah 60 °C, 59,9195 °C, 59,842 °C, 59,7053 °C, 59,5978 °C, 59,5092 °C, 59,4422 °C, 59,3994 °C, dan 59,3821 °C. Suhu paling rendah pada bahan alumunium dan tembaga masing-masingnya adalah 58,9315 °C dan 59,3821 °C.

5. $dt=0.8$ detik $t_i=25$

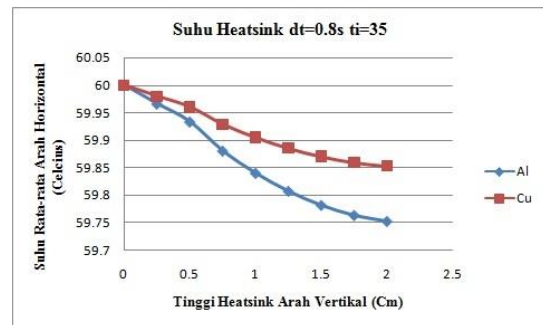
Sebaran suhu rata-rata pada waktu iterasi t_i ke-25 dapat dilihat pada grafik Gambar 10 pada bahan alumunium setiap ketinggian 0 cm, 0,25 cm, 0,5 cm, 0,75 cm, 1,0 cm, 1,25 cm, 1,5 cm, 1,75 cm dan 2,0 cm masing-masing adalah 60 °C, 59,9661 °C, 59,9331 °C, 59,8798 °C, 59,8391 °C, 59,8059 °C, 59,7802 °C, 59,7618 °C, dan 59,7508 °C, sedangkan pada bahan tembaga pada jarak yang sama sebaran suhu rata-rata masing-masingnya adalah 60 °C, 59,98 °C, 59,9605 °C, 59,9291 °C, 59,9051 °C, 59,8855 °C, 59,8703 °C, 59,8594 °C, dan 59,8529 °C. Suhu paling rendah pada bahan alumunium dan tembaga masing-masingnya adalah 59,7508 °C dan 59,8529 °C.

paling rendah pada bahan alumunium dan tembaga masing-masingnya adalah 59,7508 °C dan 59,8529 °C.



Gambar 12. Perbandingan Distribusi Panas pada *Heatsink* Berbahan Alumunium dan Tembaga $dt=0.8$ detik $t_i=25$.

6. $dt=0.8$ detik $t_i=35$



Gambar 13. Perbandingan Distribusi Panas pada *Heatsink* Berbahan Alumunium dan Tembaga $dt=0.8$ detik $t_i=35$.

Grafik pada Gambar 13 menjelaskan sebaran suhu rata-rata pada bahan alumunium setiap ketinggian 0 cm, 0,25 cm, 0,5 cm, 0,75 cm, 1,0 cm, 1,25 cm, 1,5 cm, 1,75 cm dan 2,0 cm masing-masing adalah 60 °C, 59,9662 °C, 59,9334 °C, 59,8803 °C, 59,8397 °C, 59,8067 °C, 59,781 °C, 59,7627 °C, dan 59,7517 °C, sedangkan pada bahan tembaga pada jarak yang sama sebaran suhu rata-rata masing-masingnya adalah 60 °C, 59,98 °C, 59,9605 °C, 59,9291 °C, 59,9051 °C, 59,8855 °C, 59,8703 °C, 59,8594 °C, dan 59,8529 °C. Suhu paling rendah pada bahan alumunium dan tembaga masing-masingnya adalah 59,7517 °C dan 59,8529 °C.

Hasil yang didapat menjelaskan proses perpindahan panas pada masing-masing bahan *heatsink*. Sesuai konsep perpindahan panas, suhu mengalir dari suhu yang tinggi ke suhu yang lebih rendah dan berhenti saat tercapai kesetimbangan termal. Kontur distribusi panas

pada *heatsink* alumunium dan tembaga dapat dilihat memiliki pola sebaran panas yang sama dan yang membedakan adalah cepat atau lambatnya panas merambat. Hal ini menunjukkan bahwa bahan dengan nilai konduktivitas panas yang besar akan lebih cepat merambatkan panas. Suhu disemua bagian *heatsink* hampir seragam, pada bagian atas dan samping *heatsink* suhu lebih rendah disebabkan pengaruh dari proses aliran panas konveksi permukaan sesuai dengan Persamaan 3 yaitu proses yang disebut dengan hukum pendinginan Newton.

KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah didapatkan dapat disimpulkan bahwa distribusi panas pada *heatsink* hampir seragam tiap bagian *heatsink*, Bahan penyusun *heatsink* berpengaruh terhadap distribusi panas yang dihasilkannya. Bahan yang paling baik adalah *heatsink* dengan bahan yang memiliki nilai konduktivitas termal k yang besar, dalam hal ini tembaga lebih baik daripada alumunium. Adapun saran penulis untuk penelitian lebih jauh agar mempertimbangkan variabel-variabel lainnya seperti pengaruh konveksi paksa, variasi geometri, ketebalan sirip, pengaruh jarak antar sirip

dan tinggi *heatsink* sehingga hasil diperoleh dapat menjadi acuan dalam pembuatan *heatsink* yang lebih baik.

DAFTAR RUJUKAN

- [1] Incopera. 2006. *Fundamentals of heat and mass transfer 6th ed.* John Wiley and Sons. New York.
- [2] Holman, J. P. 2010. *Heat transfer*. Mc. Graw Hill.
- [3] Chengel. 2003. *Heat and mass transfer a Practical Approach*. Mc Graw Hill.
- [4] Boas, L. Mary. 1983. *Mathematical Methods in The Physical Sciences*. Jhon Wiley and Sons, Inc: Canada.
- [5] www.background-pictures.vidzshare.net/. (Diakses 15 April 2014 pukul 11:30)
- [6] Prabuono, Buyung Kosasih. 2012. *Teori dan Aplikasi Metoda Elemen Hingga*. Andi Offset. Yogyakarta.
- [7] Kreith, F. 2011. *Principles of heat transfer*. Cengage Learnin, Ink: Stampford USA
- [8] Bayu, Hadi Saputro. 2010. *Analisa Numerik Distribusi panas Heatsink menggunakan metoda gauss-seidel melalui pendekatan finite element*. Tugas Akhir. UNP..
- [9] Supriyanto, Suparno. 2011. *Komputasi Untuk Sains dan Teknik Menggunakan Matlab*. Departemen Fisika FMIPA. UI