



Simulasi Distribusi Temperatur pada Pelat Tipis Berbantuan FDM (*Finite Difference Method*)

Iman Noor^{1*}, Andry Fitriani², Didik Nur Huda³

^{1,2,3} Universitas Indraprasta PGRI

* E-mail: iman.noor009@gmail.com

Info Artikel

Kata kunci:

Sebaran Temperatur, Pindah Panas, Konduksi, Pelat Logam, Finite Difference Method

Abstrak

Telah dilakukan penelitian simulasi distribusi temperatur pada pelat tipis berbantuan FDM (*Finite Difference Method*). Dalam penelitian ini, fokus penelitiannya adalah melakukan simulasi sebaran temperatur pada pelat logam tipis seng dan platina yang diketahui adalah termasuk bahan konduktor yang baik. Simulasi ini dilakukan agar mempermudah mendapatkan pengetahuan tentang karakteristik pelat logam seng dan platina sebagai bahan konduktor dari sudut pandang pindah panas. Pindah panas yang ditinjau adalah secara konduksi, dengan menggunakan komputasi FDM pada aplikasi *Matlab*.

How to Cite: Noor, I., Fitriani, A., & Huda, D. N. (2020). Simulasi Distribusi Temperatur pada Pelat Tipis Berbantuan FDM (*Finite Difference Method*). *Prosiding Seminar Nasional Sains 2020*, 1 (1): 1-5.

PENDAHULUAN

Perpindahan panas adalah energi termal yang berpindah disebabkan adanya perbedaan temperatur. Proses perpindahan panas terjadi secara konduksi, konveksi dan radiasi. Fenomena ini memunculkan model matematika dari perpindahan panas yang merupakan persamaan diferensial parsial sehingga dibutuhkan sebuah solusi agar diketahui sifat dan karakteristik dari laju perpindahan panas.

Finite Difference Method (FDM) merupakan salah satu metode numerik yang digunakan untuk menyelesaikan persamaan diferensial parsial pada permasalahan ilmu rekayasa dan matematika fisik seperti perpindahan panas, aliran fluida, dan transportasi massa dll. Proses dari *FDM* adalah membagi masalah yang kompleks menjadi lebih sederhana berupa selisih dua bilangan dalam satu node (diskrit) agar mudah mendapatkan solusi. Solusi dari tiap node kemudian digabungkan sehingga menjadi solusi masalah secara keseluruhan (Rectenwald, 2011)

Pelat logam tipis seperti besi, kuningan, baja dll, dapat mengalami perpindahan panas. Logam – logam tersebut dikenal sebagai bahan konduktor yang baik berdasarkan dari percobaan eksperimental. Percobaan eksperimen terkait pada logam besi dan kuningan telah dilakukan oleh Agustina (2015) dalam menentukan nilai konduktivitas termal bahan dengan metode gandingan.

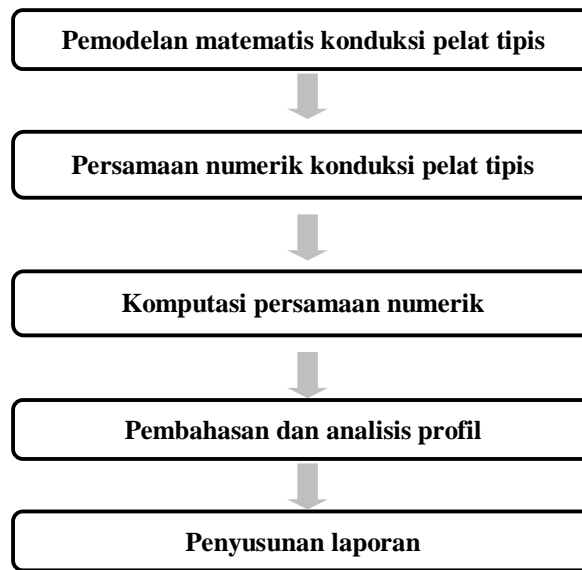
Namun, untuk menunjukkan bahan konduktor seperti pelat seng dan pelat platina yang baik secara tinjauan teori, perlu dilakukan penelitian tentang simulasi komputasi sebaran temperatur dari dua pelat tipis tersebut.

Berdasarkan uraian diatas, penelitian ini dilakukan untuk menunjukkan sebaran temperatur antara pelat tipis logam seng dan pelat tipis platina. Tujuannya adalah mengetahui dan mempelajari sebaran temperatur pada dua pelat logam tersebut sebagai bahan konduktor dengan cara melakukan simulasi distribusi temperatur menggunakan *FDM*.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan dengan cara perhitungan numerik menggunakan *FDM* berbasis software *Matlab2013a*. Mekanisme pindah panas yang terjadi pada kedua pelat ini diasumsikan secara konduksi dengan ukuran masing – masing pelat adalah 10 cm x 10 cm. Kondisi awal pelat tipis seng dan platina memiliki temperatur masing -masing 25°C. Sedangkan kondisi batas pelat tipis seng dan platina masing – masing diberikan temperatur 50°C disetiap sisinya. Titik temperatur yang diukur dari masing – masing pelat adalah berada ditengah pelat.

Adapun prosedur pengerjaan penelitian ini adalah, menentukan pemodelan persamaan matematis untuk sebaran distribusi temperatur pelat tipis, transformasi persamaan analitik ke persamaan numerik berdasarkan *FDM*, melakukan perhitungan komputasi dari persamaan numerik, pembahasan dan analisis profil sebaran distribusi temperatur, serta pembuatan laporan.



Gambar 1. Rancangan Penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pemodelan Persamaan Matematis Konduksi Pelat Tipis

Persamaan difusivitas dalam suatu koordinat sistem (Noor, 2016) adalah sebagai berikut :

$$\rho C_p \frac{\partial T}{\partial t} = k \nabla^2 T \quad (1)$$

$$\frac{\partial T}{\partial t} = \frac{k}{\rho C_p} \nabla^2 T \quad (2)$$

$$\frac{\partial T}{\partial t} = \alpha \nabla^2 T \quad (3)$$

Dimana α adalah konstanta difusivitas termal bahan pelat tipis seng ataupun pelat tipis platina untuk kejadian pindah panas konduksi.

Persamaan laplace pelat tipis dalam sistem koordinat kartesian adalah sebagai berikut :

$$\nabla^2 T = \frac{\partial^2 T}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 T}{\partial y^2} \quad (4)$$

Persamaan (4) disubstitusikan terhadap persamaan (3), sehingga menjadi:

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

Persamaan (5) inilah yang digunakan dalam simulasi distribusi temperatur pelat tipis dalam sistem koordinat kartesian. Dimana t adalah variabel waktu, serta T adalah variabel temperatur masing – masing terhadap arah x dan y .

Finite Difference Method (FDM)

Finite Difference Method (FDM) adalah salah satu metode numerik untuk menyelesaikan masalah pada persamaan diferensial. Disini kami menggunakan FDM pada persamaan (5) berdasarkan pendekatan beda maju dan pendekatan beda pusat yang telah dilakukan oleh Noor (2017), yaitu persamaannya sebagai berikut :

$$\frac{df(x_i)}{dx} \approx \frac{f_{i+1} - f_{i-1}}{dx} \quad (6)$$

$$\frac{d^2f(x_i)}{dx^2} \approx \frac{f_{i+1} - 2f_i + f_{i-1}}{dx^2} \quad (7)$$

Berdasarkan dua persamaan diatas, dapat dilakukan transformasi persamaan (5) analitik pindah panas konduksi pelat tipis ke dalam persamaan diskrit (6) dan (7).

$$\frac{\partial T}{\partial t} = \frac{T(x_i, y_j, t_k + \Delta t) - T(x_i, y_j, t_k)}{\Delta t} \quad (8)$$

$$\frac{\partial^2 T}{\partial x^2} = \frac{T(x_i + \Delta x, y_j, t_k) - 2T(x_i, y_j, t_k) + T(x_i - \Delta x, y_j, t_k)}{\Delta x^2} \quad (9)$$

$$\frac{\partial^2 T}{\partial y^2} = \frac{T(x_i, y_j + \Delta y, t_k) - 2T(x_i, y_j, t_k) + T(x_i, y_j - \Delta y, t_k)}{\Delta y^2} \quad (10)$$

Berdasarkan persamaaan (8) , (9), dan (10), persamaan tersebut dapat disederhanakan dengan menggunakan notasi indeks yang baru menjadi :

$$T(x_i, y_j, t_k + \Delta t) = T_{i,j,k+1} \quad (11)$$

$$T(x_i + \Delta x, y_j, t_k) = T_{i+1,j,k} \quad (12)$$

$$T(x_i - \Delta x, y_j, t_k) = T_{i-1,j,k} \quad (13)$$

$$T(x_i, y_j + \Delta y, t_k) = T_{i,j+1,k} \quad (14)$$

$$T(x_i, y_j - \Delta y, t_k) = T_{i,j-1,k} \quad (15)$$

Dimana i indeks untuk arah x , j indeks untuk arah y , dan k indeks untuk variabel waktu t . Persamaan (11) hingga (15) disubtitusikan masing – masing kedalam persamaan (8) hingga (10), berdasarkan persamaan (5), menghasilkan persamaan numerik distribusi temperatur panas konduksi pada pelat tipis adalah sebagai berikut :

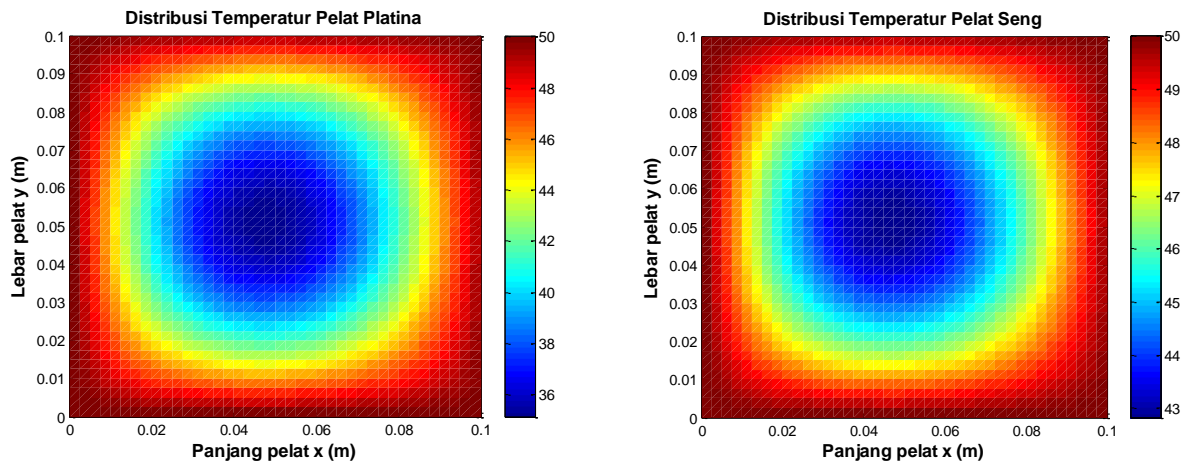
$$\frac{T_{k+1} - T_k}{dt} = \alpha \left(\frac{T_{i+1,j,k} - 2T_{i,j,k} + T_{i-1,j,k}}{dx^2} + \frac{T_{i,j+1,k} - 2T_{i,j,k} + T_{i,j-1,k}}{dy^2} \right) \quad (16)$$

Persamaan (16) inilah yang digunakan dalam menghitung nilai semua titik temperatur pada masing - masing pelat platina dan seng berdasarkan waktu yang ditentukan.

Simulasi Distribusi Temperatur Pelat Tipis Seng dan Platina

Temperatur awal disemua titik pelat tipis seng dan platina adalah temperatur ruang, kecuali pada bagian setiap sisi pelat, yaitu 50°C. Asumsi bahwa temperatur disetiap sisi pelat dijaga konstan. Pindah panas yang terjadi pada dua pelat ini hanyalah panas konduksi yang disimulasikan masing – masing selama 10 detik.

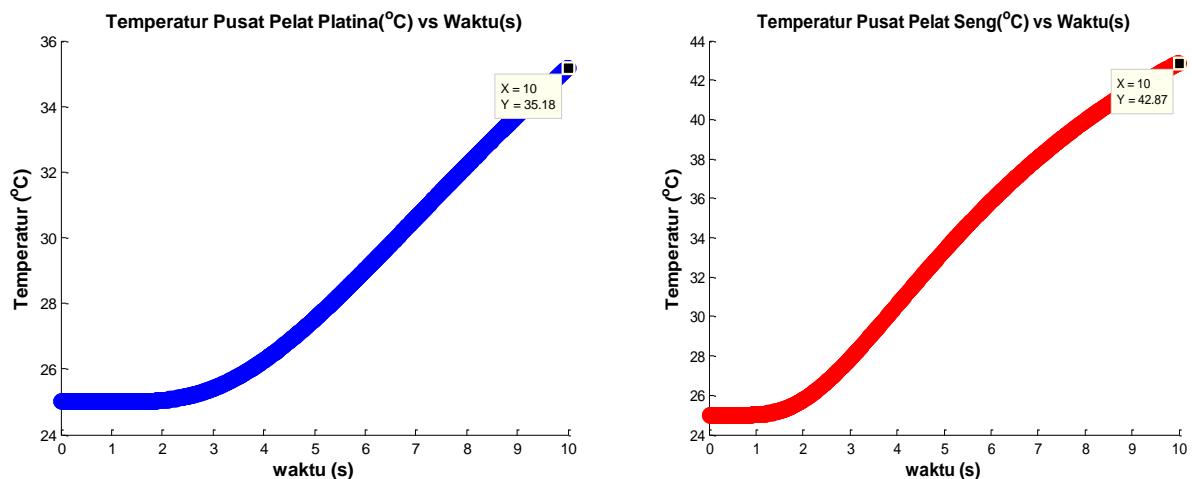
Waktu yang diperlukan dalam melakukan simulasi komputasi cukup dengan waktu 10 detik karena pada jumlah waktu tersebut sudah menghasilkan gradien temperatur yang berbeda diseluruh titik dari masing – masing pelat seng dan platina.



Gambar 2. Simulasi kontur distribusi temperatur pelat platina dan seng selama 10 detik

Gambar 2. menunjukkan tentang kontur distribusi temperatur pelat platina dan seng masing – masing 10 detik. Berdasarkan persamaan (16) diatas, distribusi temperatur pelat tipis seng lebih besar dibandingkan pelat tipis platina. Temperatur di titik pusat pelat tipis seng adalah 42,87°C, sedangkan temperatur di titik pusat pelat tipis platina adalah 35,18°C.

Perbedaan temperatur dari dua pelat ini disebabkan oleh perbedaan nilai konduktivitas termal bahan, perbedaan nilai difusivitas termal bahan. Konduktivitas termal bahan seng lebih tinggi daripada konduktivitas termal bahan platina. Konduktivitas termal bahan seng adalah 116 W/m.K, sedangkan konduktivitas termal bahan platina adalah 71,6 W/m.K.



Gambar 3. Grafik Temperatur Pelat Tipis Platina dan Grafik Temperatur Pelat Tipis Seng

Gambar 3. menunjukkan grafik temperatur di titik pusat masing – masing pelat tipis platina dan seng terhadap waktu selama 10 detik. Temperatur pusat pelat seng lebih tinggi daripada temperatur pusat pelat platina. Perhitungan nilai temperatur di titik pusat pelat dilakukan untuk memudahkan

dalam mengetahui gradien temperatur masing – masing pelat yang diasumsikan temperatur awal di titik pusat tersebut adalah temperatur ruang.

Berdasarkan dari hasil sebaran temperatur kedua pelat diatas, pelat tipis seng adalah bahan konduktor yang lebih baik daripada konduktor pelat tipis platina.

PENUTUP

Berdasarkan penelitian yang dilakukan, pelat tipis seng adalah bahan konduktor lebih baik daripada konduktor pelat tipis platina. Nilai konduktivitas termal bahan seng lebih besar daripada nilai konduktivitas termal bahan platina. Distribusi temperatur pelat tipis seng lebih besar daripada distribusi temperatur pelat tipis platina.

Penelitian ini diharapkan dapat dijadikan dasar untuk melakukan penelitian yang serupa oleh para peneliti dengan bahan – bahan konduktor yang lainnya, seperti besi, kuningan, atau lainnya. Selain itu, dapat dikembangkan untuk kasus pindah panas yang lain, seperti pindah panas secara konveksi.

UCAPAN TERIMA KASIH

Kami ucapkan terima kasih kepada LPPM Unindra yang telah membantu secara langsung terhadap penelitian ini, sehingga penelitian dapat dilakukan dengan baik.

DAFTAR PUSTAKA

- Astuti, I. A. D., (2017). *Penentuan Konduktivitas Termal Logam Tembaga, Kuningan, dan Besi dengan Metode Gandengan*. Prosiding Seminar Nasional Fisika dan Pendidikan Fisika (SNFPF). Volume 6 Nomor 1 2015 ISSN : 2302-7827.
- Noor, I., Ahmad, F., Irzaman, and Alatas, H. (2017). *Simulation of Heat Transfer in Husk Furnace with Cone Geometry Based on Conical Coordinate System*. Journal of Physics: Conference Series, 877(1), 1-7. doi :10.1088/1742-6596/877/1/012025
- Noor, I., Irzaman, Syafutra, H., and Ahmad, F. (2016). *Simulation of Heat Transfer in Cylinder Husks Furnace with Finite Difference Method*. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 31(1), 1-6. doi:10.1088/1755-1315/31/1/012013
- Rectenwald, Gerald W. (2011). *Finite-difference approximations to the heat equation*. Portland: Prentice Hall Inc.