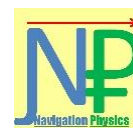




Navigation Physics 2 (1) (2020)

Navigation Physics
Journal of Physics Education



Simulasi Sebaran Temperatur Pelat Logam Tipis Besi dan Kuningan Berbasis *Matlab*

Iman Noor^{1*}, Andry Fitriani²

^{1,2} Universitas Indraprasta PGRI Jakarta

* E-mail: iman.noor009g@mail.com

Info Artikel

Sejarah Artikel:
Diterima April 2020
Disetujui Mei 2020
Dipublikasikan Juni 2020

Keywords:
*Distribusi Temperatur, Pindah Panas,,
Konduksi, Pelat Logam, Metode Beda
Hingga*

Abstract

Simulating the temperature distribution of iron and brass metal thin plates based on matlab has been performed. This simulation aimed to study iron plate and brass plate conductors of the temperature distribution based on conduction mechanism on cartesian coordinate system. The initial temperature in all parts of the thin plate is room temperature, except at left side and right side of the plate is 100 °C. Through numerical calculation of heat conduction equation by Finite Difference Method, we got that the temperature at center thin plate for 10 second is 63,26°C and 62,08 °C for brass thin plate and iron thin plate, respectively.

How to Cite: Noor, I., & Fitriani, A. (2020). Simulasi sebaran temperatur pelat logam tipis besi dan kuningan berbasis Matlab. *Navigation Physics*, 2 (1): 9-13.

PENDAHULUAN

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

Metode beda hingga adalah salah satu metode numerik yang digunakan untuk menyelesaikan persamaan diferensial parsial pada permasalahan ilmu rekayasa dan fisika matematika seperti perpindahan panas, aliran fluida, dan transportasi massa dll. Proses dari metode beda hingga ini 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).

Matlab adalah aplikasi dengan bahasa pemrograman tingkat tinggi. Bahasa pemrograman dasar dari aplikasi ini adalah bahasa C. Aplikasi *Matlab* memiliki banyak kegunaan, mulai dari bidang fisika, matematika, statistika, dll. Metode beda hingga dapat dihitung dengan menggunakan aplikasi *Matlab*.

Pelat logam tipis seperti besi, kuningan, baja dll, dapat mengalami perpindahan panas. Logam – logam tersebut diketahui 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 gandengan.

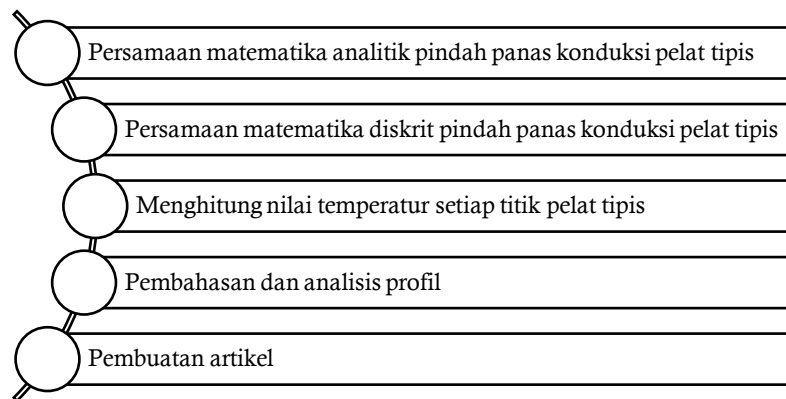
Namun, untuk menunjukkan bahan konduktor seperti pelat besi dan pelat kuningan yang baik secara tinjauan teori, perlu dilakukan penelitian tentang simulasi komputasi sebaran temperatur dari dua pelat tipis tersebut.

Berdasarkan uraian diatas, penelitian ini dilakukan untuk menunjukkan sebaran temperatur antara pelat tipis logam besi dan pelat tipis kuningan. Tujuannya adalah mengetahui dan mempelajari sebaran temperatur pada dua pelat logam tersebut sebagai bahan konduktor dengan cara melakukan simulasi distribusi temperatur menggunakan metode beda hingga.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan dengan cara perhitungan numerik menggunakan metode beda hingga berbasis software *Matlab2013a*. Mekanisme pindah panas yang terjadi pada kedua pelat ini diasumsikan secara konduksi dengan ukuran masing – masing pelat adalah 5 cm x 5 cm. Kondisi awal pelat tipis besi dan kuningan memiliki temperatur masing – masing 25°C. Kondisi batas pelat tipis besi dan kuningan masing – masing diberikan temperatur 100°C disisi kiri dan kanan. Sedangkan temperatur disisi atas dan bawah adalah konstan 25°C, asumsinya adalah disisi tersebut adalah bagian terisolasi dengan temperatur dijaga tetap. Titik temperatur yang diukur dari masing – masing pelat adalah berada ditengah pelat.

Adapun prosedur pengerjaan penelitian ini adalah, menentukan pemodelan persamaan matematis untuk sebaran temperatur pelat tipis, transformasi persamaan analitik ke persamaan numerik berdasarkan metode beda hingga, 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 besi ataupun pelat tipis kuningan 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 .

Metode Bada Hingga

Metode Bada Hingga (*FDM*) adalah salah satu metode numerik untuk menyelesaikan masalah pada persamaan diferensial. Disini kami menggunakan metode ini 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) disubstitusikan masing – masing kedalam persamaan (8) hingga (10), berdasarkan persamaan (5), menghasilkan persamaan numerik distribusi temperatur panas konduksi pada pelat tipis adalah sebagai berikut :

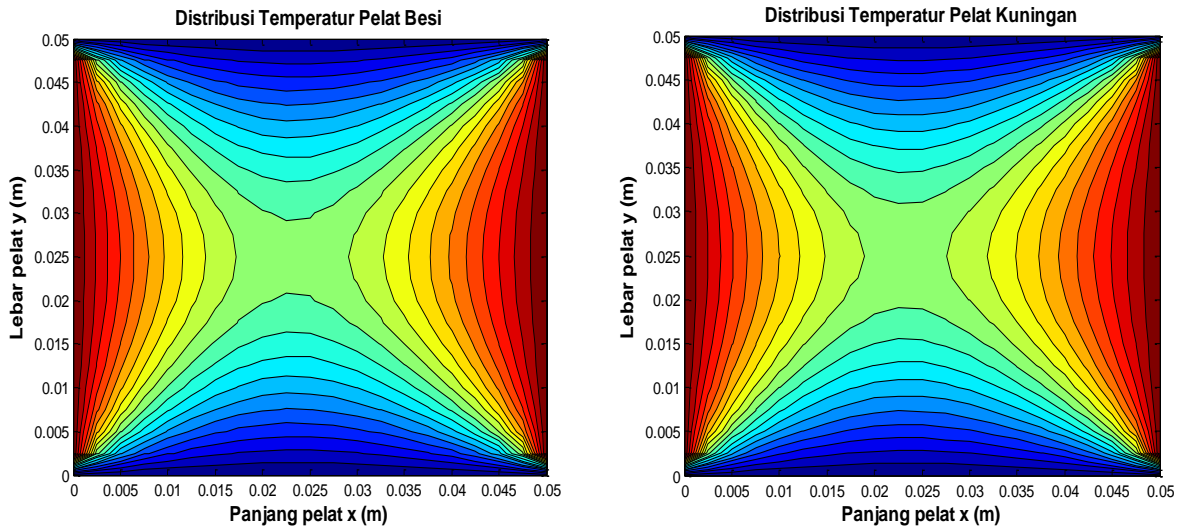
$$\frac{T_{k+1} - T_k}{dt} = \alpha \left(\frac{T_{i+1,j,k} - 2T_{i,j,k} + T_{i-1,j,k}}{dx^2} + \frac{T_{i,j+1,k} - 2T_{i,j,k} + T_{i,j-1,k}}{dy^2} \right) \quad (16)$$

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 Besi dan Kuningan

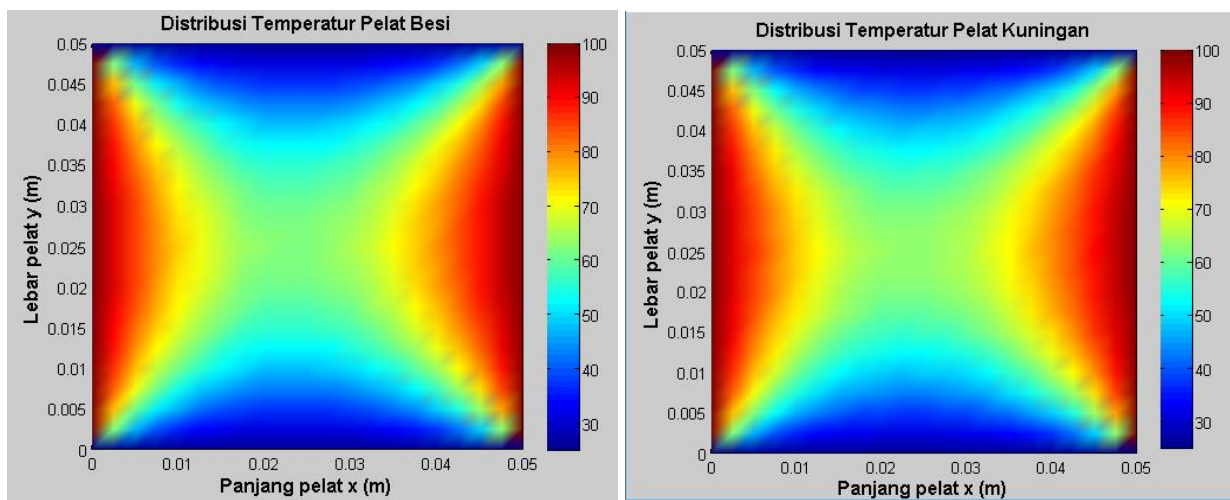
Temperatur awal disemua titik pelat tipis besi dan kuningan adalah temperatur ruang, kecuali pada bagian setiap sisi kiri dan kanan pelat, yaitu 100°C. Asumsi bahwa temperatur disetiap sisi atas dan bawah pelat dijaga konstan. Pindah panas yang terjadi pada dua pelat ini hanyalah panas konduksi yang 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 besi dan kuningan.



Gambar 2. Simulasi kontur sebaran temperatur pelat besi dan kuningan selama 10 detik

Gambar 2. menunjukkan tentang kontur distribusi temperatur pelat besi dan kuningan masing – masing 10 detik. Berdasarkan persamaan (16) diatas, distribusi temperatur pelat tipis kuningan lebih besar dibandingkan pelat tipis besi.



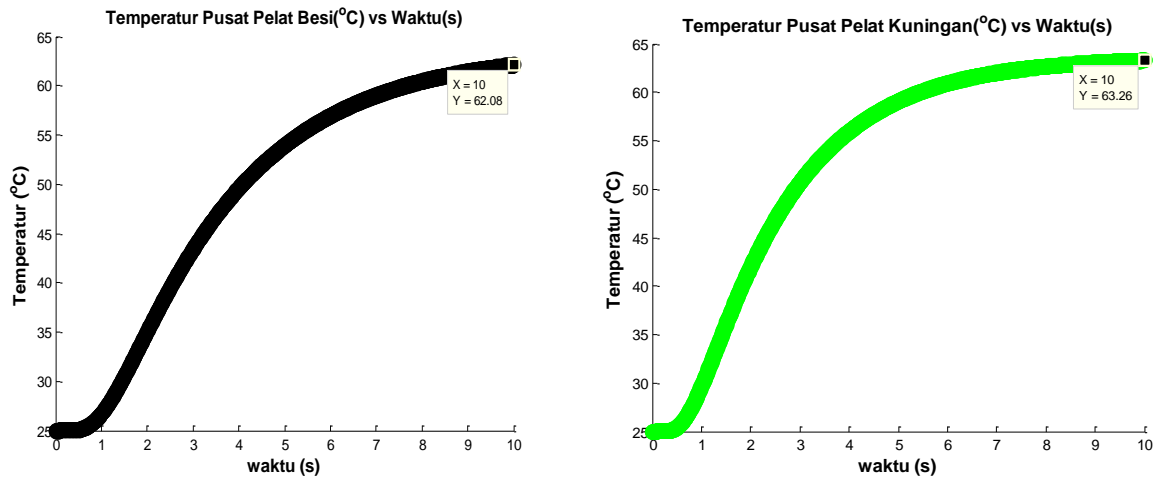
Gambar 3. Profil sebaran temperatur pelat besi dan kuningan selama 10 detik

Selama 10 detik pelat besi dan kuningan disimulasikan, temperatur di titik pusat pelat tipis besi adalah $62,08^{\circ}\text{C}$, sedangkan temperatur di titik pusat pelat tipis kuningan adalah $63,26^{\circ}\text{C}$.

Laju perubahan temperatur terhadap waktu pelat tipis besi lebih kecil daripada laju perubahan temperatur terhadap waktu pelat tipis kuningan. Temperatur pelat tipis besi masing – masing saat waktu 1 detik dan 2 detik adalah $26,65^{\circ}\text{C}$ dan $34,98^{\circ}\text{C}$. Sedangkan temperatur pelat tipis kuningan masing – masing saat waktu 1 detik dan 2 detik adalah $29,60^{\circ}\text{C}$ dan $41,93^{\circ}\text{C}$.

Simulasi sebaran temperatur pelat logam tipis besi dan kuningan memenuhi hukum termodinamika ke-0. Secara alamiah, pindah panas terjadi disebabkan oleh perbedaan temperatur pada sistem. Temperatur yang lebih tinggi bergerak menuju temperatur yang lebih rendah, sedemikian hingga terjadi kesetimbangan termal sistem. Temperatur kedua pelat logam tipis ini bergerak tersebar dari temperatur tinggi menuju temperatur rendah.

Perbedaan temperatur dari dua pelat ini disebabkan oleh perbedaan nilai konduktivitas termal bahan, perbedaan nilai difusivitas termal bahan. Konduktivitas termal bahan kuningan lebih besar daripada konduktivitas termal bahan besi. Konduktivitas termal bahan kuningan adalah 109 W/m.K , sedangkan konduktivitas termal bahan besi adalah 73 W/m.K . Konstanta difusivitas termal pelat kuningan $3,2 \times 10^{-5} \text{ m}^2/\text{s}$, lebih besar konstanta difusivitas termal pelat besi $2,3 \times 10^{-5} \text{ m}^2/\text{s}$.



Gambar 4. Grafik Temperatur Pelat Tipis Besi dan Grafik Temperatur Pelat Tipis Kuningan

Gambar 4. menunjukkan grafik temperatur di titik pusat masing – masing pelat tipis besi dan kuningan terhadap waktu selama 10 detik. Temperatur pusat pelat kuningan lebih tinggi daripada temperatur pusat pelat besi. 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 kuningan adalah bahan konduktor yang lebih baik daripada konduktor pelat tipis besi.

PENUTUP

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

Penelitian ini diharapkan dapat dijadikan dasar untuk melakukan penelitian yang serupa oleh para peneliti dengan kasus pindah panas secara konduksi. 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 (SNFPPF). 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.