

# MEDIA BANTU SIMULASI DISTRIBUSI PANAS PADA BATANG KONDUKTOR MENGGUNAKAN PENDEKATAN *FINITE DIFFERENCE*

Nurullaeli<sup>1</sup>, Alpi Mahisha Nugraha<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup>Informatika, Universitas Indraprasta PGRI

Jl. Raya Tengah No. 80, Kel. Gedong, Kec. Pasar Rebo, Jakarta Timur, DKI Jakarta

[leli.biofisika@gmail.com](mailto:leli.biofisika@gmail.com), [alpi.mahisha@gmail.com](mailto:alpi.mahisha@gmail.com)

## ABSTRAK

Tujuan penelitian ini adalah untuk membuat media bantu simulasi distribusi panas pada batang konduktor. Fenomena distribusi panas secara konduksi pada batang konduktor dapat dimodelkan dalam persamaan diferensial parsial yang cukup kompleks. Penyelesaian persamaan tersebut dilakukan dengan metode numerik *finite difference* skema eksplisit, implisit, dan crank-nicolson berbantuan komputer. Algoritma perhitungan distribusi panas ditulis dalam bahasa pemrograman MATLAB dan ditampilkan dalam bentuk *Graphic User Interface* (GUI). Analisis persamaan diferensial parsial distribusi panas pada batang konduktor menggunakan GUI dapat dilakukan dengan lebih efektif dan efisien, karena waktu perhitungan yang relatif cepat, memiliki tingkat akurasi yang tinggi, serta terdapat grafik simulasi distribusi panas dalam bentuk dua dimensi dan tiga dimensi. Media bantu yang dibuat dapat menjadi salah satu inovasi media pembelajaran dalam menganalisis dan menggambarkan fenomena distribusi panas pada batang konduktor.

Kata Kunci: distribusi panas, *finite difference*, media pembelajaran

## ABSTRACT

*The purpose of this research is to create a heat distribution simulation assistive media on conductor rods. The phenomenon of heat distribution by conduction in the conductor rods can be modelled in a fairly complex partial differential equation. The solution of the equation is done by numerical methods finite difference schemes explicit, implicit, and crank-nicolson assisted with computer. The heat distribution calculation algorithm is written in the MATLAB programming language and displayed in the form of a Graphic User Interface (GUI). Analysis of partial differential equations of heat distribution on conductor rods using GUI can be done more effectively and efficiently, because the calculation time is relatively fast, has a high degree of accuracy, and there are graphs of heat distribution simulation in the form of two dimensions and three dimensions. The assistive media created can be one of the learning media innovations in analyzing and describing the phenomenon of heat distribution in the conductor rods.*

*Keyword: heat distribution, finite difference, learning media*

## PENDAHULUAN

Distribusi panas merupakan salah satu pokok bahasan pada bidang ilmu fisika. Distribusi panas terjadi karena adanya gaya dorong yaitu perbedaan temperatur (Rebet, 2012). Bila dua sistem yang suhunya berbeda disinggungkan maka akan terjadi perpindahan energi. Proses di mana perpindahan energi itu berlangsung disebut perpindahan panas. Perpindahan panas akan terjadi apabila ada perbedaan temperatur antara 2 bagian benda. Panas akan berpindah dari temperatur tinggi ke temperatur yang lebih rendah (Rokhimi & Pujayanto, 2015). Distribusi panas dapat melalui radiasi, konveksi, dan konduksi.

Fenomena distribusi panas secara konduksi dapat dimodelkan dalam persamaan diferensial parsial yang cukup kompleks. Persamaan diferensial adalah suatu persamaan yang mengandung fungsi dan turunannya yang tidak diketahui. Jika terdapat satu variabel bebas dan turunannya merupakan turunan biasa maka disebut dengan persamaan diferensial biasa, dan jika terdapat dua atau lebih variabel bebas dan turunannya adalah turunan parsial maka persamaannya disebut dengan persamaan diferensial parsial (Sulistiyono, 2015).

Pada umumnya mahasiswa kewalahan dalam menyelesaikan persamaan distribusi panas secara manual karena membutuhkan waktu

lama dan sering kali mengalami kesalahan. Alternatif penyelesaian persamaan distribusi panas dapat dilakukan dengan pendekatan numerik berbantuan komputer. Salah satu pendekatan yang dapat dilakukan yaitu menggunakan metode *finite difference*. Metode *finite difference* merupakan metode yang banyak digunakan dalam analisis persamaan diferensial parsial. Metode *finite difference* pada dasarnya menggunakan ekspansi deret Taylor dalam mengaproksimasi nilai turunan (Hakim & Habibi, 2016).

Penyampaian materi distribusi panas di kelas masih banyak dilakukan dalam bentuk *textbook*. Hal tersebut membuat mahasiswa sulit memahami konsep distribusi panas. Oleh karena itu pembelajaran fisika harus didukung media pembelajaran yang tepat dan menarik.

## METODE PENELITIAN

### Studi Pustaka

Studi pustaka dilakukan untuk memahami mengenai proses distribusi panas pada batang konduktor. Selain itu, dari pustaka yang diperoleh, penulis dapat mengetahui sejauh mana perkembangan dari bidang yang diteliti dan membantu dalam menganalisis hasil pemograman.

### Analisis Numerik Distribusi Panas pada Batang Konduktor

Persamaan distribusi panas merupakan persamaan diferensial parsial yang akan diselesaikan menggunakan metode numerik *finite difference* skema eksplisit, implisit, dan Crank-Nicolson untuk menentukan panas pada tiap-tiap titik yang ditentukan pada waktu tertentu dengan bantuan program MATLAB.

### Pembuatan GUI dari Hasil Analisis Numerik Distribusi Panas pada Batang Konduktor

Setelah didapatkan hasil analisis numerik, dibuat GUI untuk perhitungan dan simulasi distribusi panas pada batang konduktor.

### Analisis Sistem Fisis

Tahap terakhir dari metode penelitian ini, yaitu menganalisis sistem fisis dari hasil perhitungan panas dan simulasi distribusi panas pada batang konduktor.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Tujuan penggunaan analisis numerik adalah untuk mempermudah perhitungan pada persamaan diferensial parsial distribusi panas yang jika diselesaikan menggunakan metode analitik membutuhkan waktu yang lama dan perhitungannya yang cukup rumit. Analisis numerik dengan bantuan program MATLAB dapat lebih menghemat waktu dan mempermudah perhitungan sehingga mahasiswa tidak kecewa jika dihadapkan dengan perhitungan distribusi panas yang melibatkan banyak data terutama ketika percobaan/ penelitian di laboratorium.

Persamaan di dalam batang konduktor yang mempunyai perbedaan suhu di kedua ujungnya dapat dituliskan dalam persamaan konduksi panas, sebagai berikut

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

dimana  $\alpha$  adalah koefisien difusi termal yang dapat dicari dari persamaan di bawah ini

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

$k$  yaitu konduktivitas termal (panas),  $\rho$  yaitu densitas, dan  $C$  yaitu kapasitas panas. Dari persamaan konduksi panas terlihat bahwa distribusi panas pada batang konduktor merupakan fungsi waktu dan ruang. Persamaan matrik konduksi panas hasil pendekatan dengan metode *finite difference* skema eksplisit, implisit, dan Crank-Nicolson adalah sebagai berikut:

1. Skema Eksplisit

$$T_i^{n+1} = T_i^n + \lambda(T_{i+1}^n - 2T_i^n + T_{i-1}^n) \quad (3)$$

2. Skema Implisit

$$-\lambda T_{i-1}^{n+1} + (1 + 2\lambda)T_i^{n+1} - \lambda T_{i+1}^{n+1} = T_i^n \quad (4)$$

3. Skema Crank-Nicolson

$$-\lambda T_{i-1}^{n+1} + 2(1 + \lambda)T_i^{n+1} - \lambda T_{i+1}^{n+1} = \lambda T_{i-1}^n + 2(1 - \lambda)T_i^n + \lambda T_{i+1}^n \quad (5)$$

$$\text{dimana } \lambda = \alpha \frac{\Delta t}{(\Delta x)^2} \quad (6)$$

Persamaan dan teknik penyelesaian pada skema eksplisit tidak serumit skema implisit dan Crank-Nicolson, tetapi skema tersebut rentan terhadap konvergensi dan stabilitas hitungan. Skema implisit lebih rumit daripada skema eksplisit karena dalam penyelesaiannya dilakukan secara simultan untuk seluruh node. Pada skema implisit konvergensi dan stabilitas hitungan lebih mudah dijaga sehingga *time step*

tidak terkendala, namun aproksimasi suhu derivatif waktu dan suhu derivatif ruang memiliki tingkat akurasi yang berbeda. Skema crank-nicolson merupakan skema implisit yang memiliki akurasi yang sama dalam hal aproksimasi suhu derivatif waktu dan ruang.

Algoritma perhitungan distribusi panas (persamaan 3, 4, dan 5) ditulis dalam bahasa pemrograman MATLAB dan ditampilkan dalam bentuk *Graphic User Interface* (GUI). GUI yang dibuat terdiri dari dua jendela, yaitu jendela pertama berupa *cover* dan jendela kedua berupa simulasi distribusi panas pada batang konduktor. Pada jendela pertama dapat dipilih menu Simulasi atau menu Keluar. GUI jendela pertama (*cover*) dapat dilihat pada gambar 1.

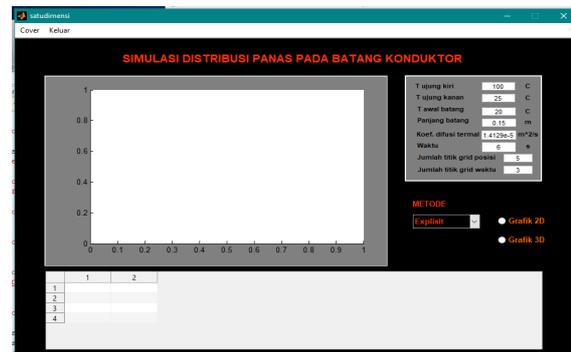


Gambar 1. GUI Jendela Pertama (*Cover*)

Jika pengguna memilih menu Simulasi maka akan muncul jendela kedua, sedangkan jika pengguna memilih menu Keluar maka GUI akan tertutup.

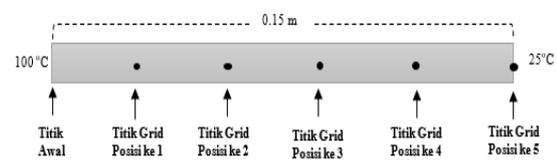
Untuk GUI jendela kedua dapat dilihat pada gambar 2. Pada GUI tersebut terdapat tempat untuk memasukkan nilai masukan (*input*) sesuai dengan perhitungan yang akan dilakukan oleh pengguna, pilihan metode *finite difference* skema eksplisit, implisit, atau crank-nicolson, pilihan bentuk keluaran berupa grafik dua dimensi (2D) atau grafik tiga dimensi (3D), serta tampilan keluaran (*output*) yang berupa grafik dan tabel. Grafik yang terbentuk dilengkapi dengan *colorbar* untuk membantu pengguna dalam membaca distribusi panas melalui warna pada grafik, sedangkan tabel distribusi panas dapat menyajikan data distribusi panas pada titik dan waktu tertentu sesuai dengan nilai masukan (*input*) pada GUI. Pada tempat memasukkan nilai masukan sudah tertulis nilai masukan sebagai contoh bagi

pengguna. Ketika GUI dibuka nilai masukan tersebut dapat langsung diubah sesuai dengan kebutuhan pengguna.



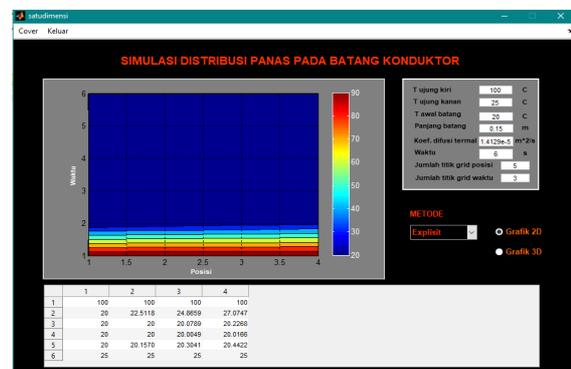
Gambar 2. GUI Jendela Kedua (Simulasi Distribusi Panas pada Batang Konduktor)

Peneliti melakukan simulasi distribusi panas pada batang konduktor dengan panjang 0.15 m, suhu ujung kiri 100 °C, suhu ujung kanan 25 °C, dan suhu awal 20 °C selama 6 s, koefisien difusi termal batang konduktor  $1.4129 \times 10^{-5} \text{ m}^2/\text{s}$ , jumlah titik grid posisi 5 buah, serta jumlah titik grid waktu 3 buah dengan metode *finite difference* untuk skema eksplisit, implisit, dan crank-nicolson. Ilustrasi batang konduktor tersebut dapat dilihat pada gambar 3.

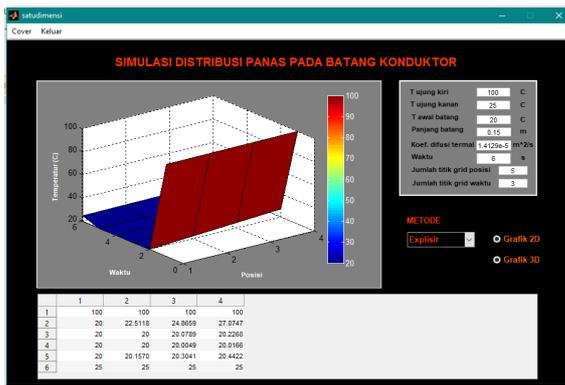


Gambar 3. Ilustrasi Batang Konduktor

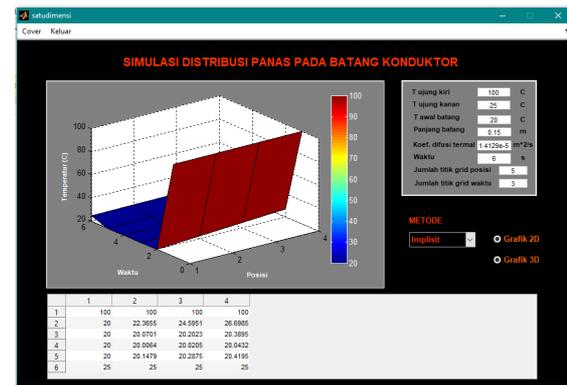
Hasil simulasi distribusi panas pada batang konduktor dengan skema eksplisit berupa grafik dua dimensi dapat dilihat pada gambar 4 dan grafik tiga dimensi dapat dilihat pada gambar 5.



Gambar 4. Grafik Dua Dimensi Simulasi Distribusi Panas pada Batang Konduktor dengan Skema Eksplisit



Gambar 5. Grafik Tiga Dimensi Simulasi Distribusi Panas pada Batang Konduktor dengan Skema Eksplisit



Gambar 7. Grafik Tiga Dimensi Simulasi Distribusi Panas pada Batang Konduktor dengan Skema Implisit

Hasil perhitungan distribusi panas dengan metode *finite difference* skema eksplisit dapat dilihat pada tabel 1.

Tabel 1. Hasil Perhitungan Distribusi Panas dengan Metode *Finite Difference* Skema Eksplisit

Posisi (m)	Waktu (s)			
	0	2	4	6
0	100	100	100	100
0.03	20	22.5118	24.8659	27.0747
0.06	20	20	20.0789	20.2268
0.09	20	20	20.0049	20.0166
0.12	20	20.1570	20.3041	20.4422
0.15	25	25	25	25

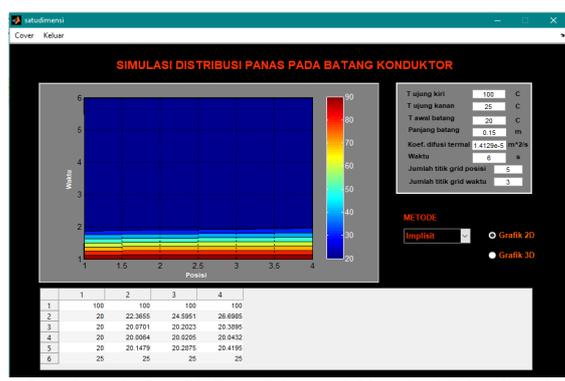
Hasil perhitungan distribusi panas dengan metode *finite difference* skema implisit dapat dilihat pada tabel 2.

Tabel 2. Hasil Perhitungan Distribusi Panas dengan Metode *Finite Difference* Skema Implisit

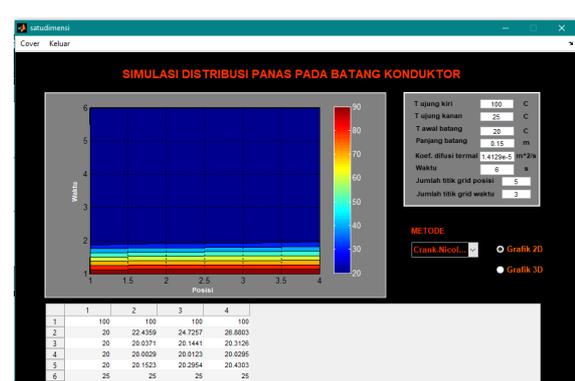
Posisi (m)	Waktu (s)			
	0	2	4	6
0	100	100	100	100
0.03	20	22.3655	24.5951	26.6985
0.06	20	20.0701	20.2023	20.3895
0.09	20	20.0064	20.0205	20.0432
0.12	20	20.1479	20.2875	20.4195
0.15	25	25	25	25

Hasil simulasi distribusi panas pada batang konduktor dengan skema implisit berupa grafik dua dimensi dapat dilihat pada gambar 6 dan grafik tiga dimensi dapat dilihat pada gambar 7.

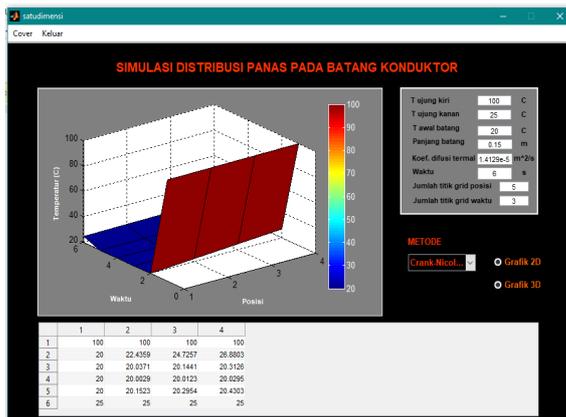
Hasil simulasi distribusi panas pada batang konduktor dengan skema *crank-nicolson* berupa grafik dua dimensi dapat dilihat pada gambar 8 dan grafik tiga dimensi dapat dilihat pada gambar 9.



Gambar 6. Grafik Dua Dimensi Simulasi Distribusi Panas pada Batang Konduktor dengan Skema Implisit



Gambar 8. Grafik Dua Dimensi Simulasi Distribusi Panas pada Batang Konduktor dengan Skema Crank-Nicolson



**Gambar 9. Grafik Tiga Dimensi Simulasi Distribusi Panas pada Batang Konduktor dengan Skema Crank-Nicolson**

Hasil perhitungan distribusi panas dengan metode *finite difference* skema crank-nicolson dapat dilihat pada tabel 3.

**Tabel 3. Hasil Perhitungan Distribusi Panas dengan Metode *Finite Difference* Skema Crank-Nicolson**

Posisi (m)	Waktu (s)			
	0	2	4	6
0	100	100	100	100
0.03	20	22.4359	24.7257	26.8803
0.06	20	20.0371	20.1441	20.3126
0.09	20	20.0029	20.0123	20.0295
0.12	20	20.1523	20.2954	20.4303
0.15	25	25	25	25

GUI yang dibuat oleh peneliti selain dapat digunakan untuk menghitung distribusi panas pada batang konduktor juga dapat digunakan sebagai alternatif media pembelajaran pada pokok bahasan distribusi panas. GUI ini memudahkan pengajar memberikan gambaran/simulasi distribusi panas kepada mahasiswa sehingga mahasiswa dapat dengan mudah memahami fenomena perpindahan panas tersebut.

## SIMPULAN DAN SARAN

Analisis persamaan diferensial parsial distribusi panas pada batang konduktor dengan metode *finite difference* menggunakan bantuan software MATLAB dapat dilakukan dengan lebih efektif dan efisien, karena waktu perhitungan yang relatif cepat dan memiliki tingkat akurasi yang tinggi. Media bantu dalam bentuk GUI yang dibuat oleh peneliti dapat menjadi salah satu inovasi media pembelajaran dalam menganalisis dan menggambarkan fenomena distribusi panas pada batang konduktor.

Perlu diadakan penelitian lebih lanjut untuk memaksimalkan GUI simulasi distribusi panas pada batang konduktor ini, sehingga dapat dibuat sebuah GUI yang menyajikan analisis yang lebih lengkap.

## DAFTAR PUSTAKA

- Hakim, L., & Habibi, A. R. (2016). Perbandingan Skema Numerik Metode Finite Difference dan Spectral. *Jurnal Ilmiah Teknologi Informasi Asia*, 10(2), 34–40.
- Rebet, I. (2012). *Aproksimasi Distribusi Panas Dengan Menggunakan Metode Forward-Backward*. 11(3), 265–270.
- Rokhimi, I. N., & Pujayanto. (2015). Alat Peraga Pembelajaran Laju Hantaran Kalor Konduksi. *Prosiding Seminar Nasional Fisika Dan Pendidikan Fisika (SNFPF)*, 6(1), 270–274. <https://doi.org/10.1186/s12870-015-0414-8>
- Sulistiyono, B. A. (2015). Aplikasi Metode Beda Hingga Skema Eksplisit Pada Persamaan Konduksi Panas. *Math Educator Nusantara*, 1, 41–46. Retrieved from <http://download.portalgaruda.org/article.php?article=321367&val=6717&title=APLIKASI METODE BEDA HINGGA SKEMA EKSPLISIT PADA PERSAMAAN KONDUKSI PANAS>