

PENENTUAN LAJU DISTRIBUSI SUHU DAN ENERGI PANAS PADA SEBUAH BALOK BESI MENGGUNAKAN PENDEKATAN DIFFUSION EQUATION DENGAN DEFINITE ELEMENT METHOD

¹⁾Ido Hilka Zirahya, ²⁾Rif'ati Dina Handayani, ²⁾Yushardi

¹⁾Mahasiswa Program Studi Pendidikan Fisika

²⁾Dosen Program Studi Pendidikan Fisika FKIP UNEJ

Program studi Pendidikan Fisika FKIP Universitas Jember

e-mail: doi_quw@yahoo.com

Abstract

In research it distribution of temperature and callor can formulate in space 4x3x5 cm using diffusion equation. The diffusion equation can build form conductivity and callor equation by using technical separation variable and substitution can be built discreat formulation $T_{n_1, n_2, n_3, n_4}(x, y, z, t)$ and $H_{n_1, n_2, n_3, n_4}(x, y, z, t)$. The distribution of tempe-rature and callor have fourth factor hot spreadthas special in iron (Fe); thermal conductivities k_{besi} , kinds callor c_{besi} , density of mass ρ_{besi} , anomaly of material iron. This research distribution of temperature and callor can be drawn by MATLAB program with definite element method. The result of visualization distribution of temperature and callor with different energy level (1,3,2,3), (3,5,6,5), (5,7,9,6), (7,9,8,6), and (9,7,5,9). If the energy level is small the color of visualization become red because it's near with hot source and the the color of visualization become green because it's far with hot source. Actually lost degradation of color in drawing of iron as result from distribusio ntemperature and callor in iron material. The quantities callor is brought by temperature in iron material.

Keyword: *Distribution Temperature and Callor, Diffusion Equation and Definite Element Method*

PENDAHULUAN

Gejala alam yang meliputi per-pindahan panas pada suatu materi sa-ngatlah berguna dalam kehidupan seha-ri-hari, seperti zat yang memuai ketika dipanaskan. Begitu pula seperti pada besi yang terukur lebih panjang ketika dipanaskan dan berubah lebih panjang dan pendek dalam waktu tertentu.

Secara umum perpindahan panas merupakan perubahan keadaan panas suatu bahan akibat pengaruh dari suhu pada material yang beinteraksi terhadap lingkungan (Tipler.1991:561). Suhu dapat diartikan sebagai ukuran mengenai pa-nas atau dinginnya suatu zat atau benda.

Perubahan suhu secara kontinyu dalam waktu tertentu dapat mengubah bentuk suatu bahan hingga mengalami penyusutan dan pemuaian.

Suatu materi yang memiliki su-hu tertentu memiliki energi panas yang dapat berpengaruh terhadap perubahan keadaan lingkungan, sehingga energi panas diartikan sebagai banyaknya pa-nas yang berpindah dari suatu materi yang memiliki kuantitas suhu tinggi ke kuantitas suhu rendah. Energi panas suatu materi dapat dikatakan pula se-bagai kalor yang berpindah dari ke-adaan yang memiliki kuantitas suhu tinggi ke keadaan kuantitas suhu ren-dah.

Perpindahan kalor yang dibatasi dalam kurun waktu dapat dikatakan sebagai laju perubahan kalor suatu materi. Terdapat tiga jenis laju perubahan kalor suatu materi secara fisis, yaitu secara konduksi, konveksi, dan radiasi. Persoalan fisika yang sederhana seperti pengukuran kalor suatu zat atau materi yang mematuhi persamaan hukum kekekalan energi panas atau *azas black* $\Delta Q_{lepas} = \Delta Q_{terima}$. Persamaan energi panas atau kalor yang merambat dalam suatu bahan dapat dituliskan menjadi $\Delta Q = mc\Delta T$. Perubahan energi panas dalam suatu materi logam berpengaruh terhadap perubahan sistem keadaan pada lingkungan, seperti halnya perubahan tekanan dan suhu ruangan,

Logam besi *Fe* adalah logam yang berasal dari bijih tambang yang memiliki nomor atom 26 dan banyak digunakan untuk kehidupan manusia sehari-hari. Besi juga mempunyai nilai ekonomis yang tinggi. Keadaan logam besi dalam bentuk padatan apabila dipanaskan dalam waktu yang lama tidak menutup kemungkinan akan mengalami eksitasi elektron, hal ini diakibatkan getaran-getaran atom yang terus bergerak didalam logam akibat pemanasan yang terus menerus.

Karakteristik besi dalam bentuk padatan dalam keadaan murni sehingga diperlukan proses pemisahan antara kandungan logam lain dalam bijih besi yang ditemukan di alam. Kemurnian besi dapat dilihat dari tingkatan rapat massa, tingkatan anomali bahan, konduktivitas termalnya, dan kalor jenis bahan. Dalam menghasilkan Persamaan diferensial parsial difusi (*diffusion equation*) dengan cara mengkombinasikan persamaan laju energi panas secara konduksi sebagai berikut $H = \frac{\Delta Q}{\Delta t} = kA \frac{\Delta T}{\Delta d}$ dan kalor atau energi panas $\Delta Q = mc\Delta T$.

Definite Element Method merupakan metode untuk memvisualisasikan grafik baik secara 2 atau 3 dimensi. Visualisasi distribusi

rambatan panas pada penelitian kali ini dimodelkan pada balok besi secara 3 dimensi. Metode beda hingga atau *definite element method* merupakan metode yang lebih akurat karena titik ke-erorannya relatif kecil dan memiliki hasil perhitungan yang lebih teliti. Sehingga diambil *definite element method* untuk memodelkan fisis ini.

Rumusan masalah yang dibentuk pada penelitian ini adalah; bagaimana laju distribusi suhu dan energi panas pada balok besi tiap titik koordinat dalam kurun waktu kurang dari 100 detik menggunakan pendekatan *diffusion equation* dengan *definite element method*.

METODE

Penelitian teori ini mengambil sampel bahan balok besi (murni) dengan ukuran sisi (4x3x5) cm. Penurunan fungsi keadaan suhu dan energi dengan melalui *diffusion equation* menggunakan teknik *separation variable* serta memvisualisasikan bentuk masing-masing fungsi keadaan suhu dan energi panas dengan menggunakan *software* Matlab dengan teknik *definite element method*.

Adapun variabel-variabel yang akan diteliti dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. *Diffusion Equation* merupakan persamaan diferensial rambatan panas yang ditinjau dari berbagai sumbu koordinat. Secara 3 dimensi persamaan difusi dituliskan sebagai

$$\nabla^2 T - \frac{1}{\alpha^2} \frac{\partial T}{\partial t} = 0, \alpha^2 = \frac{k}{c\rho}$$

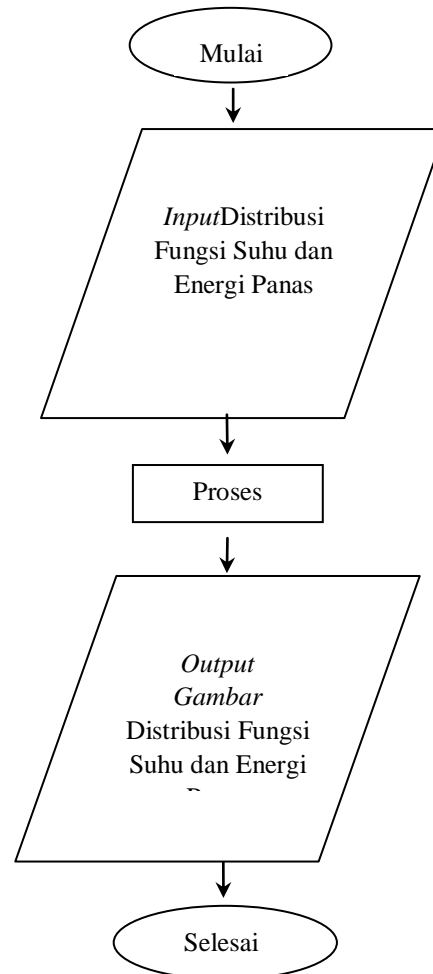
2. *Definite Element Method* merupakan metode yang digunakan dalam penelitian ini. Bentuk dari fungsi keadaan dari suhu dalam Matlab berbentuk diskrit. Fungsi laju distribusi suhu dan energi panas yang didapatkan dari hasil penurunan *diffusion equation* divisualisasi dalam bentuk grafik 3 dimensi.

3. Laju Distribusi Suhu Panas merupakan hantaran panas yang merambat dari tingkatan suhu tinggi ke tingkatan suhu yang rendah. Fungsi laju distribusi

suhu diperoleh secara analitik dalam bentuk fungsi suhu yang diskrit. Fungsi keadaan suhu $T_{n_1, n_2, n_3, n_4}(x, y, z, t)$ mengalir pada setiap titik-titik koordinat divisualisasikan membentuk pola tertentu-tuyang dapat dilihat pada bab 4 hasil dan pembahasan penelitian ini.

4. Laju Distribusi Energi Panas merupakan hantaran energi panas yang merambat dari tingkatan suhu tinggi ke tingkatan suhu yang rendah sama halnya seiring dengan distribusi fungsi suhu. Fungsi laju distribusi energi diperoleh dengan cara mensubstitusikan fungsi keadaan suhu $T_{n_1, n_2, n_3, n_4}(x, y, z, t)$ kedalam bentuk fungsi laju distribusi energi secara konduksi menjadi $H_{n_1, n_2, n_3, n_4}(x, y, z, t)$ yang mengalir pada setiap titik-titik koordinat.

Langkah untuk mendapatkan hasil fungsi laju distribusi suhu dan energi panas adalah menurunkan persamaan pindah panas atau *diffusion equation* membentuk fungsi suhu $T_{n_1, n_2, n_3, n_4}(x, y, z, t)$ dan laju energi panas $H_{n_1, n_2, n_3, n_4}(x, y, z, t)$ selanjutnya dimodelkan dengan *definite element method* divisualisasikan fungsi laju distribusi suhu dan energi panas balok besi. Dalam pemodelan secara 3 dimensi digunakan *flow chart* dari laju distribusi suhu dan energi panas balok besi pada program matlab yaitu:



HASIL PENELITIAN

Kajian ini berupa penelitian teori yang bertujuan untuk mengetahui laju distribusi suhu dan energi panas menggunakan *diffusion equation* dengan *definite element method*. Fungsi laju distribusi suhu dan energi panas dapat dituliskan sebagai berikut:

$$T_{n_1, n_2, n_3, n_4}(x, y, z, t) = \frac{6,4 \times 10^5}{n_1 n_2 (4n_4 - 3)\pi^3} \left(\exp\left(\frac{(4n_4 - 3)\pi}{4}\right) - 1 \right) \sin\left(\frac{n_1 \pi}{4}\right) x$$

$$\sinh\left(\frac{n_2 \pi}{3}\right) y \cosh\left[\frac{(3n_3 - 1)\pi}{15}\right] z \exp\left[-\frac{(4n_4 - 3)\pi}{400}\right] t$$

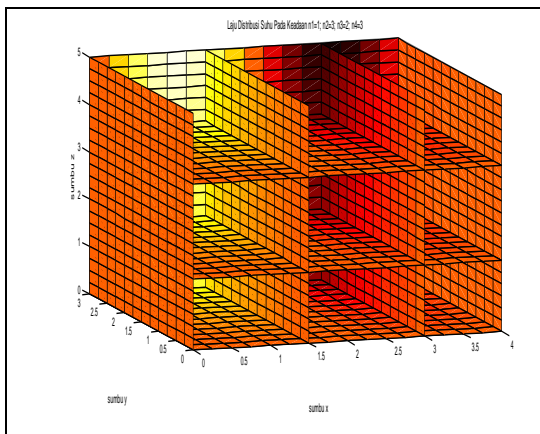
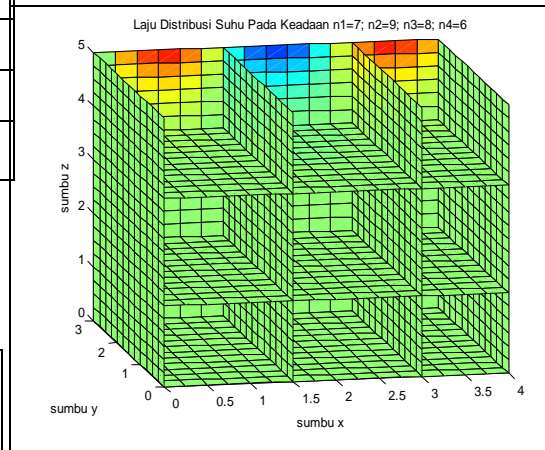
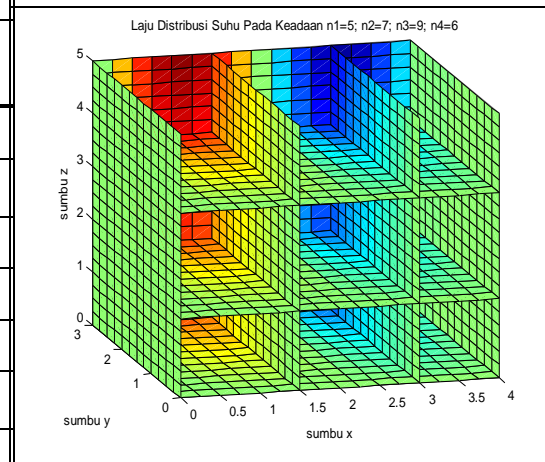
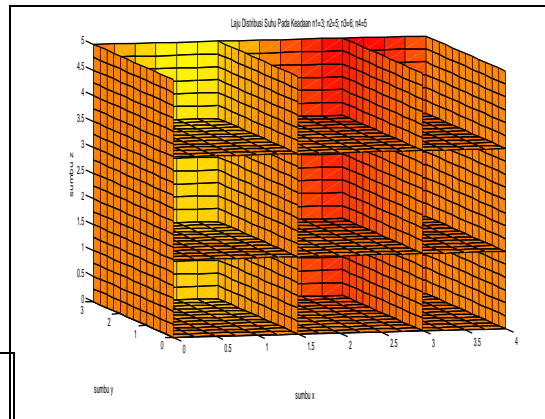
$$H_{n_1, n_2, n_3, n_4}(x, y, z, t) = \frac{1,36 \times 10^7}{n_1 n_2 (4n_4 - 3)\pi^3} \left(\exp\left(\frac{(4n_4 - 3)\pi}{4}\right) - 1 \right) \sin\left(\frac{n_1 \pi}{4}\right) x$$

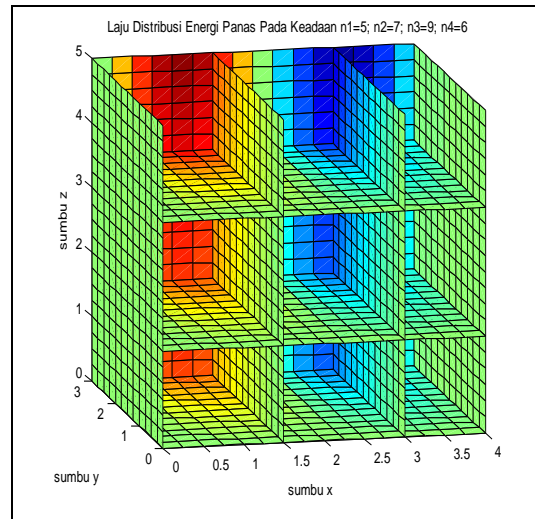
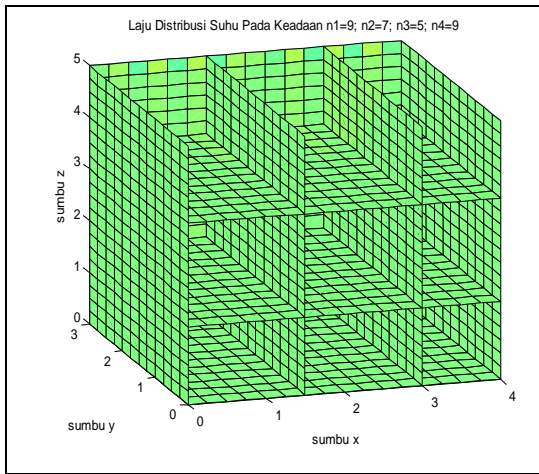
$$\sinh\left(\frac{n_2\pi}{3}\right)y \cosh\left[\frac{(3n_3-1)\pi}{15}\right]z \exp\left[-\frac{(4n_4-3)\pi}{400}t\right]$$

dengan acuan keadaan balok besi merambat menghantarkan panas dalam kurun waktu 100 detik, serta logam besi memiliki kuantitas $k = 93 \text{ W/m}^0\text{C}$, $c = 448 \text{ J/kg}^0\text{C}$, $\rho = 7900 \text{ kg/m}^3$, dan $V = 6 \times 10^{-4} \text{ m}^3$.

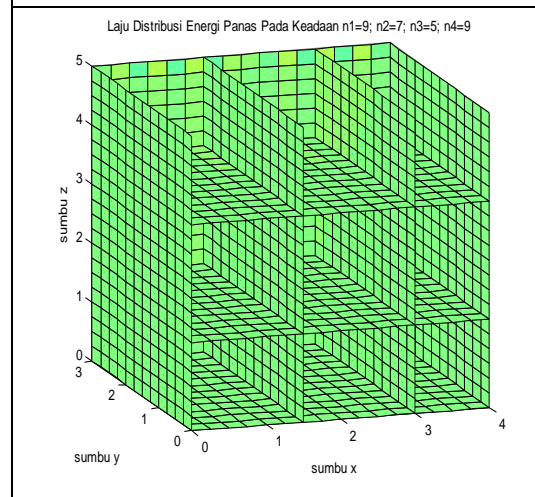
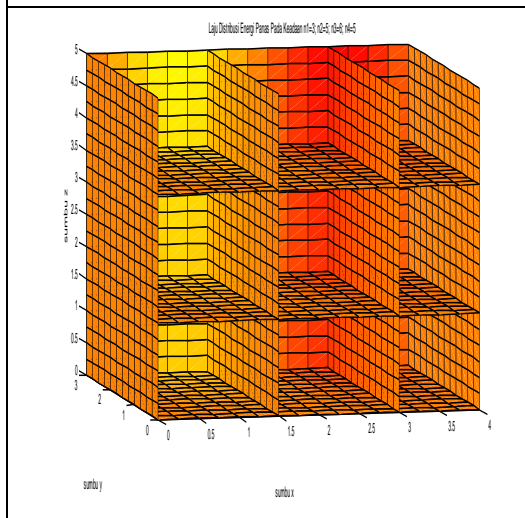
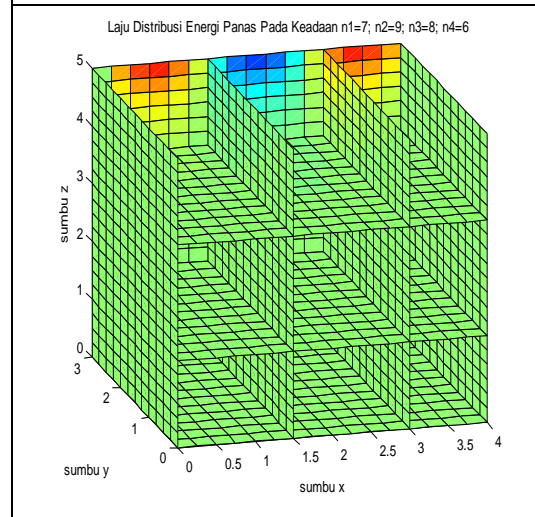
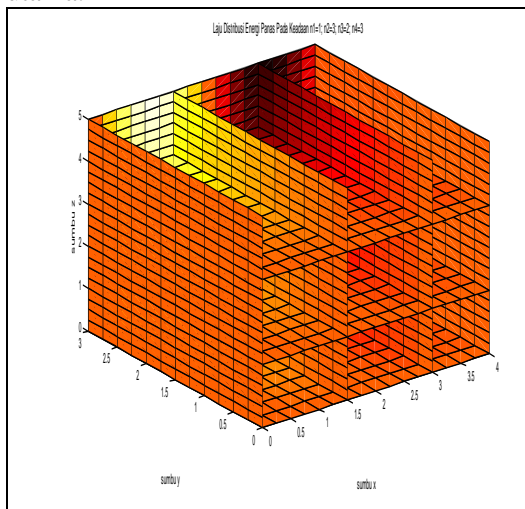
No	Bilangan Utama				Batasan Koordinat				T
	n_1	n_2	n_3	n_4	x	y	z	t	H
1	1	3	2	3	0,	0,	0,	20	-69
									-177
2	3	5	6	5	1	1	1	20	-57
									-156
3	5	7	9	6	1,	1,	1,	20	-21
									-126
4	7	9	8	6	2	2	2	20	-17
									-85
5	9	7	5	9	2,	2,	2,	20	-15
									-81

Berikut ini hasil dari visualisasi fungsi laju distribusi suhu pada balok besi pada masing-masing keadaan bilangan utama.





Berikut ini hasil dari visualisasi fungsi laju distribusi energi panas pada balok besi pada masing-masing keadaan bilangan utama.



Perhitungan numerik pada laju distribusi suhu dan energi panas dilakukan

dengan menerapkan *definite element method* yang menghasilkan sebuah sebaran kuantitas laju distribusi suhu dan energi panas pada masing-masing sisi permukaan balok besi.

Fungsi laju distribusi suhu $T_{n_1, n_2, n_3, n_4}(x, y, z, t)$ menunjukkan bahwa fungsi laju distribusi suhu memiliki bilangan utama pada masing-masing koordinat. Semakin besar tingkatan bilangan utama maka semakin kecil tingkatan distribusi suhu pada balok besi begitu pula sebaliknya. Dalam hal ini tingkatan suhu pada bilangan utamapada masing-masing sumbu koordinat yang tinggi memiliki nilai kuantitas suhu dan energi panas semakin kecil, hal ini disebabkan adanya; (a) kerapatan massa ρ semakin lama apabila dirambati panas semakin berkurang, (b) posisi setiap grid semakin lama semakin besar sehingga fungsi distribusi suhu memerlukan waktu yang besar untuk menembus kerapatan bahan. (c) tingkat anomali bahan logam besi semakin tidak merata, hal ini dikarenakan adanya rambatan panas yang semakin lama mengakibatkan perubahan tekstur warna logam besi. (d) konduktivitas termal bahan besi semakin lama semakin berkurang hingga konstan.

Pada perhitungan numerik atau komputasi yang divisualisasikan dengan grafik dapat diperoleh masing-masing grid kuantitas laju distribusi suhu yang berbeda-beda bernilai negatif. Kuantitas laju distribusi suhu yang bernilai negatif pada masing-masing bilangan utama memiliki 2 makna baik secara matematis dan fisis. Makna matematisnya laju distribusi suhu menggabungkan dari fungsi trigonometri dan eksponensial sehingga terdapat kuantitas laju distribusi suhu negatif. Pada makna secara fisis kuantitas laju distribusi suhu memiliki nilai yang negatif. Hal ini disebabkan semakin lama laju distribusi suhu dan energi panas semakin menurun.

Kuantitas panas pada sebaran suhu membentuk warna yang berdegradasi (berubah-ubah), hal ini diakibatkan

adanya anomali (ketidak teraturan) struktur bahan apabila diberikan panas dari lingkungan ke sistem. Pada anomali bahan logam besi dicirikan tingkatan suhu tidak bernilai nol untuk titik padatnya. Pemicu anomali bahan logam diakibatkan ikatan antara ion-ion yang sangat kuat. Sehingga logam besi baik untuk mengantarkan panas.

Pada laju distribusi energi panas memiliki nilai kuantitas panas yang saling beriringan dengan kuantitas suhu. Semakin besar distribusi suhu yang merambat pada logam besi maka semakin besar pula laju distribusi energi panas yang dimiliki oleh balok besi tersebut. Berdasarkan dari hasil visualisasi pada gambar laju distribusi suhu dan energi panas dapat dilihat tekstur warna yang berbeda-beda. Pada masing-masing grid yang berbeda-beda (1,3,2,3), (3,5,6,5), (5,7,9,6), (7,9,8,6), dan (9,7,5,9) dengan kuantitas suhu dan energi yang merambat pada tiap sisi balok besi. Diasumsikan bahwasannya pada warna merah kecoklatan sebaran kuantitas laju distribusi suhu dan energi panas yang tinggi sedangkan untuk warna hijau memberikan arti laju distribusi suhu dan energi panas semakin lama semakin menurun.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil dan pembahasan pada penelitian teori ini, dapat diperoleh kesimpulan sebagai berikut.

1. Perhitungan dan visualisasi distribusi laju suhu pada masing-masing grid ditunjukkan dengan sebaran nilai atau kuantitas panas secara numerik pada program Matlab. Tingkatan kuantitas laju distribusi suhu pada balok besi pada masing-masing titik dalam balok besi yang berbeda-beda diakibatkan pengaruh; (a) kerapatan massa, (b) posisi setiap grid mengakibatkan tampak kontrasnya bahan warna yang ada pada tiap sisi logam balok besi, (c) tingkat anomali bahan logam besi semakin tidak merata, (d) konduk-

tivitas termal bahan besi semakin lama semakin berkurang hingga konstan.

2. Pada visualisasi laju distribusi suhu dan energi panas pada balok besi dapat dilihat pada gambar diatas pada tingkatan grid (1,3,2,3), (3,5,6,5), (5,7,9,6), (7,9,8,6), dan (9,7,5,9) menghasilkan pola tekstur warna dengan asumsi merah keco-klatan merupakan kuantitas laju distribusi suhu dan energi yang besar sedangkan untuk warna hijau merupakan laju distribusi suhu dan energi panas yang rendah. Besar kecilnya laju distribusi energi panas pada balok besi dibawa oleh laju distribusi suhu yang merambat pada tiap-tiap titik koordinat balok besi.

DAFTAR PUSTAKA

Buku

- Beiser, Arthur. 1995. *Modern Physic*. New York: John Wiley& Sons.
- Boas, M.L. 1983. *Mathematical Methods in The Physical Sciences*. Singapore:John Wiley& Sons.
- Charles & Jacob. 1998. *Electrostatic*. York: John Wiley& Sons.
- Comel & R.Teigen. 2000. *Nuclear Physic*. Singapore. John Wiley& Sons.
- Edminister, J. 2004. *Elektromagnetika (Schaum Easy Outline)*. Jakarta: Erlangga
- Hadi, Dimsiki. 1993. *Termodinamika*. Yogyakarta: DIKTI Jakarta
- Hidayat, Rusli. 2006. *Persamaan Diferensial Parsial*. Jember: UPT Penerbitan Uni-versitas Jember
- Jacson, David. 1992. *Classical Electrodinamic*. New York: John Wiley& Sons.
- Karyono. 2009. *FISIKA UNIVERSITAS*. Jakarta: Erlangga
- Mahardika, IK. 2006. *Pengantar Matematika untuk Fisika dan Teknik*. Jember: UPT Penerbitan Universitas Jember
- Nurachmandani, Setya. 2009. *Fisika 1*. Jakarta: Teguh Karya
- Purba, Michael. 2006. *Kimia Analitik*. Jakarta: Erlanga
- Purwanto, A. 2007. *Fisika Statistik*. Yogyakarta: Gava Media
- Purwanto, A. 2007. *Fisika Kuantum*. Yogyakarta: Gava Media
- Soedjojo, P. 1995. *Matematika Fisika dan Teknik*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press
- Sumarsono, J. 2008. *FISIKA*. Jakarta:Teguh Karya
- Suwitra, N. 1989. *Pengantar Fisika Zat Padat*. Jakarta: P2LPTK DIKTI
- Speigel, M. 1971. *Theory and Problems of Advanced Mathematics for Engineers and Scientists (Schaum Series)*. New York: Mc Graw Hill
- Suarga. 2007. *Fisika Komputasi Solusi Problem Fisika Dengan Matlab*. Yogyakarta: Penerbit Andi
- Tampoas, H. 2007. *Seribu Pena Matematika*. Bogor: Erlangga
- Tide, OB. 2006. *Classical Mechanic*. New York: John Wiley& Sons.
- Tippler, P. 1991. *Fisika Untuk Sains dan Teknik*. Jakarta: PT. Gelora Aksara Pratama.

INTERNET

- Franklin. 2002. *Modul Fisika Inti/Partikel*. Universitas Indonesia. http://fisika_ui.ac.id. id. *Makalah Ilmiah.pdf.or.id*. 05-02- 2013.
- Harsono, B. 2008. *Pengaruh Pemilihan Kondisi Batas, Langkah Ruang, Langkah Waktu, dan Keofisien Difusi Pada Model Difusi "JURNAL APLIKA Volume 8"*.Bandung, UNPAD. www.google.com [serial on line].<http://fisika.ac.id>.*JurnalIlmiah.pdf.or.id*. 22 Oktober 2012.
- Putro dan Paranto. 2010. *Perancangan dan Simulasi Transfer Panas pada Material Pendingin Per-alatan Listrik Jenis "Heat Pipe" dengan Finite Element Method* ". Jakarta, FTI Institut Sains dan Teknologi Nasional .

*www.google.com. [serial on
line].<http://fisika.ac.id>.*JurnalIlmia**

h.pdf.or.id.2 Januari 2013