



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

**SKRIPSI**

Oleh:

**Ido Hilka Zirahya  
NIM. 090210102056**

**PROGRAM STUDI PENDIDIKAN FISIKA  
JURUSAN PENDIDIKAN MIPA  
FAKULTAS KEGURUAN DAN ILMU PENDIDIKAN  
UNIVERSITAS JEMBER  
2013**



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

**SKRIPSI**

diajukan guna melengkapi tugas akhir dan memenuhi salah satu syarat untuk menyelesaikan Program Studi Pendidikan Fisika (S1) dan mencapai gelar Sarjana Pendidikan

Oleh

**Ido Hilka Zirahya  
NIM. 090210102056**

**PROGRAM STUDI PENDIDIKAN FISIKA  
JURUSAN PENDIDIKAN MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
FAKULTAS KEGURUAN DAN ILMU PENDIDIKAN  
UNIVERSITAS JEMBER  
2013**

## **PERSEMBAHAN**

Skripsi ini saya persembahkan untuk :

1. Kedua orang tua ayah dan ibu Nurmahal, S.Pd dan Zuhriyah Praharani, S.Pd yang telah memberikan kasih sayang dan semangat yang tiada henti- hentinya terhadap saya dan selalu senantiasa berdo'a demi kesuksesan saya, serta adik saya Tata Bunga Mahardika yang selalu senantiasa membantu dan memberikan semangat;
2. Guru-guru saya yang telah memberikan bimbingan mulai dari Sekolah Dasar hingga sampai Perguruan Tinggi;
3. Almamater saya Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Jember.

## MOTTO

*“Sesungguhnya bersama kesulitan itu ada kemudahan. Maka apabila kamu telah selesai (dari suatu urusan), tetaplah bekerja keras (untuk urusan yang lain).”*

*(terjemahan Surat Al-Insyirah ayat 6-7)\**

*“Ukuran sukses sejati terletak pada kemampuan Anda merasakan pikiran bahagia” \*\*)*

---

\*) Departemen Agama Republik Indonesia. 2008. Al Qur'an dan Terjemahannya. Bandung: CV Penerbit Diponegoro.

\*\*\*) Erbe Sentanu. 2007. *Quantum Ikhlas*. Jakarta: PT Gramedia.

## HALAMAN PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Ido Hilka Zirahya

NIM : 090210102056

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa skripsi yang berjudul: “Penentuan Laju Distribusi Suhu dan Energi Panas pada Sebuah Balok Besi Menggunakan *Diffusion Equation* dengan *Definite Element Method*” adalah benar-benar hasil karya sendiri, kecuali jika dalam pengutipan substansi disebutkan sumbernya, dan belum pernah diajukan pada institusi manapun, serta bukan karya jiplakan. Saya bertanggung jawab atas keabsahan dan kebenaran isinya sesuai dengan sikap ilmiah yang harus dijunjung tinggi.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya, tanpa adanya tekanan dan paksaan dari pihak manapun serta bersedia mendapat sanksi akademik jika ternyata di kemudian hari pernyataan ini tidak benar.

Jember, Agustus 2013

Yang Menyatakan,

Ido Hilka Zirahya  
NIM. 090210102056

**SKRIPSI**

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

Oleh

**Ido Hilka Zirahya  
NIM. 090210102056**

Pembimbing

**Dosen Pembimbing Utama : Rif'ati Dina Handayani, S.Pd, M.Si**

**Dosen Pembimbing Anggota : Dr. Yushardi, S.Si, M.Si**

## PENGESAHAN

Skripsi berjudul “Penentuan Laju Distribusi Suhu dan Energi Panas pada Sebuah Balok Besi Menggunakan Pendekatan *Diffusion Equation* dengan *Definite Element Method*” telah diuji dan disahkan oleh Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Jember pada:

Hari : Selasa  
Tanggal : 16 Juli 2013  
Tempat : Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan

Tim Penguji

Ketua,

Sekretaris,

Dra. Sri Astutik, M.Si  
NIP. 19670610 199203 2 002

Anggota I,

Dr. Yushardi, S.Si, M.Si  
NIP. 19650420 199512 1 001

Anggota 2

Rif'ati Dina Handayani, S.Pd, M.Si  
NIP. 19810205 200604 2 001

Dr. Sudarti, M.Kes  
NIP. 19620123 198802 2 001

Mengesahkan  
Dekan Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan  
Universitas Jember,

Prof. Dr. Sunardi, M.Pd  
NIP. 19540501 198303 1 005

## RINGKASAN

**Penentuan Laju Distribusi Suhu dan Energi Panas pada Sebuah Balok Besi Menggunakan Pendekatan *Diffusion Equation* dengan *Definite Element Method***; Ido Hilka Zirahya; 090210102056; 2013; 76 halaman; Program Studi Pendidikan Fisika; Jurusan Pendidikan MIPA; Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Jember.

Sebuah materi yang memiliki suhu dan energi panas tertentu yang berpengaruh terhadap lingkungan, dalam hal ini suhu diartikan sebagai kuantitas panas yang membawa tingkatan energi sehingga energi panas dapat diartikan sebagai banyaknya panas yang berpindah dari suatu materi yang memiliki keadaan kuantitas suhu tinggi ke suhu rendah (Sumarsono,2008:210). Energi panas suatu materi dapat dikatakan pula sebagai kalor yang berpindah dari keadaan satu ke keadaan lain. Perpindahan kalor yang dibatasi dalam kurun waktu tertentu dapat dikatakan sebagai laju perubahan kalor suatu materi. Secara kuantitatif kalor suatu zat yang mematuhi persamaan energi panas atau *azas black*  $\Delta Q_{lepas} = \Delta Q_{terima}$  dimana energi panas atau kalor merambat di dalam suatu bahan, secara sederhana energi panas yang merambat dalam suatu bahan dapat dituliskan  $\Delta Q = mc\Delta T$  (Karyono.2009:108). Laju perambatan panas pada logam besi adalah konduksi  $H = \frac{\Delta Q}{\Delta t} = kA \frac{\Delta T}{\Delta d}$  hingga membentuk tekstur atau pola warna tertentu pada lapisan logam besi tersebut.

Pada penelitian ini logam besi yang diteliti dalam keadaan tunak (*steady state*) tidak mengalami perubahan dalam kurun waktu dibawah 100 detik. Metode pada penelitian ini secara awal menentukan persamaan diferensial laju distribusi suhu dan energi diturunkan dari persamaan perpindahan panas secara konduksi hingga berubah menjadi persamaan diferensial parsial fungsi suhu  $\nabla^2 T - \frac{1}{\alpha^2} \frac{\partial T}{\partial t} = 0$  dengan tetapan  $\alpha^2 = \frac{k}{c\rho}$  atau dapat disebut persamaan difusi atau *diffusion equation*.



Persamaan difusi diturunkan secara analitik secara *separatioan variable* membentuk fungsi suhu diskrit  $T_{n_1, n_2, n_3, n_4}(x, y, z, t)$  yang nilainya berubah-ubah pada masing-masing koordinat. Begitu pula untuk fungsi energi panas pada balok besi yang dibentuk oleh fungsi suhu dapat dituliskan menjadi  $H_{n_1, n_2, n_3, n_4}(x, y, z, t)$ . Masing-masing fungsi laju distribusi suhu dan energi panas tersebut divisualisasikan dengan *software* Matlab 2008 dengan *definite element method* hingga menghasilkan setiap flopi kuantitas laju distribusi suhu dan energi panas.

Visualisasi hantaran panas pada logam besi menggunakan *software* Matlab 2008 dengan ditunjukkan fungsi laju distribusi rambatan suhu dan energi panas pada tabel 4.1 dan 4.2. Visualisasi fungsi laju distribusi suhu dan energi panas secara 3 dimensi (*slice graphics*) terdapat pada gambar 4.1 dan 4.2. Pada visualisasi grafik 3 dimensi rambatan panas diasumsikan menyebar pada setiap dinding-dinding bawah, samping, dan atas pada balok besi pada tingkatan grid-grid tertentu. Begitu pula pada visualisasi fungsi laju distribusi suhu dan energi panas divisualisasikan secara 2 dimensi (*countor graphics*) yang terdapat pada lampiran K dan L. Pada visualisasi menggunakan grafik 2 dimensi dilihat dari permukaan atas dengan menggunakan asumsi tingkatan panas dalam bentuk tekstur warna tertentu. Warnah merah memiliki laju distribusi suhu dan energi panas yang besar sedangkan untuk warna hijau memiliki tingkat laju distribusi suhu dan energi panas yang rendah. Untuk tingkatan grid (1,3,2,3), (3,5,6,5) (5,7,9,6) (7,9,8,6) dan (9,7,5,9) memiliki kuantitas laju distribusi suhu dan energi panas terdegradasi atau menurun dalam setiap grid jika grid semakin besar. Besar kecilnya nilai dari kuantitas laju distribusi suhu dan energi panas pada balok besi yaitu kerapatan massa logam besi  $\rho_{besi}$ , posisi yang dialami grid pada balok besi, anomali logam besi (ketidakteraturan atom-atom apabila dipekenai panas), dan konduktifitas logam besi  $k_{besi}$ .

## PRAKATA

Puji syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT atas segala limpahan berkah, rahmat serta hidayah-Nya. Serta junjungan Nabi Besar Muhammad SAW sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini yang berjudul “Penentuan Laju Distribusi Suhu dan Energi Panas pada Sebuah Balok Besi Menggunakan Pendekatan *Diffusion Equation* dengan *Definite Element Method*”. Skripsi ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat dalam menyelesaikan pendidikan strata satu (S1) di Program Studi Pendidikan Fisika, Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan, Universitas Jember.

Penyusunan skripsi ini tidak lepas dari bantuan berbagai pihak, oleh karena itu penulis menyampaikan ucapan terima kasih kepada:

1. Prof. Dr. H. Sunardi, M.Pd selaku Dekan Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Jember;
2. Dra. Sri Astutik, M.Si selaku Ketua Jurusan Pendidikan MIPA;
3. Dra. Sri Astutik, M.Si selaku Pejabat Sementara Ketua Program Studi Fisika;
4. Rif’ati Dina Handayani, S.Pd, M.Si selaku Dosen Pembimbing Utama dan Dr. Yushardi, S.Si, M.Si selaku Dosen Pembimbing Anggota yang telah meluangkan waktu dan pikiran dalam membimbing penulis;
5. Dr. Sudarti, M.Kes selaku Dosen Pembimbing Akademik (DPA) yang selalu memberikan nasehat;
6. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu per satu yang telah memberikan bantuan dan dukungan dalam penyelesaian skripsi ini.

Penulis juga menerima segala kritik dan saran dari semua pihak demi kesempurnaan skripsi ini. Penulis berharap, semoga skripsi ini dapat bermanfaat.

Jember, Agustus 2013

Penulis

## DAFTAR ISI

	Halaman
<b>HALAMAN JUDUL</b> .....	i
<b>HALAMAN PERSEMBAHAN</b> .....	ii
<b>HALAMAN MOTTO</b> .....	iii
<b>HALAMAN PERNYATAAN</b> .....	iv
<b>HALAMAN PEMBIMBING</b> .....	v
<b>HALAMAN PENGESAHAN</b> .....	vi
<b>RINGKASAN</b> .....	vii
<b>PRAKATA</b> .....	ix
<b>DAFTAR ISI</b> .....	x
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	xiii
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	xiv
<b>DAFTAR LAMPIRAN</b> .....	xv
<b>BAB 1. PENDAHULUAN</b> .....	1
<b>1.1 Latar Belakang</b> .....	1
<b>1.2 Rumusan Masalah</b> .....	3
<b>1.3 Batasan Masalah</b> .....	4
<b>1.4 Tujuan Penelitian</b> .....	4
<b>1.5 Manfaat Penelitian</b> .....	5
<b>BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	6
<b>2.1 Suhu</b> .....	6
<b>2.2 Energi Panas</b> .....	7
<b>2.3 Laju Distribusi Energi</b> .....	8
2.3.1 Konduksi .....	8
2.3.2 Konveksi .....	9
2.3.3 Radiasi.....	11

2.4	Logam Besi .....	12
2.5	Teori Anomali Logam .....	13
2.6	Teori Vibrasi pada Logam .....	14
2.7	Persamaan Diferensial Parsial.....	15
2.8	<i>Diffusion Equation</i> .....	15
2.9	Persamaan Diferensial Parsial Numerik .....	17
2.10	<i>Definite Element Method</i> Pada <i>Diffusion Equation</i> ...	18
<b>BAB 3.</b>	<b>METODE PENELITIAN</b> .....	20
3.1	Jenis Penelitian.....	20
3.2	Tempat dan Waktu Penelitian.....	20
3.3	Definisi Operasional Variabel .....	20
3.3.1	<i>Diffusion Equation</i> .....	20
3.3.2	<i>Definite Element Method</i> .....	21
3.3.3	Laju Distribusi Suhu Panas $T_n(x, y, z, t)$ .....	21
3.3.4	Laju Distribusi Energi Panas $H_n(x, y, z, t)$ .....	21
3.4	Rancangan Penelitian.....	22
3.5	Algoritma Simulasi Suhu dan Energi Panas .....	23
3.6	Desain Simulasi Program Matlab .....	24
3.7	Teknik Penyajian Data Simulasi Matlab.....	25
<b>BAB 4.</b>	<b>HASIL DAN PEMBAHASAN</b> .....	26
4.1	Hasil Penelitian .....	26
4.2	Pembahasan.....	31
<b>BAB 5.</b>	<b>KESIMPULAN DAN SARAN</b> .....	34
5.1	Kesimpulan.....	34
5.1.1	Laju Distribusi Suhu pada Balok Besi .....	34
5.1.2	Laju Distribusi Energi Panas pada Balok Besi ...	34
5.2	Saran .....	35

<b>DAFTAR PUSTAKA</b> .....	36
<b>LAMPIRAN</b> .....	38

## DAFTAR TABEL

	Halaman
3.1 Bentuk Hasil Perhitungan Fungsi Suhu dan Energi Panas pada Balok Besi .....	25
4.1 Data Perhitungan Matematis Harga Fungsi Laju Distribusi Suhu Pada Balok Besi.....	27
4.2 Data Perhitungan Matematis Harga Fungsi Laju Distribusi Energi Panas Pada Balok Besi.....	28

## DAFTAR GAMBAR

	Halaman
2.1 Diagram Fase 3 Dimensi Kuantitas Tekanan, Volume, dan Suhu ....	7
2.2 Penampang Melintang 3 Dimensi Hantaran Panas Secara Konduksi Dari Permukaan Bawah Suatu Logam.....	9
2.3 Penampang Melintang 3 Dimensi Aliran Panas Secara Konveksi dari Permukaan Bawah Suatu Logam.....	10
2.4 Penampang Melintang Sederhana Gelombang Panas Secara Radiasi	12
2.5 Bentuk Sederhana Hantaran Difusi Suatu Partikel Pada Suatu Pada- tan .....	16
3.1 Bagan Alur Langkah-Langkah Penelitian .....	22
3.2 Bagan Algoritma Penelitian Pindah Panas Pada Balok Besi.....	23
3.3 Diagram <i>Flow Chart</i> Program Simulasi Fungsi Keadaan Suhu dan Energi Balok Besi .....	24
4.1 Hasil Visualisasi Fungsi Laju Distribusi Suhu Pada Balok Besi Pada Masing-Masing Keadaan Bilangan Utama.....	29
4.2 Hasil Visualisasi Fungsi Laju Distribusi Energi Panas Pada Balok Besi Pada Masing-Masing Keadaan Bilangan Utama .....	30

## DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
A. Nilai-Nilai Dari Konduktivitas Termal, Kalor Jenis, Dan Massa Jenis Beberapa Material.....	38
B. Matriks Penelitian <i>Diffusion Equation</i> dengan <i>Definite Element Method</i> .....	40
C. Membangun Persamaan Panas ( <i>Diffusion Equation</i> ) Pada Sebatang Logam Secara 3 Dimensi.....	41
D. Uraian Persamaan Difusi ( <i>Diffusion Equation</i> ) Pada Koordinat Kartesian 3 Dimensi dengan Penerapan Syarat Batas Tertentu Pada Logam Besi .....	43
E. Lampiran Validasi Data Pengamatan Distribusi Suhu dan Energi Panas Balok Besi .....	62
F. Program Visualisasi Laju Distribusi Suhu Pada Balok Besi .....	63
G. Program Visualisasi Laju Distribusi Energi Panas Balok Besi .....	64
H. Lembar Matematis Perhitungan Laju Distribusi Suhu Pada Balok Besi .....	65
I. Lembar Perhitungan Matematis Laju Distribusi Energi Panas Balok Besi .....	68
J. Hubungan Perhitungan Matematis Harga Fungsi Laju Distribusi Suhu dan Energi Panas Pada Balok Besi .....	71
K. Visualisasi 2 Dimensi Fungsi Laju Distribusi Suhu Pada Balok Besi Masing-Masing Grid.....	73
L. Visualisasi 2 Dimensi Fungsi Laju Distribusi Energi Panas Pada Balok Besi Masing-Masing Grid .....	74
M. Lembar Konsultasi Penyusunan Skripsi Pembimbing Utama .....	75
N. Lembar Konsultasi Penyusunan Skripsi Pembimbing Anggota.....	76