



**ANALISIS ALIRAN UDARA PADA JEMBATAN SURAMADU  
DENGAN MENGGUNAKAN METODE VOLUME HINGGA**

**SKRIPSI**

Oleh

**DODY DWI APRIANTO**

**NIM 090210101081**

**PROGRAM STUDI PENDIDIKAN MATEMATIKA  
FAKULTAS KEGURUAN DAN ILMU PENDIDIKAN  
UNIVERSITAS JEMBER**

**2013**

## HALAMAN PERSEMBAHAN

Dengan menyebut nama Allah yang maha pengasih lagi maha penyayang, serta sholawat atas Nabi Muhammad S.A.W, kupersembahkan sebuah kebahagiaan dalam perjalanan hidupku teriring rasa terima kasihku yang terdalam kepada:

1. Almarhum Ayahanda tercinta Suradji;
2. Ibunda Sudarmini, serta Kakaku Denny Eko Yulianto yang senantiasa mengalirkan rasa cinta dan kasih sayangnya serta cucuran keringat dan doa yang tiada pernah putus yang selalu mengiringiku dalam meraih cita-cita, tidak lupa pula Adikku Dian Trianasari yang senantiasa memberikan dorongan, semangat, dan doa selama masa kuliahku;
3. Bapak Drs. Dafik, M.Sc, Ph.D dan Ibu Susi Setiawani, S.Si., M.Sc selaku pembimbing skripsi yang dengan sabar telah memberikan ilmu dan bimbingan selama menyelesaikan skripsiku;
4. Bapak Arif Fatahillah, S.Pd., M.Si yang telah banyak memberikan waktu luang untuk membimbing dan membantu dalam proses penulisan skripsi ini;
5. Teman-teman angkatan 2009 FKIP Matematika: (khususnya anak-anak killer, dan semuanya) yang senantiasa membantuku dan kebersamaan kita adalah kenangan yang tak terlupakan,
6. Almamater Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Jember.

## HALAMAN MOTTO

”Sebaik-baiknya perbuatan adalah yang dilakukan seseorang secara terus-menerus walaupun sedikit (Istiqomah)”

(Hadist Rasulullah)

”Waktu terkadang terlalu lambat bagi mereka yang menunggu, terlalu cepat bagi yang takut, terlalu panjang bagi yang gundah,dan terlalu pendek bagi yang bahagia. Tapi selalu mengasihi waktu adalah keabadian”

(Henry Van Dyke)

”Ilmu itu lebih baik daripada harta. Ilmu akan menjaga engkau dan engkau menjaga harta. Ilmu itu penghukum (hakim) sedangkan harta terhukum. Kalau harta itu akan berkurang apabila dibelanjakan, tetapi ilmu akan bertambah apabila dibelanjakan”

(Sayidina Ali bin Abi Thalib)

## HALAMAN PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Dody Dwi Aprianto

NIM : 090210191081

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa skripsi yang berjudul: Analisis Aliran Udara Pada Jembatan Suramadu Dengan Menggunakan Metode Volume Hingga adalah benar-benar hasil karya sendiri, kecuali jika dalam pengutipan substansi disebutkan sumbernya, dan belum diajukan pada instansi 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, 16 Desember 2013

Yang menyatakan,

Dody Dwi Aprianto

NIM. 090210101081

## HALAMAN PENGAJUAN

### ANALISIS ALIRAN UDARA PADA JEMBATAN SURAMADU DENGAN MENGGUNAKAN METODE VOLUME HINGGA

### SKRIPSI

Diajukan untuk dipertahankan di depan Tim Penguji sebagai salah satu persyaratan untuk menyelesaikan Program Pendidikan Sarjana Jurusan Pendidikan Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam dengan Program Studi Pendidikan Matematika pada Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Jember

Oleh:

Nama : Dody Dwi Aprianto  
NIM : 090210101081  
Tempat dan Tanggal Lahir : Bondowoso, 3 April 1991  
Jurusan / Program : Pendidikan MIPA / P. Matematika

Disetujui oleh:

Pembimbing I,

Pembimbing II,

Prof. Drs. Dafik, M.Sc, Ph.D  
NIP. 19680802 199303 1 004

Susi Setiawani, S.Si., M.Sc.  
NIP. 19700307 199512 2 001

## SKRIPSI

### ANALISIS ALIRAN UDARA PADA JEMBATAN SURAMADU DENGAN MENGGUNAKAN METODE VOLUME HINGGA

Oleh

Dody Dwi Aprianto

NIM 090210101081

Pembimbing

Dosen Pembimbing Utama : Prof. Drs. Dafik, M.Sc, Ph.D

Dosen Pembimbing Anggota : Susi Setiawani, S.Si., M.Sc.

## HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi berjudul Analisis Aliran Udara Pada Jembatan Suramadu Dengan Menggunakan Metode Volume Hingga telah diuji dan disahkan oleh Fakultas Keguruan Dan Ilmu Pendidikan pada:

Hari : Senin

Tanggal : 16 Desember 2013

Tempat : Gedung 3 FKIP UNEJ

Tim Penguji :

Ketua,

Sekretaris,

Drs. Suharto, M.Kes  
NIP. 19540627 198303 1 002

Susi Setiawani, S.Si, M.Sc  
NIP. 19700307 199512 2 001

Anggota:

1. Drs. Dafik, M.Sc, Ph.D (.....)  
NIP.19680802 199303 1 004
2. Arif Fatahillah, S.Pd, M.Si (.....)  
NIP.19820529 200912 1 003

Mengetahui,  
Dekan Fakultas Keguruan Dan Ilmu Pendidikan  
Universitas Jember

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

## RINGKASAN

**Analisa Aliran Udara Pada Jembatan Suramadu Menggunakan Metode Volume Hingga, Dody Dwi Aprianto, 090210101081, 2013, 59 Halaman**

Jembatan dikenal sebagai alat penyebrangan yang seiring perkembangan zaman jembatan telah banyak mengalami perubahan dan perkembangan, terutama dalam segi bentuknya. Seperti konstruksi bangunan lainnya jembatan haruslah dibuat dengan memperhatikan faktor keamanan. Salah satu faktor keamanan itu adalah aliran udara. Angin akan mempengaruhi ketahanan dari jembatan, mengingat jembatan Tacoma Narrows, USA dapat hancur karena terjangan angin. Oleh karena itu peneliti tertarik untuk melakukan penelitian tentang aliran udara pada jembatan khususnya suramadu.

Data kecepatan angin yang akan diteliti pada penelitian ini didapat dari penelitian sebelumnya milik Kusumo. Sedangkan untuk data lainnya seperti massa jenis, viskositas, grafitasi dan tekanan didapat dari wikipedia dan sumber internet lainnya. Penelitian ini dimulai dengan studi pustaka, kemudian pembuatan model matematika menggunakan volume hingga lalu model matematika yang didapat akan didiskritisasikan menggunakan diskritisasi QUICK *Quadratic Upwind Interpolation Convective Kinematics* yang mana hasil diskritisasi QUICK yang berupa matrik tersebut akan dihitung menggunakan komputasi *MATLAB* dan dilanjutkan dengan simulasi *fluent*. Terakhir akan dilakukan analisis hasil dan kesimpulan.

Dalam pembentukan model matematika aliran udara pada jembatan Suramadu, digunakan dua persamaan dasar dari metode volume hingga yaitu persamaan momentum dan persamaan energi. Kedua persamaan itu diselesaikan dan disubstitusikan hingga didapat persamaan 1.

$$\begin{aligned} & (c_x - u)\phi_w\rho\Delta y + (c_y - v)\phi_s\rho\Delta x + (u - c_x)\phi_e\rho\Delta y + \\ & (v - c_y)\phi_n\rho\Delta x = (\rho g - p)\Delta x + (\rho g - p)\Delta y + \\ & (2\mu u + \mu v - K\phi_0)\frac{\Delta y}{\Delta x} + (2\mu v + \mu u - K\phi_0)\frac{\Delta x}{\Delta y} + (u + v)\mu \end{aligned} \quad (1)$$



Dimana  $u$  dan  $v$  didefinisikan sebagai (Suangga dan Subagyo,2008) :

$$u = \left(\frac{\delta_B}{10}\right)^{0,16} \left(\frac{Z}{\delta_A}\right)^{0,12} u_{10} \quad (2)$$

$$v = \left(\frac{Z}{\delta_{10}}\right)^{0,16} v_{10} \quad (3)$$

$\delta_B$  dan  $\delta_a$  adalah tinggi gradien angin untuk kategori daerah tipe A dan tipe B. Dengan nilai  $\delta_B = 300$  meter dan nilai  $\delta_a = 350$  meter

Persamaan 1 inilah yang merupakan model matematika aliran udara pada jembatan suramadu. Untuk selanjutnya persamaan ini akan didiskritisasi menggunakan *QUICK* sehingga diperolehlah matrik berukuran  $n \times m$  yang akan diselesaikan menggunakan batuan MATLAB dan metode *conjugate gradient*. Hasil ini akan dibandingkan dengan simulasi *fluent*. Dimana hasil perhitungan *MATLAB* dan *fluent* memiliki hasil yang relatif sama.

Kesimpulan yang didapat dari penelitian ini antara lain mencakup bagaimana model matematika, bagaimana hasil diskritisasi dan bagaimana hasil simulasi *fluent* yang didapat. Hasil dari penelitian ini tentu dapat dijadikan referensi atau perbandingan bagi para pembaca yang akan melakukan penelitian serupa ataupun melakukan penelitian pada jenis jembatan yang lainnya. Untuk menggambar bentuk geometri aliran fluida disarankan dapat menggunakan *software* yang lebih baik. Mengingat *software (GAMBIT)* yang digunakan pada penelitian ini masih memiliki banyak kekurangan.

Program studi Pendidikan Matematika, Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan, Universitas Jember.

## KATA PENGANTAR

Puji syukur ke hadirat Allah Swt atas segala rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul Analisis Aliran Udara Pada Jembatan Suramadu Menggunakan Metode Volume Hingga. Skripsi ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat untuk menyelesaikan pendidikan strata satu (S1) pada Program Studi Pendidikan Matematika Fakultas Keguruan Dan Ilmu Pendidikan Universitas Jember.

Pada kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih dan penghargaan yang sebesar-besarnya atas bantuan dan bimbingan dalam penyusunan skripsi ini, terutama kepada yang terhormat:

1. Dekan Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Jember;
2. Ketua Jurusan Pendidikan MIPA Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Jember;
3. Ketua Program Studi Pendidikan Matematika Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Jember;
4. Dosen Pembimbing I sekaligus Dosen Pembimbing Akademik dan Dosen Pembimbing II yang telah meluangkan waktu, pikiran, dan perhatian dalam penulisan skripsi ini;
5. Dosen dan Karyawan Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Jember;
6. Semua pihak yang telah membantu terselesaikannya skripsi ini.

Semoga bantuan, bimbingan, dan dorongan beliau dicatat sebagai amal baik oleh Allah SWT dan mendapat balasan yang sesuai dari-Nya. Selain itu, penulis juga menerima segala kritik dan saran dari semua pihak demi kesempurnaan skripsi ini. Akhirnya penulis berharap, semoga skripsi ini dapat bermanfaat.

Jember, 16 Desember 2013

Penulis

## DAFTAR ISI

HALAMAN PERSEMBAHAN . . . . .	ii
HALAMAN MOTTO . . . . .	iii
HALAMAN PERNYATAAN . . . . .	iv
Halaman Pengajuan . . . . .	v
HALAMAN PEMBIMBINGAN . . . . .	vi
HALAMAN PENGESAHAN . . . . .	vii
RINGKASAN . . . . .	viii
Kata Pengantar . . . . .	x
DAFTAR ISI . . . . .	xii
DAFTAR GAMBAR . . . . .	xiv
DAFTAR TABEL . . . . .	xv
DAFTAR LAMPIRAN . . . . .	xvi
DAFTAR LAMBANG . . . . .	xvii
<b>1 PENDAHULUAN . . . . .</b>	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang Masalah . . . . .	1
1.2 Rumusan Masalah . . . . .	4
1.3 Batasan Masalah . . . . .	4
1.4 Tujuan Penelitian . . . . .	5
1.5 Manfaat Penelitian . . . . .	5
<b>2 TINJAUAN PUSTAKA . . . . .</b>	<b>6</b>
2.1 Aliran Udara Pada Jembatan . . . . .	6
2.1.1 Pengertian Angin . . . . .	6
2.1.2 Jembatan . . . . .	8
2.2 Model Matematika . . . . .	10
2.3 Metode Volume Hingga . . . . .	12
2.3.1 <i>Quadratic Upwind Interpolation Convective Kinematics (QUICK)</i> . . . . .	16
2.3.2 Persamaan Momentum . . . . .	17
2.3.3 Persamaan Energi . . . . .	20
2.4 Algoritma dan Pemrograman . . . . .	21

2.4.1	Metode iterasi <i>Conjugate Gradient</i> . . . . .	23
2.4.2	<i>GALAT</i> . . . . .	23
2.4.3	<i>MATLAB</i> . . . . .	24
2.5	<i>Computational Fluid Dynamics (CFD)</i> . . . . .	26
2.5.1	<i>GAMBIT</i> . . . . .	28
2.5.2	<i>FLUENT</i> . . . . .	29
<b>3</b>	<b>METODE PENELITIAN</b> . . . . .	<b>30</b>
3.1	Desain Penelitian . . . . .	30
3.2	Definisi Operasional . . . . .	33
3.3	Tempat Penelitian . . . . .	33
3.4	Metode Pengumpulan Data . . . . .	33
3.5	Analisis Data . . . . .	34
<b>4</b>	<b>HASIL DAN PEMBAHASAN</b> . . . . .	<b>35</b>
4.1	Model Matematika Aliran Udara Pada Jembatan . . . . .	35
4.1.1	Persamaan Momentum . . . . .	35
4.1.2	Persamaan Energi . . . . .	38
4.1.3	Penyelesaian Persamaan Momentum dan Persamaan Energi	41
4.2	Diskritisasi <b>QUICK</b> . . . . .	42
4.2.1	Komputasi <i>MATLAB</i> . . . . .	48
4.3	Simulasi <i>Fluent</i> . . . . .	50
<b>5</b>	<b>KESIMPULAN DAN SARAN</b> . . . . .	<b>57</b>
5.1	Kesimpulan . . . . .	57
5.2	Saran . . . . .	58
	<b>DAFTAR PUSTAKA</b> . . . . .	<b>60</b>

## DAFTAR GAMBAR

1.1	Jembatan Tacoma Narrows ( <i>http://failuremag.com</i> Tanggal akses: 18 Februari 2013) . . . . .	2
2.1	Gambar jembatan Suramadu ( <i>http://www.google.com/</i> , Tanggal akses: 19 Februari 2013) . . . . .	9
2.2	(a) Sel Vertex dan (b) Sel Pusat . . . . .	13
2.3	Bentuk volume kendali Dua dimensi . . . . .	14
2.4	Bagan volume kendali . . . . .	15
2.5	Diskretisasi QUICK . . . . .	16
2.6	Aliran momentum pada volume kendali tiga dimensi . . . . .	18
2.7	Tampilan GAMBIT . . . . .	28
3.1	Bagan penelitian . . . . .	32
4.1	Aliran momentum dua dimensi pada jembatan suramadu . . . . .	36
4.2	Aliran energi dua dimensi pada jembatan suramadu . . . . .	39
4.3	Diskritisasi . . . . .	43
4.4	Skema diskritisasi . . . . .	47
4.5	Matrik diskritisasi . . . . .	47
4.6	Input Diskritisasi . . . . .	49
4.7	Grafik kecepatan angin jembatan suramadu . . . . .	50
4.8	Simulasi <i>fluent</i> kecepatan angin jembatan suramadu bagian input	51
4.9	Simulasi <i>fluent</i> kecepatan angin jembatan suramadu bagian output pada kecepatan 17 m/s . . . . .	52
4.10	Simulasi <i>fluent</i> kecepatan angin jembatan suramadu bagian output pada kecepatan 14 m/s . . . . .	53
4.11	Simulasi <i>fluent</i> kecepatan angin jembatan suramadu bagian output pada kecepatan 10 m/s . . . . .	54
4.12	Grafik iterasi fluent . . . . .	56
5.1	Matrik diskritisasi . . . . .	58

5.2	Data Hasil MATLAB . . . . .	66
5.3	Konvergenitas Fluent . . . . .	67
5.4	Titik Minimum dan Maksimum Fluent . . . . .	68
5.5	Titik Minimum dan Maksimum Fluent . . . . .	69
5.6	Titik Minimum dan Maksimum Fluent . . . . .	70

## DAFTAR TABEL

2.1	Momentum masuk dan keluar (White,1986:202) . . . . .	19
4.1	Data-data pendukung . . . . .	48

## DAFTAR LAMPIRAN

Skrip <i>MATLAB</i> . . . . .	63
Data Hasil <i>MATLAB</i> . . . . .	66
Data Konvergenitas <i>Fluent</i> . . . . .	67
Data titik minimum dan maksimum kecepatan 17 m/s pada <i>Fluent</i> . . . . .	68
Data titik minimum dan maksimum kecepatan 14 m/s pada <i>Fluent</i> . . . . .	69
Data titik minimum dan maksimum kecepatan 10 m/s pada <i>Fluent</i> . . . . .	70



## DAFTAR LAMBANG

$g_1$	=	gaya permukaan 1
$g_2$	=	gaya permukaan 2
$i$	=	diskritisasi pada sumbu x
$j$	=	diskritisasi pada sumbu y
$k$	=	diskritisasi pada sumbu z
$\phi_e$	=	kontrol permukaan <i>east</i> atau timur
$\phi_w$	=	kontrol permukaan <i>west</i> atau barat
$\phi_n$	=	kontrol permukaan <i>north</i> atau utara
$\phi_s$	=	kontrol permukaan <i>south</i> atau selatan
$\phi_t$	=	kontrol permukaan <i>top</i> atau atas
$\phi_b$	=	kontrol permukaan <i>bottom</i> atau bawah
$\frac{dT}{dx}$	=	Gradien temperatur
$\Sigma F$	=	Resultan Gaya
$\frac{\partial}{\partial t}$	=	derivatif fungsi waktu
$\rho$	=	massa jenis
$\mu$	=	viskositas
$K$	=	koefisien hantaran kalor
$g$	=	gravitasi
$\phi_0$	=	energi awal
$c_x$	=	konstanta perpindahan kalor sumbu x
$\Phi$	=	energi disipasi (yang diserap)
$V$	=	Volume
$\frac{\partial}{\partial x}$	=	fungsi turunan terhadap sumbu tertentu, misal x
$u$	=	komponen kecepatan pada sumbu x
$v$	=	komponen kecepatan pada sumbu y
$\frac{\partial V}{\partial x}$	=	fungsi turunan kecepatan terhadap sumbu tertentu, misal x
$Q$	=	energi kalor
$W$	=	usaha
$CV$	=	<i>control volume</i> atau volume kontrol
$CS$	=	<i>control surface</i> atau kontrol sisi
$e$	=	energi dalam
$p$	=	<i>pressure</i> atau tekanan