



**ANALISIS NUMERIK PENYEBARAN ABU VULKANIK
GUNUNG BERAPI MENGGUNAKAN METODE
VOLUME HINGGA SEBAGAI MONOGRAF**

SKRIPSI

Oleh

**Budi Adi Saputra
NIM 130210101085**

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

2017



**ANALISIS NUMERIK PENYEBARAN ABU VULKANIK
GUNUNG BERAPI MENGGUNAKAN METODE
VOLUME HINGGA SEBAGAI MONOGRAF**

SKRIPSI

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

Oleh

**Budi Adi Saputra
NIM 130210101085**

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

2017

HALAMAN PERSEMBAHAN

Puji syukur kehadirat Allah S.W.T., Tuhan yang Maha Pengasih lagi Maha Penyayang. Sholawat serta salam semoga tetap tercurahkan kepada Nabi besar, Nabi Muhammad S.A.W., kupersembahkan sebuah kebahagiaan dalam perjalanan dan perjuangan hidupku teriring rasa terima kasihku yang terdalam kepada:

1. Ayahanda Ngatenan dan Ibunda Buniyati, yang tidak pernah putus mendoakan dan mengalirkan rasa cinta dan kasih sayang serta adikku Putri Handayani Nurhikmah yang senantiasa memberi semangat;
2. Bapak Prof. Drs. Dafik, M.Sc., Ph.D., dan Bapak Arif Fatahillah, S.Pd., M.Si. selaku pembimbing skripsi yang dengan sabar telah memberikan ilmu dan bimbingan selama menyelesaikan skripsi ini;
3. Para guru dan dosen, yang telah memberikan ilmu dan membimbing dalam banyak hal;
4. Almamater Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Jember;
5. Teman-teman Pendidikan Matematika FKIP Universitas Jember Angkatan 2013
6. Teman-teman penghuni kos Kalimantan 2 no 1

HALAMAN MOTTO

إِنَّ مَعَ الْعُسْرِ يُسْرًا ① فَإِذَا فَرَغْتَ فَانصَبْ ② وَإِلَىٰ رَبِّكَ فَارْغَب ③

”6. sesungguhnya sesudah kesulitan itu ada kemudahan. 7. Maka apabila kamu telah selesai (dari sesuatu urusan), kerjakanlah dengan sungguh-sungguh (urusan) yang lain. 8. dan hanya kepada Tuhanmulah hendaknya kamu berharap.”

(Q.S. Al-Insyirah:6-8)

مَنْ سَلَكَ طَرِيقًا يَلْتَمِسُ فِيهِ عِلْمًا سَهَّلَ اللَّهُ لَهُ بِهِ طَرِيقًا إِلَى الْجَنَّةِ

”Barang siapa berjalan untuk menuntut ilmu, maka Allah akan memudahkan baginya jalan ke surga”

(HR. Muslim)

”Kegagalan hanya terjadi bila kita menyerah”

- Lessing -

HALAMAN PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Budi Adi Saputra

NIM : 130210101085

menyatakan dengan sesungguhnya bahwa skripsi yang berjudul ” *Analisis Numerik Penyebaran Abu Vulkanik Gunung Berapi Menggunakan Metode Volume Hingga sebagai Monograf*” 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, 4 April 2017

Yang menyatakan,

Budi Adi Saputra

NIM. 130210101085

HALAMAN PENGANTAR

ANALISIS NUMERIK PENYEBARAN ABU ULKANIK
GUNUNG BERAPI MENGGUNAKAN METODE
VOLUME HINGGA SEBAGAI MONOGRAF

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 : Budi Adi Saputra
NIM : 130210101085
Tempat dan tanggal Lahir : Lumajang, 19 Oktober 1993
Jurusan / Program Studi : Pendidikan MIPA / Pendidikan Matematika

Disetujui oleh:

Pembimbing I,

Pembimbing II,

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

Arif Fatahillah, S.Pd., M.Si.
NIP. 19820529 200912 1 003

HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi berjudul : Analisis Numerik Penyebaran Abu Vulkanik Gunung Berapi Menggunakan Metode Volume Hingga sebagai Monograf telah diuji dan disahkan oleh Fakultas Keguruan Dan Ilmu Pendidikan pada:

Hari : Selasa

Tanggal : 4 April 2017

Tempat : Gedung 3 FKIP UNEJ

Tim Penguji :

Ketua,

Sekretaris,

Prof. Drs. Dafik, M.Sc, Ph.D

NIP. 19680802 199303 1 004

Anggota I,

Arif Fatahillah, S.Pd., M.Si.

NIP. 19820529 200912 1 003

Anggota II,

Susi Setiawani, S.Si., M.Sc.

NIP. 19700307 199512 2 001

Drs, Toto' Bara S, M. Si.

NIP. 19581209 198603 1 003

Mengetahui,

Dekan Fakultas Keguruan Dan Ilmu Pendidikan

Universitas Jember

Prof. Drs. Dafik, M.Sc, Ph.D

NIP. 19680802 199303 1 004

RINGKASAN

Analisis Numerik Penyebaran Abu Vulkanik Gunung Berapi Menggunakan Metode Volume Hingga sebagai Monograf; Budi Adi Saputra, 130210101085; 2017: 100 halaman; Program Studi Pendidikan Matematika, Jurusan Pendidikan Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan, Universitas Jember.

Indonesia merupakan negara yang memiliki banyak gunung berapi. Selain memiliki manfaat, keberadaan gunung berapi juga perlu diwaspadai terutama saat meletus karena dapat membahayakan dan mengancam jiwa serta dapat menimbulkan masalah terutama terhadap lingkungan disekitarnya. Salah satu bahaya yang dapat dirasakan dampaknya dalam waktu yang panjang adalah bahaya abu vulkanik. Abu vulkanik adalah bahan material vulkanik yang disemburkan ke udara saat terjadi suatu letusan. Material abu vulkanik terdiri dari batuan berukuran besar sampai berukuran halus. Abu vulkanik terbawa oleh angin, yang berukuran besar biasanya jatuh disekitar sampai radius 5-7 km dari kawah, sedangkan yang berukuran halus dapat jatuh pada jarak mencapai ratusan hingga ribuan kilometer. Salah satu cara untuk mengetahui penyebaran abuvulkanik adalah dengan menggunakan pemodelan matematika. Pemodelan matematika merupakan desain untuk memberikan deskripsi secara fisik dengan persamaan, yang menghubungkan struktur matematika dan metodenya untuk menginterpretasikan dan menyimulasikan system realita lapangan yang didukung oleh hubungan yang lebih mendalam dari bentuk-bentuk model matematika. Model matematika yang terbentuk akan diselesaikan secara numerik dengan menggunakan metode volume hingga. Metode volume hingga adalah salah satu metode adalah salah satu metode dalam pemodelan matematika yang sesuai untuk diterapkan pada masalah aliran fluida atau aerodinamika. Untuk proes analisis dan simulasi menggunakan software MATLAB dan FLUENT.

Dari latar belakang tersebut, maka dilakukan penelitian yang memiliki tujuan untuk Mengetahui model matematika penyebaran abu vulkanik pada gunung berapi dengan menggunakan metode volume hingga, mengetahui pengaruh kecepatan udara terhadap penyebaran konsentrasi abu vulkanik gunung berapi,

mengetahui pengaruh tekanan saat erupsi terhadap penyebaran konsentrasi abu vulkanik gunung berapi, mengetahui efektifitas metode volume hingga dalam menganalisis proses penyebaran konsentrasi abu vulkanik gunung berapi.

Tahapan kegiatan penelitian meliputi: pertama, menentukan model matematika penyebaran abu vulkanik gunung berapi. Tahapan ini meliputi studi pustaka tentang penyebaran konsentrasi abu vulkanik kemudian membuat model matematika persamaan momentum dan persamaan masa. Model yang terbentuk didiskritisasi dengan teknik diskritisasi QUICK sehingga diperoleh matriks global. Setelah mendapatkan matriks global langkah selanjutnya adalah melakukan komputasi numerik dengan MATLAB. Selanjutnya melakukan simulasi FLUENT yang hasilnya digabung dengan gambar kawasan Gunung Bromo dari *google maps* untuk mengetahui pola penyebaran abu vulkanik pada gunung berapi.

Adapun hasil penelitian dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Model matematika penyebaran abu vulkanik pada Gunung berapi adalah persamaan yang dibentuk dengan metode volume hingga, dimana persamaan tersebut merupakan persamaan yang dinyatakan pada persamaan momentum dan kontinuitas massa. Berikut ini adalah persamaannya.

$$\begin{aligned} & \phi_e (\rho \Delta y \Delta t - \rho n u \Delta y \Delta t) + \phi_w (-\rho \Delta y \Delta t + \rho n u \Delta y \Delta t) + \\ & \phi_n (\rho \Delta x \Delta t - \rho n v \Delta x \Delta t) + \phi_s (-\rho \Delta x \Delta t + \rho n v \Delta x \Delta t) = -P \Delta y \Delta t - \\ & P \Delta y \Delta t + \rho g \Delta y \Delta t + \rho g \Delta x \Delta t + \mu u \frac{\Delta y \Delta t}{\Delta x} + \mu u \Delta t + \mu v \Delta t + \\ & \mu v \frac{\Delta x \Delta t}{\Delta y} \end{aligned} \tag{1}$$

(2)

dimana,

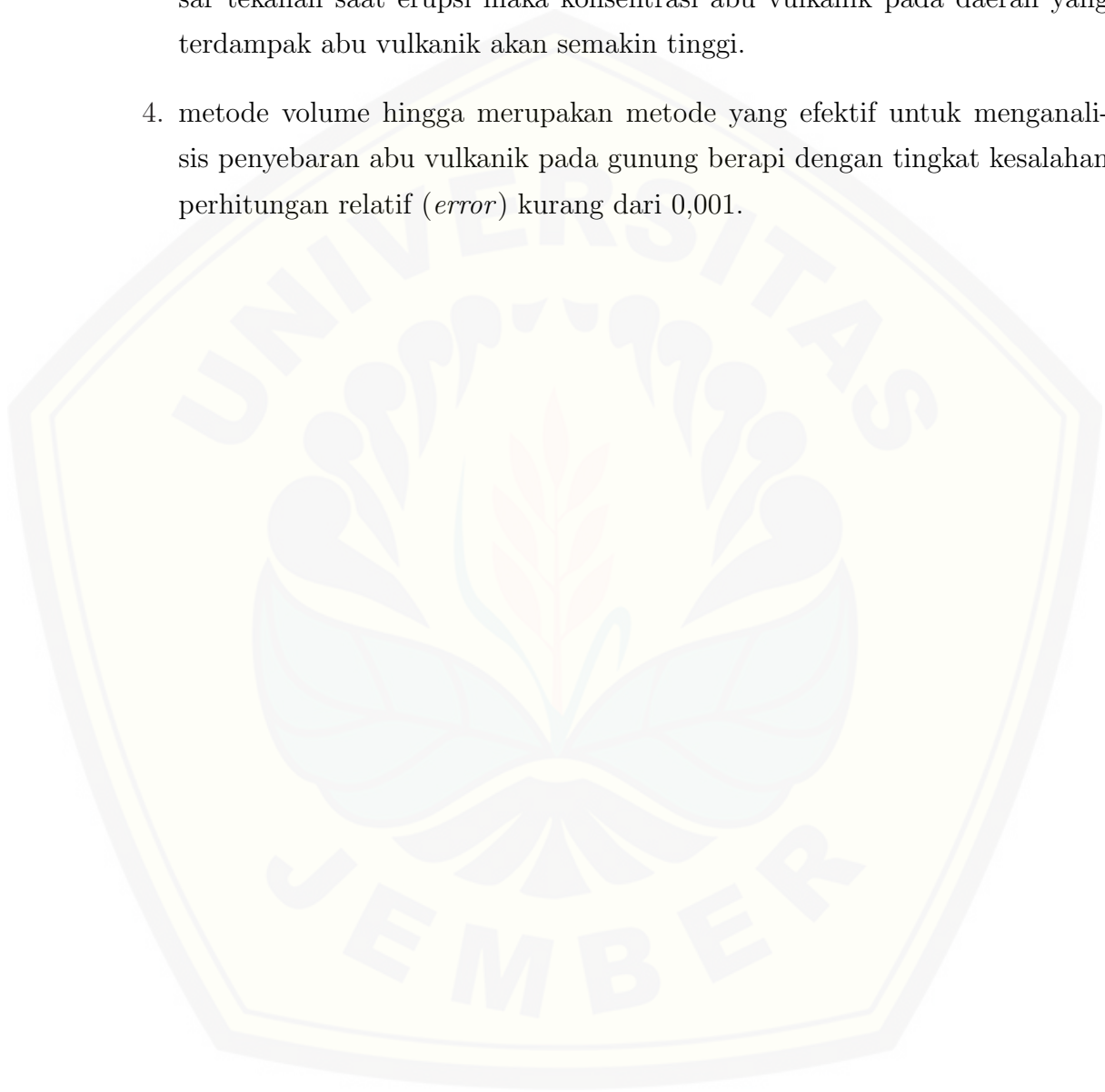
$$P = \rho_g R T \tag{3}$$

$$N = \frac{n_0 - (s \times \sqrt{P})}{1 - (s \times \sqrt{P})} \tag{4}$$

2. Hasil simulasi *MATLAB* dan *FLUENT* menunjukkan semakin besar ke-

cepatan udara disekitar gunung berapi maka konsentrasi abu vulkanik pada daerah yang terdampak abu vulkanik semakin rendah dan abu vulkanik akan terbawa semakin jauh dari kawah gunung.

3. Hasil simulasi *MATLAB* dan *FLUENT* menunjukkan semakin semakin besar tekanan saat erupsi maka konsentrasi abu vulkanik pada daerah yang terdampak abu vulkanik akan semakin tinggi.
4. metode volume hingga merupakan metode yang efektif untuk menganalisis penyebaran abu vulkanik pada gunung berapi dengan tingkat kesalahan perhitungan relatif (*error*) kurang dari 0,001.



KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadirat Allah SWT atas segala rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul Analisis Numerik Penyebaran Abu Vulkanik Gunung Berapi Menggunakan Metode Elemen Hingga sebagai Monograf. 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 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. Ketua Laboratorium Matematika Program Studi Pendidikan Matematika Jurusan Pendidikan MIPA FKIP;
5. Dosen Pembimbing I dan Dosen Pembimbing II yang telah meluangkan waktu, pikiran, dan perhatian dalam penulisan skripsi ini;
6. Dosen Pembahas dan Dosen Penguji yang telah memberikan masukan demi kesempurnaan skripsi ini;
7. Dosen Pembimbing Akademik yang telah membimbing dan memberikan ilmu;
8. Dosen dan Karyawan Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Jember;
9. Semua pihak yang telah membantu terselesaikannya skripsi ini.

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

Jember, 4 April 2017

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PERSEMBAHAN	ii
HALAMAN MOTTO	iii
HALAMAN PERNYATAAN	iv
HALAMAN PENGAJUAN	v
HALAMAN PENGESAHAN	vi
RINGKASAN	vii
KATA PENGANTAR	x
DAFTAR ISI	xiii
DAFTAR GAMBAR	xv
DAFTAR TABEL	xvi
DAFTAR LAMBANG	xvii
1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Batasan Masalah	3
1.4 Tujuan Penelitian	4
1.5 Manfaat Penelitian	4
1.6 Kebaharuan Penelitian	5
2 TINJAUAN PUSTAKA	6
2.1 Model Matematika dan Pemodelan Matematika	6
2.2 Computational Fluid Dynamics (CFD)	9
2.3 GAMBIT (<i>Geometry And Mesh Building Intelligent Toolkit</i>)	16
2.4 FLUENT	16
2.5 <i>Google Maps</i>	19
2.6 Metode Volume Hingga	19
2.6.1 Persamaan Momentum	22
2.6.2 Persamaan Massa	22
2.7 Diskritisasi QUICK	23

2.8	Algoritma dan Pemrograman	26
2.8.1	Metode Gauss Seidell	26
2.9	MATLAB (<i>Matrix Laboratory</i>)	29
2.10	GALAT atau <i>Error</i>	30
2.11	Fluida	32
2.11.1	Jenis-jenis Fluida	32
2.11.2	Jenis-Jenis Aliran Fluida	34
2.12	Abu Vulkanik	35
2.13	Monograf	37
3	METODE PENELITIAN	39
3.1	Jenis Penelitian	39
3.2	Prosedur Penelitian	39
3.3	Tempat Penelitian	43
3.4	Definisi Operasional	43
3.5	Metode Pengumpulan Data	45
3.6	Data dan Analisis Data	45
4	HASIL DAN PEMBAHASAN	47
4.1	Model Matematika Penyebaran Abu Vulkanik pada Gunung Berapi	47
4.1.1	Pembuktian Persamaan Momentum	48
4.1.2	Pembuktian Persamaan Kontinuitas Massa	51
4.2	Diskritisasi Model Matematika Penyebaran Abu Vulkanik pada Gunung Berapi Menggunakan Metode Volume Hingga dengan Teknik Diskritisasi <i>QUICK</i>	52
4.3	Diskritisasi Model Matematika Penyebaran Abu Vulkanik Pada Gunung Berapi	54
4.4	Bentuk Matriks $n \times n$ Hasil Diskritisasi Model Matematika Penyebaran Abu Vulkanik pada Gunung Berapi Menggunakan Metode Volume Hingga dengan Teknik Diskritisasi <i>QUICK</i>	57

4.5	Efektivitas Metode Volume Hingga dengan Menggunakan Metode <i>Gauss Seidel</i> dalam Penyebaran Abu Vulkanik pada Gunung Berapi	60
4.5.1	Format Pemrograman	60
4.5.2	Penggunaan Batas <i>Error</i> (Toleransi) pada Metode Volume Hingga	62
4.5.3	Simulasi Pemodelan	62
4.6	Analisis dan Pembahasan	63
4.6.1	Komputasi MATLAB	63
4.6.2	Visualisasi Simulasi FLUENT	68
4.6.3	Analisis Efektivitas Metode Volume Hingga Pada Penyebaran Abu Vulkanik Gunung Berapi	79
5	KESIMPULAN DAN SARAN	81
5.1	Kesimpulan	81
5.2	Saran	82
	DAFTAR PUSTAKA	83
	LAMPIRAN-LAMPIRAN	
	A. FORMAT <i>PROGRAMMING</i> MATLAB	87
	B. HASIL SIMULASI DENGAN METODE GAUSS SEIDEL	93
	C. HASIL PERHITUNGAN <i>ERROR RELATIF</i>	97
	D. MONOGRAF	101

DAFTAR GAMBAR

2.1	Proses Pemodelan	8
2.2	Model penyebaran abu vulkanik	9
2.3	Tampilan GAMBIT	17
2.4	Tampilan FLUENT	18
2.5	Google Maps	19
2.6	Model Volume Kendali Dua Dimensi	20
2.7	Bagan Volume Kendali	21
2.8	Bagan Kendali Persamaan Momentum	23
2.9	Bagan Kendali Persamaan Massa	24
2.10	Tampilan MATLAB	30
2.11	Fluida Cair	32
2.12	arah angin di Indonesia pada bulan Januari 2017	33
2.13	arah angin di Indonesia pada bulan juli 2016	34
2.14	Aliran Laminar	34
2.15	Aliran Turbulen	35
2.16	Aliran Transisi	36
2.17	Partikel Abu Vulkanik	36
3.1	Bagan Prosedur Penelitian	42
3.2	Gunung Bromo	43
4.1	Bagan Kendali Persamaan Momentum	49
4.2	Bagan Kendali Persamaan Massa	51
4.3	Skema Diskritisasi Penyebaran Abu Vulkanik	58
4.4	Grafik Penyebaran Abu Vulkanik Berdasarkan Kecepatan Udara 0,4 <i>m/s</i> , 0,5 <i>m/s</i> dan 0,6 <i>m/s</i>	65
4.5	Grafik Penyebaran Abu Vulkanik Berdasarkan Tekanan Saat Erupsi 29,75 <i>atm</i> , 29.5 <i>atm</i> dan 30 <i>atm</i>	67
4.6	Visualisasi Penyebaran Abu Vulkanik pada Bulan Mei - Oktober dengan Kecepatan Udara 0,4 <i>m/s</i>	69

4.7	Visualisasi Penyebaran Abu Vulkanik pada Bulan Mei - Oktober dengan Kecepatan Udara 0,5 m/s	70
4.8	Visualisasi Penyebaran Abu Vulkanik pada Bulan Mei - Oktober dengan Kecepatan Udara 0,6 m/s	70
4.9	Visualisasi Penyebaran Abu Vulkanik pada Bulan Desember - April dengan Kecepatan Udara 0,4 m/s	72
4.10	Visualisasi Penyebaran Abu Vulkanik pada Bulan Desember - April dengan Kecepatan Udara 0,5 m/s	73
4.11	Visualisasi Penyebaran Abu Vulkanik pada Bulan Desember - April dengan Kecepatan Udara 0,6 m/s	73
4.12	Visualisasi Penyebaran Abu Vulkanik pada Bulan Mei - Oktober dengan tekanan saat erupsi sebesar 29,75 atm	75
4.13	Visualisasi Penyebaran Abu Vulkanik pada Bulan Mei - Oktober dengan tekanan saat erupsi sebesar 29,875 atm	76
4.14	Visualisasi Penyebaran Abu Vulkanik pada Bulan Mei - Oktober dengan tekanan saat erupsi sebesar 30 atm	76
4.15	Visualisasi Penyebaran Abu Vulkanik pada Bulan Desember - April dengan tekanan saat erupsi sebesar 29,75 atm	78
4.16	Visualisasi Penyebaran Abu Vulkanik pada Bulan Desember - April dengan tekanan saat erupsi sebesar 29,875 atm	78
4.17	Visualisasi Penyebaran Abu Vulkanik pada Bulan Desember - April dengan tekanan saat erupsi sebesar 30 atm	79

DAFTAR TABEL

2.1	Tabel Penggunaan CFD Menggunakan Metode Volume Hingga Beserta visualisi <i>Software</i> FLUENT	12
B.1	Tabel Simulasi Penyebaran Abu Vulkanik pada Gunung Berapi Berdasarkan Kecepatan Udara Arah Sumbu x Menggunakan Metode Gauss Seidel	93
B.2	Tabel Simulasi Penyebaran Abu Vulkanik pada Gunung Berapi Berdasarkan Tekanan Saat Erupsi Menggunakan Metode Gauss Seidel	95
D.1	Tabel Hasil Hasil Perhitungan <i>Error Relatif</i> Penyebaran Abu Vulkanik dengan Kecepatan Udara 0,4 m/s, 0,5 m/s, dan 0,6 m/s	97
D.2	Tabel Perhitungan <i>Error Relatif</i> Penyebaran Abu Vulkanik dengan tekanan saat erupsi 29,75 mol, 29,875 mol, 30 mol	99

DAFTAR LAMBANG



T	=	suhu
P	=	tekanan
r	=	ketetapan gas
g	=	gravitasi
s	=	ketetapan magma
n	=	pemecahan partikel
ΣF	=	resultan Gaya
x	=	sumbu x
y	=	sumbu y
t	=	waktu
$\frac{\partial}{\partial x}$	=	derivatif terhadap x
$\frac{\partial}{\partial y}$	=	derivatif terhadap y
$\frac{\partial}{\partial t}$	=	derivatif terhadap t
ρ	=	massa jenis abu vulkanik
u	=	kecepatan udara sumbu x
v	=	kecepatan udara sumbu y
μ	=	konsentrasi abu vulkanik
ϕ_e	=	kontrol permukaan <i>east</i> atau timur
ϕ_w	=	kontrol permukaan <i>west</i> atau barat
ϕ_n	=	kontrol permukaan <i>north</i> atau utara
ϕ_s	=	kontrol permukaan <i>south</i> atau selatan
Δx	=	perubahan sumbu x
Δy	=	perubahan sumbu y
Δt	=	perubahan waktu

BAB 1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Indonesia merupakan negara yang berada pada titik pertemuan tiga lempeng tektonik yang saling bertabrakan yaitu lempeng Eurasia, Lempeng Indo Australia dan Lempeng Pasifik. Pertemuan tiga lempeng tektonik tersebut mengakibatkan Indonesia memiliki banyak gunung berapi. Tercatat ada 127 gunung berapi di Indonesia yang menjadikan Indonesia negara dengan gunung berapi terbanyak di dunia (Fiantis, 2006).

Keberadaan gunung berapi memiliki banyak manfaat bagi masyarakat yang tinggal di sekitarnya, seperti bahan galian dan tambang seperti : emas, perak, besi, timah, marmer, dan lainnya. Abu dan lapukan batuan vulkaniknya mengandung unsur hara yang dapat menyuburkan tanah. Selain itu gunung berapi juga sebagai tempat cadangan air, serta dapat menjadi obyek wisata alam yang menarik. Tetapi selain menyimpan banyak manfaat, gunung berapi juga perlu diwaspadai terutama saat meletus karena dapat membahayakan dan mengancam jiwa serta dapat menimbulkan masalah terutama terhadap lingkungan disekitarnya.

Salah satu bahaya yang dapat dirasakan dampaknya dalam waktu yang panjang adalah bahaya abu vulkanik. Abu vulkanik adalah bahan material vulkanik yang disemburkan ke udara saat terjadi suatu letusan. Abu vulkanik terbentuk ketika gas-gas terlarut dalam magma berekspansi dan meluncur dengan kencang ke atmosfer. Kekuatan gas yang meluncur ini menghancurkan magma dan mendorongnya keluar dimana magma akan mengeras menjadi fragmen-fragmen batuan vulkanik. Abu vulkanik terdiri dari batuan berukuran besar sampai berukuran halus, yang berukuran besar biasanya jatuh sampai radius 5-7 km dari kawah, sedangkan yang berukuran halus dapat jatuh pada jarak mencapai ratusan hingga ribuan kilometer (Sudaryo dan Sucipto, 2009).

Penyebaran abu vulkanik memiliki sejumlah dampak negatif bagi masyarakat

dan lingkungan sekitar. Abu vulkanik menyebabkan masalah kesehatan khususnya menyebabkan iritasi pada paru-paru, kulit dan mata. Selain berdampak buruk bagi kesehatan abu vulkanik juga berdampak buruk bagi lingkungan sekitar seperti pencemaran lingkungan, rusaknya infrastruktur serta gangguan transportasi (Suryani, 2009). Salah satu contoh adalah erupsi Gunung Bromo yang terjadi pada tanggal 15 Juli 2016. Tercatat ada empat Kabupaten di Jawa Timur yang terkena dampak erupsi abu vulkanik Gunung Bromo yakni Kabupaten Probolinggo, Kabupaten Pasuruan, Kabupaten Lumajang dan Kabupaten Malang. Selain itu erupsi abu vulkanik Gunung Bromo juga menyebabkan ditutupnya Bandara Abdul Rachman Saleh Malang, (Nababan, 2016).

Adapun upaya untuk mengantisipasi dampak negatif dari abu vulkanik hanya sebatas upaya pasca erupsi atau setelah terjadinya erupsi. Upaya pasca erupsi yang dilakukan saat ini adalah melakukan evakuasi (memindahkan warga yang terkena dampak langsung dari abu vulkanik ke wilayah lain yang tidak terkena abu vulkanik) dan pemberian masker. Upaya pasca erupsi dinilai kurang efektif karena warga masih terkena dampak dari abu vulkanik utamanya para petani. Menurut Suryani, (2009) abu vulkanik yang bersifat asam dapat mencemari perairan sekitar hal ini dapat menyebabkan kerusakan pada tanaman. Hal tersebut dapat merugikan para petani. Oleh karena itu dibutuhkan penanganan sebelum terjadinya erupsi abu vulkanik, salah satunya dengan mengetahui prediksi penyebaran abu vulkanik. Dengan mengetahui prediksi penyebaran abu vulkanik bisa dilakukan evakuasi saat aktivitas gunung mengalami peningkatan. Para petani juga bisa melakukan berbagai upaya antisipasi untuk mengurangi kerugian yang disebabkan oleh erupsi abu dengan mengetahui prediksi penyebaran abu vulkanik.

Salah satu cara untuk mengetahui penyebaran abu vulkanik adalah dengan menggunakan pemodelan matematika. Pemodelan matematika merupakan desain untuk memberikan deskripsi secara fisik dengan persamaan, yang menghubungkan struktur matematika dan metodenya untuk menginterpretasikan dan menyimulasikan sistem realita lapangan yang didukung oleh hubungan yang lebih mendalam dari bentuk-bentuk model matematika (Iswanto, 2012). Model matematika yang terbentuk akan diselesaikan secara numerik dengan menggunakan me-

tode volume hingga. Metode volume hingga adalah salah satu metode adalah salah satu metode dalam pemodelan matematika yang sesuai untuk diterapkan pada masalah aliran fluida atau aerodinamika. Untuk proses analisis dan simulasi menggunakan software MATLAB dan FLUENT.

Hasil dari sebuah penelitian tidak hanya berupa sebuah kesimpulan. Peneliti ingin memberikan sebuah nilai tambah pada penelitian ini terutama dalam bidang pendidikan. Salah satu kaitannya dengan pendidikan adalah menyajikan hasil penelitian dalam sebuah monograf. Menurut Ekasetya (2016) monograf adalah suatu tulisan ilmiah dalam bentuk buku yang substansi pembahasannya hanya pada satu hal saja dalam suatu bidang ilmu. Berdasarkan uraian di atas maka diajukan sebuah penelitian dengan judul "Analisis Penyebaran Abu Vulkanik Gunung Berapi Menggunakan Metode Volume Hingga dan Sebagai Monograf".

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, maka dapat dirumuskan masalah dalam penelitian ini sebagai berikut :

- 1.) Bagaimana model matematika penyebaran abu vulkanik dari gunung berapi dengan menggunakan metode volume hingga?
- 2.) Bagaimana pengaruh kecepatan udara terhadap penyebaran konsentrasi abu vulkanik gunung berapi?
- 3.) Bagaimana pengaruh tekanan saat erupsi terhadap penyebaran konsentrasi abu vulkanik gunung berapi?
- 4.) Bagaimana efektifitas metode volume hingga dalam menganalisis proses penyebaran konsentrasi abu vulkanik gunung berapi?

1.3 Batasan Masalah

Untuk menghindari meluasnya permasalahan yang akan dipecahkan, maka permasalahan dalam penelitian ini dibatasi sebagai berikut :

- 1.) Objek penelitian adalah Gunung Bromo Kabupaten Probolinggo.

- 2.) Material abu vulkanik yang di gunakan yaitu SiO_2 dalam bentuk padat (solid).
- 3.) Faktor yang mempengaruhi penyebaran abu vulkanik dari gunung berapi adalah tekanan, kecepatan udara, konsentrasi awal abu vulkanik, massa jenis abu vulkanik dan pemecahan partikel abu vulkanik. Faktor lain dianggap tidak mempengaruhi penyebaran abu vulkanik dari gunung berapi.
- 4.) Metode yang digunakan adalah metode volume hingga.
- 5.) Teknik diskritisasi menggunakan *Quadratic Upwind Interpolation Connective Kinematics* (QUICK).
- 6.) Komputasi dengan MATLAB dan disimulasikan dengan FLUENT.

1.4 Tujuan Penelitian

Sesuai dengan rumusan masalah dan latar belakang masalah, maka tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

- 1.) Mengetahui model matematika penyebaran abu vulkanik dari gunung berapi dengan menggunakan metode volume hingga.
- 2.) Mengetahui pengaruh kecepatan udara terhadap penyebaran konsentrasi abu vulkanik gunung berapi.
- 3.) Mengetahui pengaruh tekanan saat erupsi terhadap penyebaran konsentrasi abu vulkanik gunung berapi.
- 4.) Mengetahui efektifitas metode volume hingga dalam menganalisis proses penyebaran konsentrasi abu vulkanik gunung berapi.

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat yang diharapkan dari hasil penelitian ini adalah sebagai berikut :

- 1.) Menambah pengetahuan peneliti dalam bidang pemodelan matematika.
- 2.) Menjadi sumber bacaan bagi para peneliti lain yang ingin melakukan penelitian dalam bidang pemodelan matematika.

- 3.) Memberikan kontribusi terhadap berkembangnya pengetahuan baru dalam bidang pemodelan matematika menggunakan metode volume hingga di program studi Pendidikan Matematika FKIP Universitas Jember.
- 4.) Memberikan kontribusi kepada pemerintah untuk memprediksi penyebaran abu vulkanik sehingga dapat mengantisipasi saat terjadi erupsi abu vulkanik.

1.6 Kebaharuan Penelitian

Penelitian tentang penyebaran abu vulkanik pada gunung berapi menggunakan metode volume hingga merupakan penelitian baru. Model matematika diperoleh dengan menggunakan metode volume hingga, analisis numerik menggunakan metode Gauss Seidel dengan bantuan program MATLAB 7.0, simulasi penyebaran abu vulkanik menggunakan program FLUENT 6.3.

BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Model Matematika dan Pemodelan Matematika

Model matematika adalah deskripsi matematik dari situasi berdasarkan hipotesis dan solusi model memberikan kesimpulan yang dapat dibandingkan dengan hasil eksperimental (Goejantoro, 2009). Model matematika seringkali digunakan untuk mempelajari fenomena alam nyata yang kompleks dengan cara analisis, serta untuk menyelidiki hubungan antara parameter yang mempengaruhi fungsi sistem dalam proses yang kompleks matematika (Mananoma dan Soetopo, 2008).

Sebuah model matematika dalam optimisasi dan kontrol biasanya menggambarkan suatu sistem sebagai kombinasi dari sekumpulan peubah (variabel) dan sekumpulan persamaan yang menyatakan hubungan antara peubah-peubah tersebut. Nilai-nilai dari peubah bisa berupa bilangan-bilangan alami (real) atau bulat, atau berupa barisan angka-angka dan karakter (strings). Menurut Hazrul (dalam Sofiati, 2007:6-8) konsep pembuatan model matematika dapat dijelaskan melalui tahap-tahap sebagai berikut:

1. Menentukan masalah yang diselesaikan

Pada tahap ini peneliti harus berusaha memahami ilmu lain yang berhubungan dengan objek yang akan dikaji dan mengetahui teori-teori yang mendukung.

2. Perumusan model matematika

Proses ini merupakan tahap yang paling menentukan untuk menghasilkan solusi yang benar. Sebuah model matematika mempunyai dua komponen yaitu struktur matematika (seperti pendefinisian variabel, hukum-hukum atau pemilihan simbol) dan penentuan interaksi dari variabel matematika melalui teori-teori yang berlaku di wilayah ilmu asal masalah. Dalam matematika interaksi atau perilaku variabel dinyatakan sebagai fungsi variabel.

Pemilihan struktur matematika dan penerapan hukum-hukum ke dalam fungsi matematika harus dilakukan hati-hati. Sering kali untuk masalah yang kompleks diperlukan anggapan ideal. Anggapan ideal (penyederhanaan) dalam suatu model berguna untuk menurunkan masalah yang kompleks menjadi masalah-masalah khusus dengan keadaan dan syarat tertentu.

3. Penyelesaian model matematika

Sistem matematika yang diperlukan untuk menghasilkan solusi dalam tahap ini dapat diberlakukan. Banyak cabang matematika yang memainkan peranan, seperti statistika, transformasi kalkulus, persamaan diferensial, matematika kombinatorik, teori permainan atau matrik. Syarat penting penyelesaian matematika untuk menghasilkan solusi yang dibutuhkan adalah syarat keadaan, syarat ketunggalan, dan syarat kekontinuan pada parameter.

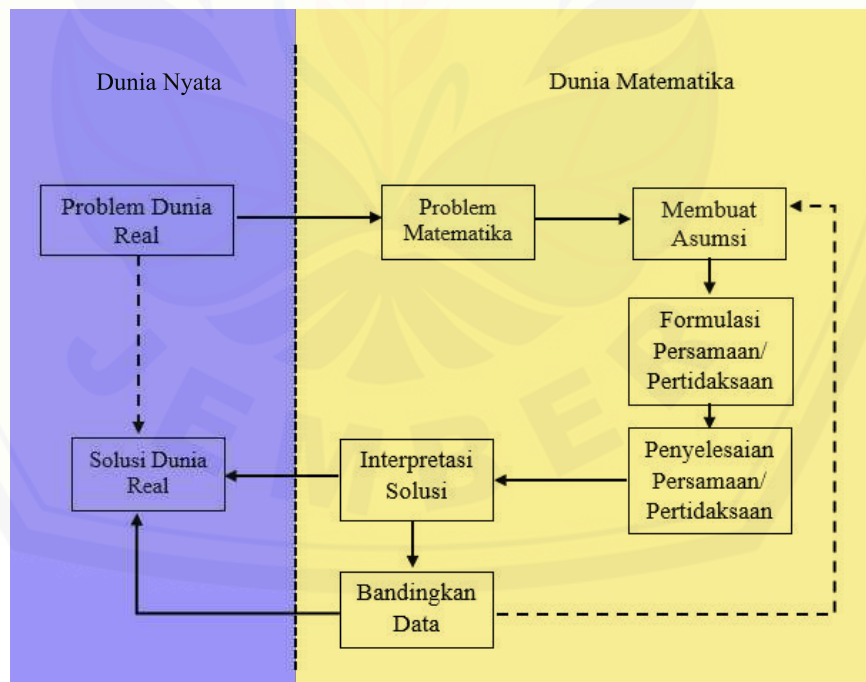
Syarat keadaan menjamin bahwa solusi dari model ada dan tidak trivial. Solusi trivial kurang menarik dalam penelitian. Karena solusi trivial berarti identik dengan nol. Padahal dalam suatu penelitian yang menarik perhatian adalah perubahan, yang berarti solusinya tidak identik dengan nol. Syarat ketunggalan diberlakukan setelah menyertakan syarat batas yang dipilih. Syarat lain yang diperlukan adalah kekontinuan suatu nilai fungsi untuk model dengan variabel kontinu. Kekontinuan fungsi berarti nilai fungsi suatu variabel tidak memiliki beda yang sangat mencolok dengan nilai fungsi dari variabel sekitarnya.

4. Menerangkan dan interpretasi solusi dalam masalah nyata

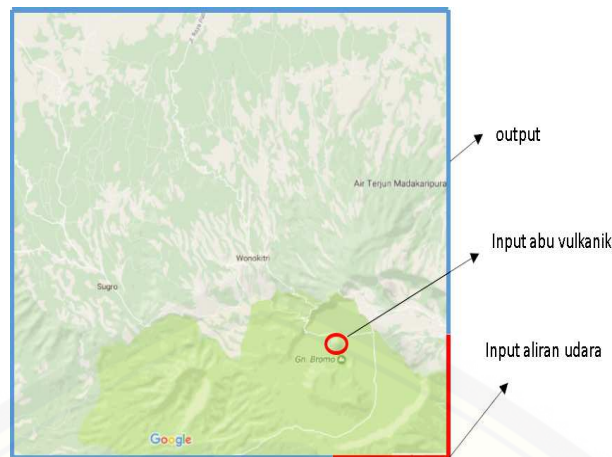
Solusi yang didapat dari penurunan persamaan matematika harus dapat menerangkan masalah asal, karena ini merupakan tujuan yang ingin diperoleh. Proses ini memerlukan kerjasama dan pemahaman yang baik pada bidang ilmu yang masalahnya telah dibuatkan modelnya. Simbol matematika yang konsisten, sistem pemecahan masalah yang terstruktur, dan ketaatan terhadap asas matematika, sangat membantu untuk melihat hubungan yang jelas dari variabel-variabel dalam fenomena. Pendefinisian sifat-sifat variabel dari hukum-hukum yang berlaku dapat menjelaskan in-

teraksi antar variabel yang membangun fenomena, menghitung pada bermacam kondisi, dan menyimpulkan secara jelas. Model matematika akhirnya, menjadikan matematika mempunyai peranan langsung untuk menyelesaikan masalah kehidupan nyata atau membantu masalah ilmu lain agar lebih mudah dimengerti dan dipahami.

Pemodelan matematika merupakan suatu proses dimana permasalahan pada dunia riil disajikan dalam bentuk permasalahan matematika. Pemodelan matematika merupakan proses merepresentasikan masalah dalam situasi atau dunia nyata ke dalam bahasa matematika untuk menemukan pemecahan dari suatu masalah (Yusup, 2013). Proses pemodelan matematika dapat dipandang sebagai terjemahan dari fenomena-fenomena atau masalah dunia nyata menjadi masalah matematika. Informasi yang diperoleh dengan melakukan kajian matematika atas model dengan menggunakan kaidah-kaidah matematika. Informasi yang diperoleh merupakan bahasa matematika tentang fenomena atau masalah yang dimodelkan tersebut (Parlaungan, 2008). Proses pemodelan dapat dinyatakan dalam gambar 2.1. Model penyebaran abu vulkanik yang akan di simulasikan dengan FLUENT dapat dilihat pada gambar 2.2.



Gambar 2.1 Proses Pemodelan



Gambar 2.2 Model penyebaran abu vulkanik

2.2 Computational Fluid Dynamics (CFD)

Menurut Norton (dalam Niam, 2011:18) Computational Fluid Dynamics (CFD) dapat diartikan suatu teknologi komputasi yang digunakan untuk mempelajari dan sebagai alat untuk menganalisa fenomena dinamika fluida seperti aliran fluida, perpindahan panas, reaksi kimia, perubahan fasa, interaksi fluida dan solid. Menurut Tuakia (2008:1), CFD adalah ilmu yang mempelajari cara memprediksi aliran fluida, perpindahan panas, reaksi kimia, dan fenomena lainnya dengan menyelesaikan persamaan-persamaan matematika (model matematika). Secara istilah CFD adalah suatu teknologi komputasi yang memungkinkan untuk mempelajari dinamika dari benda-benda atau zat-zat yang mengalir. CFD merupakan pemanfaatan komputer untuk memprediksi secara kuantitatif apa yang terjadi pada saat fluida mengalir sehingga prediksi aliran fluida pada berbagai sistem dapat dilakukan dengan biaya murah dan waktu relatif singkat dibandingkan dengan metode eksperimen.

Menurut Zhang (2005:9), pada dasarnya persamaan-persamaan dalam memprediksi fenomena dinamika fluida seperti CFD dapat dibangun dan dianalisis berdasarkan persamaan-persamaan diferensial parsial (PDE = Partial Differential Equation) yang merepresentasikan hukum-hukum konservasi massa, momentum, dan energi. Penyelesaian persamaan diferensial yang cukup kompleks tidak dapat dieksekusi langsung oleh komputer. Oleh karena itu, persamaan aljabar tersebut ditransformasikan terlebih dahulu menjadi persamaan aljabar diskrit yang lebih

sederhana, sehingga komputer dapat mengeksekusinya dengan ringan. Metode penyederhanaan ini disebut sebagai metode diskritisasi (Versteeg and Malalasekera, 1995:9). Simulasi CFD memiliki tiga tahapan utama, yaitu:

1. *Preprocessing*

Preprocessing merupakan tahap awal dalam membangun dan menganalisis sebuah model CFD (Tuakia,2008:6). Pada *preprocessing* sebuah model dibuat menjadi model yang dapat diterjemahkan oleh software simulasi. Langkah *preprocessing* merupakan langkah awal dimana bahasa pemrograman desain model akan diterjemahkan oleh *solver manager*. Model akan dibentuk sedemikian rupa sehingga terdapat beberapa bagian untuk memberikan batasan-batasan aliran fluida yang dijalankan dan membuat model menjadi suatu objek yang akan di aliri fluida.

Dalam tahap ini objek yang dibentuk kemudian diberikan kondisi batas dan kondisi dari fluida yang akan mengalir. Dalam kondisi batas tersebut untuk dapat di analisa. Kondisi batas atau boundary ini berupa inlet (saluran fluida masuk), outlet (saluran fluida keluar) dan wall (dinding pembatas). Sedangkan fluida dalam software CFD biasanya disebut domain (Yusuf et al,2010).

Tahap *preprocessing* terdiri atas input (masukan) dari permasalahan yang akan diselesaikan dengan CFD. Pada tahap ini hal-hal yang perlu dilakukan adalah:

- (a) mendefinisikan bentuk geometri yang digunakan (dua dimensi atau tiga dimensi);
- (b) membuat grid (mesh) pada domain;
- (c) pemilihan model berdasarkan fenomena fisik dan kimia;
- (d) menentukan sifat-sifat fluida (aliran fluida, viskositas, massa jenis, dll);
- (e) menentukan kondisi batas yang sesuai dengan bentuk geometri dan fluida.

2. *Solver Manager*

Pada software solver ini CFD menghitung kondisi-kondisi yang diterapkan pada saat *Preprocessing* dalam program solver semua parameter

yang telah dimasukkan akan diolah pada software. Proses perhitungan atau iterasi harus menentukan kriteria konvergensi yang akan dihitung. Konvergensi yang dimaksud adalah kesalahan atau perbedaan antara estimasi awal dan hasil akhir dari iterasi yang dilakukan oleh solver manager (Yusuf et al,2010). Tahap solver merupakan tahap proses pemecahan secara numerik pada CFD. Metode penyelesaian yang digunakan yaitu, metode beda hingga, volume hingga, dan elemen hingga. Penyelesaian pada tahap solver memiliki 3 tahapan yaitu:

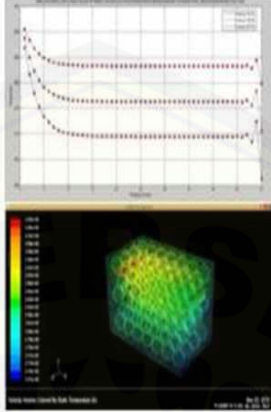
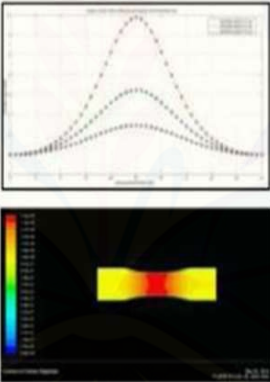
- (a) aproksimasi aliran yang tidak diketahui dengan fungsi sederhana;
- (b) diskritisasi dengan mensubstitusikan hasil aproksimasi ke dalam persamaan aliran yang dibangun disertai manipulasi matematik;
- (c) penyelesaian persamaan secara aljabar.

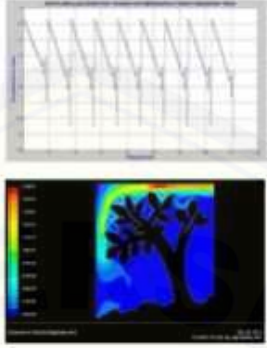
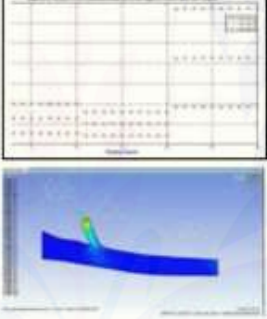
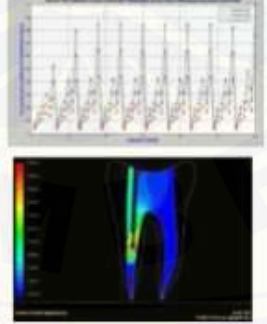
3. *Postprocessing*

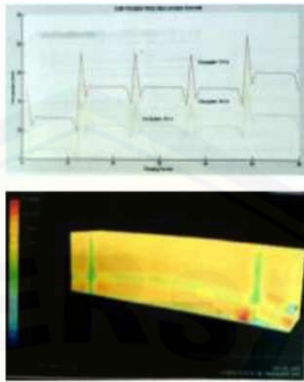
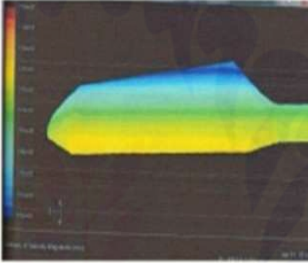
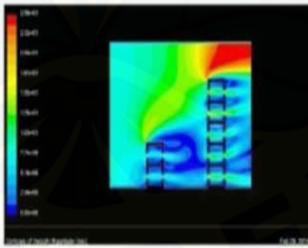
Postprocessing langkah akhir dalam analisa CFD, dimana hasil perhitungan dari *Solver Manager* yang diinterpretasikan ke dalam bentuk grafik atau gambar dengan pola warna tertentu yang menjelaskan aliran fluida. Hasil perhitungan dapat dilihat data numerik dan data visualisasi aliran fluida pada model (Yusuf et Al, 2010). Tampilan dapat berupa tampilan domain geometri dan grid, plot vektor, plot garis dan bidang, plot 2 dimensi atau 3 dimensi, pergerakan partikel, manipulasi tampilan (rotasi, perbesaran, dll), dan output warna.

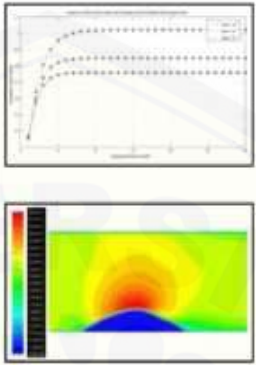
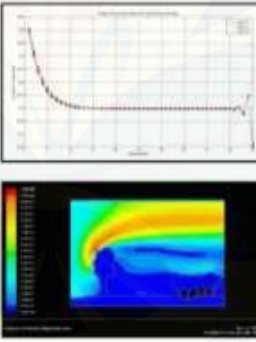
Computational fluid dynamics (CFD) merupakan alat yang ampuh untuk menyelidiki pola aliran dan fenomena fisik dan kimia dengan pemodelan matematika dan komputer. Dalam penelitian ini, CFD digunakan untuk mensimulasikan penyebaran abu vulkanik pada gunung berapi. Karena CFD merupakan sistem komputer, maka diperlukan perangkat lunak (software) untuk menjalankannya. Perangkat lunak pada CFD antara lain GAMBIT dan FLUENT.

Beberapa contoh penggunaan CFD beserta software FLUENT. Dalam beberapa penelitian murni dapat dilihat pada tabel berikut.

No	Metode Volume Hingga	Simulasi CFD	Publikasi
1.	<p>Model Matematika :</p> $\begin{aligned} & \phi_e(\rho u \Delta y \Delta t - \rho \Delta y \Delta t) \\ & + \phi_w(-\rho u \Delta y \Delta t + \rho \Delta y \Delta t) \\ & + \phi_n(\rho u \Delta x \Delta t - \rho \Delta x \Delta t) \\ & + \phi_s(-\rho u \Delta x \Delta t + \rho \Delta x \Delta t) \\ & = -\frac{\rho}{c} \lambda_{eff} \phi_0 \frac{\Delta y \Delta t}{\Delta x} \\ & - \frac{2\rho}{c} \lambda_{eff} \phi_0 \Delta t - \frac{\rho}{c} \lambda_{eff} \phi_0 \frac{\Delta x \Delta t}{\Delta x} \\ & + \frac{\rho^2}{c} \beta c u' \phi_0' \Delta y \Delta t \\ & + \frac{\rho^2}{c} \beta c u' \phi_0' \Delta x \Delta t - P \Delta y \Delta t \\ & - P \Delta x \Delta t - \rho g \Delta y \Delta t + \rho g \Delta x \Delta t \\ & + 2\mu u \frac{\Delta y \Delta t}{\Delta x} + \mu u \Delta t + \mu v \frac{\Delta y \Delta t}{\Delta x} \\ & + 2\mu v \frac{\Delta x \Delta t}{\Delta y} + \mu u \frac{\Delta x \Delta t}{\Delta y} + \mu v \Delta t \\ & - \rho u \Delta y \Delta t - \rho v \Delta x \Delta t \end{aligned}$		<p>Chudin, Soleh. 2015. <i>Analisis Simulasi Sirkulasi Udara dalam Optimasi Teknologi Pascapanen Buah Berdasarkan Prosedur Pengemasan dan Sebagai Bahan Ajar</i>. Skripsi. Jember: Program Studi Pendidikan Matematika FKIP</p>
2.	<p>Model Matematika :</p> $\begin{aligned} & \phi_w \rho u \Delta t - \phi_w \rho \Delta t \\ & - \phi_e \rho u \Delta t - \phi_e \rho \Delta t \\ & = -p \Delta t + 2\mu \frac{u}{\Delta x} \Delta t \end{aligned}$ <p>dimana</p> $p = \frac{Q8\eta l}{\pi r^4}$		<p>Zauri, A. S. 2014. <i>Analisis Numerik Aliran Darah pada Penyempitan Pembuluh Darah Arteri Menggunakan Metode Volume Hingga</i>. Skripsi. Jember: Program Studi Pendidikan Matematika FKIP</p>

No	Metode Volume Hingga	Simulasi CFD	Publikasi
3.	<p>Model Matematika:</p> $(\phi_n - \phi_s) \rho \Delta y \Delta t - (\phi_n - \phi_s) \rho u \cos \theta \Delta y \Delta t + (\phi_s - \phi_n) \rho \Delta x \Delta t - (\phi_s - \phi_n) \rho v \sin \theta \Delta x \Delta t = \Delta y \Delta t \left(\rho g - p - \rho \left(-\rho u' + 2\mu u' - \frac{1}{2} \rho u' v' \right) \right) + \Delta x \Delta t \left(\rho g - p - \rho \left(-\rho v' + 2\mu v' - \frac{1}{2} \rho u' v' \right) \right) + 2\rho \mu \left(u' \Delta y \Delta t + \frac{1}{2} (u' \Delta x \Delta t + v' \Delta y \Delta t) + v' \Delta x \Delta t \right) + \rho^2 u' v' \left(u \Delta y \Delta t + \frac{1}{2} (u \Delta x \Delta t + v \Delta y \Delta t) + v \Delta x \Delta t \right) + \mu v_s \left(2 \frac{\Delta y \Delta t}{\Delta x} + \frac{\Delta x \Delta t}{\Delta y} \right) + \left(\frac{\Delta y \Delta t}{\Delta x} + 2 \frac{\Delta x \Delta t}{\Delta y} \right)$		<p>Nurrohimi, M.2014. <i>Analisis Sirkulasi Udara pada Tanaman Kopi Berdasarkan Tingkat Kekasaran Tanah dan Pola Tanam Graf Tangga Segitiga menggunakan Metode Volume Hingga</i>. Skripsi. Jember: Program Studi Pendidikan Matematika FKIP.</p>
4.	<p>Model Matematika :</p> $v_x \Delta y \Delta t (1 - \rho) C_e + v_x \Delta y \Delta t (\rho - 1) C_w + v_y \Delta x \Delta t (1 - \rho) C_e + v_y \Delta x \Delta t (\rho - 1) C_w = \rho g \Delta y \Delta t + \rho g \Delta x \Delta t - \rho \Delta y \Delta t + \rho \Delta x \Delta t + 2\mu \left(v_x \frac{\Delta y \Delta t}{\Delta x} + v_y \frac{\Delta x \Delta t}{\Delta y} \right) + \mu (v_x \Delta t + v_y \Delta t) + \mu \left(v_x \frac{\Delta x \Delta t}{\Delta y} + v_y \frac{\Delta y \Delta t}{\Delta x} \right) - D_x \frac{C \Delta y \Delta t}{\Delta x} - D_y \frac{C \Delta x \Delta t}{\Delta y}$		<p>Gangga, M.2014. <i>Analisis Model Matematika Proses Penyebaran Limbah Cair pada Air Tanah</i>. Skripsi. Jember: Program Studi Pendidikan Matematika FKIP.</p>
5.	<p>Model Matematika :</p> $\phi_c (-\rho \Delta y \Delta t - \rho u \cos \theta \Delta y \Delta t) + \phi_n (\rho \Delta y \Delta t + \rho u \cos \theta \Delta y \Delta t) + \phi_s (-\rho \Delta x \Delta t - \rho v \sin \theta \Delta x \Delta t) + \phi_n (\rho \Delta x \Delta t - \rho v \sin \theta \Delta x \Delta t) = -\rho \Delta y \Delta t - \rho \Delta x \Delta t + \rho g \Delta y \Delta t + \rho g \Delta x \Delta t + 2\mu \frac{u}{\Delta x} \Delta y \Delta t + \mu \frac{v}{\Delta x} \Delta y \Delta t + \mu \frac{u}{\Delta x} \Delta x \Delta t + 2\mu \frac{v}{\Delta x} \Delta x \Delta t$		<p>Hardiyanti, S. A. 2014. <i>Analisis Sterilisasi Saluran Akar Gigi dengan menggunakan Metode Numerik Volume Hingga</i>. Skripsi. Jember: Program Studi Pendidikan Matematika FKIP.</p>

<p>6.</p>	<p>Model Matematika : $(c_x - u)\phi_w \rho \Delta y + (c_y - u)\phi_s \rho \Delta x +$ $(u - c_x)\phi_e \rho \Delta y + (v - c_y)\phi_n \rho \Delta x =$ $(\rho g - p)\Delta x + (\rho g - p)\Delta y +$ $(2\mu u + \mu v - K\phi_0) \frac{\Delta y}{\Delta x} +$ $(2\mu v + \mu u - K\phi_0) \frac{\Delta x}{\Delta y} + (u + v)\mu$</p>		<p>Aprianto.D.2013. <i>Analisis Aliran Udara pada Jembatan Suramadu dengan Menggunakan Metode Volume Hingga.</i> Skripsi.Jember: Program Studi Pendidikan Matematika FKIP.</p>
<p>7.</p>	<p>Model Matematika : $((u - w)\rho\phi_e \Delta y + (-u + w)\rho\phi_w \Delta y) +$ $((v - w)\rho\phi_n \Delta x + (-v + w)\rho\phi_s \Delta x) =$ $((-P + \rho f)\Delta y) + ((-P + \rho f)\Delta x) +$ $\left(2\mu u + \mu v - \tau_w w\right) \frac{\Delta y}{\Delta x} +$ $\left(2\mu v + \mu u - \tau_w w\right) \frac{\Delta x}{\Delta y} +$ $((Y_w - G_w - D_w - S_w)\Delta x \Delta y) +$ $(\mu u + \mu v - 2\tau_w w)$</p>		<p>Zahroh, M. 2014. <i>Pemodelan Wind Turbine Rotor Tipe HAWT (Horizontal Axis Wind Turbine) Menggunakan Metode Volume Hingga.</i> Skripsi. Jember: Program Studi Pendidikan Matematika FKIP.</p>
<p>8.</p>	<p>Model Matematika : $(\rho u \Delta y - u \Delta y)\phi_e + (u \Delta y - \rho u \Delta y)\phi_n +$ $(\rho v \Delta x - v \Delta x)\phi_n + (v \Delta x - \rho v \Delta x)\phi_s =$ $-C\phi_0 \left(\frac{\Delta y}{\Delta x} + \frac{\Delta x}{\Delta y}\right) - 2\mu(u \Delta y)^2 -$ $\mu(u \Delta x + u \Delta y)^2 - 2\mu(u \Delta x)^2 - P \Delta y -$ $P \Delta x + \rho(g \Delta y + g \Delta x) + 2\mu u \frac{\Delta y}{\Delta x} +$ $\mu \left(u + v \frac{\Delta y}{\Delta x}\right) + \mu \left(u \frac{\Delta x}{\Delta y} + v\right) + 2\mu v \frac{\Delta x}{\Delta y}$</p>		<p>Susanto, J. 2014. <i>Analisis Kecepatan Aliran Udara pada Gedung Bertingkat Karena Pengaruh Penghalang Didepannya.</i> Skripsi. Jember: Program Studi Pendidikan Matematika FKIP.</p>

No	Metode Volume Hingga	Simulasi CFD	Publikasi
9.	<p>Model Matematika :</p> $\begin{aligned} & \phi_e(\rho u - \rho)\Delta y\Delta t - \phi_w(\rho u - \rho)\Delta y\Delta t + \phi_n(\rho v - \rho)\Delta x\Delta t \\ & - \phi_s(\rho v - \rho)\Delta x\Delta t = \\ & - P\Delta y\Delta t - P\Delta x\Delta t + \frac{\mu u\Delta y\Delta t}{\Delta x} + \\ & 2\mu u\Delta t + \frac{\mu v\Delta y\Delta t}{\Delta x} + \frac{\mu u\Delta y\Delta t}{\Delta y} + \\ & 2\mu v\Delta t + \frac{\mu v\Delta x\Delta t}{\Delta y} + \\ & \mu\left(\frac{2u}{\Delta x}\Delta y\Delta t + \frac{v}{\Delta x}\Delta y\Delta t\right)(\rho - \rho u) \\ & - \rho\left(\vartheta + \frac{\vartheta_r}{\sigma_k}\right)K\frac{\Delta y\Delta t}{\Delta x} - 2\rho\left(\vartheta + \frac{\vartheta_r}{\sigma_k}\right) \\ & K\Delta t - \rho\left(\vartheta + \frac{\vartheta_r}{\sigma_k}\right)K\frac{\Delta x\Delta t}{\Delta y} \end{aligned}$		<p>Rizal, A.S. 2014. <i>Analisis Sirkulasi Udara pada Tanaman Kopi Berdasarkan Tingkat Kemiringan Tanah dan Pola Tanam Graf Tangga Segitiga menggunakan Metode Volume Hingga</i>. Skripsi. Jember: Program Studi Pendidikan Matematika FKIP.</p>
10.	<p>Model Matematika :</p> $\begin{aligned} & \phi_e(\rho u\Delta y\Delta t - \rho\Delta y\Delta t) + \\ & \phi_w(-\rho u\Delta y\Delta t + \rho\Delta y\Delta t) + \\ & \phi_n(\rho v\Delta x\Delta t - \rho\Delta x\Delta t) + \\ & \phi_s(-\rho v\Delta x\Delta t + \rho\Delta x\Delta t) = \\ & - 2\rho\mu u\frac{\Delta y\Delta t}{\Delta x} - 2\rho\eta v\frac{\Delta x\Delta t}{\Delta y} - \\ & \rho\eta v\frac{\Delta y\Delta t}{\Delta x} - 2\rho\eta uv\Delta t - \rho\eta u\frac{\Delta x\Delta t}{\Delta y} - \\ & \rho\Delta y\Delta t - \rho\Delta x\Delta t + \rho g\Delta y\Delta t + \\ & \rho g\Delta x\Delta t + 2\mu u\frac{\Delta y\Delta t}{\Delta x} + 2\mu v\frac{\Delta x\Delta t}{\Delta y} + \\ & \mu v\frac{\Delta y\Delta t}{\Delta x} + \mu v\frac{\Delta x\Delta t}{\Delta y} + \mu u\Delta t + \mu v\Delta t \end{aligned}$		<p>Trisnani, D. 2014. <i>Analisis Sirkulasi Udara pada Tanaman Kopi Berdasarkan Faktor Tanaman Pelindung dan Pola Tanam Graf Tangga menggunakan Metode Volume Hingga</i>. Skripsi. Jember: Program Studi Pendidikan Matematika FKIP.</p>

2.3 GAMBIT (*Geometry And Mesh Building Intelligent Toolkit*)

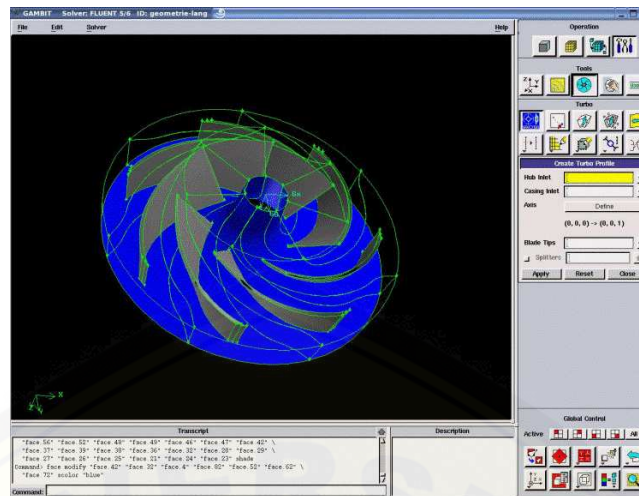
GAMBIT (*Geometry And Mesh Building Intelligent Toolkit*) merupakan salah satu *pre-processor* yang didesain untuk membantu membuat model dan melakukan diskretisasi (meshing) pada model untuk analisis CFD (Tuakia, 2008:9). GAMBIT digunakan untuk mengkonstruksi suatu model secara geometris. Software ini memiliki beberapa alat (tools) atau menu yang dapat digunakan untuk mengonstruksi bentuk-bentuk geometri bahkan bentuk yang tidak teratur serta menganalisis suatu objek.

Pada saat penerimaan input, GAMBIT menggunakan graphical user interface (GUI) sehingga memudahkan pengguna dalam pembuatan model dan proses meshing. Berbagai macam aplikasi pemodelan juga dapat diakomodasikan oleh GAMBIT. Selain itu software ini juga dapat mengimpor dari berbagai format atau menggabungkan berbagai format dari software pemodelan lain, seperti ACIS, STEP, Parasolid, IGES dan lain-lain. GAMBIT memiliki beberapa kelebihan seperti membuat berbagai macam pemodelan dan melakukan proses meshing untuk berbagai macam bentuk, termasuk bentukbentuk yang rumit dan tidak beraturan. Hal ini disebabkan GAMBIT dapat melakukan meshing dengan berbagai macam bentuk mesh, yaitu mesh heksahedral, tetrahedral, piramid dan prisma. Disisi lain, GAMBIT juga dapat melakukan pengecekan terhadap kualitas mesh sesuai dengan standar yang diinginkan oleh pengguna. Proses akhir dari pemodelan GAMBIT adalah tahap penentuan jenis kondisi batas atau boundary condition (Tuakia 2008). Tampilan GAMBIT dapat dilihat pada Gambar 2.3

2.4 FLUENT

Fluent adalah salah satu jenis program CFD yang menggunakan metode volume hingga (Tuakia, 2008:133). Fluent menyediakan fleksibilitas mesh yang lengkap, sehingga dapat menyelesaikan kasus aliran fluida dengan mesh (grid) yang tidak terstruktur sekalipun dengan cara yang relatif mudah. Setelah merencanakan analisis CFD pada model, langkah-langkah umum penyelesaian analisis CFD pada Fluent sebagai berikut:

1. Mengimpor mesh model yang telah dibuat dengan GAMBIT(grid).
2. Melakukan pemeriksaan (check) pada mesh model.



Gambar 2.3 Tampilan GAMBIT

3. Memilih solver.
4. Memilih persamaan dasar yang akan dipakai dalam analisis, misalnya: laminar, turbulen, reaksi kimia, perpindahan kalor, dan lain-lain.
5. Menentukan sifat material yang akan dipakai
6. Menentukan kondisi batas.
7. Mengatur parameter kontrol solusi.
8. Initialize the flow field.
9. Melakukan perhitungan/iterasi.
10. Memeriksa hasil iterasi.
11. Menyimpan hasil iterasi.

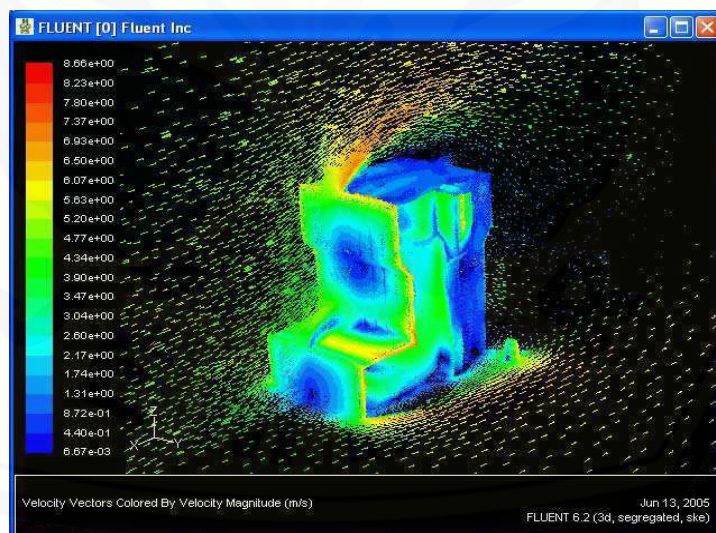
Dari langkah-langkah di atas Fluent dapat menghasilkan hasil simulasi yang berupa gambaran yang mendekati kondisi sebenarnya. Kita juga bisa memasukkan indikator-indikator yang sesuai dengan data-data yang kita peroleh dari pengamatan. Untuk fluida kita bisa memasukkan suhu, kecepatan, serta tekanan yang ada pada objek sebenarnya (Tuakia, 2008:138).

Software Fluent dapat digunakan bersama dengan arsitektur klien/server, sehingga dapat dijalankan sebagai proses terpisah secara simultan dan perangkat lunak ini memiliki struktur data yang efisien dan lebih fleksibel karena ditulis

dalam bahasa C. Beberapa kemampuan pemodelan yang dapat dilakukan oleh program Fluent adalah sebagai berikut:

1. 2D *axisymmetric*, 2D *axisymmetric* dengan *swirl (rotationally symmetric)* dan aliran 3D;
2. Mesh quadrilateral, triangular, heksahedral, tetrahedral, wedge, piramid dan campuran dari semua jenis mesh tersebut;
3. Aliran tunak (*steady state*) atau transien;
4. Aliran inkompresibel dan kompresibel untuk semua daerah kecepatan; ” Aliran inviskos, laminar dan turbulen;
5. Perpindahan kalor, meliputi perpindahan kalor konveksi paksa, konveksi bebas, campuran, konjugasi (padatan/fluida), dan perpindahan kalor radiasi;
6. Model permukaan bebas dan multifasa untuk aliran gas-cair, gas-padat, dan cair-padat.

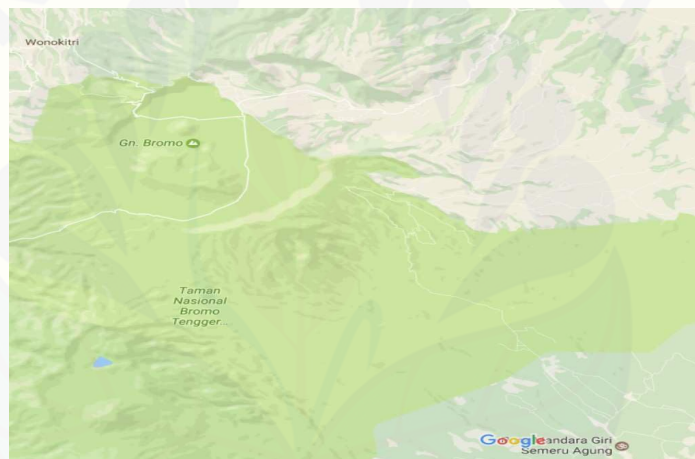
Aplikasi FLUENT yang digunakan dalam penelitian ini adalah FLUENT versi 6.3.26.



Gambar 2.4 Tampilan FLUENT
sumber : (ansys.fluent.com)

2.5 Google Maps

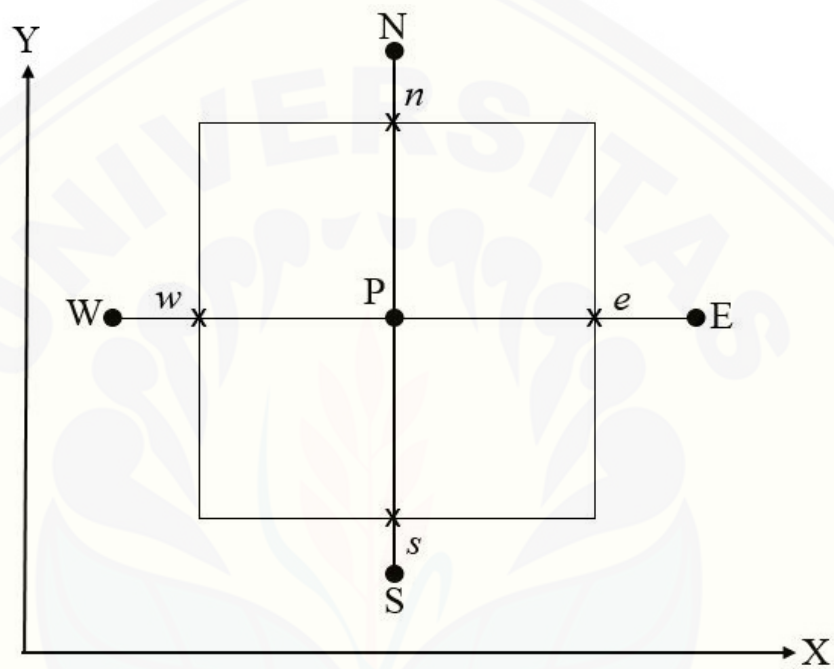
Google Maps adalah layanan pemetaan berbasis web yang dikembangkan oleh Google. Layanan ini memberikan citra satelit, peta jalan, panorama 360, kondisi lalu lintas, dan perencanaan rute untuk bepergian dengan berjalan kaki, mobil, sepeda, atau angkutan umum. Tampilan satelit *Google Maps* adalah "top-down". Sebagian besar citra resolusi tinggi dari kota adalah foto udara yang diambil dari pesawat pada ketinggian 800 sampai 1.500 kaki (240-460 meter), sementara sebagian besar citra lainnya adalah dari satelit. Pada gambar 2.5 merupakan citra gunung Bromo dari *Google Maps* dengan skala 1:500000. Pada penelitian ini digunakan *Google Maps* versi web. Gambar *Google Maps* di sekitar Gunung Bromo nantinya akan dipadukan dengan hasil simulasi FLUENT sehingga dapat diketahui daerah yang terkena dampak abu vulkanik Gunung Bromo.



Gambar 2.5 Google Maps
(Sumber: maps.google.com)

2.6 Metode Volume Hingga

Metode volume hingga adalah suatu metode untuk menyelesaikan suatu persamaan pemodelan matematika dengan suatu titik-titik diskrit yang kontinu, jarak antara titik-titik tersebut teratur membentuk suatu grid atau mesh. Metode volume hingga sangat baik digunakan untuk menyelesaikan masalah penyebaran suhu, aliran fluida, atau masalah mekanika fluida yang lain, dengan membangun bentuk-bentuk geometri yang pada umumnya tidak teratur (Versteeg, 1995).



Keterangan:

P = Sel pusat

X = Sumbu X

Y = Sumbu Y

W atau w = west atau barat

E atau e = east atau timur

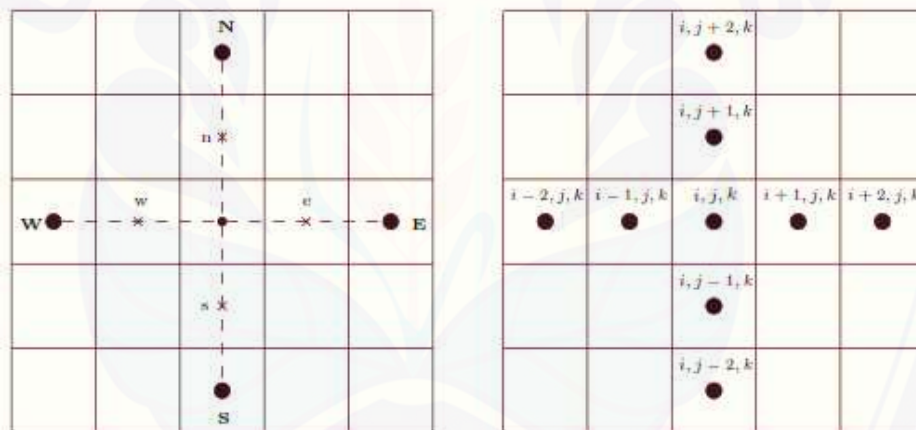
N atau n = north atau utara

S atau south = south atau selatan

Gambar 2.6 Model Volume Kendali Dua Dimensi

Menurut Apsley (2005) metode volume hingga sesuai diterapkan pada masalah aliran fluida dan aerodinamika. Pada metode volume hingga harus diketahui domainnya dengan jelas, dari domain tersebut dibagi menjadi grid-grid baik terstruktur maupun tidak. Pada masing-masing grid memenuhi persamaan matematika yang terbentuk. Persamaan yang terbentuk dalam face sehingga perlu dirubah menjadi node agar tidak saling tumpang tindih. Dalam metode ini perlu dilakukan pendiskritan sehingga persamaan yang terbentuk merupakan nilai node.

Pada gambar 2.7 menunjukkan letak sebuah titik pada volume kendali yang terpusat. Sel pusat berfungsi sebagai titik acuan yang mewakili setiap bagian dari model yang telah dipartisi. Sedangkan sel vertex berfungsi sebagai diskritisasi metode volume hingga. Sel pusat dan sel vertex mewakili bidang yang dimodelkan. Dalam penelitian ini akan digunakan volume kendali dua dimensi untuk memodelkan analisis penyebaran abu vulkanik.



Gambar 2.7 Bagan Volume Kendali

Teknik diskritisasi yang digunakan adalah teknik *Quadratic Upwind Interpolation Convective Kinematics* (QUICK). Teknik diskritisasi QUICK dipilih karena penyelesaian model matematika penyebaran abu vulkanik menggunakan metode volume hingga dan grid pada domain terstruktur. Dasar-dasar yang digunakan oleh metode volume hingga untuk dapat diterapkan adalah hukum-hukum dasar fisika, yaitu hukum kekekalan massa, momentum dan hukum pertama dan kedua termodinamika dengan dua persamaan alur aliran fluida yaitu persamaan momentum dan persamaan energi. (Bruce, 2005).

2.6.1 Persamaan Momentum

Persamaan momentum dibentuk berdasarkan hukum kekekalan momentum yang diturunkan melalui persamaan diferensial gerak fluida dengan meninjau volume keunsuran atau sistem keunsuran (White, 1986:202). Berdasarkan Gambar tentang volume kendali tiga dimensi yang letaknya tetap (dx , dy , dz). berdasarkan hukum kekekalan momentum maka rumus umum dari persamaan momentum adalah :

$$\sum F = \frac{\partial}{\partial t} \left(\int \int \int_{CV} V \rho dV \right) + \sum (m_t V)_{kel} - \sum (m_t V)_{mas} \quad (2.1)$$

$\sum F$ adalah jumlah dari seluruh gaya-gaya yang bekerja didalam sistem, dimana pada penelitian ini gaya-gaya yang bekerja adalah tekanan, gravitasi bumi, dan kekentalan fluida. Unsur volume kontrol di sini sangat kecil, sehingga integral volume pada persamaan 2.1 dapat diubah menjadi bentuk suku derivatif.

$$\frac{\partial}{\partial t} \left(\int \int \int_{CV} V \rho dV \right) \approx \frac{\partial}{\partial t} (\rho V) dx dy dz \quad (2.2)$$

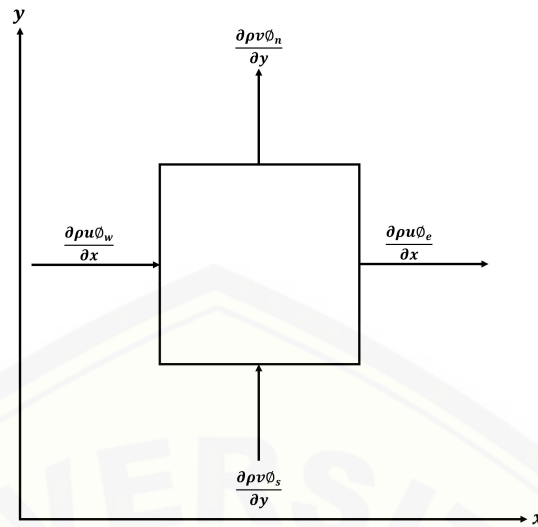
Berdasarkan persamaan 2.1 dan persamaan 2.2 maka bentuk umum dari persamaan momentum adalah:

$$\sum F = \frac{\partial}{\partial t} (\rho V) dx dy dz + \sum (m_t V)_{kel} - (m_t V)_{mas} \quad (2.3)$$

2.6.2 Persamaan Massa

Selain menggunakan persamaan momentum dalam penelitian ini juga menggunakan persamaan massa yang berdasarkan hukum kekekalan massa. Dimana massa dari suatu sistem tertutup akan konstan meskipun terjadi berbagai macam proses di dalam sistem tersebut, dengan kata lain massa dapat berubah bentuk tetapi tidak dapat diciptakan atau dimusnahkan. Sehingga dengan menggunakan cara yang sama seperti persamaan momentum dapat dijabarkan persamaan umum massa adalah:

$$\int \int \int_{VK} \frac{\partial \rho}{\partial t} d\vartheta + \sum_i (\rho_i A_i V_i)_{kel} - \sum_i (\rho_i A_i V_i)_{mas} = 0 \quad (2.4)$$



Gambar 2.8 Bagan Kendali Persamaan Momentum

Unsur itu sedemikian kecilnya sehingga integral volumenya menjadi suatu suku diferensial.

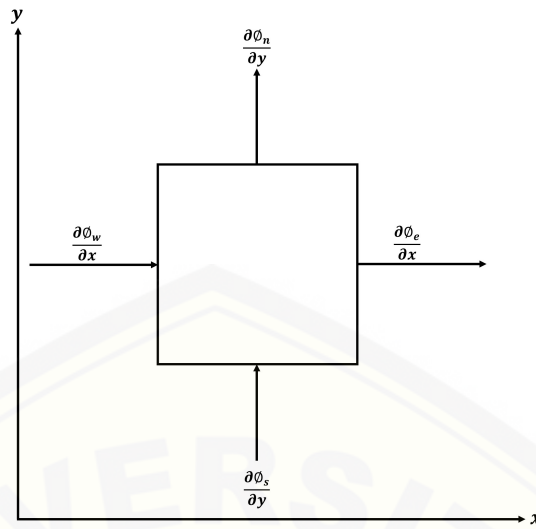
$$\int \int \int_{VK} \frac{\partial \rho}{\partial t} d\vartheta \approx \frac{\partial \rho}{\partial t} dx dy dz \quad (2.5)$$

Berdasarkan persamaan 2.4 dan persamaan 2.6 maka bentuk umum dari persamaan momentum adalah:

$$\frac{\partial \rho}{\partial t} dx dy dz + \sum_i (\rho_i A_i V_i)_{kel} - \sum_i (\rho_i A_i V_i)_{mas} = 0 \quad (2.6)$$

2.7 Diskritisasi QUICK

Solusi numerik didapatkan dengan melakukan diskritisasi pada tiap-tiap persamaan. Teknik diskritisasi yang digunakan dalam penelitian ini adalah teknik diskritisasi *Quadratic Upwind Interpolation Confective Kinematics* (QUICK). Bentuk geometris dari aliran fluida pada masing-masing domain dibuat dalam bentuk grid. Grid dari domain dapat berupa grid berstruktur atau yang tidak terstruktur, ataupun grid dalam koordinat Kartesius atau grid non Kartesius. Masing-masing grid memiliki kontrol face dan kontrol node. Kontrol face untuk dua dimensi



Gambar 2.9 Bagan Kendali Persamaan Massa

terdiri dari

$$\varphi_w, \varphi_e, \varphi_s, \varphi_n \quad (2.7)$$

sedangkan kontrol node terdiri dari

$$\varphi_W, \varphi_E, \varphi_S, \varphi_N \quad (2.8)$$

. Model matematika dua dimensi penyebaran abu vulkanik pada arah horizontal (pada sumbu x) dan arah vertical (pada sumbu y) akan dimodelkan dalam penelitian ini. Diskretisasi dengan menggunakan metode QUICK untuk merubah nilai pada face menjadi nilai pada node, diilustrasikan pada Gambar 2.6 (Saptaningtyas, 2010).

QUICK scheme pada Apsley (dalam Fatahillah, 2014), untuk kecepatan lebih besar dari nol adalah:

$$\phi_n(i, j) = \phi(i, j) + g_1(\phi(i + 1, j) - \phi(i, j)) + g_2(\phi(i, j) - \phi(i - 1, j)) \quad (2.9)$$

Dengan bobot :

$$g_1 = \frac{[\phi_n(i, j) - \phi(i, j)][\phi_n(i, j) - \phi(i - 1, j)]}{[\phi(i + 1, j) - \phi(i, j)][\phi(i + 1, j) - \phi(i - 1, j)]} = \frac{(\frac{1}{2}\Delta x)(\frac{3}{2}\delta x)}{(\delta x)(2\delta x)} = \frac{3}{8} \quad (2.10)$$

dan bobot untuk g_2 yaitu:

$$g_2 = \frac{[\phi_n(i, j) - \phi(i, j)][\phi_n(i+1, j) - \phi(i, j)]}{[\phi(i+1, j) - \phi(i, j)][\phi(i+1, j) - \phi(i-1, j)]} = \frac{(\frac{1}{2}\Delta x)(\frac{1}{2}\delta x)}{(\delta x)(2\delta x)} = \frac{1}{8} \quad (2.11)$$

Dengan mensubstitusikan nilai g_1 dan g_2 , maka diperoleh:

$$\begin{aligned} \phi_w(i, j) &= \phi(i-1, j) + g_1[\phi(i, j) - \phi(i-1, j)] + g_2[\phi(i-1, j) - \\ &\quad \phi(i-2, j)] \\ &= \phi(i-1, j) + \frac{3}{8}[\phi(i, j) - \phi(i-1, j)] + \frac{1}{8}[\phi(i-1, j) - \\ &\quad \phi(i-2, j)] \\ &= -\frac{1}{8}\phi(i-2, j) + \frac{3}{4}\phi(i-1, j) + \frac{3}{8}\phi(i, j) \end{aligned} \quad (2.12)$$

$$\begin{aligned} \phi_e(i, j) &= \phi(i, j) + g_1[\phi(i+1, j) - \phi(i, j)] + g_2[\phi(i, j) - \phi(i-1, j)] \\ &= \phi(i, j) + \frac{3}{8}[\phi(i+1, j) - \phi(i, j)] + \frac{1}{8}[\phi(i, j) - \phi(i-1, j)] \\ &= -\frac{1}{8}\phi(i-1, j) + \frac{3}{4}\phi(i, j) + \frac{3}{8}\phi(i+1, j) \end{aligned} \quad (2.13)$$

$$\begin{aligned} \phi_s(i, j) &= \phi(i, j-1) + g_1[\phi(i, j) - \phi(i, j-1)] + g_2[\phi(i, j-1) - \\ &\quad \phi(i, j-2)] \\ &= \phi(i, j-1) + \frac{3}{8}[\phi(i, j) - \phi(i, j-1)] + \frac{1}{8}[\phi(i, j-1) - \\ &\quad \phi(i, j-2)] \\ &= -\frac{1}{8}\phi(i, j-2) + \frac{3}{4}\phi(i, j-1) + \frac{3}{8}\phi(i, j) \end{aligned} \quad (2.14)$$

$$\begin{aligned} \phi_n(i, j) &= \phi(i, j) + g_1[\phi(i, j+1) - \phi(i, j)] + g_2[\phi(i, j) - \\ &\quad \phi(i, j-1)] \\ &= \phi(i-1, j) + \frac{3}{8}[\phi(i, j+1) - \phi(i, j)] + \frac{1}{8}[\phi(i, j) - \\ &\quad \phi(i, j-1)] \\ &= -\frac{1}{8}\phi(i, j-1) + \frac{3}{4}\phi(i, j) + \frac{3}{8}\phi(i, j+1) \end{aligned} \quad (2.15)$$

2.8 Algoritma dan Pemrograman

Algoritma adalah urutan langkah-langkah logis penyelesaian masalah yang disusun secara sistematis dan logis. Kata logis merupakan kata kunci dalam algoritma. Langkah-langkah dalam algoritma harus logis dan harus dapat ditentukan bernilai salah atau benar. Program adalah kumpulan pernyataan komputer, sedangkan metode dan tahapan sistematis dalam program adalah algoritma. Program ditulis dengan menggunakan bahasa pemrograman. Jadi bisa disebut bahwa program adalah suatu implementasi dari bahasa pemrograman. Beberapa pakar memberi formula bahwa : Program = Algoritma + Bahasa (Struktur Data) (Zauri, 2014:26). Urutan langkah-langkah pada algoritma secara sistematis dan logis dapat ditulis didalam program komputer. Program komputer dijalankan dengan menggunakan bahasa pemrograman. Sehingga langkah-langkah pada algoritma dapat dijalankan atau "dieksekusi" dengan menggunakan komputer.

2.8.1 Metode Gauss Seidell

Metode iterasi Gauss-Seidel adalah metode yang menggunakan proses iterasi hingga diperoleh nilai-nilai yang berubah-ubah. Metode iterasi Gauss-Seidel dikembangkan dari gagasan metode iterasi pada solusi persamaan tak linier. (Samosir, 2014: 56)

Suatu sistem persamaan linier dapat dituliskan dengan bentuk $AX=B$ dengan A merupakan matriks koefisien dari x , X merupakan matriks variabel sistem persamaan, dan B merupakan matriks konstanta dari sistem persamaan. Sistem $AX=B$ dan Q adalah matriks non-singular dapat dituliskan dalam bentuk:

$$AX = B \quad (2.16)$$

$$(Q - A)X + AX = (Q - A)X + B$$

$$QX = (Q - A)X + B \quad (2.17)$$

selanjutnya dapat dituliskan dalam bentuk iterasi ke- k :

$$QX^{(k)} = (Q - A)X^{(k-1)} + B, \quad k = 1, 2, 3, \dots \quad (2.18)$$

Sebuah matriks A dapat dituliskan dalam bentuk $A = L + D + U$, dengan L adalah matriks segitiga bawah, D adalah matriks diagonal, dan U adalah matriks segitiga atas. Pada iterasi Gauss-Seidel dipilih $Q = D + L$, tetapi pada iterasi SOR dipilih $Q = \frac{1}{\omega}D + L$ dengan ω adalah faktor skala. Sehingga Persamaan (2.18) menjadi:

$$\begin{aligned}
 QX^{(k)} &= (Q - A)X^{(k-1)} + B \\
 \left(\frac{1}{\omega}D + L\right)X^{(k)} &= \left(\frac{1}{\omega}D + L - A\right)X^{(k-1)} + B \\
 \frac{1}{\omega}DLX^{(k)} + LX^{(k)} &= \left(\frac{1}{\omega}D - D + D + L - A\right)X^{(k-1)} + B \\
 \frac{1}{\omega}DX^{(k)} &= -LX^{(k)} + \left(\left(\frac{1}{\omega} - 1\right)D + D + L - A\right)X^{(k-1)} + B \\
 \frac{1}{\omega}DX^{(k)} &= -LX^{(k)} + \left(\left(\frac{1}{\omega} - 1\right)D - U\right)X^{(k-1)} + B \\
 \omega D^{-1}\left(\frac{1}{\omega}DX^{(k)}\right) &= \omega D^{-1}\left[-LX^{(k)} + \left(\left(\frac{1}{\omega} - 1\right)D - U\right)X^{(k-1)} + B\right] \\
 X^{(k)} &= \omega D^{-1}\left[-LX^{(k)} + \left(\frac{1}{\omega}D - D - U\right)X^{(k-1)} + B\right] \\
 X^{(k)} &= -\omega D^{-1}LX^{(k)} + (1 - \omega - \omega D^{-1}U)X^{(k-1)} + \omega D^{-1}B \\
 X^{(k)} &= (1 - \omega)X^{(k-1)} - \omega D^{-1}LX^{(k)} - \omega D^{-1}UX^{(k-1)} + \omega D^{-1}B \\
 X^{(k)} &= (1 - \omega)X^{(k-1)} - \omega D^{-1}(LX^{(k)} + UX^{(k-1)} - B) \quad (2.19)
 \end{aligned}$$

untuk $k = 1, 2, 3, \dots$. Sistem persamaan linier merupakan sistem persamaan dengan pangkat dari variabelnya adalah 1. Sistem persamaan linier dengan n persamaan dan n variabel dapat dituliskan sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 a_{11}x_1 + a_{12}x_2 + a_{13}x_3 + \dots + a_{1n}x_n &= b_1 \\
 a_{21}x_1 + a_{22}x_2 + a_{23}x_3 + \dots + a_{2n}x_n &= b_2 \\
 a_{31}x_1 + a_{32}x_2 + a_{33}x_3 + \dots + a_{3n}x_n &= b_3 \\
 &\vdots \\
 a_{n1}x_1 + a_{n2}x_2 + a_{n3}x_3 + \dots + a_{nn}x_n &= b_n
 \end{aligned} \quad (2.20)$$

dapat dituliskan dalam bentuk pemecahan mulai x_1 sampai x_n seperti berikut:

$$\begin{aligned}
 x_1 &= \frac{1}{a_{11}}(b_1 - a_{12}x_2 - a_{13}x_3 - \cdots - a_{1n}x_n) \\
 x_2 &= \frac{1}{a_{22}}(b_2 - a_{21}x_1 - a_{23}x_3 - \cdots - a_{2n}x_n) \\
 x_3 &= \frac{1}{a_{33}}(b_3 - a_{31}x_1 - a_{32}x_2 - \cdots - a_{3n}x_n) \\
 &\vdots \\
 x_n &= \frac{1}{a_{nn}}(b_n - a_{n1}x_1 - a_{n2}x_2 - \cdots - a_{nn-1}x_{n-1})
 \end{aligned} \tag{2.21}$$

Pada iterasi Gauss-Seidel nilai x_1 yang telah diperoleh dimasukkan kedalam x_2 yang akan dicari, karena nilai x_1 yang diperoleh lebih dekat dengan nilai eksak. Selanjutnya untuk mencari nilai x_3 maka tinggal memasukkan nilai x_1 dan x_2 yang telah diperoleh. Dan seterusnya sampai diperoleh akar dari sistem persamaan tersebut. Berikut contoh langkah-langkah penyelesaiannya:

o iterasi ke-1

$$\begin{aligned}
 x_1^1 &= \frac{1}{a_{11}}(b_1 - a_{12}x_2^0 - a_{13}x_3^0 - \cdots - a_{1n}x_n^0) \\
 x_2^1 &= \frac{1}{a_{22}}(b_2 - a_{21}x_1^1 - a_{23}x_3^0 - \cdots - a_{2n}x_n^0) \\
 x_3^1 &= \frac{1}{a_{33}}(b_3 - a_{31}x_1^1 - a_{32}x_2^1 - \cdots - a_{3n}x_n^0) \\
 &\vdots \\
 x_n^1 &= \frac{1}{a_{nn}}(b_n - a_{n1}x_1^1 - a_{n2}x_2^1 - \cdots - a_{nn-1}x_{n-1}^1)
 \end{aligned} \tag{2.22}$$

o iterasi ke-2

$$\begin{aligned}
 x_1^2 &= \frac{1}{a_{11}}(b_1 - a_{12}x_2^1 - a_{13}x_3^1 - \cdots - a_{1n}x_n^1) \\
 x_2^2 &= \frac{1}{a_{22}}(b_2 - a_{21}x_1^2 - a_{23}x_3^1 - \cdots - a_{2n}x_n^1) \\
 x_3^2 &= \frac{1}{a_{33}}(b_3 - a_{31}x_1^2 - a_{32}x_2^2 - \cdots - a_{3n}x_n^1) \\
 &\vdots \\
 x_n^2 &= \frac{1}{a_{nn}}(b_n - a_{n1}x_1^2 - a_{n2}x_2^2 - \cdots - a_{nn-1}x_{n-1}^2)
 \end{aligned} \tag{2.23}$$

- o dan seterusnya sampai langkah k .

Sehingga untuk mencari nilai x_i menggunakan iterasi Gaus-Seidel dengan langkah $k = 1, 2, 3, \dots$ adalah,

$$x_i^k = \frac{1}{a_{ii}} \left(b_i - \sum_{j=1}^{i-1} a_{ij}x_j^k - \sum_{j=i+1}^n a_{ij}x_j^{k-1} \right) \quad i = 1, 2, 3, \dots, n \quad (2.24)$$

Sedangkan untuk mencari nilai x_i menggunakan iterasi SOR dengan $i = 1, 2, 3, \dots, n$ untuk langkah k adalah,

$$x_i^k = (1 - \omega)x_i^{k-1} + \frac{\omega}{a_{ii}} \left(b_i - \sum_{j=1}^{i-1} a_{ij}x_j^k - \sum_{j=i+1}^n a_{ij}x_j^{k-1} \right) \quad (2.25)$$

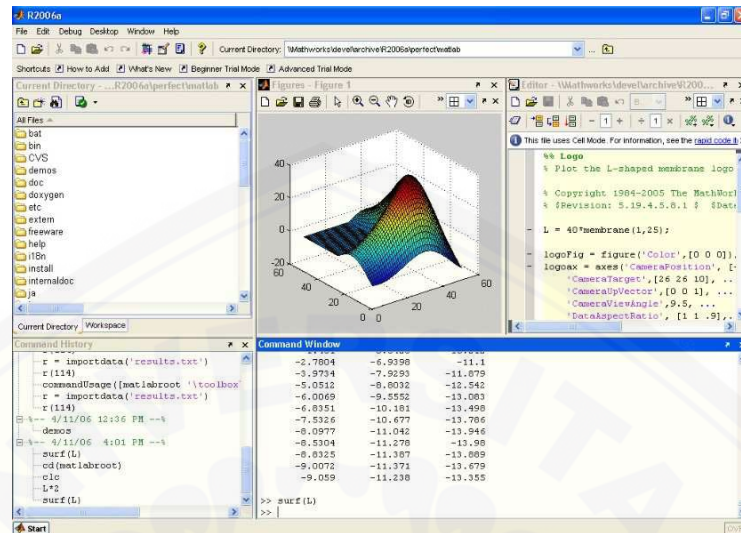
Pada Persamaan (2.19) dan Persamaan (2.25), untuk $\omega = 1$ akan diperoleh metode Gauss-Seidel. Metode Gauss-Seidel inilah yang digunakan untuk menyelesaikan sistem persamaan linier yang muncul dalam penyelesaian numerik dari persamaan diferensial parsial tertentu.

2.9 MATLAB (*Matrix Laboratory*)

MATLAB merupakan salah satu software yang dikembangkan dalam bidang pengaturan yang dilengkapi Control (*Toolbox*). (*Toolbox*) ini dilengkapi dengan berbagai macam fungsi pendukung yang dipergunakan dalam analisis sistem kontrol (Ali, 2004). Menurut Dafik (dalam Hardiyanti, 2014:26) MATLAB dilengkapi oleh fungsi- fungsi khusus hingga mudah dan cepat menyelesaikan beberapa masalah sains dan teknologi. Software ini juga dilengkapi piranti program nonprocedural yang memberikan keleluasaan dan kemudahan bagi pengguna. Sebagaimana bahasa pemrograman pada umumnya, MATLAB juga memiliki metode dan simbol tersendiri dalam penulisan bahasa pemrogramannya (sintak).

Aplikasi MATLAB biasanya digunakan pada: ” matematika dan komputansi, ” pengembangan dan algoritma, ” pemrograman modeling, simulasi, dan pembuatan prototipe, ” analisis data, eksplorasi dan visualisasi, ” analisis

numerik dan statistik, ” pengembangan aplikasi teknik. Pada penelitian ini digunakan matlab versi 7.0. Tampilan MATLAB dapat dilihat pada Gambar 2.10



Gambar 2.10 Tampilan MATLAB

2.10 GALAT atau *Error*

Salah satu aspek penting yang perlu diperhatikan dalam komputasi numerik adalah keakuratan penyelesaian yang diperoleh. Hal ini dikarenakan penyelesaian yang diperoleh melalui komputasi numerik biasanya merupakan suatu hampiran, yang dengan sendirinya memuat beberapa galat (kesalahan numerik). Menurut Volkov (dalam Sahid, 2005:3) beberapa sumber galat (error) pada suatu hampiran penyelesaian yang diperoleh dengan menggunakan suatu metode komputasi numerik adalah:

1. model matematika untuk suatu fenomena alam;
2. galat bawaan dari data masukan (parameter masukan);
3. metode penyelesaian;
4. adanya pembulatan didalam melakukan operasi-operasi jenis lain pada bilangan-bilangan terkait.

Selain sumber-sumber tersebut, kesalahan numerik juga dapat disebabkan oleh kekurangcermatan (manusia), pemakaian alat ukur, dan penggunaan mesin

hitung baik kalkulator atau komputer. Walaupun teknik numerik menghasilkan taksiran yang dekat ke penyelesaian analitis yang eksak, tetapi terdapat kesalahan, atau galat, disebabkan bahwa metode numeric melibatkan suatu hampiran (aproksimasi). Sehingga galat didalam metode numeric tidak dapat dihitung dengan tepat. Dalam hal ini kita harus menetapkan hampiran atau taksiran dari galat. Galat numerik timbul dari penggunaan hampiran (aproksimasi) untuk menyatakan operasi dan besaran matematis yang eksak. Ini mencakup galat pemotongan (truncation errors) akan terjadi jika aproksimasi digunakan untuk menyatakan suatu prosedur matematis dan galat pembulatan (rounding error), yang akan terjadi jika bilangan aproksimasi digunakan untuk menyatakan bilangan eksak. Untuk kedua jenis galat tersebut, hubungan antara hasil yang eksak atau yang sejati, dan aproksimasinya dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$\text{Nilaisejati}(\text{truevalue}) = \text{aproksimasi} + \text{galat} \quad (2.26)$$

Dengan menyusun kembali persamaan (2.14) akan didapatkan galat numeric sama dengan ketidaksesuaian antara sebenarnya dan aproksimasi, seperti dalam persamaan berikut ini:

$$Et = \text{nilaisejati} - \text{aproksimasi} \quad (2.27)$$

Dimana Et digunakan untuk menunjukkan nilai eksak dari galat. Subskript disertakan untuk menunjukkan bahwa ini adalah galat sejati (true error). Satu cara untuk memperhitungkan besarnya besaran yang sedang dievaluasi adalah menormalkan galat terhadap nilai sejati, seperti berikut:

$$\text{galatrelatifpecahan} = \frac{\text{galat}}{\text{nilaisejati}} \quad (2.28)$$

galat relatif dapat juga dikalikan dengan 100 persen agar dapat diungkapkan sebagai:

$$Et = \frac{\text{galatsejati}}{\text{nilaisejati}} \times 100 \quad (2.29)$$

dimana Et menunjukkan persen galat relatif sejati.

2.11 Fluida

Fluida adalah suatu zat yang mempunyai kemampuan berubah secara kontinyu apabila mengalami geseran, atau mempunyai reaksi terhadap tegangan geser sekecil apapun. Dalam keadaan diam atau dalam keadaan kesetimbangan, fluida tidak mampu menahan gaya geser yang bekerja padanya, dan oleh sebab itu fluida mudah berubah bentuk tanpa pemisahan massa. Fluida bisa juga dikatakan suatu zat yang mengalir. Fluida mencakup zat cair, dan zat gas karena zat-zat ini dapat mengalir. Sebaliknya batu dan benda-benda keras (seluruh zat-zat padat tidak dapat dikategorikan sebagai fluida karena zat-zat tersebut tidak bisa mengalir secara continue dan tidak dapat berubah bentuk)(Irma, 2013).

2.11.1 Jenis-jenis Fluida

Berdasarkan bentuknya, fluida dapat dibedakan menjadi dua jenis, yaitu:

1. Cair

Dalam fisika, zat cair atau cairan adalah zat yang secara terus-menerus mengalami deformasi (arus) di bawah tegangan geser. Zat cair mempunyai permukaan bebas, dan massanya akan mengisi ruangan sesuai dengan volumenya. Zat cair cenderung mempertahankan volumenya karena memiliki gaya kohesif yang relatif kuat dibanding zat gas dan akan membentuk permukaan bebas. Tidak seperti zat gas, zat cair tidak dapat dimampatkan. Contoh fluida cair dapat dilihat pada Gambar 2.11.

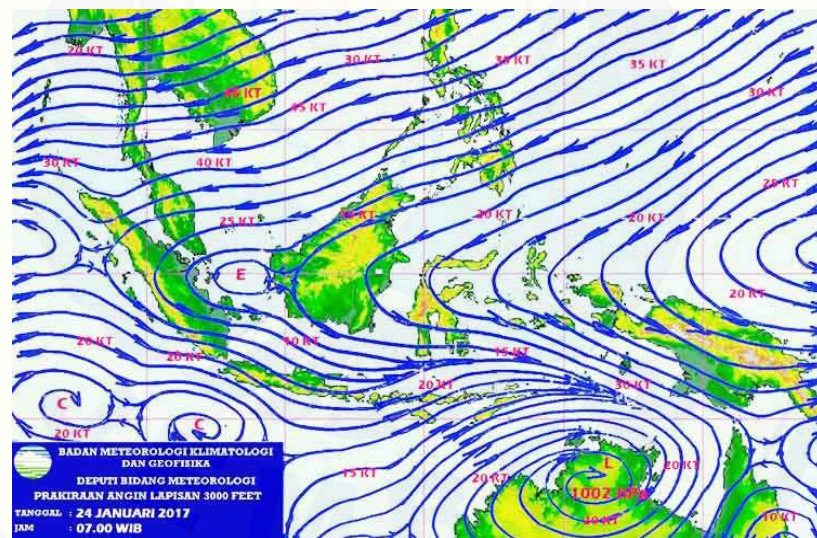


Gambar 2.11 Fluida Cair
(Sumber: detik.com)

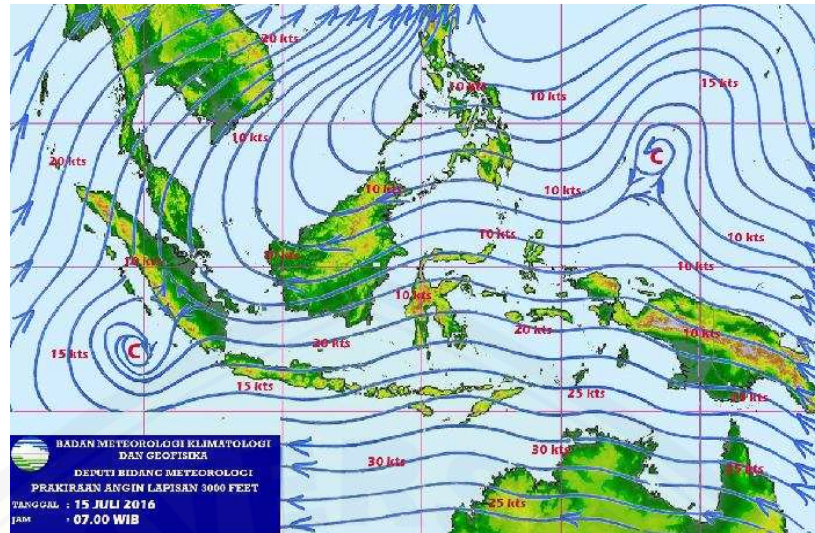
2. Gas

Defnisi gas yaitu suatu keadaan zat dalam hal ini molekul-molekulnya dapat bergerak sangat bebas, sehingga zat gas selalu berubah bentuk. Hal tersebut yang mengakibatkan zat gas dapat mengisi seluruh ruangan yang ditempatinya. Gas tidak mempunyai permukaan bebas, dan massanya selalu berkembang mengisi seluruh volume ruangan, serta dapat dimampatkan. Contoh fluida gas dapat dilihat pada Gambar 2.13.

Fluida gas yang digunakan dalam penelitian ini adalah aliran udara (angin) di sekitar puncak Gunung Bromo Kabupaten Probolinggo. Berdasarkan data dari BMKG kecepatan angin di sekitar Gunung Bromo Kabupaten Probolinggo berkisar antara 2 knot atau setara dengan 0,5 m/s. Sedangkan arah angin pada bulan Desember-April menuju ke tenggara, pada bulan April-Oktober menuju barat laut, pada bulan September-November arah angin berubah-ubah. Berikut ini adalah gambar penyebaran arah angin di Indonesia dari BMKG.



Gambar 2.12 arah angin di Indonesia pada bulan Januari 2017
(Sumber: www.bmkg.go.id)



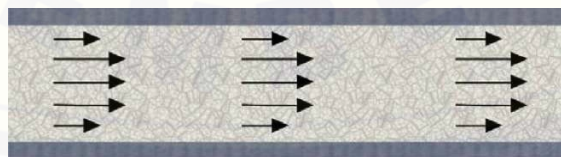
Gambar 2.13 arah angin di Indonesia pada bulan juli 2016
(Sumber: www.bmkg.go.id)

2.11.2 Jenis-Jenis Aliran Fluida

Dalam fluida, banyak hal yang berpengaruh satu sama lain. Jenis zat, kekentalan, kecepatan alir merupakan faktor yang mempengaruhi aliran fluida. Berdasarkan karakteristik struktur internal aliran, aliran fluida dapat dibedakan menjadi tiga macam yaitu aliran laminar, turbulen, dan transisi.

1. Aliran Laminar

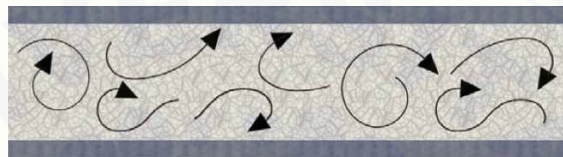
Aliran laminar adalah aliran fluida yang bergerak dengan kondisi lapisan-lapisan membentuk garis-garis alir yang tidak berpotongan satu sama lain. Hal tersebut ditunjukkan oleh percobaan Osborne Reynold. Pada laju aliran rendah, aliran laminar tergambar sebagai filamen panjang yang mengalir sepanjang aliran. Aliran ini mempunyai Bilangan Reynold lebih kecil dari 2300. Contoh aliran laminar dapat dilihat pada Gambar 2.14.



Gambar 2.14 Aliran Laminar
(Sumber: www.howequipmentworks.com)

2. Aliran Turbulen

Aliran turbulen adalah aliran fluida yang partikel-partikelnya bergerak secara acak dan tidak stabil dengan kecepatan berfluktuasi yang saling interaksi. Akibat dari hal tersebut garis alir antar partikel fluidanya saling berpotongan. Oleh Osborne Reynold digambarkan sebagai bentuk yang tidak stabil yang bercampur dalam waktu yang cepat yang selanjutnya memecah dan menjadi tak terlihat. Aliran turbulen mempunyai bilangan reynold yang lebih besar dari 4000. Aliran fluida dari penyebaran abu vulkanik gunung berapi merupakan aliran turbulen. Contoh aliran turbulen dapat dilihat pada Gambar 2.15.



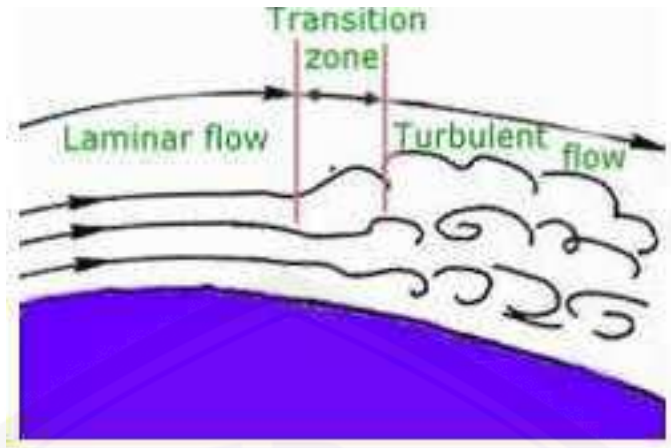
Gambar 2.15 Aliran Turbulen
(Sumber: www.howequipmentworks.com)

3. Aliran Transisi

Aliran transisi merupakan aliran peralihan dari aliran laminar ke aliran turbulen atau sebaliknya. Transisi dari aliran laminar dan aliran turbulen terjadi karena suatu gangguan kecil diberikan pada aliran, pengaruh aliran ini semakin besar dengan bertambahnya waktu selanjutnya aliran laminar menjadi tidak stabil dan terjadilah aliran turbulen. Aliran Transisi mempunyai bilangan reynold antara 200 sampai 400.

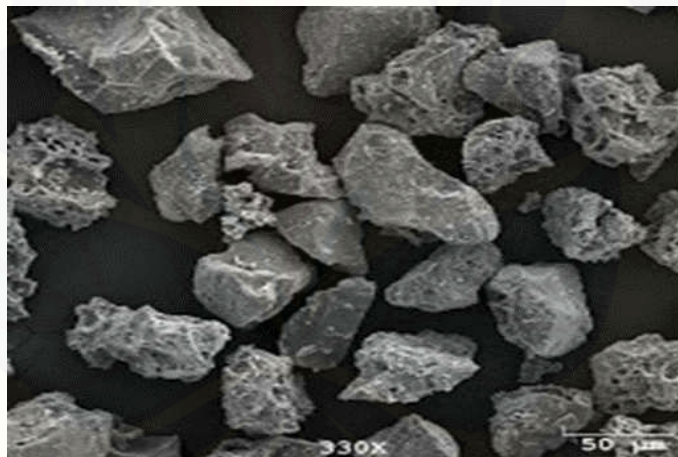
2.12 Abu Vulkanik

Abu vulkanik merupakan leburan bagian dalam gunung yang terdiri dari batuan yang hancur, mineral dan kaca vulkanik yang dikeluarkan saat erupsi gunung berapi. Erupsi gunung dapat terjadi karena gas-gas terlarut dalam batuan cair (magma) mengalami perluasan yang kemudian disertai dengan hembusan keras ke udara. Setelah di udara angin dapat meniup partikel abu kecil tersebut hingga dapat mencapai puluhan ribu kilometer jauhnya dari gunung berapi. Struktur fisik abu vulkanik yang berrongga menyebabkan abu vulkanik mudah terbawa oleh angin. Hal tersebut yang membuat abu vulkanik dapat menyebar



Gambar 2.16 Aliran Transisi
(Sumber: www.howequipmentworks.com)

hingga jarak puluhan ribu kilometer meskipun berbentuk batuan (Shoji, 1993). Menurut Rose (2009) Partikel abu vulkanik berukuran sangat kecil yakni kurang dari 0,001 milimeter seperti yang terlihat pada gambar 2.17.



Gambar 2.17 Partikel Abu Vulkanik
(Sumber: bisakimia.com)

Material debu vulkanik yang tertiuap angin adalah campuran homogen dari partikel vulkanik dan gas yang mengalir menurut densitas tertentu. Selain gerakan dari debu vulkanik dipengaruhi oleh kecepatan angin, gerakannya juga dipengaruhi oleh faktor gravitasi bumi, tekanan saat erupsi serta massa jenis dan konsentrasi abu vulkanik (Banne, 2002:1). Berdasarkan faktor-faktor tersebut menu-

rut (Fatahillah, 2014) persamaan pembangun dari model penyebaran abu vulkanik ini adalah menggunakan persamaan momentum dan masa seperti berikut:

$$\frac{\partial}{\partial t} \rho u_j + \nabla \rho n u_i u_j = -\nabla P + \rho g_i + \mu \nabla (\nabla u_i) \quad (2.30)$$

$$\frac{\partial}{\partial t} \rho u_j + \nabla u_i u_j = 0 \quad (2.31)$$

Dengan:

u = kecepatan udara arah sumbu x (m/s)

v = kecepatan udara arah sumbu y (m/s)

n = pemecahan partikel abu vulkanik

ρ = massa jenis abu vulkanik (kg/m^3)

P = tekanan saat erupsi (atm)

μ = kekentalan zat (M)

g = gravitasi (m/s^2).

Objek pada penelitian ini adalah Gunung Bromo Kabupaten Probolinggo. Setelah dilakukan pengumpulan data dari beberapa buku dan jurnal diketahui bahwa kecepatan udara berkisar antara 0.5 m/s. Massa jenis abu vulkanik (ρ)=2,64 kg/m^3 ; konsenrasi awal abu vulkaik (μ)=0,76 M; suhu (T)=373 K; pemecahan partikel awal (n_0)=0.004 dan gravitasi (g)=9.8 kg/m^2 (Zaennudin, 2012).

2.13 Monograf

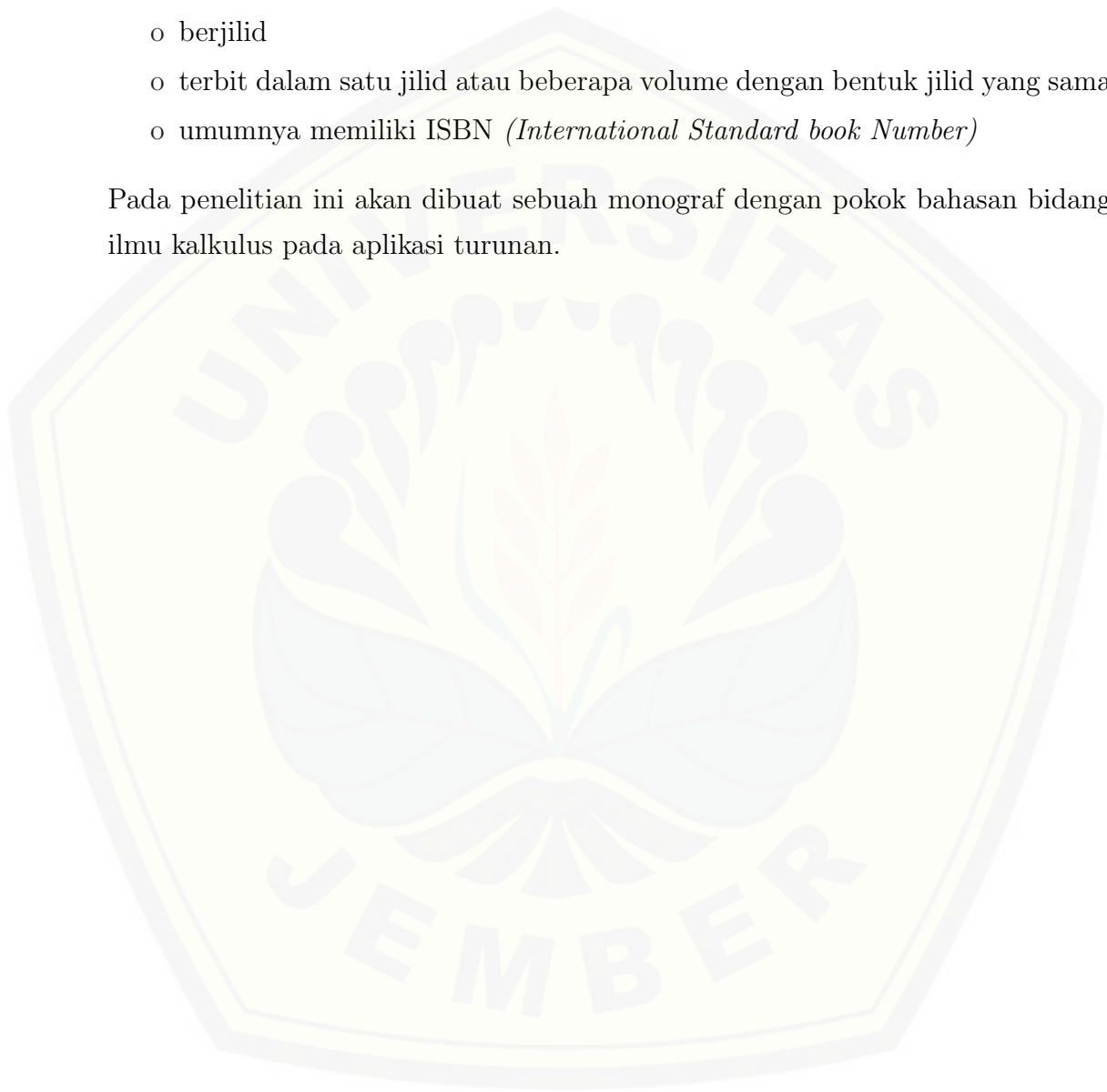
Monograf adalah suatu tulisan ilmiah dalam bentuk buku yang substansi pembahasannya hanya pada satu hal saja dalam suatu bidang ilmu. Selain itu, monograf merupakan terbitan tunggal yang selesai dalam satu jilid dan tidak berkelanjutan (Ekasetya, 2016). Dalam ilmu perpustakaan, definisi monograf adalah terbitan yang bukan terbitan berseri yang lengkap dalam satu volume atau sejumlah volume yang sudah ditentukan sebelumnya. Adapun ciri-ciri monograf, yaitu:

- o isinya membahas suatu permasalahan pokok. Akan tetapi, walaupun terdiri dari beberapa makalah (misalnya dalam prosiding seminar), maka makalah

yang ada pada prosiding tersebut memiliki satu tema pokok dari seminar tersebut

- o mempunyai halaman judul
- o terdapat daftar isi dan kata pengantar
- o terdiri dari beberapa bab, seperti bab pendahuluan
- o berjilid
- o terbit dalam satu jilid atau beberapa volume dengan bentuk jilid yang sama
- o umumnya memiliki ISBN (*International Standard book Number*)

Pada penelitian ini akan dibuat sebuah monograf dengan pokok bahasan bidang ilmu kalkulus pada aplikasi turunan.



BAB 3. METODE PENELITIAN

3.1 Jenis Penelitian

Berdasarkan jenisnya, penelitian ini merupakan jenis penelitian murni. Dalam penelitian murni (*pure research*) para peneliti dituntut oleh tujuan untuk menghasilkan pengetahuan. Penelitian jenis ini tertarik untuk menguji atau menghasilkan teori demi ilmu itu sendiri dan untuk mengembangkan pengetahuan dalam sebuah area. Hasil dari penelitian murni adalah pengetahuan umum dan pengertian-pengertian tentang alam serta hukum-hukumnya. Pada penelitian ini akan dibentuk sebuah model matematika dari peyebaran abu vulkanik gunung berapi menggunakan metode volume hingga. Model yang terbentuk akan dianalisis menggunakan bantuan *software* MATLAB dan FLUENT untuk mengetahui pola penyebaran konsentrasi abu vulkanik berdasarkan kecepatan udara dan tekanan saat erupsi (Nazir, 1988: 29-30).

3.2 Prosedur Penelitian

Pada suatu penelitian dibutuhkan langkah-langkah (*procedure* penelitian) yang merupakan serangkaian kegiatan yang dilakukan dari diperoleh suatu hasil atau data-data yang akan dianalisis hingga mencapai suatu kesimpulan yang sesuai dengan tujuan penelitian.

Prosedur penelitian adalah langkah-langkah atau tahapan yang dilakukan sampai diperoleh data-data untuk dianalisis hingga mencapai suatu kesimpulan yang sesuai dengan tujuan penelitian. Dalam prosedur penelitian ada rancangan penelitian dan teknik penelitian. Rancangan penelitian merupakan rencana yang menggambarkan atau menjelaskan apa yang hendak diteliti dan bagaimana penelitian dilaksanakan (Sudjana, 1989:469). Sedangkan teknik penelitian adalah tahapan yang dilakukan sampai diperoleh data-data untuk dianalisis hingga di-

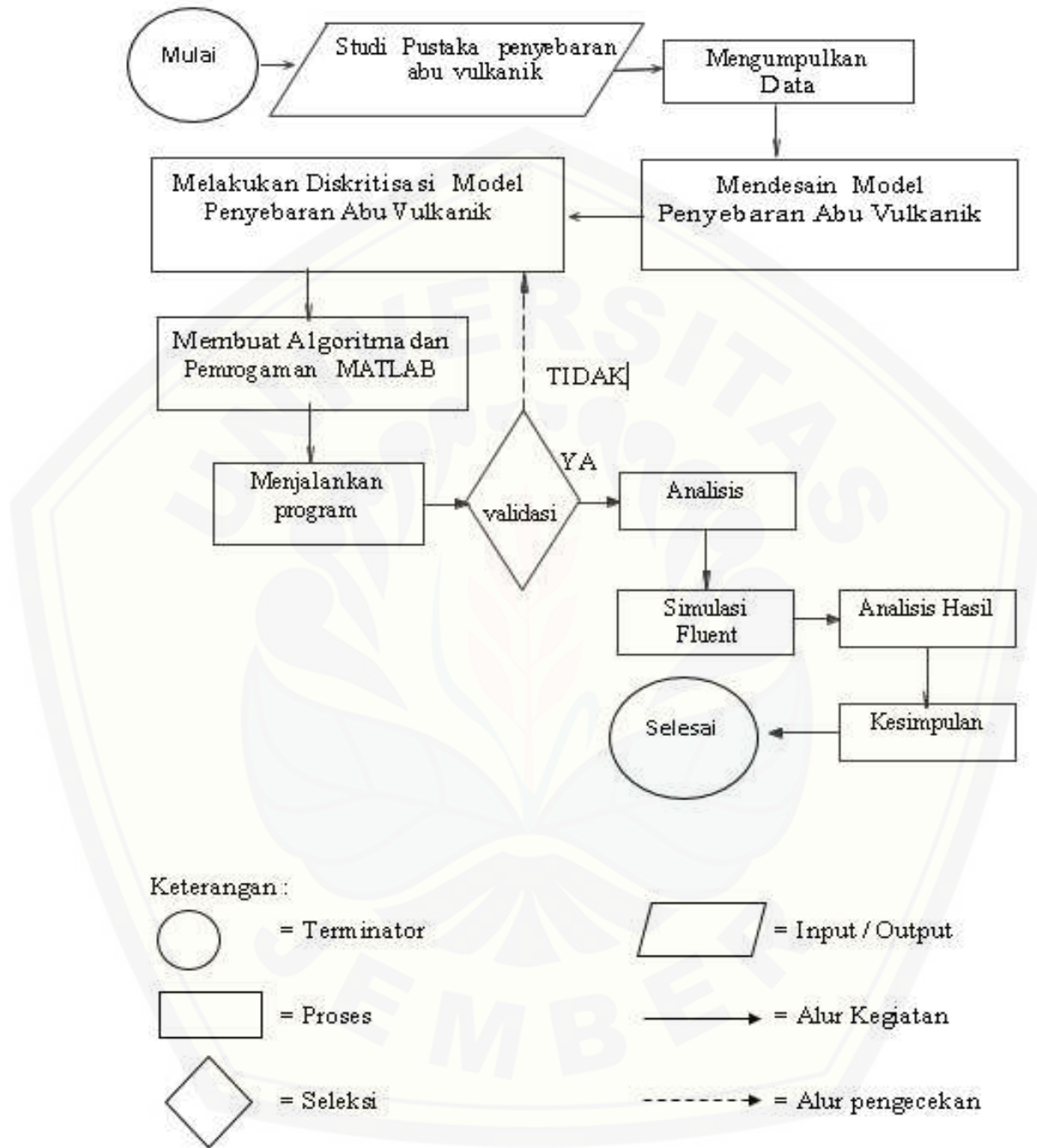
capai suatu kesimpulan sesuai dengan tahapan dalam menyelesaikan pemodelan matematika dengan metode numerik.



Adapun uraian dari bagan alur penelitian sebagai berikut:

1. melakukan studi pustaka tentang penyebaran abu vulkanik serta variabel-variabel yang mempengaruhi penyebaran abu vulkanik dari gunung berapi;
2. mengumpulkan data dari buku, jurnal dan internet yang terkait dengan variabel-variabel yang mempengaruhi penyebaran abu vulkanik dari gunung berapi;
3. membuat model matematika dari persamaan massa dan persamaan momentum untuk penyebaran abu vulkanik dari gunung berapi menggunakan metode volume hingga;
4. melakukan diskritisasi model matematika dari penyebaran abu vulkanik pada gunung berapi menggunakan teknik diskritisasi *QUICK*;
5. membuat algoritma dari model matematika pada MATLAB;
6. menjalankan algoritma dari model matematika pada MATLAB;
7. memvalidasi hasil pemrograman dengan cara membandingkan hasil pemrograman dengan data yang diperoleh dari keadaan sebenarnya;
8. menganalisis hasil algoritma dari *MATLAB* pada proses penyebaran abu vulkanik;
9. simulasi model penyebaran abu vulkanik dari gunung berapi menggunakan *FLUENT*;
10. menganalisis hasil dari penyimulasian dengan *FLUENT* ;
11. menarik kesimpulan dari hasil simulasi.

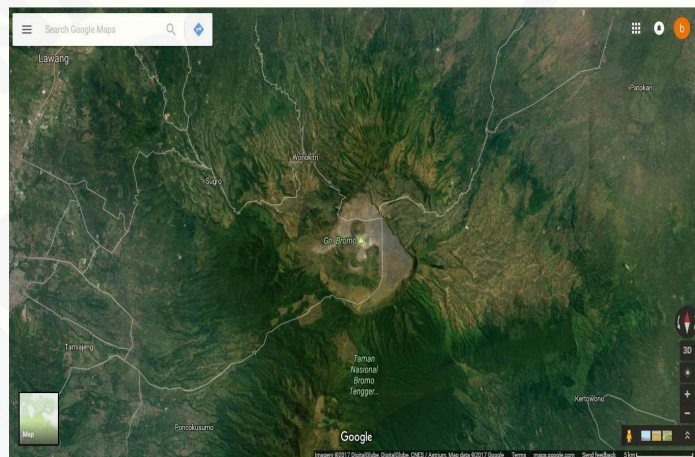
Rancangan penelitian dijadikan dasar langkah-langkah dalam penelitian. Langkah-langkah dari dan sampai diperolehnya data-data agar bisa dikaji sampai menghasilkan suatu kesimpulan. Secara umum langkah-langkah penelitian dapat disajikan dalam bagan alur seperti pada gambar 3.1



Gambar 3.1 Bagan Prosedur Penelitian

3.3 Tempat Penelitian

Tempat penelitian merupakan lokasi objek penelitian yang akan dilakukan. Pada penelitian ini, penyelesaian numerik dan pemodelan *Computational Fluid Dynamics* dilakukan di laboratorium matematika gedung III FKIP dan laboratorium Program Studi Sistem Informatika (PSSI) Universitas Jember yang telah tersedia sarana dan prasarana yang mendukung yaitu dengan adanya komputer yang dilengkapi dengan program MATLAB untuk penyelesaian numerik dan FLUENT untuk simulasi pemodelan serta berbagai sumber-sumber elektronik lainnya. Data yang digunakan diperoleh dari hasil pengukuran di Gunung Bromo Kabupaten Probolinggo dan berbagai literatur. Berikut ini adalah gambar Gunung Bromo dari citra google earth.



Gambar 3.2 Gunung Bromo
sumber : (www.google earth.com)

3.4 Definisi Operasional

Untuk menghindari perbedaan pemahaman beberapa istilah yang digunakan dalam penelitian ini, maka disajikan beberapa definisi operasional sebagai berikut:

1. Model matematika adalah suatu persamaan matematika yang didapatkan untuk mengekspresikan permasalahan yang ada pada suatu keadaan yang sesungguhnya. Pemodelan matematika adalah bidang matematika yang berusaha untuk menurunkan suatu kejadian atau fenomena ke dalam sekumpulan fungsi-fungsi yang menyatakan hubungan antara beberapa variabel-variabel

yang mempengaruhi suatu kejadian ke dalam peubah-peubah yang berbeda. Representasi matematika yang dihasilkan dari proses ini dikenal sebagai "Model Matematika". Konstruksi analisis dan penggunaan model matematika dipandang sebagai salah satu aplikasi matematika yang paling penting.

2. Metode volume hingga adalah suatu metode numerik yang dalam penerapannya membagi objek yang diteliti menjadi grid, face (permukaan), dan node (titik) kemudian memodelkannya menjadi persamaan matematika dengan melihat pada laju perubahan fisis benda.
3. CFD (Computational Fluid Dynamics) merupakan sistem analisis yang melibatkan aliran fluida, perpindahan panas dan fenomena terkait seperti reaksi kimia dengan cara simulasi berbasis komputer.
4. MATLAB (Matrix Laboratory) yaitu sebuah program (software) aplikasi yang digunakan untuk analisis dan komputasi data numerik. Bahasa pemrograman yang digunakan merupakan bahasa pemrograman tingkat tinggi berbasis pada matriks.
5. Teknik Diskritisasi QUICK (Quadratic Upwind Interpolation Confective Kinematics) merupakan suatu teknik yang dipakai dalam metode volume hingga yang berfungsi untuk mempartisi bagian-bagian objek dengan bantuan sel pusat dan sel vertex.
6. GAMBIT merupakan salah satu pre-processor yang didesain untuk membantu membuat model dan melakukan diskretisasi (meshing) pada model untuk analisis CFD.
7. Fluent adalah salah satu jenis program CFD yang menggunakan metode volume hingga. Fluent menyediakan fleksibilitas mesh yang lengkap, sehingga dapat menyelesaikan kasus aliran fluida dengan mesh (grid) yang tidak terstruktur sekalipun.
8. Monograf adalah suatu tulisan ilmiah dalam bentuk buku yang substansi pembahasannya hanya pada satu hal saja dalam suatu bidang ilmu.

3.5 Metode Pengumpulan Data

Metode pengumpulan data adalah prosedur yang sistematis dan standar untuk memperoleh data yang diperlukan (Nasir, 1988:211). Metode pengumpulan data yang tepat merupakan salah satu syarat kesempurnaan penelitian. Data penelitian dikumpulkan sesuai dengan rancangan penelitian yang telah ditentukan. Data yang dikumpulkan merupakan pernyataan fakta mengenai objek yang diteliti. Dalam penelitian ini peneliti menggunakan metode dokumentasi dalam pengumpulan datanya. Dengan menggunakan metode dokumentasi, data-data yang diperlukan dalam pemodelan matematika dan simulasi dengan FLUENT dicari dari berbagai sumber. Adapun sumber yang digunakan untuk melengkapi data-data pendukung yakni data dari literatur dan internet.

3.6 Data dan Analisis Data

Analisis data merupakan bagian akhir dari suatu penelitian. Data yang dikumpulkan selanjutnya diklasifikasikan dan diorganisasikan secara sistematis serta diolah dan dianalisa secara logis menurut rancangan penelitian yang telah ditetapkan. Analisis data diarahkan untuk memberi argumentasi atau penjelasan mengenai tujuan yang diajukan dalam penelitian, berdasarkan data atau fakta yang diperoleh. Data yang telah dikumpulkan oleh peneliti tidak akan ada gunanya apabila tidak dianalisis terlebih dahulu.

Model matematika penyebaran abu vulkanik yang telah dibentuk dengan metode volume hingga, akan didiskretisasi dengan teknik QUICK, hingga didapatkan matriks yang menyatakan sistem persamaan dari setiap kontrol volume. Dari persamaan ini, kemudian peneliti akan menyelesaikan secara numerik dengan menggunakan MATLAB sehingga didapatkan penyelesaian numerik yang konvergen. Dimana penyelesaian ini mendekati penyelesaian eksak dari persamaan diferensialnya yang menuju suatu nilai tertentu. Apabila perhitungan MATLAB sudah mendekati nilai sebenarnya atau dengan kata lain terdapat relatif *error* kurang dari nilai toleransi yakni 0.01 maka hasil yang didapat sudah benar. Akan tetapi, apabila nilai relatif *error* lebih dari nilai toleransi, maka peneliti akan mencari kesalahan saat memodelkan dan validasi ulang dari proses penurunan rumus dan juga penyelesaian dengan MATLAB hingga didapat hasil yang benar.

Pada analisis menggunakan FLUENT model objek yang akan diteliti dibentuk pada GAMBIT. Kemudian model ini akan disimulasi pada FLUENT dan akan ditampilkan simulasi penyebaran abu vulkanik tersebut secara 2 dimensi. Tampilan simulasi pada FLUENT akan digabungkan dengan google map sehingga diketahui daerah-daerah yang terkena imbas dari penyebaran abu vulkanik.



BAB 5. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Dari hasil penelitian yang dilakukan, maka dapat diambil kesimpulan:

1. Model matematika penyebaran abu vulkanik pada Gunung berapi adalah persamaan yang dibentuk dengan metode volume hingga, dimana persamaan tersebut merupakan persamaan yang dinyatakan pada persamaan momentum dan kontinuitas massa. Berikut ini adalah persamaannya.

$$\begin{aligned} & \phi_e (\rho \Delta y \Delta t - \rho n u \Delta y \Delta t) + \phi_w (-\rho \Delta y \Delta t + \rho n u \Delta y \Delta t) + \\ & \phi_n (\rho \Delta x \Delta t - \rho n v \Delta x \Delta t) + \phi_s (-\rho \Delta x \Delta t + \rho n v \Delta x \Delta t) = -P \Delta y \Delta t - \\ & P \Delta y \Delta t + \rho g \Delta y \Delta t + \rho g \Delta x \Delta t + \mu u \frac{\Delta y \Delta t}{\Delta x} + \mu u \Delta t + \mu v \Delta t + \\ & \mu v \frac{\Delta x \Delta t}{\Delta y} \end{aligned} \quad (5.1)$$

(5.2)

dimana,

$$P = \rho_g R T \quad (5.3)$$

$$N = \frac{n_0 - (s \times \sqrt{P})}{1 - (s \times \sqrt{P})} \quad (5.4)$$

2. Hasil simulasi *MATLAB* dan *FLUENT* menunjukkan semakin besar kecepatan udara disekitar gunung berapi maka konsentrasi abu vulkanik pada daerah yang terdampak abu vulkanik semakin rendah dan abu vulkanik akan terbawa semakin jauh dari kawah gunung.
3. Hasil simulasi *MATLAB* dan *FLUENT* menunjukkan semakin semakin besar tekanan saat erupsi maka konsentrasi abu vulkanik pada daerah yang terdampak abu vulkanik akan semakin tinggi.

4. metode volume hingga merupakan metode yang efektif untuk menganalisis penyebaran abu vulkanik pada gunung berapi dengan tingkat kesalahan perhitungan relatif (*error*) kurang dari 0,001.

5.2 Saran

Saran yang dapat diberikan oleh peneliti setelah mengadakan penelitian tentang analisis penyebaran abu vulkanik pada gunung berapi ini adalah:

1. Perlu diadakan penelitian lanjutan dengan menggunakan metode lain misal metode beda hingga atau metode elemen hingga.
2. Perlu diadakan penelitian lanjutan dengan objek penelitian yang lebih luas seperti jenis gunung berapi.
3. Hendaknya diteliti dengan menggunakan software matematika yang lain semisal MAPLE, Matematica ataupun yang lain.
4. Perlu diadakan penelitian lanjutan mengenai faktor-faktor lain yang berpengaruh misal konsentrasi awal, tinggi letusan dan lain-lain.

DAFTAR PUSTAKA

- Ali, Muhammad. 2004. *Pembelajaran Perancangan Sistem Kontrol PID dengan Software Matlab*. *Jurnal Edukasi Elektronik*. Vol 1 (1): 1-8.
- Arhami, M. dan Desiani, A. 2004. *Pemrograman Matlab*. Yogyakarta: Andi.
- Arikunto, S. 1998. *Prosedur Penelitian*. Jakarta: Rineka Cipta.
- Aspley, D.D. 2007. *Quantitative Properties of F.D. Schemes, Lecture handout: CFD*. Manchester: University of Manchester.
- Banne, Michael J. 2002. *Pyroclastic Density Currents and the Sedimentation of Ignimbrites*. London: Geological Society.
- Bruce, R. Munson. 2005. *Mekanika Fluida, Jilid 1*. Jakarta: Erlangga.
- Dafik. 1999. *Matlab Dalam Matematika*. Jember: FKIP Universitas Jember.
- Ekasetya, Sendi. 2016. *Pengertian Karya Ilmiah*. [online]. <http://ditsdm.ipb.ac.id> [1 Agustus 2016]
- Fatahillah, Arif. 2011. *Buku Pegangan Mata Kuliah Mathematical Modelling Computational Fluid Dynamics*. Jember: FKIP Universitas Jember.
- Fatahillah, Arif. 2014. *Analisis Numerik Pola Penyebaran Asap Dari Cerobong Pabrik Gula PT. Semboro Jember Jawa Timur Berbantuan Software FLU-ENT*. [Online]. <http://jurnal.unej.ac.id> [21 Agustus 2016].
- Fatahillah, A. 2014. *Jurnal KadikmA: Analisis Numerik Profil Sedimentasi Pasir Pada Pertemuan Dua Sungai Berbantuan Software Fluent*. [Online]. <http://jurnal.unej.ac.id> [21 Agustus 2016].
- Fiantis. 2006. *Laju Pelapukan Kimia Debu Vulkanis Gunung Talang dan Pengaruhnya Terhadap Proses Pembentukan Mineral Liat Non-Kristalin*. Padang: Universitas Andalas.
- Goejantoro, Rito. 2009. *Model Matematika Influenza*. *Jurnal Bioprospek*. Vol 14 (2): 1-7.

- Hardiyanti, Siska Aprilia. 2014. *Analisis Sterilisasi Saluran Akar Gigi Dengan Menggunakan Metode Numerik Volume Hingga*. Jember: Universitas Jember.
- Irma. 2013. *pengertian atau defnisi fluida serta contoh dan aplikasi fluida*. [online]. <http://irma-teknikkimia.blogspot.com/2013/02/pengertian-atau-definisi-fluida.html>. [31 Juli 20016]
- Iswanto, Ripno. J. 2014. *Pemodelan Matematika Aplikasi dan Terapannya*. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Jember, Universitas.2010. *Pedoman Penulisan Karya Ilmiah*. Jember: Jember University Press.
- Mananoma, T., dan Soetopo, W. 2009. *Pemodelan sebagai Sarana Dalam Mencapai Solusi Optimal*. *Jurnal Teknik Sipil Universitas Atma Jaya Yogyakarta*. Vol 8 (2): 184-189.
- Moleong, Lexy J. *Metodologi Penelitian Kualitatif*. Bandung: Remaja.
- Nazir. 2005. *Metode Penelitian*. Bogor: Ghalia Indonesia.
- Nababan, Christine. 2016. *Dampak Abu Vulkanik Gunung Bromo*. [online]. <http://www.cnnindonesia.com> [1 Maret 2017]
- Niam, Agus Ghautsun. 2011. *Simulasi Distribusi Suhu Dan Pola Pergerakan Udara Pada Rumah Tanaman Tipe Standard Peak Berventilasi Mekanis Menggunakan CFD (Computational Fluid Dynamics)*. Bogor: Institut Pertanian Bogor.
- Rachman, Akbar. 2012. *Analisis Pemetaan Potensi Energi Angin di Indonesia*. Skripsi. Jakarta: Universits Indonesia.
- Rose, W. I., dan A. J. Durant. 2009. *Fine ash content of explosive eruptions*. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*. Vol 186 (1): 32-39.
- Sahid. 2005. *Pengantar Komputasi Numerik dengan MATLAB*. Yogyakarta: ANDI.
- Samosir, Ken Kevin dan Masykur. 2014. *Perbandingan Metode Fast-Decouple dan Metode Gauss-Seidell dalam Solusi Aliran Daya Sistem Distribusi 20KV*

dengan Menggunakan Etap Power Station dan MATLAB. Jurnal Singuda Ensikom. Vol 7 (2): 55-60

Saptaningtyas, F. Y. 1989. Penerapan Estimasi Kalman Filter Untuk Mengetahui Pencemaran Air Sungai Di Kali Gajah Wong. Tidak Diterbitkan. Laporan Penelitian Dosen Junior. Yogyakarta: FMIPA Universitas Negeri Yogyakarta.

Shoji, Sadao. 1993. Volcanic Ash Soils: Genesis, Properties, and Utilization. Journal Development in Soil Science. Vol 23: 1

Sofiati, Hamila. 2007. Konstruksi Model Matematika dan Waktu Pemenuhan Kebutuhan Air pada Suatu Kompleks Perumahan Kalimook Kabupaten Sumenep. Sumenep.

Sudaryo dan Sucipto. 2009. Identifikasi dan Penentuan Logam Berat pada Tanah Vulkanik di Daerah Cangkringan, Kabupaten Sleman dengan Metode Analisis Aktivasi Neutron Cepat, Seminar Nasional V SDM Teknologi. Yogyakarta.

Suryani, A. S. 2014. . Dampak Negatif Abu Vulkanik Terhadap Lingkungan Dan Kesehatan. Yogyakarta.

Sudjana dan Ibrahim. 1989. Penelitian dan Penilaian Pendidikan. Bandung: Sinar Baru.

Tuakia, Firman. 2008. Dasar-Dasar CFD Menggunakan FLUENT. Bandung: Informatika

Versteeg H.K. and W. Malalasekera. 1995. An Introduction to Computational Fluid Dynamics The Finite Volume Method. New York: John Wiley & Sons Inc.

White, Frank M. 1986. Mekanika Fluida. Jakarta: Erlangga

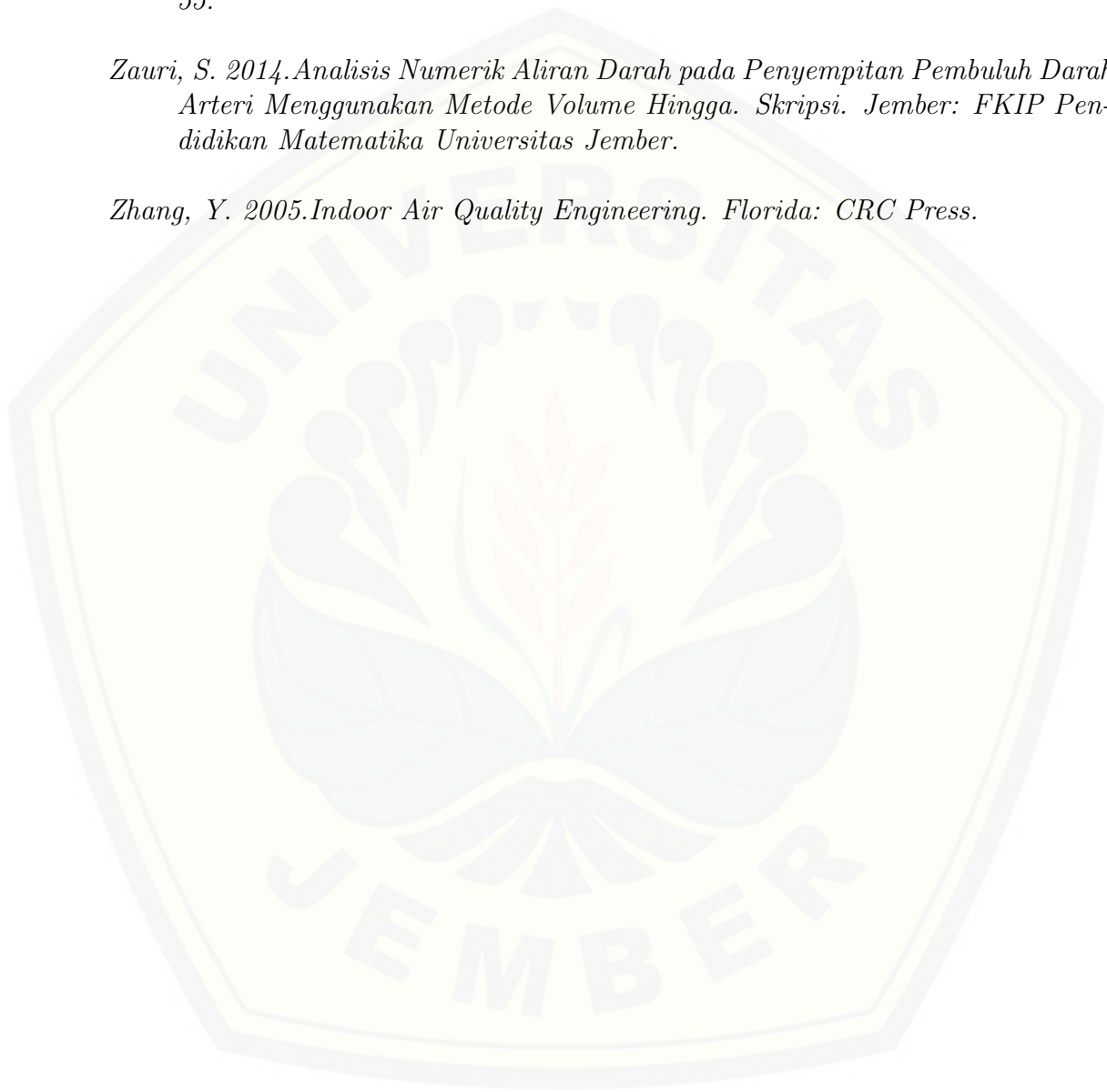
Yusuf, D. F. 2010. Analisa Perbandingan Penggunaan Flens JIS 10 K Dengan PN 16 Pada Sistem Pemanas Muatan Yang Terdapat Di Kapal Tanker 6300 DWT Menggunakan Metode Finite Element. Tidak Diterbitkan. Skripsi. Surabaya: Fakultas Teknologi Kelautan Institut Teknologi Sepuluh Noverber.

Yusup, Muhammad. 2013. *Jurnal Pendekatan Pemodelan Matematik Dalam Pembelajaran Fisika.*[Online]. <http://eprints.unsri.ac.id> [21 Agustus 2016].

Zaennudin, Akhmad. 2012. *Model Erupsi Gunung Bromo di Jawa Timur pada Tahun 2010-2011.* *Jurnal Lingkungan dan Bencana Geologi.* Vol 3 (1): 41-55.

Zauri, S. 2014. *Analisis Numerik Aliran Darah pada Penyempitan Pembuluh Darah Arteri Menggunakan Metode Volume Hingga.* *Skripsi. Jember: FKIP Pendidikan Matematika Universitas Jember.*

Zhang, Y. 2005. *Indoor Air Quality Engineering.* Florida: CRC Press.



LAMPIRAN A. FORMAT PROGRAMMING MATLAB**A.1 Format Program Simulasi Penyebaran Abu Vulkanik pada Gunung Berapi Berdasarkan Kecepatan Udara Arah Sumbu X Menggunakan Metode Gauss Seidel**

```

clear all;
clc;
disp('=====');
disp('    SIMULASI PENYEBARAN ABU VULKANIK GUNUNG BERAPI    ');
disp('                MENGGUNAKAN METODE GAUSS SEIDEL        ');
disp('                Oleh:                                    ');
disp('                BUDI ADI SAPUTRA    (130210101085)      ');
disp('=====');
% TAHAP INPUT
m=input('masukkan ukuran matriks yang diinginkan = ');
n=input('masukkan ukuran matriks yang diinginkan = ');
u1=input('kecepatan udara minimal searah sumbu x = ');
u2=input('kecepatan udara minimal searah sumbu y = ');
E=input('masukkan toleransi error= ');
N=input('masukkan batas maksimum iterasi= ');
for i=1:m
for k=1:1
X0(i,k)=input(['tebakan awal X(',num2str(i),':',num2str(k),')=']);
end
X0=zeros(m,1); X0(1:1:m)=1.206;

% TAHAP INISIALISASI
ua=(u2-u1)/2;           %interval kecepatan udara arah sumbu x (m/s)
rho=2.64;              %massa jenis abu vulkanik (kg/$m^3$)
rhog=0.98;            %massa jenis gas (kg/$m^3$)
v=0.56;              %kecepatan udara arah sumbu y (m/s)
r=0.082;             %ketetapan gas (L atm/M K)
s=4.11*10^-2;       %ketetapan magma
n0=0.004;            %pemecahan partikel awal
T=373;              %suhu (K)
miu=0.76;           %konsentrasi rata-rata (M)
miu0=3;             %konsentrasi awal (M)
g=9.8;             %gravitasi
P=rhog*r*T;        %Tekanan saat erupsi (atm)
Nn=(n0-(s*sqrt(P)))/(1-(s*sqrt(P))); %pemecahan partikel
P=rhog*r*T;        %Tekanan saat erupsi (atm)

```

```

deltat=1;           %perubahan waktu
deltax=20;         %partisi pada domain sumbu x
deltay=0.1;       %partisi pada domain sumbu y
Xall_plot=[];
for u=u1:ua:u2;    %kecepatan udara arah sumbu x
X_all=[];
% TAHAP PENDEFINISIAN MATRIKS
A=(-1/8*rho*Nn*u*deltay*deltat)+(1/8*rho*deltay*deltat);
B=(7/8*rho*Nn*u*deltay*deltat)-(7/8*rho*deltay*deltat);
C=(-3/8*rho*Nn*u*deltay*deltat)+(3/8*rho*deltay*deltat)-
(3/8*rho*Nn*v*deltax*deltat)+(3/8*rho*deltax*deltat);
D=(-3/8*rho*Nn*u*deltay*deltat)+(3/8*rho*deltay*deltat);
E=(-1/8*rho*Nn*v*deltax*deltat)+(1/8*rho*deltax*deltat);
F=(7/8*rho*Nn*v*deltax*deltat)-(7/8*rho*deltax*deltat);
G=(-3/8*rho*Nn*v*deltax*deltat)+(3/8*rho*deltax*deltat);
H=((-P+(rho*g))*(deltat*deltay))+((-P+(rho*g))*(deltat*deltax))
+((v*miu)*((deltat*deltax)/deltay))+((u*miu)*
((deltat*deltay)/deltax))+((u+v)*(miu*deltat));

        K=zeros(m*n:m*n);
%pendefinisian untuk i-2,j
K(3:m*n+1:(m*n)^2-2*(m*n))=A;
K(m*n*(m-2)+m+1:m*(m*n+1):m*n*(m*n-2))=0;
K(m*n*(m-1)+m+2:m*(m*n+1):m*n*(m*n-2))=0;
%pendefinisian untuk i-1,j
K(2:m*n+1:m*n*(m*n-1))=B;
K(m*n*(m-1)+m+1:m*(m*n+1):m*n*(m*n-1))=0;
%pendefinisian untuk i,j
K(1:m*n+1:m^2*n^2)=C;
%pendefinisian untuk i+1,j
K(m*n+1:m*n+1:m^2*n^2-1)=D;
K(m^2*n+m:m*(m*n+1):m*n*(m*n-1))=0;
%pendefinisian untuk i,j-2
K(m*2+1:m*n+1:m^2*n*(n-2))=E;
%pendefinisian untuk i,j-1
K(m+1:m*n+1:m^2*n*(n-1))=F;
%pendefinisian untuk i,j+1
K(m^2*n+1:m*n+1:m^2*n^2-m)=G; K
%pendefinisian konstanta
L(1:(m*n),1)=H;

```

```

        %TAHAP Pengerjaan Matriks
L(1:(m*n),1)=H;
R=length(L);
X1=X0;
for k=1:N,
for i=1:m*n,
S=L(i)-K(i,1:i-1)*X1(1:i-1)-K(i,i+1:m*n)*X0(i+1:m*n);
X1(i)=S/K(i,i); end tol=abs(X1-X0);
error=norm(tol);
relerr=error/(norm(X1)+eps);
X0=X1;
if(error<e)|(relerr<e),break,end
end
disp(['besarnya error = ',num2str(error)]); disp(['besarnya relatif error = ',
num2str(relerr)]);
X1;
X_all=[X_all X1];
Xall_plot=[Xall_plot X_all(:,end)];
Xall_plot_New=miu0-Xall_plot;
end
plot(1:(m*n),Xall_plot_New(:,:),1:(m*n),Xall_plot_New(:,:),'ro',
'MarkerEdgeColor',
'k','MarkerFaceColor','r');
grid on; hold on; xlabel('jarak dari gunung')
ylabel('konsentrasi abu') title('SIMULASI PENYEBARAN ABU VULKANIK
PADA GUNUNG BROMO BERDASARKAN KECERAPAT UDARA ARAH SUMBU X MENGGUNAKAN
METODE GAUSS SEIDEL')
legend(strcat('kecepatan udara=',num2str((u1:ua:u2)'),'m/s'));
grid on;
hold on;
disp('Gauss Seidell method converged');

```

A.2 Format Program Simulasi Penyebaran Abu Vulkanik pada Gunung Berapi Berdasarkan Kecepatan Udara Arah Sumbu X Menggunakan Metode Gauss Seidel

```

clear all;
clc;
disp('=====');
disp('  SIMULASI PENYEBARAN ABU VULKANIK GUNUNG BERAPI  ');
disp('                MENGGUNAKAN METODE GAUSS SEIDEL    ');
disp('                Oleh:                               ');
disp('                BUDI ADI SAPUTRA (130210101085)      ');
disp('=====');
% TAHAP INPUT
m=input('masukkan ukuran matriks yang diinginkan = ');
n=input('masukkan ukuran matriks yang diinginkan = ');
P1=input('tekanan minimum saat erupsi = ');
P2=input('tekanan maksimum saat erupsi = ');
E=input('masukkan toleransi error= ');
N=input('masukkan batas maksimum iterasi= ');
for i=1:m
for k=1:1
X0(i,k)=input(['tebakan awal X(',num2str(i),':',num2str(k),')=']);
end
X0=zeros(m,1); X0(1:1:m)=1.00587;

% TAHAP INISIALISASI
Pa=(P2-P1)/2;           %interval tekanan saat erupsi (atm)
rho=2.64;               %massa jenis abu vulkanik (kg/$m^3$)
rhog=0.98;             %massa jenis gas (kg/$m^3$)
v=0,56;               %kecepatan udara arah sumbu y (m/s)
u=0,5;                %kecepatan udara arah sumbu x (m/s)
r=0.082;              %ketetapan gas (L atm/M K)
s=4.11*10^-2;        %ketetapan magma
n0=0.004;             %pemecahan partikel awal
T=373;                %suhu (K)
miu=0.76;            %konsentrasi rata-rata (M)
miu0=3;               %konsentrasi awal abu vulkanik (M)
g=9.8;                %gravitasi
Nn=(n0-(s*sqrt(P)))/(1-(s*sqrt(P))); %pemecahan partikel
deltat=1;             %perubahan waktu
deltax=20;            %partisi pada domain sumbu x

```



```

deltay=0.1;           %partisi pada domain sumbu y
Xall_plot=[];
for P=P1:Pa:P2;      %kecepatan udara arah sumbu x
X_all=[];
% TAHAP PENDEFINISIAN MATRIKS
A=(-1/8*rho*Nn*u*deltay*deltat)+(1/8*rho*deltay*deltat);
B=(7/8*rho*Nn*u*deltay*deltat)-(7/8*rho*deltay*deltat);
C=(-3/8*rho*Nn*u*deltay*deltat)+(3/8*rho*deltay*deltat)-
(3/8*rho*Nn*v*deltax*deltat)+(3/8*rho*deltax*deltat);
D=(-3/8*rho*Nn*u*deltay*deltat)+(3/8*rho*deltay*deltat);
E=(-1/8*rho*Nn*v*deltax*deltat)+(1/8*rho*deltax*deltat);
F=(7/8*rho*Nn*v*deltax*deltat)-(7/8*rho*deltax*deltat);
G=(-3/8*rho*Nn*v*deltax*deltat)+(3/8*rho*deltax*deltat);
H=(-P+(rho*g))*(deltat*deltay)+((-P+(rho*g))*(deltat*deltax))
+(v*miu)*((deltat*deltax)/deltay)+((u*miu)*
((deltat*deltay)/deltax))+((u+v)*(miu*deltat));

        K=zeros(m*n:m*n);
%pendefinisian untuk i-2,j
K(3:m*n+1:(m*n)^2-2*(m*n))=A;
K(m*n*(m-2)+m+1:m*(m*n+1):m*n*(m*n-2))=0;
K(m*n*(m-1)+m+2:m*(m*n+1):m*n*(m*n-2))=0;
%pendefinisian untuk i-1,j
K(2:m*n+1:m*n*(m*n-1))=B;
K(m*n*(m-1)+m+1:m*(m*n+1):m*n*(m*n-1))=0;
%pendefinisian untuk i,j
K(1:m*n+1:m^2*n^2)=C;
%pendefinisian untuk i+1,j
K(m*n+1:m*n+1:m^2*n^2-1)=D;
K(m^2*n+m:m*(m*n+1):m*n*(m*n-1))=0;
%pendefinisian untuk i,j-2
K(m*2+1:m*n+1:m^2*n*(n-2))=E;
%pendefinisian untuk i,j-1
K(m+1:m*n+1:m^2*n*(n-1))=F;
%pendefinisian untuk i,j+1
K(m^2*n+1:m*n+1:m^2*n^2-m)=G; K
%pendefinisian konstanta
L(1:(m*n),1)=H;
        %TAHAP Pengerjaan Matriks
L(1:(m*n),1)=H;
R=length(L);

```

```

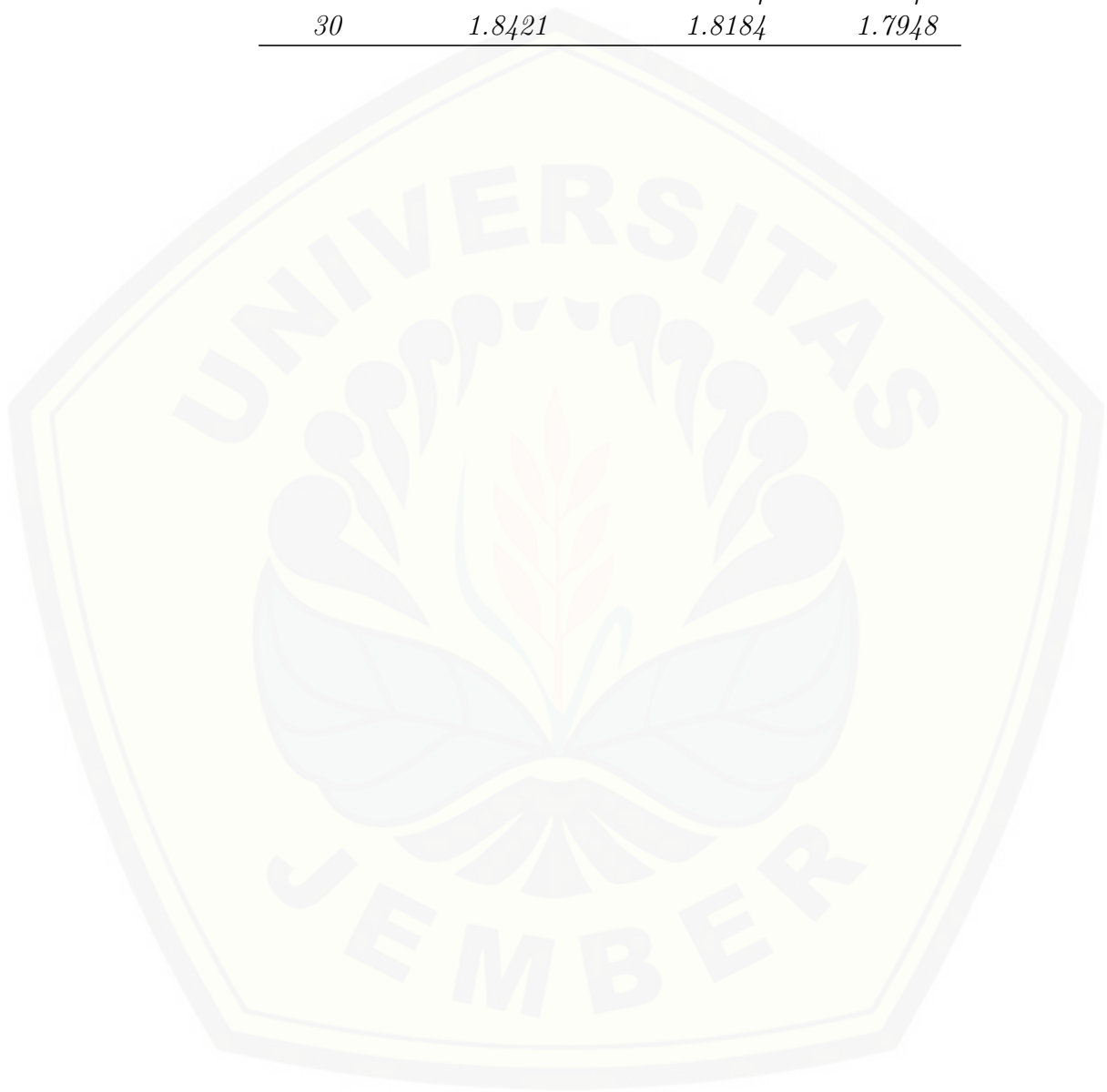
X1=X0;
for k=1:N,
for i=1:m*n,
S=L(i)-K(i,1:i-1)*X1(1:i-1)-K(i,i+1:m*n)*X0(i+1:m*n);
X1(i)=S/K(i,i); end tol=abs(X1-X0);
error=norm(tol);
relerr=error/(norm(X1)+eps);
X0=X1;
if(error<e)|(relerr<e),break,end
end
disp(['besarnya error =
',num2str(error)]); disp(['besarnya relatif error = ',
num2str(relerr)]);
X1;
X_all=[X_all X1];
Xall_plot=[Xall_plot X_all(:,end)];
Xall_plot_New=miu0-Xall_plot;
end
plot(1:(m*n),Xall_plot_New(:,:),1:(m*n),Xall_plot_New(:,:),
'ro','MarkerEdgeColor','k','MarkerFaceColor','r');
grid on; hold on; xlabel('jarak dari gunung')
ylabel('konsentrasi abu') title('SIMULASI PENYEBARAN ABU VULKANIK
PADA GUNUNG BROMO BERDASARKAN TEKANAN SAAT ERUPSI MENGGUNAKAN
METODE GAUSS SEIDEL')
legend(strcat('tekanan saat erupsi=',num2str((P1:Pa:P2)'),'atm'));
grid on;
hold on;
disp('Gauss Seidell method converged');

```

LAMPIRAN B. HASIL SIMULASI PROGRAM MATLAB***B.1 Simulasi Penyebaran Abu Vulkanik pada Gunung Berapi Berdasarkan Kecepatan Udara Arah Sumbu x Menggunakan Metode Gauss Seidel****Tabel Hasil Simulasi Penyebaran Abu Vulkanik dengan Kecepatan Udara 0,4 m/s, 0,5 m/s, dan 0,6 m/s*

<i>Titik ke-</i>	<i>0,4 m/s</i>	<i>0,5 m/s</i>	<i>0,6 m/s</i>
1	2.8542	2.8509	2.8477
2	2.7262	2.7202	2.7141
3	2.6141	2.6057	2.5972
4	2.516	2.5055	2.495
5	2.4302	2.4178	2.4055
6	2.355	2.341	2.3271
7	2.2891	2.2738	2.2586
8	2.2315	2.215	2.1986
9	2.181	2.1635	2.1462
10	2.1368	2.1185	2.1002
11	2.0981	2.079	2.06
12	2.0642	2.0445	2.0249
13	2.0345	2.0143	1.9941
14	2.0086	1.9878	1.9672
15	1.9858	1.9647	1.9436
16	1.9659	1.9444	1.923
17	1.9485	1.9267	1.9049
18	1.9332	1.9111	1.8892
19	1.9198	1.8976	1.8753
20	1.9081	1.8857	1.8632
21	1.8979	1.8752	1.8527
22	1.8889	1.8661	1.8434
23	1.8811	1.8581	1.8353
24	1.8742	1.8512	1.8282

<i>Titik ke-</i>	<i>0,4 m/s (cm/s)</i>	<i>0,5 m/s (m/s)</i>	<i>0,6 m/s</i>
25	1.8682	1.8451	1.822
26	1.8629	1.8397	1.8166
27	1.8583	1.835	1.8118
28	1.8542	1.8309	1.8077
29	1.8507	1.8274	1.8041
30	1.8421	1.8184	1.7948



B.2 Simulasi Penyebaran Abu Vulkanik pada Gunung Berapi Berdasarkan Tekanan Saat Erupsi Menggunakan Metode Gauss Seidel

Tabel Hasil Simulasi Penyebaran Abu Vulkanik dengan tekanan saat erupsi 29,75 mol, 29,875 mol, 30 mol

<i>Titik ke-</i>	<i>29,75 mol</i>	<i>29,875 mol</i>	<i>30 mol</i>
1	2.6571	2.7652	2.8731
2	2.3561	2.5591	2.7619
3	2.0925	2.3787	2.6645
4	1.8616	2.2207	2.5792
5	1.6593	2.0824	2.5046
6	1.4822	1.9613	2.4393
7	1.327	1.8553	2.3821
8	1.1911	1.7624	2.3321
9	1.072	1.6811	2.2883
10	0.96771	1.6099	2.25
11	0.87637	1.5476	2.2165
12	0.79636	1.4931	2.1871
13	0.72628	1.4453	2.1614
14	0.66489	1.4034	2.1389
15	0.61112	1.3668	2.1192
16	0.56402	1.3347	2.102
17	0.52276	1.3067	2.0869
18	0.48663	1.2821	2.0737
19	0.45498	1.2605	2.0622
20	0.42725	1.2417	2.0521
21	0.40296	1.2252	2.0432
22	0.38169	1.2107	2.0355
23	0.36306	1.1981	2.0287
24	0.34674	1.187	2.0228

<i>Titik ke-</i>	<i>29,75 mol</i>	<i>29,875 mol</i>	<i>30 mol</i>
25	0.33244	1.1773	2.0176
26	0.31992	1.1688	2.013
27	0.30895	1.1614	2.0091
28	0.29934	1.1549	2.0056
29	0.29099	1.1492	2.0026
30	0.27028	1.1351	1.995



LAMPIRAN C. HASIL PERHITUNGAN ERROR RELATIF***C.1 Hasil Perhitungan Error Relatif Penyebaran Abu Vulkanik pada Gunung Berapi Berdasarkan Kecepatan Udara Arah Sumbu x Menggunakan Metode Gauss Seidel****Tabel Hasil Hasil Perhitungan Error Relatif Penyebaran Abu Vulkanik dengan Kecepatan Udara 0,4 m/s, 0,5 m/s, dan 0,6 m/s*

<i>Iterasi ke-</i>	<i>Nilai Numerik</i>	<i>error</i>
1	0.1523	-
2	0.28587	0.13357
3	0.40275	0.11688
4	0.50503	0.10228
5	0.59454	0.08951
6	0.67286	0.07832
7	0.74139	0.06853
8	0.80137	0.05998
9	0.85385	0.05248
10	0.89977	0.04592
11	0.93996	0.04019
12	0.97512	0.03516
13	1.0059	0.03078
14	1.0328	0.0269
15	1.0564	0.0236
16	1.077	0.0206
17	1.0951	0.0181
18	1.1108	0.0157
19	1.1247	0.0139
20	1.1368	0.0121
21	1.1473	0.0105
22	1.1566	0.0093
23	1.1647	0.0081
24	1.1718	0.0071

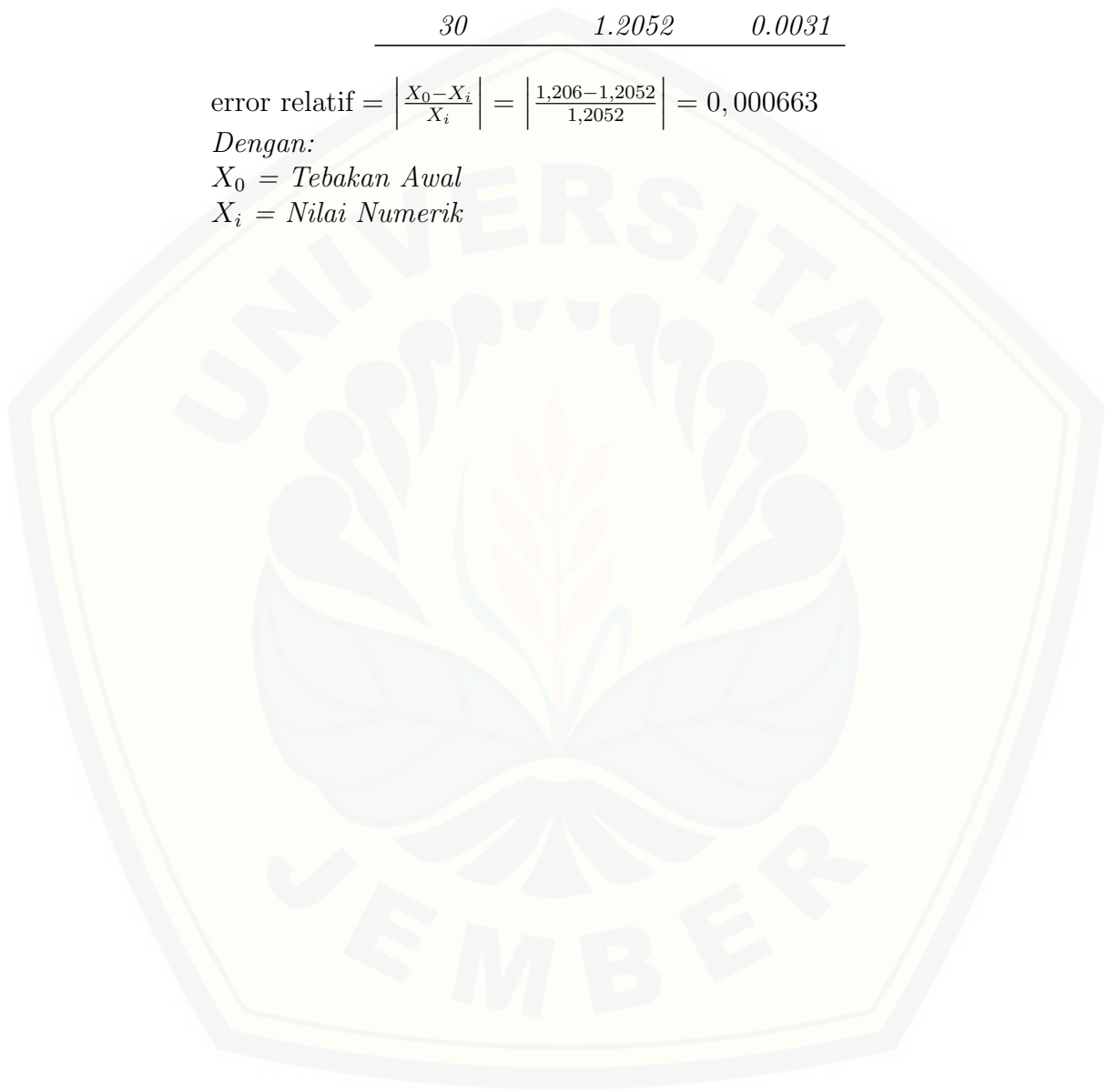
<i>Iterasi ke-</i>	<i>Nilai Numerik</i>	<i>error</i>
25	1.178	0.0062
26	1.1834	0.0054
27	1.1882	0.0048
28	1.1923	0.0041
29	1.1959	0.0036
30	1.2052	0.0031

$$\text{error relatif} = \left| \frac{X_0 - X_i}{X_i} \right| = \left| \frac{1,206 - 1,2052}{1,2052} \right| = 0,000663$$

Dengan:

X_0 = *Tebakan Awal*

X_i = *Nilai Numerik*



C.2 Hasil Perhitungan Error Relatif Penyebaran Abu Vulkanik pada Gunung Berapi Berdasarkan Tekanan Saat Erupsi Menggunakan Metode Gauss Seidel

Tabel Perhitungan Error Relatif Penyebaran Abu Vulkanik dengan tekanan saat erupsi 29,75 mol, 29,875 mol, 30 mol

<i>Iterasi ke-</i>	<i>Nilai Numerik</i>	<i>error</i>
1	0.12687	-
2	0.23815	0.11128
3	0.33554	0.09739
4	0.42079	0.08525
5	0.4954	0.07461
6	0.5607	0.0653
7	0.61786	0.05716
8	0.66789	0.05003
9	0.71167	0.04378
10	0.75	0.03833
11	0.78354	0.03354
12	0.81289	0.02935
13	0.83859	0.0257
14	0.86108	0.02249
15	0.88076	0.01968
16	0.89799	0.01723
17	0.91307	0.01508
18	0.92627	0.0132
19	0.93782	0.01155
20	0.94793	0.01011
21	0.95677	0.00884
22	0.96452	0.00775
23	0.9713	0.00678
24	0.97723	0.0059

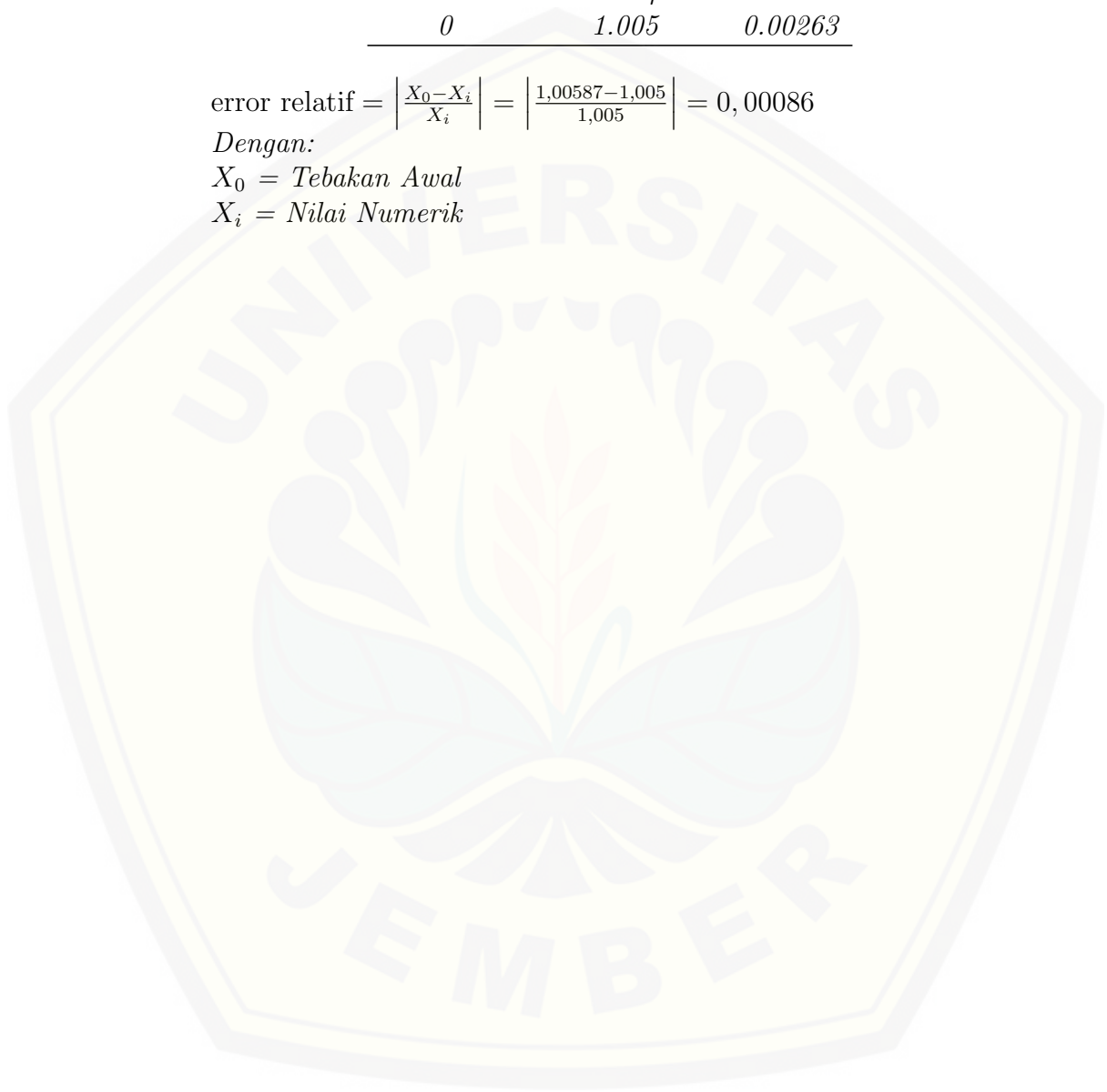
<i>Iterasi ke-</i>	<i>Nilai Numerik</i>	<i>error</i>
<i>25</i>	<i>0.98242</i>	<i>0.00519</i>
<i>26</i>	<i>0.98696</i>	<i>0.00454</i>
<i>27</i>	<i>0.99094</i>	<i>0.00398</i>
<i>28</i>	<i>0.99442</i>	<i>0.00348</i>
<i>29</i>	<i>0.99745</i>	<i>0.00303</i>
<i>0</i>	<i>1.005</i>	<i>0.00263</i>

$$\text{error relatif} = \left| \frac{X_0 - X_i}{X_i} \right| = \left| \frac{1,00587 - 1,005}{1,005} \right| = 0,00086$$

Dengan:

X_0 = *Tebakan Awal*

X_i = *Nilai Numerik*



LAMPIRAN D. MONOGRAF



MONOGRAF

Budi Adi Saputra

Prof. Drs. Dafik, M.Sc., Ph.D.

Arif Fatahillah, S.Pd., M.Si.



Analisis Numerik Penyebaran Abu Vulkanik
Gunung Berapi Menggunakan Metode Volume
Hingga

PROGRAM STUDI PENDIDIKAN MATEMATIKA
JURUSAN PENDIDIKAN MIPA
FAKULTAS KEGURUAN DAN ILMU PENDIDIKAN
UNIVERSITAS JEMBER

Monograf PEMODELAN MATEMATIKA

Analisis Penyebaran Abu Vulkanik Gunung Berapi Menggunakan Metode Volume Hingga

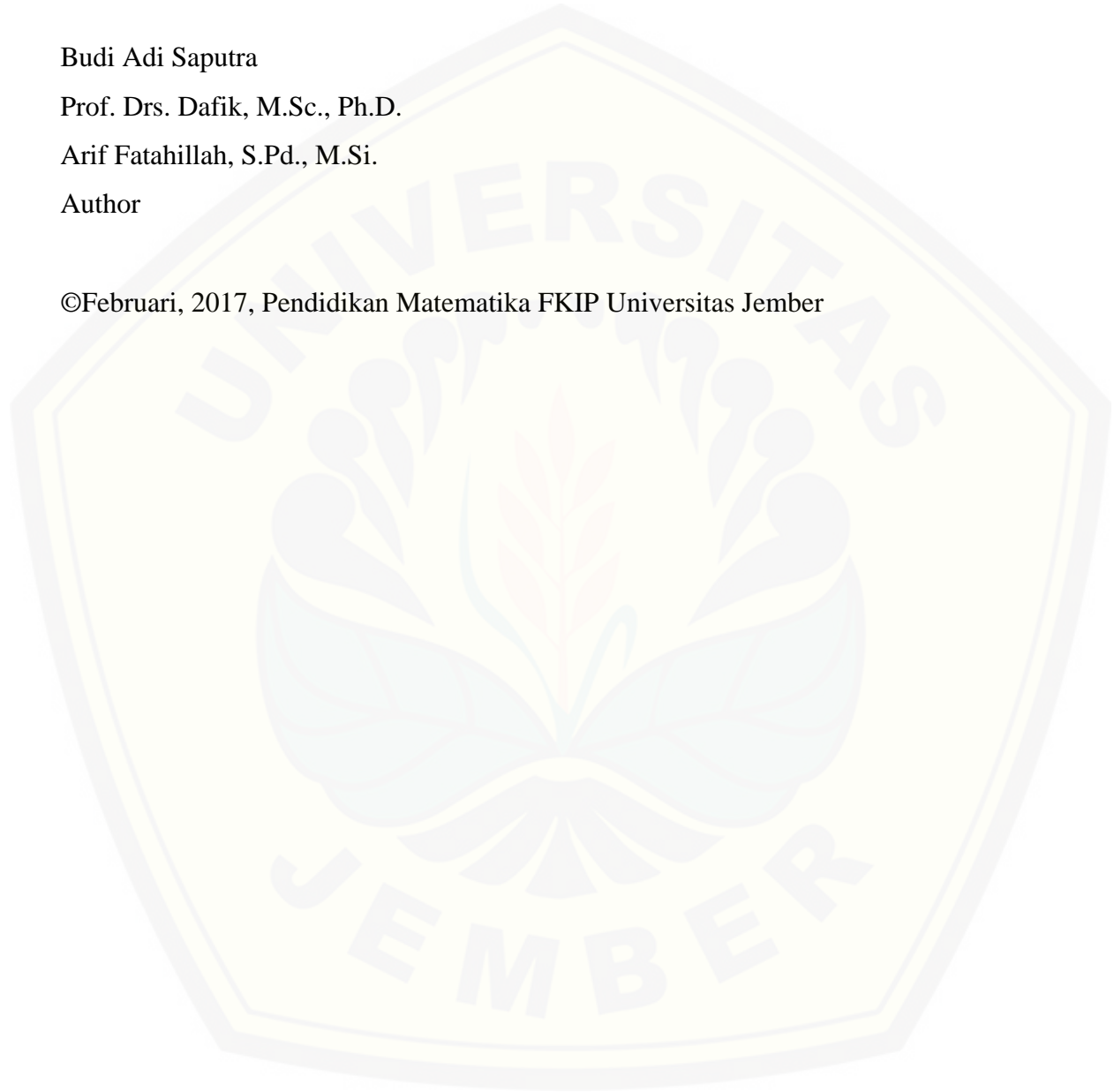
Budi Adi Saputra

Prof. Drs. Dafik, M.Sc., Ph.D.

Arif Fatahillah, S.Pd., M.Si.

Author

©Februari, 2017, Pendidikan Matematika FKIP Universitas Jember



PRAKATA

Puji syukur kami panjatkan kehadirat Tuhan Yang Maha Esa karena atas limpahan rahmat dan hidayah-Nya, kami dapat menyelesaikan monograf ini sebagaimana mestinya. Monograf ini disusun untuk membantu para pembaca memahami bagaimana suatu proses dalam pemodelan matematika khususnya tentang penyebran abu vulkanik gunung berapi.

Penulis sangat menyadari bahwa dalam penyusunan monograf ini terdapat banyak sekali kekurangan baik dalam hal isi maupun sistematika penulisannya. Hal ini disebabkan karena keterbatasan kemampuan dan wawasan yang kami miliki, untuk itu kritik dan saran yang membangun sangat penulis harapkan. Penulis berharap monograf ini dapat bermanfaat bagi pembacanya.

Februari 2017

Jember,

DAFTAR ISI

PRAKATA	iii
DAFTAR ISI	iv
DAFTAR GAMBAR	v
BAB I	
PENDAHULUAN	1
BAB II	
2.1 Abu Vulkanik Gunung Berapi	2
2.2 Persamaan Momentum	3
2.3 Persamaan Massa	5
2.4 Diskritisasi Dengan Metode QUICK	6
2.5 Skema Diskritisasi	9
BAB III	
KOMPUTASI NUMERIK	10
BAB IV	
SIMULASI MENGGUNAKAN FLUENT	19
DAFTAR PUSTAKA	24

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Abu Vulkanik Gunung Berapi	2
Gambar 2.2. Diagram Alir Persamaan Momentum	3
Gambar 2.3. Diagram Alir Persamaan Massa	5
Gambar 2.4. Diskritisasi QUICK	7
Gambar 2.5. Skema Diskritisasi	9
Gambar 3.1. Tampilan <i>command window</i> penyebaran abu vulkanik gunung berapiberdasarkan kecepatan udara.....	14
Gambar 3.2. Grafik simulasi penyebaran abu vulkanik berdasarkan kecepatan udara arah sumbu x 0.4 m/s, 0.5 m/s, 0.6 m/s	14
Gambar 3.3. Tampilan <i>command window</i> penyebaran abu vulkanik gunung berapi berdasarkan tekanan saat erupsi	18
Gambar 3.4. Grafik simulasi penyebaran abu vulkanik berdasarkan tekanan saat erupsi 29.75 atm, 29.875 atm, 30 atm.....	18
Gambar 4.1. Desain GAMBIT penyebaran abu vulkanik gunung berapi.....	19
Gambar 4.2. <i>Mesh</i> model penyebaran abu vulkanik.....	20
Gambar 4.3. Simulasi penyebaran abu vulkanik dengan tekanan 30 atm dan kecepatan udara 0.4 m/s.....	22
Gambar 4.4. Simulasi penyebaran abu vulkanik pada bulan Mei-Oktober dengan tekanan 30 atm dan kecepatan udara 0.4 m/s.....	23

BAB I

PENDAHULUAN

Indonesia merupakan negara yang memiliki banyak gunung berapi. Selain memiliki manfaat, keberadaan gunung berapi juga perlu diwaspadai terutama saat meletus karena dapat membahayakan dan mengancam jiwa serta dapat menimbulkan masalah terutama terhadap lingkungan disekitarnya. Salah satu bahaya yang dapat dirasakan dampaknya dalam waktu yang panjang adalah bahaya abu vulkanik. Abu vulkanik adalah bahan material vulkanik yang disemburkan ke udara saat terjadi suatu letusan. Material abu vulkanik terdiri dari batuan berukuran besar sampai berukuran halus. Abu vulkanik terbawa oleh angin, yang berukuran besar biasanya jatuh disekitar sampai radius 5-7 km dari kawah, sedangkan yang berukuran halus dapat jatuh pada jarak mencapai ratusan hingga ribuan kilometer (Rose, 2009).

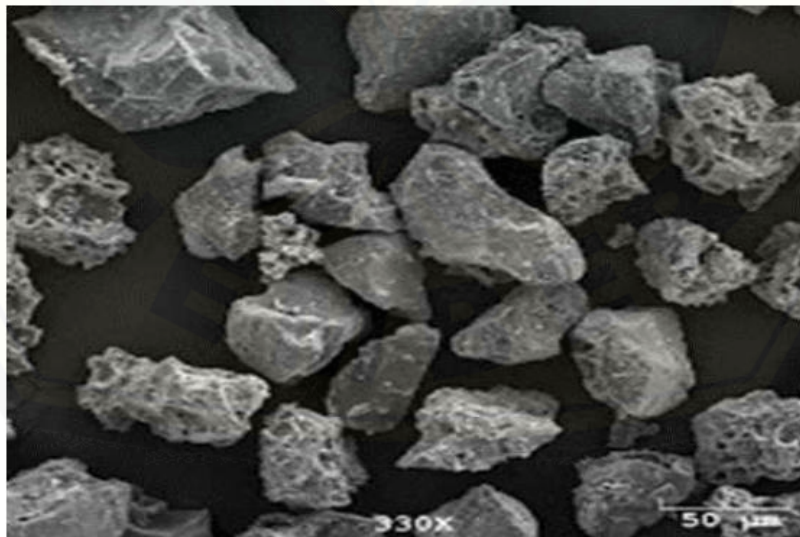
Salah satu cara untuk mengetahui penyebaran abuvulkanik adalah dengan menggunakan pemodelan matematika. Pemodelan matematika merupakan desain untuk memberikan deskripsi secara fisik dengan persamaan, yang menghubungkan struktur matematika dan metodenya untuk menginterpretasikan dan menyimulasikan system realita lapangan yang didukung oleh hubungan yang lebih mendalam dari bentuk-bentuk model matematika (Iswanto, 2012). Model matematika yang terbentuk akan diselesaikan secara numerik dengan menggunakan metode volume hingga. Metode volume hingga adalah salah satu metode dalam pemodelan matematika yang sesuai untuk diterapkan pada masalah aliran fluida atau aerodinamika. Untuk proses analisis dan simulasi menggunakan software MATLAB dan FLUENT.

Pada monograf ini akan disajikan langkah-langkah pembentukan model matematika penyebaran abu vulkanik gunung berapi menggunakan metode volume hingga Kemudian akan dilanjutkan dengan langkah-langkah perhitungan numerik menggunakan MATLAB dan langkah-langkah simulasi dengan FLUENT.

**BAB
II**

2.1 Abu Vulkanik Gunung Berapi

Abu vulkanik merupakan leburan bagian dalam gunung yang terdiri dari batuan yang hancur, mineral dan kaca vulkanik yang dikeluarkan saat erupsi gunung berapi. Erupsi gunung dapat terjadi karena gas-gas terlarut dalam batuan cair (magma) mengalami perluasan yang kemudian disertai dengan hembusan keras ke udara. Setelah di udara angin dapat meniup partikel abu kecil tersebut hingga dapat mencapai puluhan ribu kilometer jauhnya dari gunung berapi. Struktur fisik abu vulkanik yang berrongga menyebabkan abu vulkanik mudah terbawa oleh angin. Hal tersebut yang membuat abu vulkanik dapat menyebar hingga jarak puluhan ribu kilometer meskipun berbentuk batuan (Shoji, 1993). Menurut Rose (2009) Partikel abu vulkanik berukuran sangat kecil yakni kurang dari 0,001 milimeter seperti yang terlihat pada gambar di bawah ini.

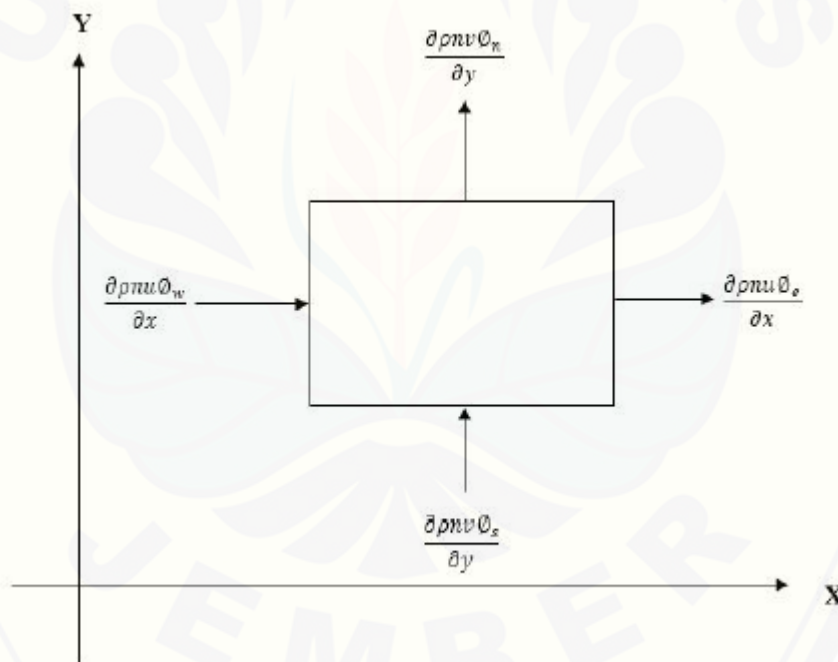


Gambar 2.1 Abu Vulkanik

Material debu vulkanik yang tertiuap angin adalah campuran homogen dari partikel vulkanik dan gas yang mengalir menurut densitas tertentu. Selain gerakan dari debu vulkanik dipengaruhi oleh kecepatan angin, gerakannya juga dipengaruhi oleh faktor gravitasi bumi, tekanan saat erupsi serta massa jenis dan konsentrasi abu vulkanik (Banne, 2002:1).

2.2 Persamaan Momentum

Pada analisis penyebaran abu vulkanik gunung berapi ini, momentum masuk dan momentum keluar terjadi dua arah yaitu pada sumbu-x dan sumbu-y sesuai dengan bagan kendali persmaan momentum sebagai berikut:



Gambar 2.2 Bagan Kendali Persmaan Momentum

Persamaan umum momentum adalah

$$\frac{\partial \rho \phi_0}{\partial t} + [pure\ rate] = F$$

$$\frac{\partial \rho \phi_0}{\partial t} + [\text{output} - \text{input}] = F$$

Fluks momentum terjadi di dua sisi, yaitu satu fluks masuk dan satu fluks keluar.

- Fluks momentum yang masuk (input):

$$\frac{\partial \rho n u \phi_w}{\partial x} + \frac{\partial \rho n v \phi_s}{\partial y} \quad (1)$$

- Fluks momentum yang masuk (input):

$$\frac{\partial \rho n u \phi_e}{\partial x} + \frac{\partial \rho n v \phi_n}{\partial y} \quad (2)$$

Persamaan (1) dan persamaan (2) disubstitusikan ke persamaan umum momentum sehingga diperoleh persamaan berikut:

$$\frac{\partial \rho \phi_0}{\partial t} + \frac{\partial \rho n u \phi_w}{\partial x} - \frac{\partial \rho n u \phi_e}{\partial x} + \frac{\partial \rho n v \phi_s}{\partial y} - \frac{\partial \rho n v \phi_n}{\partial y} = F \quad (3)$$

Dengan gaya-gaya (F) yang bekerja adalah tekanan (P), konsentrasi zat (μ), gravitasi (g) dan massa jenis (ρ) maka persamaan (3) menjadi:

$$\begin{aligned} \frac{\partial \rho \phi_0}{\partial t} + \frac{\partial \rho n u \phi_w}{\partial x} - \frac{\partial \rho n u \phi_e}{\partial x} + \frac{\partial \rho n v \phi_s}{\partial y} - \frac{\partial \rho n v \phi_n}{\partial y} = \\ -\nabla P + \rho g_i + \mu \nabla(\nabla u_i) \end{aligned} \quad (4)$$

Dimana:

$$-\nabla P = \frac{-\partial P}{\partial x} - \frac{\partial P}{\partial y}$$

$$g_i = \frac{\partial g}{\partial x} + \frac{\partial g}{\partial y}$$

$$\mu \nabla(\nabla u_i) = \left(\frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial u}{\partial y} \right) \right) \quad (5)$$

Dengan mensubstitusikan persamaan (5) ke persamaan (4) diperoleh:

$$\begin{aligned} \frac{\partial \rho \phi_0}{\partial t} + \frac{\partial \rho n u \phi_w}{\partial x} - \frac{\partial \rho n u \phi_e}{\partial x} + \frac{\partial \rho n v \phi_s}{\partial y} - \frac{\partial \rho n v \phi_n}{\partial y} = \\ \frac{-\partial P}{\partial x} - \frac{\partial P}{\partial y} + \rho \left(\frac{\partial g}{\partial x} + \frac{\partial g}{\partial y} \right) + \mu \left(\frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial u}{\partial y} \right) \right) \end{aligned} \quad (6)$$

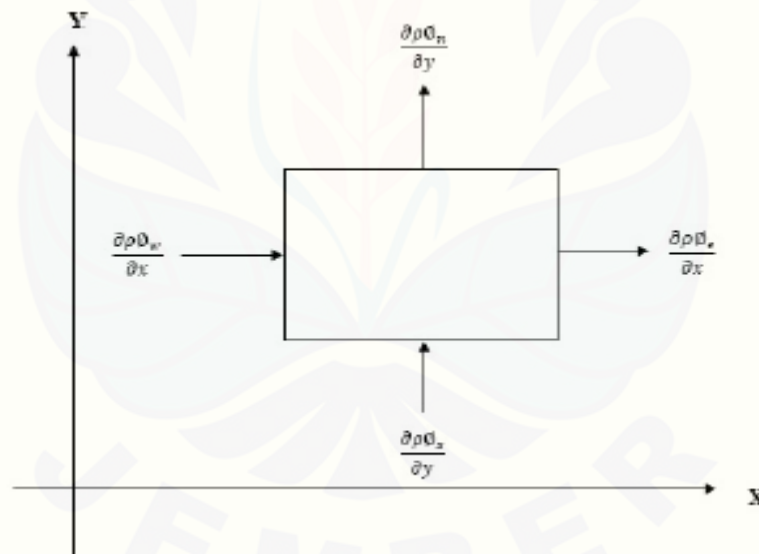
Dengan melakukan distribusi maka persamaan 6 menjadi:

$$\frac{\partial \rho \phi_0}{\partial t} + \frac{\partial \rho n u \phi_w}{\partial x} - \frac{\partial \rho n u \phi_e}{\partial x} + \frac{\partial \rho n \phi_s}{\partial y} - \frac{\partial \rho n v \phi_n}{\partial y} =$$

$$\frac{-\partial P}{\partial x} - \frac{\partial P}{\partial y} + \rho \frac{\partial g}{\partial x} + \rho \frac{\partial g}{\partial y} + \mu \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + \mu \frac{\partial^2 u}{\partial x \partial y} + \mu \frac{\partial^2 v}{\partial x \partial y} + \mu \frac{\partial^2 v}{\partial y^2} \quad (7)$$

2.3 Persamaan Massa

Berikut ini adalah gambar bagan kendali persamaan massa dengan massa masuk dan massa keluar terjadi dua arah yaitu pada sumbu-x dan sumbu-y.



Gambar 2.3 Bagan Kendali Persmaan Massa

Bentuk umum persamaan massa adalah:

$$\frac{\partial}{\partial t}(\text{massa}) + [\text{fluks massa masuk} - \text{fluks massa keluar}] = 0$$

Fluks massa terjadi di dua sisi, yaitu fluks masuk dan fluks keluar.

- Fluks momentum yang masuk (input):

$$\frac{\partial \rho \phi_w}{\partial x} + \frac{\partial \rho \phi_s}{\partial y} \quad (8)$$

- Fluks momentum yang keluar (output):

$$\frac{\partial \rho \phi_e}{\partial x} + \frac{\partial \rho \phi_n}{\partial y} \quad (9)$$

Dengan mensubstitusikan persamaan (8) dan persamaan (9) ke persamaan umum massa akan diperoleh:

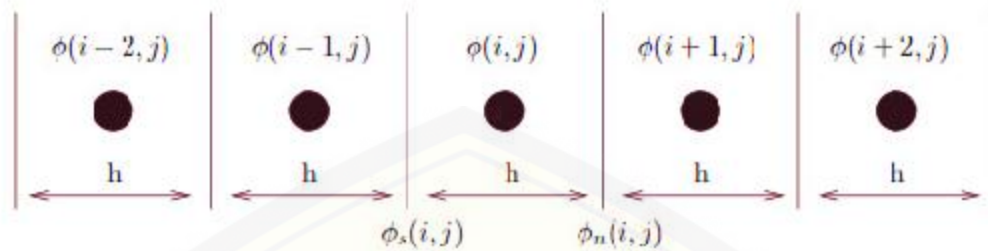
$$\frac{\partial \phi_0}{\partial t} + \frac{\partial \rho \phi_w}{\partial x} - \frac{\partial \rho \phi_e}{\partial x} + \frac{\partial \rho \phi_s}{\partial y} - \frac{\partial \rho \phi_n}{\partial y} = 0 \quad (10)$$

Penyelesaian model matematika penyebaran abu vulkanik gunung berpi dilakukan dengan cara mensubstitusikan persamaan massa ke persamaan momentum kemudian mengintegrasikan persamaan akhir yang diperoleh sebanyak variabel bebas yang ada, sehingga diperoleh persamaan model matematika dari penyebaran abu vulkanik gunung berpi sebagai berikut:

$$\begin{aligned} & \phi_e(\rho \Delta y \Delta t - \rho n u \Delta y \Delta t) + \phi_w(-\rho \Delta y \Delta t + \rho n u \Delta y \Delta t) + \phi_n(\rho \Delta x \Delta t - \rho n v \Delta x \Delta t) \\ & + \phi_s(-\rho \Delta x \Delta t + \rho n v \Delta x \Delta t) = \frac{-\partial P}{\partial x} - \frac{\partial P}{\partial y} + \rho \frac{\partial g}{\partial x} + \rho \frac{\partial g}{\partial y} + \mu \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + \mu \frac{\partial^2 u}{\partial x \partial y} + \\ & \mu \frac{\partial^2 v}{\partial x \partial y} + \mu \frac{\partial^2 v}{\partial y^2} \end{aligned} \quad (14)$$

2.4 Diskritisasi Dengan Metode QUICK

Pendiskritisasian dengan menggunakan teknik diskritisasi QUICK dilakukan untuk mengubah nilai face menjadi nilai node dalam dua dimensi agar tidak saling tumpang tindih sehingga mendapatkan nilai numerik.



Gambar 2.4 Diskritisasi QUICK

Berikut nilai input dan output dari kontrol face pada diskritisasi QUICK.

$$\begin{aligned}
 \phi_s(i, j) &= -\frac{1}{8}\phi(i, j-2) + \frac{3}{4}\phi(i, j-1) + \frac{3}{8}\phi(i, j) \\
 \phi_n(i, j) &= -\frac{1}{8}\phi(i, j-1) + \frac{3}{4}\phi(i, j) + \frac{3}{8}\phi(i, j+1) \\
 \phi_w(i, j) &= -\frac{1}{8}\phi(i-2, j) + \frac{3}{4}\phi(i-1, j) + \frac{3}{8}\phi(i, j) \\
 \phi_e(i, j) &= -\frac{1}{8}\phi(i-1, j) + \frac{3}{4}\phi(i, j) + \frac{3}{8}\phi(i+1, j)
 \end{aligned} \tag{15}$$

Substitusikan persamaan (15) ke persamaan (14) sehingga diperoleh:

$$\begin{aligned}
 &\left(-\frac{1}{8}\phi(i-1, j) + \frac{3}{4}\phi(i, j) + \frac{3}{8}\phi(i+1, j)\right)(\rho\Delta y\Delta t - \rho nu\Delta y\Delta t) + \left(-\frac{1}{8}\phi(i-2, j) + \frac{3}{4}\phi(i-1, j) + \frac{3}{8}\phi(i, j)\right)(-\rho\Delta y\Delta t + \rho nu\Delta y\Delta t) + \left(-\frac{1}{8}\phi(i, j-1) + \frac{3}{4}\phi(i, j) + \frac{3}{8}\phi(i, j+1)\right)(\rho\Delta x\Delta t - \rho nv\Delta x\Delta t) + \left(-\frac{1}{8}\phi(i, j-2) + \frac{3}{4}\phi(i, j-1) + \frac{3}{8}\phi(i, j)\right)(-\rho\Delta x\Delta t + \rho nv\Delta x\Delta t) = \frac{-\partial P}{\partial x} - \frac{\partial P}{\partial y} + \rho \frac{\partial g}{\partial x} + \rho \frac{\partial g}{\partial y} + \mu \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + \mu \frac{\partial^2 u}{\partial x\partial y} + \mu \frac{\partial^2 v}{\partial x\partial y} + \mu \frac{\partial^2 v}{\partial y^2}
 \end{aligned} \tag{16}$$

Persamaan (16) dapat disederhanakan dengan mengumpulkan suku sejenis sehingga diperoleh:

$$\begin{aligned} & \phi(i-1, j) \left[-\frac{7}{8}\rho + \frac{7}{8}\rho nu \right] \Delta y \Delta t + \phi(i, j) \left[\left(\frac{3}{8}\rho - \frac{3}{8}\rho nu \right) \Delta y \Delta t + \left(\frac{3}{8}\rho - \frac{3}{8}\rho nv \right) \Delta x \Delta t \right] + \phi(i+1, j) \left[\frac{3}{8}\rho - \frac{3}{8}\rho nu \right] \Delta y \Delta t + \phi(i-2, j) \left[\frac{1}{8}\rho - \frac{1}{8}\rho nu \right] \Delta \Delta t + \\ & \phi(i, j-1) \left[-\frac{7}{8}\rho + \frac{3}{8}\rho nv \right] \Delta x \Delta t + \phi(i, j+1) \left[\frac{3}{8}\rho - \frac{3}{8}\rho nv \right] \Delta x \Delta t + \phi(i, j-2) \left[\frac{1}{8}\rho - \frac{1}{8}\rho nv \right] \Delta \Delta t + \\ & 2) \left[\frac{1}{8}\rho - \frac{1}{8}\rho nv \right] \Delta x \Delta t = \frac{-\partial P}{\partial x} - \frac{\partial P}{\partial y} + \rho \frac{\partial g}{\partial x} + \rho \frac{\partial g}{\partial y} + \mu \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + \mu \frac{\partial^2 u}{\partial x \partial y} + \mu \frac{\partial^2 v}{\partial x \partial y} + \mu \frac{\partial^2 v}{\partial y^2} \end{aligned}$$

Agar penulisan dalam bentuk matriks lebih, maka persamaan (17) dapat disederhanakan dengan memisalkan:

$$A = \left[\frac{1}{8}\rho - \frac{1}{8}\rho nu \right] \Delta y \Delta t$$

$$B = \left[-\frac{7}{8}\rho + \frac{7}{8}\rho nu \right] \Delta y \Delta t$$

$$C = \left[\left(\frac{3}{8}\rho - \frac{3}{8}\rho nu \right) \Delta y \Delta t + \left(\frac{3}{8}\rho - \frac{3}{8}\rho nv \right) \Delta x \Delta t \right]$$

$$D = \left[\frac{3}{8}\rho - \frac{3}{8}\rho nu \right] \Delta y \Delta t$$

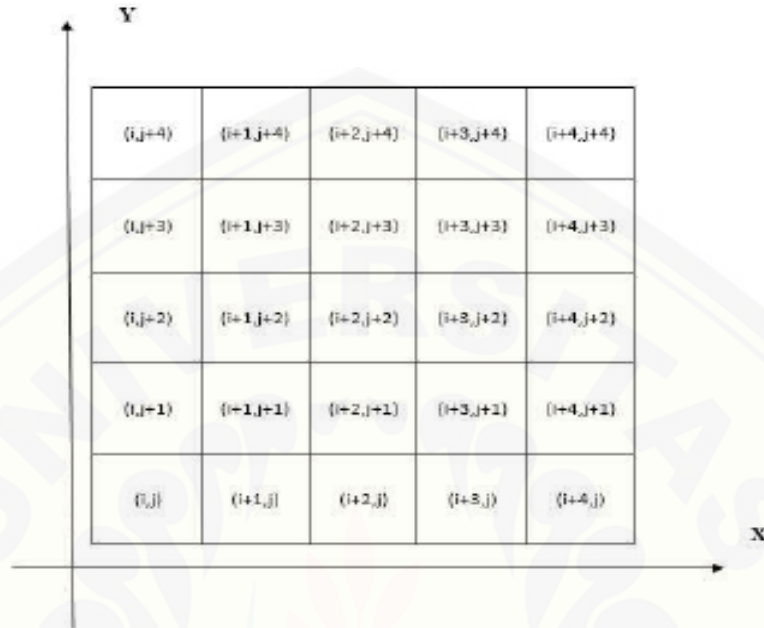
$$E = \left[\frac{1}{8}\rho - \frac{1}{8}\rho nv \right] \Delta x \Delta t$$

$$F = \left[-\frac{7}{8}\rho + \frac{3}{8}\rho nv \right] \Delta x \Delta t$$

$$G = \left[\frac{3}{8}\rho - \frac{3}{8}\rho nv \right] \Delta x \Delta t$$

$$H = \frac{-\partial P}{\partial x} - \frac{\partial P}{\partial y} + \rho \frac{\partial g}{\partial x} + \rho \frac{\partial g}{\partial y} + \mu \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + \mu \frac{\partial^2 u}{\partial x \partial y} + \mu \frac{\partial^2 v}{\partial x \partial y} + \mu \frac{\partial^2 v}{\partial y^2}$$

2.5 Skema Diskritisasi



Gambar 2.5 Skema Diskritisasi Visualisasi Gunung Berapi

Berdasarkan skema diskritisasi di atas, maka dapat dibentuk matriks sebagaiberikut:

$$\begin{bmatrix}
 C & D & 0 & 0 & 0 & G & 0 & 0 & \dots & 0 \\
 B & C & D & 0 & 0 & 0 & G & 0 & \dots & 0 \\
 A & B & C & D & 0 & 0 & 0 & G & \dots & 0 \\
 0 & A & B & C & D & 0 & 0 & 0 & \dots & 0 \\
 0 & 0 & A & B & C & 0 & 0 & 0 & \dots & 0 \\
 F & 0 & 0 & 0 & 0 & C & D & 0 & \dots & 0 \\
 0 & F & 0 & 0 & 0 & B & C & D & \dots & 0 \\
 0 & 0 & F & 0 & 0 & A & B & C & \dots & 0 \\
 0 & 0 & 0 & F & 0 & 0 & A & B & \dots & 0 \\
 0 & 0 & 0 & 0 & F & 0 & 0 & A & \dots & 0 \\
 E & 0 & 0 & 0 & 0 & F & 0 & 0 & \dots & 0 \\
 0 & E & 0 & 0 & 0 & 0 & F & 0 & \dots & 0 \\
 0 & 0 & E & 0 & 0 & 0 & 0 & F & \dots & 0 \\
 0 & 0 & 0 & E & 0 & 0 & 0 & 0 & \dots & 0 \\
 \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\
 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & \dots & C
 \end{bmatrix}
 \begin{bmatrix}
 \phi_1 \\
 \phi_2 \\
 \phi_3 \\
 \phi_4 \\
 \phi_5 \\
 \phi_6 \\
 \phi_7 \\
 \phi_8 \\
 \phi_9 \\
 \phi_{10} \\
 \phi_{11} \\
 \phi_{12} \\
 \phi_{13} \\
 \phi_{14} \\
 \vdots \\
 \phi_n
 \end{bmatrix}
 =
 \begin{bmatrix}
 H \\
 H \\
 H \\
 H \\
 H \\
 H \\
 H \\
 H \\
 H \\
 H \\
 H \\
 H \\
 H \\
 H \\
 \vdots \\
 H
 \end{bmatrix}$$

**BAB
III**

KOMPUTASI NUMERIK

Model matematika penyebaran abu vulkanik gunung berapi yang terbentuk akan diselesaikan dengan metode GAUSS SEIDEL dengan bantuan *software* MATLAB. Simulasi program model penyebaran abu vulkanik gunung berapi akan dianalisis terhadap pengaruh kecepatan udara dan tekanan saat erupsi. Nilai-nilai koefisien yang disubstitusikan ke dalam persamaan adalah sebagai berikut: massa jenis abu vulkanik ($\rho = 2,64 \text{ kg/m}^3$), suhu ($T = 373 \text{ K}$), gravitasi ($g = 9,8 \text{ m/s}^2$), massa jenis gas ($\rho_g = 2.65 \text{ kg/m}^3$), ketetapan gas ($R = 0.085 \text{ atm m}^3/\text{ kg K}$), pemecahan partikel awal ($n_0 = 0.004$) ketetapan magma ($s = 4,11 \times 10^{-2}$), kecepatan udara arah sumbu y ($v = 0,5 \text{ m/s}$).

Pada simulasi pertama akan dianalisis model penyebaran abu vulkanik gunung berapi akan dianalisis terhadap pengaruh kecepatan udara arah sumbu x. Adapun langkah-langkah untuk menjalankan program MATLAB, sebagai berikut:

1. Pilih menu **File >> New >> M-File**
2. Selanjutnya muncul *Editor Worksheet* dan ketiklah program berikut :

```
clear all;
clc;
disp('=====');
disp(' SIMULASI PENYEBARAN ABU VULKANIK GUNUNG BERAPI ');
disp(' MENGGUNAKAN METODE GAUSS SEIDEL ');
disp(' Oleh: ');
disp(' BUDI ADI SAPUTRA (130210101085) ');
disp('=====');
% TAHAP INPUT
m=input('masukkan baris matriks yang diinginkan = ');
```

```
n=input('masukkan kolom matriks yang diinginkan = ');
u1=input('kecepatan udara minimal searah sumbu x = ');
u2=input('kecepatan udara maksimal searah sumbu x = ');
E=input('masukkan batas toleransi = ');
N =input(' masukkan iterasi maksimum = ');
for i=1:m
for k=1:l
X0(i,k)=input(['tebakan awal X('num2str(i),' ',num2str(k),'=')]);
end
X0=zeros(m,l); X0(1:l,m)=1;
% TAHAP INISIALISASI
ua=(u2-u1)/2;

%interval kecepatan udara arah sumbu x (m/s)
rho=2.64;

%massa jenis abu vulkanik (kg/m^3)
rhog=0.98;

%massa jenis gas (kg/m^3)
v=1;

%kecepatan udara arah sumbu y (m/s)
r=0.082;
```

```


D=(-3/8*rho*Nn*u*deltay*deltat)+(3/8*rho*deltay*deltat);
E=(-1/8*rho*Nn*v*deltax*deltat)+(1/8*rho*deltax*deltat);
F=(7/8*rho*Nn*v*deltax*deltat)-(7/8*rho*deltax*deltat);
G=(-3/8*rho*Nn*v*deltax*deltat)+(3/8*rho*deltax*deltat);
H=(-(P+(rho*g))*(deltat*deltay))+(-(P+(rho*g))*(deltat*deltax))
+((v*miu)*((deltat*deltax)/deltay))+((u*miu)*
((deltat*deltay)/deltax))+((u+v)*(miu*deltat));
K=zeros(m*n:m*n);
%pendefinisian untuk i-2,j
K(3:m*n+1:(m*n)^2-2*(m*n))=A;
K(m*n*(m-2)+m+1:m*(m*n+1):m*n*(m*n-2))=0;
K(m*n*(m-1)+m+2:m*(m*n+1):m*n*(m*n-2))=0;
%pendefinisian untuk i-1,j
K(2:m*n+1:m*n*(m*n-1))=B;
K(m*n*(m-1)+m+1:m*(m*n+1):m*n*(m*n-1))=0;
%pendefinisian untuk i,j
K(1:m*n+1:m^2*n^2)=C;
%pendefinisian untuk i+1,j
K(m*n+1:m*n+1:m^2*n^2-1)=0;
K(m^2*n+m:m*(m*n+1):m*n*(m*n-1))=0;
%pendefinisian untuk i,j-2
K(m^2+1:m*n+1:m^2*n*(n-2))=E;
%pendefinisian untuk i,j-1
K(m+1:m*n+1:m^2*n*(n-1))=F;
%pendefinisian untuk i,j+1
K(m^2*n+1:m*n+1:m^2*n^2-m)=G; K
%pendefinisian konstanta
L(1:(m*n),1)=H;
%TAHAP Pengerjaan Matriks
L(1:(m*n),1)=H;
R=length(L);
Xl=X0;
for k=1:N,
for i=1:m*n,
S=L(i)-K(i,1:i-1)*Xl(1:i-1)-K(i,i+1:m*n)*X0(i+1:m*n);

```

```

X1(i)=S/K(i,i); end tol=abs(X1-X0);
error=norm(tol);
relerr=error/(norm(X1)+eps);
X0=X1;
if(error<e)|(relerr<e),break,end
end
disp(['besarnya error = ',num2str(error)]; disp(['besarnya relatif error =
',num2str(relerr)]);
X1;
X_all=[X_all X1];
Xall_plot=[Xall_plot X_all(:,end)];
Xall_plot_New=miu0-Xall_plot;
end
plot(l:(m*n),Xall_plot_New(:,l:(m*n)),Xall_plot_New(:,l:(m*n)),'ro','MarkerEdgeColor','k','MarkerFaceColor','r');
grid on; hold on; xlabel('jarak dari gunung')
ylabel('konsentrasi abu') title('SIMULASI PENYEBARAN ABU VULKANIK PADA GUNUNG
legend(strcat('kecepatan udara=',num2str((ul:ua:u2)'),'m/s'));
grid on;
hold on;
disp('Gauss Seidell method converged');

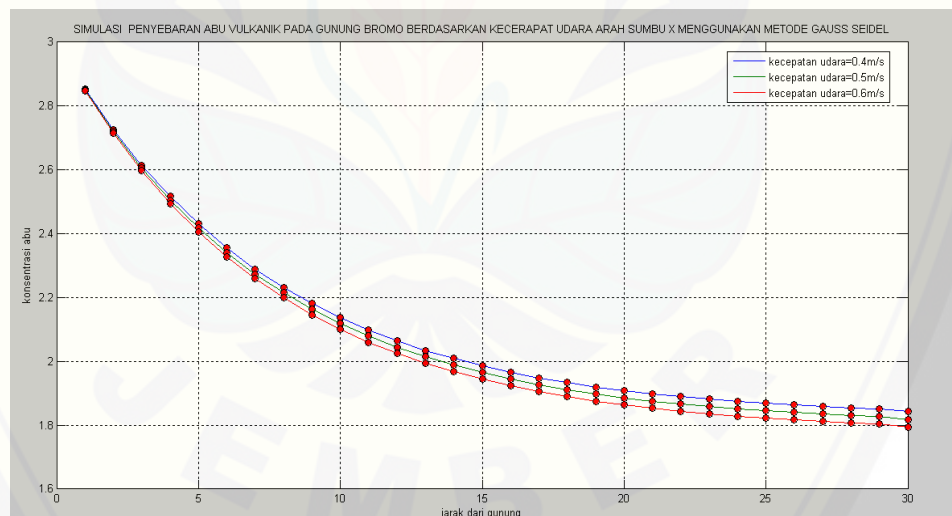
```

3. Simpan *Worksheet* di direktori **c:\MATLAB7\Work** dengan nama **kecepatan.m**.
4. Selanjutnya jalankan program dengan cara menekan tombol “f5” atau klik *icon run*  pada menu *toolbar*.
5. Setelah program dijalankan akan muncul *comman window*. Berturut-urut masukkan nilai baris matrks lalu enter, masukkan nilai kolom matriks lalu enter dan seterusnya seperti gambar di bawah ini.

```
Command Window
-----
By : Budi Adi Saputra
    130210101085
SIMULASI PENYEBARAN ABU VULKANIK GUNUNG BERAPI
Menggunakan Metode Gauss Seidel
-----
masukkan baris matriks yang diinginkan = 30
masukkan kolom matriks yang diinginkan = 1
kecepatan udara minimal searah sumbu x = 0.4
kecepatan udara maksimal searah sumbu x = 0.6
masukkan toleransi error= 0.001
masukkan batas maksimum iterasi= 100
```

Gambar 3.1 Tampilan *command window* penyebaran abu vulkanik gunung berapi berdasarkan kecepatan udara

6. Setelah program dijalankan maka akan muncul grafik berikut.



Gambar 3.2 Grafik simulasi penyebaran abu vulkanik berdasarkan kecepatan udara arah sumbu x 0.4 m/s, 0.5 m/s, 0.6 m/s

Simulasi kedua akan dianalisis model penyebaran abu vulkanik gunung berapi terhadap pengaruh kecepatan tekanan sat erupsi sebesar 29.75 atm,

29.875 atm dan 30 atm. Langkah-langkah untuk menjalankan program MATLAB, yaitu sebagai berikut :

1. Pilih menu **File >> New >> M-File**
2. Selanjutnya muncul *Editor Worksheet* dan ketiklah program berikut :

```
clear all;
clc;
disp('=====');
disp(' SIMULASI PENYEBARAN ABU VULKANIK GUNUNG BERAPI ');
disp(' MENGGUNAKAN METODE GAUSS SEIDEL ');
disp(' Oleh: ');
disp(' BUDI ADI SAPUTRA (130210101085) ');
disp('=====');
% TAHAP INPUT
m=input('masukkan baris matriks yang diinginkan = ');
n=input('masukkan kolom matriks yang diinginkan = ');
P1=input('tekanan minimal saat erupsi = ');
P2=input('tekanan maksimall saat erupsi = ');
E=input('masukkan batas toleransi = ');
N =input(' masukkan iterasi maksimum = ');
for i=1:m
for k=1:l
X0(i,k)=input(['tebakan awal X(',num2str(i),',',num2str(k),')=']);
end
X0=zeros(m,l); X0(1:1:m)=l;
% TAHAP INISIALISASI
Pa=(P2-P1)/2;

%interval tekanan saat erupsi (mol)
rho=2.64;
```


```
miu=0.76;  
  
%konsentrasi udara (mol)  
miu0=14;  
  
%konsentrasi awal abu vulkanik (mol)  
g=9.8;  
  
%gravitasi  
Nn=(n0-(s*sqrt(P)))/(1-(s*sqrt(P)));  
  
%pemecahan partikel  
deltat=1;  
  
%perubahan waktu  
deltax=20;  
  
%partisi pada domain sumbu x  
deltay=0.1;
```

```
n/ . . . | | . |
```

```

%pendefinisian untuk i,j-2
K(m*2+l:m*n+l:m^2*n*(n-2))=E;
%pendefinisian untuk i,j-1
K(m+l:m*n+l:m^2*n*(n-1))=F;
%pendefinisian untuk i,j+1
K(m^2*n+l:m*n+l:m^2*n^2-m)=G; K
%pendefinisian konstanta
L(l:(m*n),l)=H;
%TAHAP Pengerjaan Matriks
L(l:(m*n),l)=H;
R=length(L);
Xl=X0;
for k=1:N,
for i=1:m*n,
S=L(i)-K(i,i-1)*Xl(i,i-1)-K(i,i+1:m*n)*X0(i+1:m*n);
Xl(i)=S/K(i,i); end tol=abs(Xl-X0);
error=norm(tol);
relerr=error/(norm(Xl)+eps);
X0=Xl;
if(error<e)|(relerr<e),break,end
end
disp(['besarnya error = ',num2str(error)]); disp(['besarnya relatif error = ',num2str(relerr)]);
Xl;
X_all=[X_all Xl];
Xall_plot=[Xall_plot X_all(:,end)];
Xall_plot_New=miu0-Xall_plot;
end
plot(l:(m*n),Xall_plot_New(:,l:(m*n)),Xall_plot_New(:,l:(m*n)),'ro','MarkerEdgeColor','k','MarkerFaceColor','r');
grid on; hold on; xlabel('jarak dari gunung')
ylabel('konsentrasi abu') title('SIMULASI PENYEBARAN ABU VULKANIK PADA GUNUNG
legend(strcat(tekanan saat erupsi=',num2str((P1:Pa:P2)'),'mol'));
grid on;
hold on;
disp('Gauss Seidell method converged');

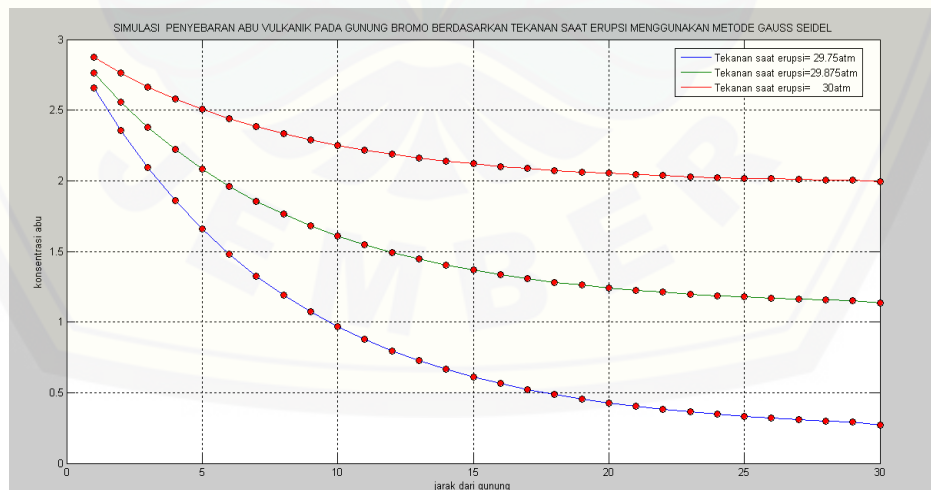
```

1. Simpan *Worksheet* di direktori `c:\MATLAB7\Work` dengan nama **tekanan.m**.
2. Selanjutnya jalankan program dengan cara menekan tombol “f5” atau klik *icon run*  pada menu *toolbar*.
3. Setelah program dijalankan akan muncul *command window*. Masukkan nilai yang diinginkan seperti gambar di bawah ini.

```
Command Window
-----
By : Budi Adi Saputra
    130210101085
SIMULASI PENYEBARAN ABU VULKANIK GUNUNG BERAPI
Menggunakan Metode Gauss Seidel
-----
masukkan baris matriks yang diinginkan = 30
masukkan kolom matriks yang diinginkan = 1
tekanan minimal saat erupsi = 29.75
tekanan maksimall saat erupsi = 30
masukkan toleransi error= 0.001
masukkan batas maksimum iterasi= 100
```

Gambar 3.3 Tampilan *command window* penyebaran abu vulkanik gunung berapi berdasarkan tekanan saat erupsi

4. Setelah program dijalankan maka akan muncul grafik berikut.



Gambar 3.4 Grafik simulasi penyebaran abu vulkanik berdasarkan tekanan saat erupsi 29.75 atm, 29.875 atm, 30 atm

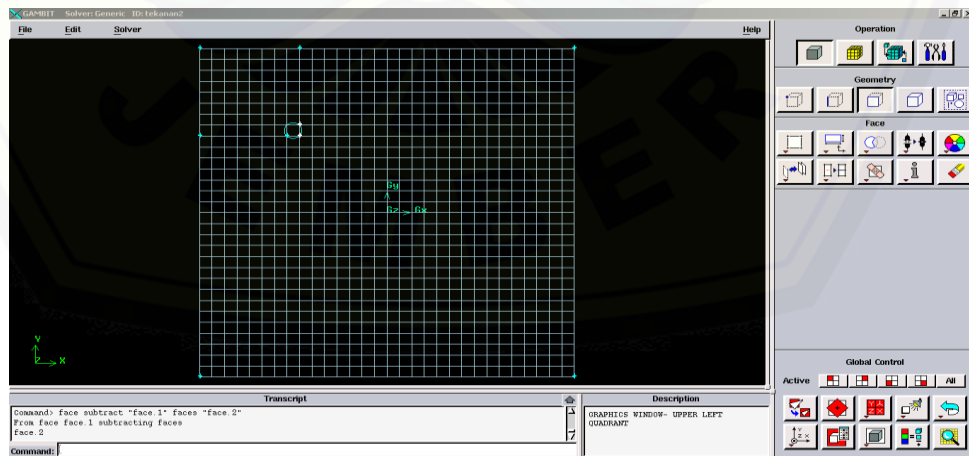
BAB IV

SIMULASI MENGGUNAKAN FLUENT

Pada simulasi menggunakan FLUENT ini akan ditampilkan gambar penyebaran konsentrasi (*density*) abu vulkanik disekitar gunung Bromo berdasarkan kecepatan udara serah sumbu x dan tekanan saat erupsi. Gambar yang akan disimulasikan menggunakan FLUENT terlebih dahulu didesain menggunakan program GAMBIT dalam bentuk 2D (2 Dimensi).

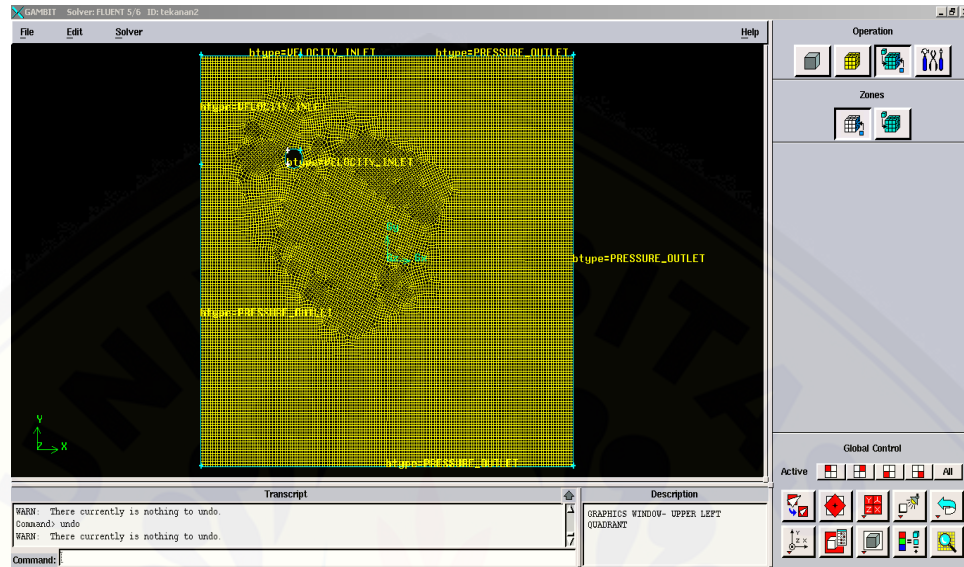
Adapun langkah-langkah untuk membuat desain gambar pada GAMBIT adalah sebagai berikut :

1. Buka program GAMBIT kemudian klik Menu **File >> New**
2. Selanjutnya isilah ID pada *toolboxes* yang tersedia. ID tersebut akan disimpan sebagai nama file. Misalkan ID tersebut kita isi dengan **tekanan2**. Kemudian buatlah desain geometri dari simulasi penyebaran abu vulkanik yang akan diteliti, seperti gambar berikut.



Gambar 4.1 Desain GAMBIT penyebaran abu vulkanik gunung berapi

3. Selanjutnya klik menu **Solver >> FLUENT 5/6**
4. Kemudian *mesh* gambar tersebut menggunakan *mesh face* (2Dimensi)



Gambar 4.2 *Mesh* model penyebaran abu vulkanik

5. Selanjutnya mendefinisikan tiap bagian sebagai *wall*, *input* dan *output*
6. Kemudian klik Menu **File >> Save**
7. *Export* gambar tersebut ke dalam format *mesh* yaitu dengan klik Menu **File >> Export >> Mesh >> klik Export 2D(X-Y) Mesh >> Accept**. File akan tersimpan sebagai **tekanan2.msh**

Setelah membuat desain geometri dari saluran pernapasan, maka akan dilanjutkan dengan simulasi FLUENT. Adapun langkah-langkah simulasi FLUENT sebagai berikut :

1. Sebelum melakukan simulasi, langkah pertama adalah pilih versi FLUENT yang akan digunakan.
 - 2d : dua dimensi *single precision*
 - 2ddp : dua dimensi *double precision*
 - 3d : tiga dimensi *single precision*
 - 3ddp : tiga dimensi *double precision*

Perbedaan *single precision* dan *double precision* adalah untuk *double precision* lebih presisi. Presisi menunjukkan seberapa dekat perbedaan nilai pada saat dilakukan pengulangan pengukuran.

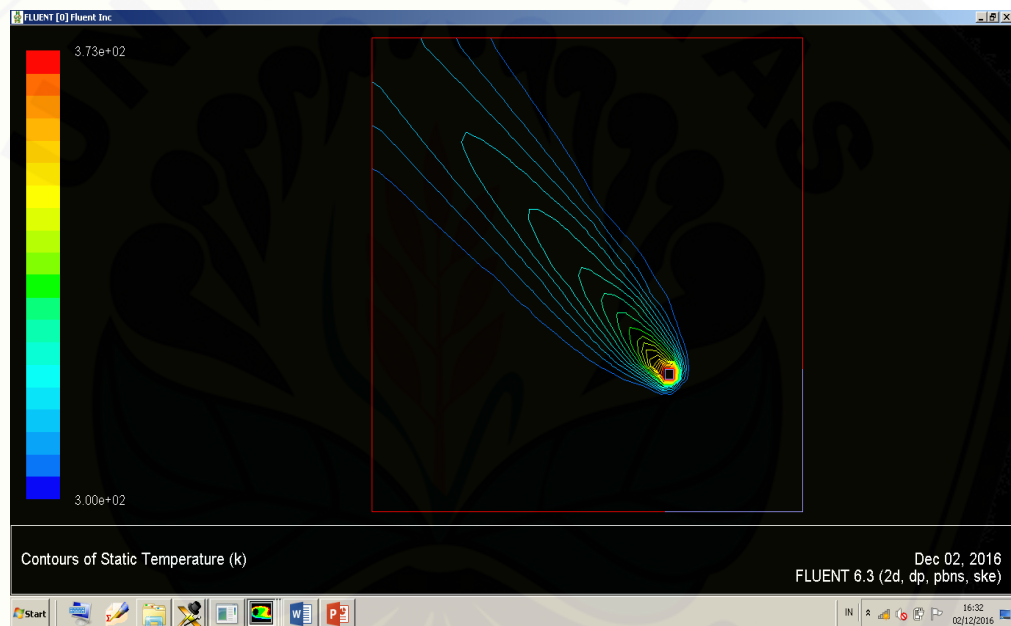
Pada simulasi ini versi FLUENT yang digunakan adalah 2ddp karena, desain geometri yang digunakan berupa 2D (2 Dimensi).

2. Selanjutnya klik Menu **File >> Read >> Case**
3. Pilih file mesh GAMBIT yang akan disimulasikan, yaitu **tekanan2.msh**
4. Selanjutnya klik Menu **Grid >> Check**
5. Kemudian klik Menu **Grid >> Smooth/Swap >> Smooth** dan **Swap**
6. Selanjutnya adalah mendefinisikan model yang akan disimulasikan yaitu :
 - Pilih Menu **Define >> Models >> Solver** , pada *frame Time* pilih jenis aliran **Steady** atau **Unsteady**. Simulasi ini menggunakan **Unsteady**
 - Kemudian Menu **Define >> Models >> Viscous**, pastikan pada *frame Model*, yang dipilih adalah **k-epsilon (2eqn)**.
7. Selanjutnya tahap pendefinisian material fluida. Klik **Define >> Material**, Pada *pop up menu Fluid Material* pilih material fluidanya, simulasi ini menggunakan silika padat (silicon-solid) karena senyawa terbanyak dalam abu vulkanik adalah silika. Selanjutnya langsung klik **Change/Create**.
8. Setelah itu pendefinisian *boundary condition*. Klik Menu **Define >> Boundary Condition**. Pada tahap ini, yaitu memasukkan nilai-nilai yang akan digunakan pada simulasi, seperti nilai kecepatan, suhu, tekanan, dan lain-lain.
9. Selanjutnya klik Menu **Solve >> Inialitize >> Inialitize**, pada *frame Initial Values* masukkan nilai tekanan awal, kecepatan sumbu x, y dan z. Kemudian klik **Init**.
10. Kemudian klik Menu **Solve >> Monitors >> Residual**, pada *checkboxes Option* pastikan **Print** dan **Plot** sudah terpilih, kemudian klik **OK**
11. Kemudian klik Menu **Solve >> Iterate, Number of iterations** diisi sesuai dengan iterasi yang dipakai, kemudian **Iterate**

12. Selanjutnya klik Menu **Display >> Contour**.

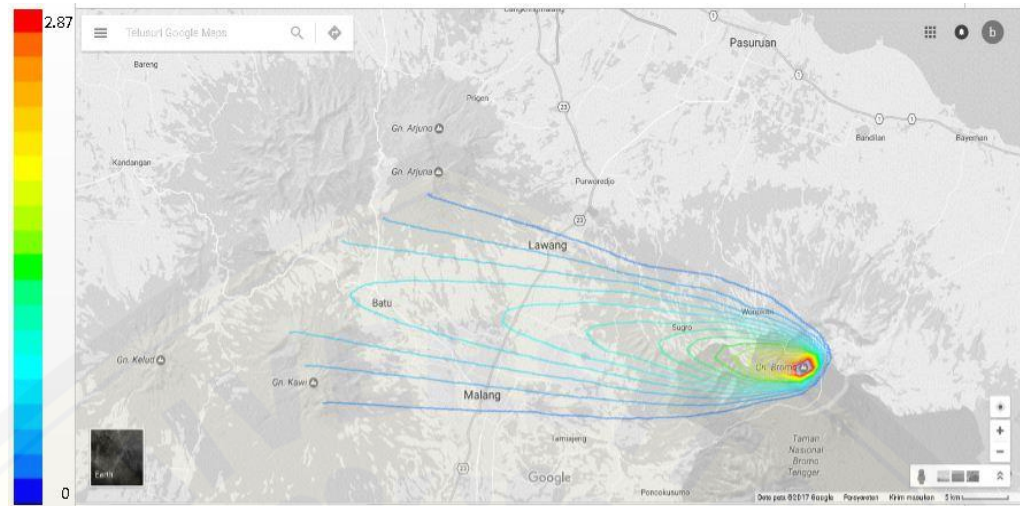
- Pada *checkboxes Options* pilih **Filled, Node Values, Global Range** dan **Auto Range**
 - Pada *pop up menu Contours Of* pilih **Density**, karena yang akan disimulasikan adalah konsentrasi abu vulkanik
 - Pada *frame Surfaces* pilih semua yang ada pada *frame* tersebut
- Kemudian klik **Display**.

13. Kemudian akan muncul gambar berikut



Gambar 4.3 Simulasi penyebaran abu vulkanik dengan tekanan 30 atm dan kecepatan udara 0.4 m/s

14. Gambar hasil silmulasi FLUENT yang terbentuk selanjutnya digabungkan dengan gambar Gunung Bromo dari *google maps* sehingga menjadi gambar seperti berikut.



Gambar 4.3 Simulasi penyebaran abu vulkanik pada bulan Mei-Oktober dengan tekanan 30 atm dan kecepatan udara 0.4 m/s

DAFTAR PUSTAKA

- Ali, Muhammad. 2004. *Pembelajaran Perancangan Sistem Kontrol PID dengan Software Matlab*. *Jurnal Edukasi Elektronik*. Vol 1 (1): 1-8.
- Fatahillah, A. 2014. *Jurnal KadikmA: Analisis Numerik Profil Sedimentasi Pasir Pada Pertemuan Dua Sungai Berbantuan Software Fluent*. [Online]. <http://jurnal.unej.ac.id> [21 Agustus 2016].
- Fatahillah, Dafik, EE Riastutik, Susanto. 2014. *The analysis of Air Circulation on Coffee Plantation Based on the Level of Plants Roughness and Diamond Ladder Graph Cropping Pattern Using Finite Volume Method*. [Online]. Jember: University of Jember.
- Fatahillah, Dafik, Susanto. 2014. *Jurnal KadikmA: Analisis Kecepatan Aliran Udara pada Gedung Bertingkat Karena Pengaruh Penghalang Didepannya*. [Online]. Jember: University of Jember.
- Goejantoro, Rito. 2009. *Model Matematika Influenza*. *Jurnal Bioprospek*. Vol 14 (2): 1-7.
- Rose, W. I., & Durant, A. J. (2009). Fine ash content of explosive eruptions. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*. Vol 186 (1): 32-39.
- Shoji, Sadao. 1993. *Volcanic Ash Soils: Genesis, Properties, and Utilization*. *Journal Development in Soil Science*. Vol 23: 1

MATRIKS PENELITIAN

JUDUL	PERMASALAHAN	VARIABEL	INDIKATOR	SUMDER DATA	METODE PENELITIAN
Analisis Numerik Penyebaran Abu Vulkanik pada Gunung Berapi Menggunakan Metode Volume Hingga Sebagai Monograf	<ol style="list-style-type: none"> 1. Bagaimana model matematika penyebaran abu vulkanik dengan menggunakan metode volume hingga? 2. Bagaimana pengaruh kecepatan udara terhadap penyebaran konsentrasi abu vulkanik gunung berapi? 3. Bagaimana pengaruh tekanan saat erupsi terhadap penyebaran konsentrasi abu vulkanik gunung berapi? 4. Bagaimana efektifitas metode volume hingga dalam menganalisis proses penyebaran abu vulkanik? 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Konsentrasi abu vulkanik 2. Kecepatan udara 3. Tekanan saat erupsi 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Mengetahui model matematika penyebaran abu vulkanik dengan menggunakan metode volume hingga 2. Mengetahui pengaruh kecepatan udara terhadap penyebaran konsentrasi abu vulkanik gunung berapi 3. Mengetahui pengaruh tekanan saat erupsi terhadap penyebaran konsentrasi abu vulkanik gunung berapi 4. Menegetahui efektifitas metode volume hingga dalam menganalisis proses penyebaran abu vulkanik. 	Kepustakaan	<ol style="list-style-type: none"> 1. Dokumentasi



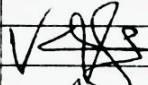


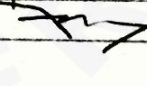
LEMBAR REVISI SKRIPSI

NAMA MAHASISWA : Budi Adi Saputra
 NIM : 130210101085
 JUDUL SKRIPSI : Analisis Numerik Penyebaran Abu Vulkanik Gunung Berapi Menggunakan Metode Volume Hingga Sebagai Monograf
 TANGGAL UJIAN : 04 April 2017
 PEMBIMBING : Prof. Drs. Dafik, M.Sc. Ph.D.
 Arif Fatahillah, S.Pd., M.Si.

MATERI PEMBETULAN / PERBAIKAN


No.	HALAMAN	HAL-HAL YANG HARUS DIPERBAIKI
1.	iii	Perbaiki halaman motto
2.	5	Kebaharuan: model, numerik, silmulasi
3.	36	Arah dan kecepatan angin dari BMKG di Gunung Bromo
4.	36	Data jurnal dari Gunung Bromo
5.	37	Penambahan tinjauan pustaka monograf
6.	38	Penyamaan satuan konsentrasi
7.	39	Perbaiki prosedur penelitian
8.	43	Perbaiki gambar FLUENT
9.	48	Penambahan jarak penyebaran terjauh dari Gunung Bromo
10.	78-79	Perbaiki kesimpulan
11.	80-83	Penambahan artikel di daftar pustaka

PERSETUJUAN TIM PENGUJI

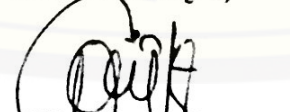
JABATAN	NAMA TIM PENGUJI	TTD dan Tanggal
Ketua	Prof. Drs. Dafik, M.Sc., Ph.D.	 20/4/17
Sekretaris	Arif Fatahillah, S.Pd., M.Si.	 20/4/17
Anggota	Susi Setiawani, S.Si., M.Sc.	 18/4/17
	Drs. Toto' Bara Setiawan, M.Si.	 20/4/17

Jember, 10 April 2016
 Mengetahui / menyetujui :

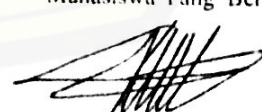
Dosen Pembimbing I,


 Prof. Drs. Dafik, M.Sc., Ph.D.
 NIP. 19630616 198802 1 001

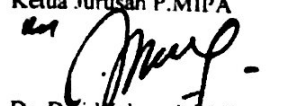
Dosen Pembimbing II,


 Arif Fatahillah, S.Pd., M.Si.
 NIP. 19820529 200912 1 003

Mahasiswa Yang Bersangkutan


 Budi Adi Saputra
 NIM. 130210101085

Mengetahui,
 Ketua Jurusan P.MIPA


 Dr. Dwi Wahyuni, M.Kes.
 NIP. 19600309 198702 2 002