

**ANALISIS SIRKULASI UDARA PADA TANAMAN KOPI
BERDASARKAN TINGKAT KEMIRINGAN TANAH
DAN POLA TANAM GRAF TANGGA SEGITIGA
MENGUNAKAN METODE VOLUME HINGGA**

SKRIPSI

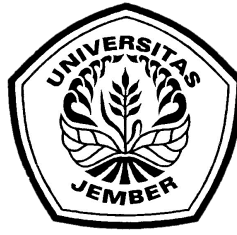
Oleh

Ahmad Syaiful Rizal

NIM 110210151001

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

2014



**ANALISIS SIRKULASI UDARA PADA TANAMAN KOPI
BERDASARKAN TINGKAT KEMIRINGAN TANAH
DAN POLA TANAM GRAF TANGGA SEGITIGA
MENGUNAKAN METODE VOLUME HINGGA**

SKRIPSI

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

Oleh

Ahmad Syaiful Rizal

NIM 110210151001

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

2014

PERSEMBAHAN

Dengan menyebut nama Allah yang Maha Pengasih lagi Maha Penyayang, serta shalawat atas Nabi Muhammad SAW., skripsi ini saya persembahkan untuk:

1. Ayahanda Jama Haji dan Ibunda Fitria yang senantiasa mengalirkan rasa cinta dan kasih sayangnya serta cucuran keringat dan doa yang tiada pernah putus yang selalu mengiringi selama kuliah, serta adik-adikku Iqbal Amirullah dan Nur Aini Sofiana yang selalu memberi warna dihidupku;
2. guru-guru TPA dan sekolah sejak Taman Kanak-Kanak hingga Sekolah Menengah Atas yang selalu mendidik dengan kasih sayang serta dosen-dosen FKIP Pendidikan Matematika yang selalu memberikan bimbingan selama kuliah;
3. Almamater Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Jember;
4. teman-teman pengurus HMPS Pendidikan Matematika MSC dan UKM Paranada yang telah memberikan pengalaman luar biasa;
5. teman-teman MAIN 2011 yang selalu menjadi bagian tak terlupakan dari perjalanan saya selama kuliah;
6. teman-teman angkatan 2011 FKIP Pendidikan Matematika, memori indah yang akan membuatku tersenyum saat mengingatnya;
7. teman-teman kakak angkatan dan adik angkatan FKIP Pendidikan Matematika;
8. kakak-kakaku Banina Firdaus, Labibah Nilna F., Siska Aprilia, Yayuk Kuswanti, Zahrotul Hestin, M. Gangga, Joni Susanto, dan Ahmad Sufyan yang selalu memberi bantuan selama kuliah.
9. teman dekatku Andriani Eka Wahyuni yang saya sayangi.

MOTO

﴿خَيْرُ النَّاسِ أَنْفَعُهُمْ لِلنَّاسِ﴾

”Sebaik-baik orang adalah yang memberi manfaat bagi orang lain.”

(HR. al-Qudha’i dari Jabir r.a.)*

*If I have been able to see further.it was only because I stood on the shoulders of
Giants.*

(Isaac Newton)

*) Yani, A. 2008. *53 Materi Khotbah Berangka*. Jakarta: Al Qalam.

PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Ahmad Syaiful Rizal

NIM : 110210151001

menyatakan dengan sesungguhnya bahwa skripsi yang berjudul "*Analisis Sirkulasi Udara pada Tanaman Kopi Berdasarkan Tingkat Kemiringan Tanah dan Pola Tanam Graf Tangga Segitiga Menggunakan Metode Volume Hingga*" adalah benar-benar hasil karya sendiri, kecuali kutipan yang sudah saya sebutkan sumbernya, belum pernah diajukan pada instansi mana pun, dan 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 ada tekanan dan paksaan dari pihak mana pun serta bersedia mendapat sanksi akademik jika ternyata di kemudian hari pernyataan ini tidak benar.

Jember, 18 Desember 2014

Yang menyatakan,

Ahmad Syaiful Rizal

NIM 110210151001

PENGAJUAN

ANALISIS SIRKULASI UDARA PADA TANAMAN KOPI BERDASARKAN TINGKAT KEMIRINGAN TANAH DAN POLA TANAM GRAF TANGGA SEGITIGA MENGUNAKAN METODE VOLUME HINGGA

SKRIPSI

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

Oleh:

Nama : Ahmad Syaiful Rizal
NIM : 110210151001
Tempat dan Tanggal Lahir : Jember, 6 April 1993
Jurusan / Program Studi : P. MIPA / Pendidikan Matematika

Disetujui oleh:

Pembimbing I,

Pembimbing II,

Prof. Drs. Dafik, M.Sc., Ph.D.
NIP. 196808021993031004

Arif Fatahillah, S.Pd., M.Si.
NIP. 198205292009121003

SKRIPSI

ANALISIS SIRKULASI UDARA PADA TANAMAN KOPI BERDASARKAN TINGKAT KEMIRINGAN TANAH DAN POLA TANAM GRAF TANGGA SEGITIGA MENGUNAKAN METODE VOLUME HINGGA

Oleh

Ahmad Syaiful Rizal
NIM 110210151001

Pembimbing

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

Dosen Pembimbing Anggota : Arif Fatahillah, S.Pd., M.Si.

PENGESAHAN

Skripsi berjudul "*Analisis Sirkulasi Udara pada Tanaman Kopi Berdasarkan Tingkat Kemiringan Tanah dan Pola Tanam Graf Tangga Segitiga Menggunakan Metode Volume Hingga*" telah diuji dan disahkan pada:

hari, tanggal : 18 Desember 2014

tempat : Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Jember.

Tim Penguji:

Ketua,

Sekretaris,

Susi Setiawani, S.Si., M.Sc.
NIP. 197003071995122001

Arif Fatahillah, S.Pd., M.Si.
NIP. 198205292009121003

Anggota 1,

Anggota 2,

Prof. Drs. Dafik, M.Sc., Ph.D.
NIP. 196808021993031004

Drs. Toto' Bara Setiawan, M.Si.
NIP. 195812091986031003

Mengetahui,

Dekan Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan
Universitas Jember

Prof. Dr. Sunardi, M.Pd.
NIP. 195405011983031005

RINGKASAN

Analisis Sirkulasi Udara pada Tanaman Kopi Berdasarkan Tingkat Kemiringan Tanah dan Pola Tanam Graf Tangga Segitiga Menggunakan Metode Volume Hingga; Ahmad Syaiful Rizal, 110210151001; 2014: 79 halaman; Program Studi Pendidikan Matematika, Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Jember.

Tanaman kopi menjadi salah satu komoditi perkebunan yang memberikan kontribusi yang signifikan bagi sumber devisa negara. Kopi menjadi sumber devisa negara dari subsektor perkebunan urutan kedua setelah karet (Badan Pendidikan, Latihan dan Penyuluhan Pertanian; 1984). Sejak tahun 2011 terjadi peningkatan luas areal dan pada tahun 2013 mencapai sekitar 1.235.802 ha. Namun dengan peningkata luas areal, produksi biji belum dapat menyentuh angka produksi tertinggi yang dicapai pada tahun 2010. Faktor lingkungan yang mempengaruhi pertumbuhan dan perkembangan tanaman kopi antara lain adalah ketinggian tempat, curah hujan, sinar matahari, angin/udara, dan tanah (Sri Najiyati & Danarti, 2001). Kemiringan tanah sangat mempengaruhi kondisi sirkulasi udara yang berperan dalam membantu proses penyerbukan pada tanaman kopi untuk menghasilkan biji kopi. Tujuan penelitian untuk: (1) mengembangkan model sirkulasi udara tanaman kopi berdasarkan tingkat kemiringan tanah, (2) sirkulasi udara tanaman kopi dengan tingkat kemiringan tanah berbeda, (3) sirkulasi udara tanaman kopi dengan kecepatan awal udara yang berbeda dan (4) efektivitas metode volume hingga dalam menganalisis pengaruh tingkat kemiringan tanah dan pola tanam graf tangga segitiga terhadap sirkulasi udara pada tanaman kopi. Hasil penelitian diharapkan dapat menemukan tingkat kemiringan tanah dan pola tanam yang tepat pada tanaman kopi agar sirkulasi udara yang dihasilkan tepat bagi penyerbukan.

Penelitian dilakukan dalam dua tahap. Tahapan pertama yaitu pengumpulan bahan dari lapangan dan literatur buku maupun internet. Dari lapangan dilakukan pengukuran kecepatan rata-rata sirkulasi udara pada perkebunan kopi PDP Gunung Pasang Kecamatan Panti dengan menggunakan Anemometer pada

hari Minggu, 17 Agustus 2014 pukul 11.45 WIB sampai pukul 12.45 WIB. Selain itu, juga dilakukan pengukuran besar kemiringan tanah dari areal perkebunan tanaman kopi menggunakan klinometer. Dari literatur buku maupun internet diperoleh data tentang tanaman kopi, pola tanam yang digunakan serta pengaruh lingkungan terhadap perkembangan tanaman kopi.

Tahapan kedua yaitu menentukan model sirkulasi udara pada tanaman kopi berdasarkan tingkat kemiringan tanah dengan metode volume hingga. Kemudian analisis sirkulasi udara pada tanam kopi dilakukan dengan *software MATLAB* dengan tingkat kemiringan tanah dan kecepatan udara yang berbeda, dan hasilnya disimulasikan dengan *software FLUENT*.

Hasil penelitian diperoleh model matematika sirkulasi udara tanaman kopi berdasarkan tingkat kemiringan tanah sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
& \phi_e (\rho u - \rho) \Delta y \Delta t - \phi_w (\rho u - \rho) \Delta y \Delta t + \phi_n (\rho v - \rho) \Delta x \Delta t - \\
& \phi_s (\rho v - \rho) \Delta x \Delta t = -P \Delta y \Delta t - P \Delta x \Delta t + \frac{\mu u \Delta y \Delta t}{\Delta x} + 2\mu u \Delta t + \\
& \frac{\mu v \Delta y \Delta t}{\Delta x} + \frac{\mu u \Delta y \Delta t}{\Delta y} + 2\mu v \Delta t + \frac{\mu v \Delta x \Delta t}{\Delta y} + \mu \left(\frac{2u}{\Delta x} \Delta y \Delta t + \frac{v}{\Delta x} \Delta y \Delta t \right) \\
& (\rho - \rho u) + \mu \left(\frac{2v}{\Delta y} \Delta x \Delta t + \frac{u}{\Delta y} \Delta x \Delta t \right) (\rho - \rho u) - \rho \left(\vartheta + \frac{\vartheta_T}{\sigma_K} \right) \\
& K \frac{\Delta y \Delta t}{\Delta x} - 2\rho \left(\vartheta + \frac{\vartheta_T}{\sigma_K} \right) K \Delta t - \rho \left(\vartheta + \frac{\vartheta_T}{\sigma_K} \right) K \frac{\Delta x \Delta t}{\Delta y} \tag{1}
\end{aligned}$$

Analisis dilakukan dengan tingkat kemiringan tanah berbeda, yaitu 15° ; 25° ; dan 15° . Selain itu kecepatan awal udara berbeda yaitu $0.2m/s$; $0.4m/s$; $0.6m/s$ juga dianalisis. Dari seluruh simulasi yang telah dilakukan menggunakan *software MATLAB* dan *FLUENT*, tingkat kemiringan tanah yang paling optimal adalah 25° . Hasil tersebut dapat dijadikan suatu acuan untuk menentukan kondisi lahan yang cocok untuk penanaman tanaman kopi dengan kondisi lahan yang miring. Apabila lahan yang dimiliki memiliki kemiringan tanah yang lebih dari 25° , maka kecepatan udara akan semakin besar sehingga dapat dicari solusi dengan menambah jumlah tanaman pelindung agar kecepatan udara pada perkebunan kopi akan berkurang.

PRAKATA

Puji syukur ke hadirat Allah swt. atas segala rahmat dan karunia-Nya sehingga penulisan skripsi dapat terselesaikan dengan baik. Penyusunan skripsi ini tidak lepas dari bimbingan dan bantuan berbagai pihak. Oleh karena itu penulis menyampaikan terima kasih kepada:

1. Dekan Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Jember;
2. Ketua Jurusan Pendidikan MIPA FKIP Universitas Jember;
3. Ketua Program Studi Pendidikan Matematika FKIP Universitas Jember;
4. Para Dosen Program Studi Pendidikan Matematika yang telah memberikan ilmu dan membimbing dengan penuh kesabaran;
5. Dosen Pembimbing I dan Dosen Pembimbing II yang telah meluangkan waktu dan pikiran guna memberikan bimbingan dalam penulisan skripsi ini;
6. Dosen Pembahas dan Dosen Penguji yang telah memberikan masukan demi kesempurnaan skripsi ini;
7. Perusahaan Daerah Perkebunan (PDP) Gunung Pasang Kec. Panti Jember yang telah memberikan izin penelitian;
8. rekan kerja penulis Didin Trisnani yang telah membantu selama penyusunan skripsi ini;
9. semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu per satu.

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

Jember, 18 Desember 2014

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN SAMPUL	i
HALAMAN JUDUL	ii
HALAMAN PERSEMBAHAN	iii
HALAMAN MOTO	iv
HALAMAN PERNYATAAN	v
HALAMAN PENGAJUAN	vi
HALAMAN PEMBIMBINGAN	vii
HALAMAN PENGESAHAN	viii
RINGKASAN	ix
PRAKATA	xi
DAFTAR ISI	xii
DAFTAR GAMBAR	xv
DAFTAR TABEL	xvii
DAFTAR LAMBANG	xviii
1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Batasan Masalah	4
1.4 Tujuan Penelitian	4
1.5 Manfaat Penelitian	5
2 TINJAUAN PUSTAKA	6
2.1 Kopi	6
2.1.1 Pola Tanam Tanaman Kopi	7
2.1.2 Produktivitas Kopi	9
2.1.3 Tingkat Kemiringan Tanah	12
2.2 Fluida	13
2.2.1 Jenis-Jenis Fluida	13
2.2.2 Jenis-Jenis Aliran Fluida	15
2.3 Metode Volume Hingga	16

2.3.1	Persamaan Energi	18
2.3.2	Persamaan Momentum	19
2.3.3	CFD (<i>Computational Fluid Dynamics</i>)	20
2.4	Teknik Diskretisasi <i>Quadratic Upwind Interpolation Confective Kinematics</i> (QUICK)	25
2.5	Algoritma dan Pemrograman <i>MATLAB</i>	27
2.5.1	Algoritma dan Pemrograman	27
2.5.2	<i>MATLAB</i> (<i>Matrix Laboratory</i>)	27
2.5.3	Metode Gauss-Seidell	30
2.5.4	Galat atau <i>Error</i>	33
2.6	Perangkat Lunak dalam CFD	35
2.6.1	GAMBIT (<i>Geometry And Mesh Building Intelligent Toolkit</i>)	36
2.6.2	FLUENT	36
3	METODE PENELITIAN	38
3.1	Jenis Penelitian	38
3.2	Prosedur Penelitian	38
3.3	Definisi Operasional	39
3.4	Tempat Penelitian	41
3.5	Metode Pengumpulan Data	41
3.6	Instrumen Penelitian	42
3.7	Data dan Analisis Data	42
4	HASIL DAN PEMBAHASAN	44
4.1	Persamaan Momentum	44
4.2	Persamaan Energi	48
4.3	Penyelesaian Model Matematika	50
4.4	Diskritisasi	54
4.5	Efektivitas Metode Volume Hingga dengan Menggunakan Toleransi (Batas <i>error</i>) Dalam Sirkulasi Udara Pada Tanaman Kopi Berdasarkan Tingkat Kemiringan Tanah	61
4.5.1	Pogram Simulasi <i>MATLAB</i> dan <i>FLUENT</i>	61

4.5.2	Penggunaan Batas <i>Error</i> (Toleransi) Pada Metode Volume Hingga	62
4.5.3	Simulasi Program Model Sirkulasi Udara Pada Tanaman Kopi Berdasarkan Tingkat Kemiringan Tanah	63
4.6	Hasil dan Pembahasan	63
4.6.1	Komputasi <i>MATLAB</i>	64
4.6.2	Simulasi <i>FLUENT</i>	68
4.6.3	Analisis Efektivitas Metode Volume Hingga Pada Sirkulasi Udara Tanaman Kopi Berdasarkan Tingkat Kemiringan Tanah	72
5	KESIMPULAN DAN SARAN	74
5.1	Kesimpulan	74
5.2	Saran	75
	DAFTAR PUSTAKA	76
	LAMPIRAN-LAMPIRAN	
	A. SURAT IZIN PENELITIAN	78
	B. LEMBAR PENGAMATAN	79
	C. MATRIKS HASIL DISKRITISASI	80
	D. PROGRAM <i>MATLAB</i>	81
	E. HASIL SIMULASI PROGRAM <i>MATLAB</i>	89
	F. BAHAN AJAR PEMODELAN MATEMATIKA	105

DAFTAR GAMBAR

2.1	Penanaman Tanaman Kopi Pada Tanah yang Miring	8
2.2	Graf Tangga Segitiga	9
2.3	Graf Tangga Segitiga <i>Shake</i>	9
2.4	Luas Areal Perekebunan Kopi 2008 - 2013	10
2.5	Fluida Gas	14
2.6	Fluida Cair	14
2.7	Aliran Fluida Laminar dan Turbulen	16
2.8	Volume Kendali 2 Dimensi	17
2.9	Sel Pusat dan Sel Vertex	18
2.10	Bagan Volume Kendali Persamaan Energi	19
2.11	Bagan Volume Kendali Persamaan Momentum	20
2.12	Hasil Penelitian Pemodelan	24
2.13	Diskritisasi QUICK	25
2.14	Tampilan MATLAB	28
2.15	Tampilan <i>Software</i> GAMBIT	36
2.16	Hasil Simulasi Menggunakan <i>Software</i> FLUENT	37
3.1	Diagram Alur Penelitian	39
4.1	Bagan Volume Kendali Persamaan Momentum	46
4.2	Pola Tanam Graf Tangga Segitiga	47
4.3	Bagan Volume Kendali Persamaan Energi	49
4.4	Diskritisasi Teknik <i>QUICK</i> untuk Pola Tanam Berdasarkan Ting- kat Kemiringan Tanah	54
4.5	Diskritisasi Sirkulasi Udara Pada Tanaman Kopi Berdasarkan Ting- kat Kemiringan Tanah	59
4.6	Sirkulasi Udara Pada Tanaman Kopi dengan Tingkat Kemiringan Tanah Berbeda	64
4.7	Sirkulasi Udara Pada Tanaman Kopi dengan Kecepatan Awal Ber- beda	66

4.8	Grafik dengan Menggunakan Metode Gauss-Seidell	67
4.9	Sirkulasi Udara Pada Tanaman Kopi Berdasarkan Pola Tanam Graf Tangga Segitiga	69
4.10	Sirkulasi Udara Tanaman Kopi dengan Kemiringan Tanah (θ) 15°	70
4.11	Sirkulasi Udara Tanaman Kopi dengan Kemiringan Tanah (θ) 25°	70
4.12	Sirkulasi Udara Tanaman Kopi dengan kecepatan awal (ut) $0.2\ m/s$ pada kemiringan 25°	71
4.13	Sirkulasi Udara Tanaman Kopi dengan kecepatan awal (ut) $0.4\ m/s$ pada kemiringan 25°	72

DAFTAR TABEL

2.1	Perkembangan Luas Areal Perkebunan Kopi 2008 - 2013	11
2.2	Perkembangan Produksi & Produktivitas Tanaman Perkebunan Kopi 2008 - 2013	11
2.3	Klasifikasi Kemiringan untuk Pembuatan Terasering	12
4.1	Hasil Perhitungan Kecepatan Udara dengan Metode Gauss Seidell	67

DAFTAR LAMBANG

τ	=	Laju tegangan fluida
μ	=	Koefisien kekentalan
$\frac{\partial}{\partial x}$	=	Turunan terhadap x
u_t	=	kecepatan angin pada tanah yang miring y (m/s)
u_t	=	kecepatan angin sebelum sampai pada tanah yang miring y (m/s)
α	=	sudut gesek statis
θ	=	sudut kemiringan tanah
$\frac{\partial}{\partial t}$	=	Turunan terhadap waktu
ρ	=	Kerapatan (massa jenis)
P	=	Tekanan
K	=	Energi kinetik turbulen
T	=	Suhu
i	=	Komponen vektor pada sumbu X
j	=	Komponen vektor pada sumbu Y
u	=	Komponen kecepatan pada sumbu X
v	=	Komponen kecepatan pada sumbu Y
ϑ	=	viskositas molekular kinetik
ϑ_T	=	viskositas eddy kinetik
r_i	=	iterasi ke- i , $i=1,2,3,\dots$
F	=	Gaya
ϕ_0	=	Kecepatan awal udara
ϕ_s	=	Kontrol permukaan arah <i>south</i> atau selatan
ϕ_n	=	Kontrol permukaan arah <i>north</i> atau utara
ϕ_w	=	Kontrol permukaan arah <i>west</i> atau barat
ϕ_e	=	Kontrol permukaan arah <i>east</i> atau timur