



**ANALISIS SIRKULASI UDARA PADA TANAMAN KOPI
BERDASARKAN POLA TANAM GRAF PRISMA DAN TINGKAT
KEMIRINGAN BATANG MENGGUNAKAN METODE VOLUME
HINGGA**

SKRIPSI

Oleh

MOCH. AVEL ROMANZA P.

NIM 100210101056

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

2014



**ANALISIS SIRKULASI UDARA PADA TANAMAN KOPI
BERDASARKAN POLA TANAM GRAF PRISMA DAN TINGKAT
KEMIRINGAN BATANG MENGGUNAKAN METODE VOLUME
HINGGA**

SKRIPSI

Oleh

MOCH. AVEL ROMANZA P.

NIM. 100210101056

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

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

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

2014

PERSEMBAHAN

Atas berkat rahmat, taufik, dan hidayah Allah SWT. akhirnya penulis dapat menyelesaikan skripsi ini. Skripsi ini penulis persembahkan kepada:

1. Ayah Nurul Aziz, ibu Asiyah dan adik Dimel Rahmad Gifar Firmanda, yang telah mendukung dan memberikan doa di setiap perjalanan hidupku, memberikan kasih sayang, dorongan, kepercayaan dan senyuman yang selalu menguatkan aku. Terima kasih atas segala yang telah kalian berikan kepadaku.
2. Prof. Drs. Dafik, M.Sc., Ph.D, selaku DPS I yang telah membimbing dan memberikan banyak motivasi kepadaku.
3. Arif Fatahillah, S.Pd., M.Si, selaku DPS II, sekaligus layaknya ayah bagiku di kampus, yang banyak memberikan arahan padaku dan selalu dapat membuatku yakin untuk melakukan hal baru yang belum lazim.
4. *The Project Team* (Muhammad Nurrohim dan Ervin Eka Riastutik) yang memberi dukungan dan bantuan dalam perjalanan mengerjakan tugas akhir ini.
5. Marlia Sari Pangestuti (*ayib*). Terima kasih banyak untuk segala hal. Semoga kita dapat mencapai sukses bersama!
6. *Anak-anak Laboma* (Mas Gangga, Mas Joni, Banina, Yayuk, Roni, Siska, Didin, dan Ipung) yang mewarnai kehidupanku dan selalu memberi semangat. Aku banyak berhutang budi kepada kalian sobat.
7. *The Seven of Java Geng*(Mas Eko, Mas Imam (*Pi'i*), Mas Zaenal, Mas Shaufan, Dhika dan Fauzi) yang selalu memberi semangat. Aku banyak berhutang budi kepada kalian sobat.
8. Keluarga besar *Mathematics Students Club*, seluruh mahasiswa pendidikan matematika angkatan 2010, kakak-kakak angkatan 2008 dan 2009 serta adik-adik angkatan 2011 dan 2012. Semoga kita bisa meningkatkan kualitas pendidikan Indonesia.
9. Sekolah tempatku menimba ilmu selama ini: SD Negeri 2 Pabean, SMP Negeri 1 Dringu, SMA Negeri 1 Probolinggo dan Program Studi Pendidikan Matematika FKIP Universitas Jember, yang telah banyak memberikan ilmu berguna padaku.

MOTTO

”Harapan itu disertai ikhtiar (usaha). Kalau tidak, itu namanya lamunan”
(Ibnu Atha’illah)

”Pergaulan mempengaruhi didikan otak. Oleh karena itu, untuk kebersihan jiwa hendaklah bergaul dengan orang-orang yang beradab dan berbudi mulia sehingga dapat kita kutip manfaatnya”
(Hamka)

”Tidak ada pelaut ulung yang dilahirkan dari samudra yang tenang, tapi ia akan dilahirkan dari samudra yang penuh terpaan badai, gelombang dan topan.”
(D. Farhan Aulawi)

PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Moch. Avel Romanza P.

NIM : 100210101056

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa skripsi yang berjudul: "Analisis Sirkulasi Udara pada Tanaman Kopi Berdasarkan Pola Tanam Graf Prisma dan Tingkat Kemiringan Batang Menggunakan Metode Volume Hingga" adalah benar-benar hasil karya sendiri, kecuali jika dalam pengutipan substansi disebutkan sumbernya, dan belum diajukan pada instansi manapun, serta bukan karya jiplakan. Saya bertanggung jawab atas keabsahan dan kebenaran isinya sesuai dengan sikap ilmiah yang harus dijunjung tinggi.

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

Jember, 28 Februari 2014

Yang menyatakan,

Moch. Avel Romanza P.

NIM 100210101056

SKRIPSI

ANALISIS SIRKULASI UDARA PADA TANAMAN KOPI BERDASARKAN POLA TANAM GRAF PRISMA DAN TINGKAT KEMIRINGAN BATANG MENGGUNAKAN METODE VOLUME HINGGA

Oleh

Moch. Avel Romanza P.

NIM 100210101056

Pembimbing

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

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

PENGAJUAN

Analisis Sirkulasi Udara pada Tanaman Kopi Berdasarkan Pola Tanam Graf Prisma dan Tingkat Kemiringan Batang Menggunakan Metode Volume Hingga

Skripsi

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

Oleh

Nama : Moch. Avel Romanza P.
NIM : 100210101056
Tempat dan Tanggal Lahir : Probolinggo, 28 Februari 1993
Jurusan/Program : Pendidikan MIPA/Pendidikan Matematika

Disetujui oleh

Pembimbing I,

Pembimbing II

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

PENGESAHAN

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

hari, tanggal : Rabu, 29 Januari 2014

tempat : Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Jember.

Tim Penguji:

Ketua,

Sekretaris,

Arika Indah K., S.Si., M.Pd
NIP 19760502 200604 2 001

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

Anggota I,

Anggota II,

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

Drs. Toto' Bara Setiawan, M.Si
NIP 19581209 198603 1 003

Mengesahkan,

Dekan Fakultas Keguruan Dan Ilmu Pendidikan
Universitas Jember

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

RINGKASAN

ANALISIS SIRKULASI UDARA PADA TANAMAN KOPI BERDASARKAN POLA TANAM GRAF PRISMA DAN TINGKAT KEMIRINGAN BATANG MENGGUNAKAN METODE VOLUME HINGGA, Moch. Avel Romanza P., 100210101056, 2014, 78 Halaman

Kopi merupakan salah satu minuman yang digemari oleh masyarakat. Ini dikarenakan kopi memiliki aroma dan cita rasa yang khas. Sebagian besar masyarakat yang mengonsumsi kopi lebih menilai kopi dari cita rasanya dibandingkan dengan nilai gizinya. Untuk menjaga cita rasa dan kesehatan konsumen, kualitas dari kopi harus benar-benar diawasi agar sifat-sifat fisik, kimiawi, dan kebersihan kopi tetap terjaga.

Untuk meningkatkan produktivitas biji maka perlu mengetahui pola tanam yang sesuai dan tingkat kemiringan batang tanaman kopi yang cocok. Karena pola tanam dan tingkat kemiringan mempengaruhi sirkulasi udara perkebunan kopi sehingga secara tidak langsung bisa mempengaruhi produktivitas dari biji kopi.

Dalam penelitian ini, peneliti telah melakukan penelitian terhadap sirkulasi udara pada tanaman kopi berdasarkan graf prisma dan tingkat kemiringan batang dengan hasil akhir bahwa pola tanam graf prisma bisa dijadikan pola tanam tanaman kopi dan kemiringan batang adalah tidak terlalu miring dan tidak terlalu tegak. Dalam melakukan penelitian tersebut, peneliti menggunakan metode observasi. Untuk mengetahui pengaruh dari pola tanam graf prisma dan tingkat kemiringan batang, pembahasannya harus ditinjau dari dua aspek yaitu pada pola tanamnya dan tingkat kemiringan batangnya. Jika pola tanamnya teratur dan tingkat kemiringannya sudah optimal, maka produktivitas biji kopi diyakini bisa meningkat.

Dalam mempelajari model sirkulasi udara pada tanaman kopi, pembahasannya dimulai dengan membuat model matematika yang berdasarkan kasus sirkulasi udara pada tanaman kopi. Dengan menggunakan hukum-hukum fisika maka diperoleh model persamaan matematika untuk sirkulasi pada tanaman. Model persamaan matematika pada kasus sirkulasi udara pada tanaman kopi ber-

dasarkan pola tanam graf prisma dan tingkat kemiringan batang yakni:

$$\begin{aligned}
& \left[\frac{3}{8}(\Delta y \Delta t \rho (u \cos \theta) - \Delta y \Delta t \rho) + \frac{3}{8}(\Delta x \Delta t \rho (v \sin \theta) - \Delta x \Delta t \rho) \right] \phi(i, j) + \\
& \left[\frac{3}{8}(\Delta y \Delta t \rho (u \cos \theta) - \Delta y \Delta t \rho) \right] \phi(i+1, j) + \left[-\frac{7}{8}(\Delta y \Delta t \rho (u \cos \theta) - \right. \\
& \left. \Delta y \Delta t \rho) \right] \phi(i-1, j) + \left[\frac{1}{8}(\Delta y \Delta t \rho (u \cos \theta) - \Delta y \Delta t \rho) \right] \phi(i-2, j) + \\
& \left[\frac{3}{8}(\Delta x \Delta t \rho (v \sin \theta) - \Delta x \Delta t \rho) \right] \phi(i, j+1) + \left[-\frac{7}{8}(\Delta x \Delta t \rho (v \sin \theta) - \right. \\
& \left. \Delta x \Delta t \rho) \right] \phi(i, j-1) + \left[\frac{1}{8}(\Delta x \Delta t \rho (v \sin \theta) - \Delta x \Delta t \rho) \right] \phi(i, j-2) = \\
& -\rho [\Delta y \Delta t (p(u \cos \theta)') + \frac{1}{2} \rho (u \cos \theta)' (v \sin \theta)' + \mu (v \sin \theta)' + \rho (u \cos \theta)^2 (v \sin \theta) + \\
& \frac{1}{2} (u \cos \theta) (v \sin \theta)^2] + \Delta x \Delta t (p(v \sin \theta)' + \frac{1}{2} \rho^2 (u \cos \theta)' (v \sin \theta)' + \mu (u \cos \theta)' + \\
& \frac{1}{2} \rho (u \cos \theta)^2 (v \sin \theta) + \rho (u \cos \theta) (v \sin \theta)^2] + \Delta y \Delta t (\rho g - p) + \\
& \frac{\Delta y \Delta t}{\Delta x} (2\mu (u \cos \theta) + \mu (v \sin \theta)) + \Delta x \Delta t (\rho g - p) + \frac{\Delta x \Delta t}{\Delta y} (2\mu (u \cos \theta) + \\
& \mu (v \sin \theta)) + (\mu (u \cos \theta) + \mu (v \sin \theta))
\end{aligned} \tag{1}$$

Dengan menyelesaikan model persamaan matematika dengan metode volume hingga dan teknik diskritisasi *QUICK* maka diperoleh matrik yang diselesaikan dengan metode iterasi biasa atau metode konjugat gradien. Penyelesaiannya menggunakan simulasi dengan program *MATLAB* dan *FLUENT*.

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

KATA PENGANTAR

Puji syukur ke hadirat Allah Swt. atas segala rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul "Analisis Sirkulasi Udara pada Tanaman Kopi Berdasarkan Pola Tanam Graf Prisma dan Tingkat Kemiringan Batang Menggunakan Metode Volume Hingga". Skripsi ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat menyelesaikan pendidikan strata satu (S1) pada Program Studi Pendidikan Matematika Jurusan Pendidikan MIPA Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Jember.

Penyusunan skripsi ini tidak lepas dari 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 Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Jember;
3. Ketua Program Studi Pendidikan Matematika Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Jember;
4. Dosen Pembimbing I dan Dosen Pembimbing II yang telah memberikan waktu, pikiran, perhatian dan dukungan dalam penulisan skripsi ini;
5. Dosen dan Karyawan Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Jember;
6. semua pihak yang telah membantu terselesaikannya skripsi ini.

Penulis juga menerima segala kritik dan saran dari semua pihak demi kesempurnaan skripsi ini. Semoga penulisan skripsi ini dapat bermanfaat dan memberikan motivasi kepada mahasiswa lain untuk melakukan penelitian sejenis.

Jember, Februari 2014

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PERSEMBAHAN	ii
HALAMAN MOTTO	iii
HALAMAN PERNYATAAN	iv
HALAMAN PEMBIMBINGAN	v
HALAMAN PENGAJUAN	vi
HALAMAN PENGESAHAN	vii
RINGKASAN	viii
KATA PENGANTAR	x
DAFTAR ISI	xi
DAFTAR GAMBAR	xiv
DAFTAR TABEL	xvi
DAFTAR LAMBANG	xvii
1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang Masalah	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 Sejarah Kopi	6
2.1.2 Kopi di Indonesia	8
2.2 Pola Tanam Tanaman Kopi	11
2.3 Kemiringan Batang	15
2.4 <i>Computational Fluid Dynamics (CFD)</i>	17
2.4.1 Fluida	19
2.4.2 Metode Volume Hingga	22
2.4.3 Perangkat Lunak pada <i>CFD</i>	31

3 METODE PENELITIAN	34
3.1 Desain Penelitian	34
3.2 Definisi Operasional	35
3.3 Tempat Penelitian	35
3.4 Metode Pengumpulan Data	37
3.5 Analisis Data	37
4 HASIL DAN PEMBAHASAN	39
4.1 Persamaan Sirkulasi Udara Tanaman Kopi Berdasarkan Pola Tanam Graf Amalgamasi Prisma (<i>Circular Ladder Graph</i>)	39
4.2 Diskritisasi Model Matematika Sirkulasi Udara Pada Tanaman Kopi Berdasarkan Pola Tanam Graf Amalgamasi Prisma (<i>Circular Ladder Graph</i>) Menggunakan Metode Volume Hingga Dengan Teknik Diskritisasi <i>QUICK</i>	45
4.3 Bentuk Matriks $m \times n$ Hasil Diskritisasi Model Matematika Sirkulasi Udara Pada Tanaman Kopi Berdasarkan Pola Tanam Graf Amalgamasi Prisma (<i>Circular Ladder Graph</i>) Menggunakan Metode Volume Hingga Dengan Teknik Diskritisasi <i>QUICK</i>	52
4.4 Efektivitas Metode Volume Hingga dengan Menggunakan <i>Error</i> Relatif dan <i>Error</i> Mutlak Dalam Proses Sirkulasi Udara pada Tanaman Kopi Berdasarkan Pola Tanam Graf Amalgamasi Prisma (<i>Circular Ladder Graph</i>)	57
4.4.1 Format <i>Programming</i>	57
4.4.2 Penggunaan <i>Error</i> Relatif dan <i>Error</i> Mutlak Pada Metode Volume Hingga	59
4.4.3 Simulasi Pemodelan	59
4.5 Analisis dan Pembahasan	60
4.5.1 Komputasi <i>MATLAB</i>	60
4.5.2 Analisis Efektivitas Metode Volume Hingga Pada Proses Sirkulasi Udara Pada Tanaman Kopi	68
4.5.3 Visualiasi Simulasi <i>FLUENT</i>	68
5 KESIMPULAN DAN SARAN	77

5.1 Kesimpulan	77
5.2 Saran	78
DAFTAR PUSTAKA	79
LAMPIRAN	82

DAFTAR GAMBAR

2.1	Sejarah Kopi Bermula di Afrika	6
2.2	Kopi di Arab dan Kopi Mencapai Pasar Eropa	7
2.3	Daerah Penghasil Kopi di Indonesia	9
2.4	Luas Area Perkebunan Kopi dan Produksi Kopi di Indonesia . . .	10
2.5	Pola Tanam Kopi	12
2.6	Pola Tanam Kopi dengan Tanaman Pelindung	13
2.7	Graf Prisma	14
2.8	Pola Tanam Kopi Berdasarkan Graf Amalgamasi Prisma	15
2.9	Batang Tanaman Kopi	16
2.10	Kemiringan Batang pada Tanaman Kopi	17
2.11	Contoh Simulasi <i>CFD</i>	18
2.12	Contoh Aliran Laminer dan Turbulen	20
2.13	Aliran Laminer dan Turbulen	21
2.14	Sel Pusat dan Sel Vertex	24
2.15	Bentuk Volume Kendali Tiga Dimensi (Tondok, 2009:18)	25
2.16	Bentuk Volume Kendali (Tondok, 2009:19)	25
2.17	Aliran Momentum pada Kendali Dua Dimensi	26
2.18	Bagan Kendali Persamaan Energi	27
2.19	Pembagian Volume Kendali Dua Dimensi	29
2.20	Diskritisasi <i>QUICK</i> (Tondok, 2009:20)	29
2.21	Lembar kerja <i>GAMBIT</i> (Tuakia, 1999:14)	32
2.22	Tampilan <i>Software Fluent</i> (Tuakia, 1999:150)	33
3.1	Bagan Alur Penelitian	36
4.1	Aliran Momentum Dua Dimensi pada Proses Sirkulasi Udara Tana- man Kopi	41
4.2	Aliran Energi Dua Dimensi pada Proses Sirkulasi Udara Tanaman Kopi	43
4.3	Kemiringan Batang Pada Tanaman Kopi	51

4.4	Skema Diskritisasi dari Pola Tanam Graf Amalgamasi Prisma . . .	55
4.5	Grafik Simulasi Sirkulasi Udara Pada Tanaman Kopi	63
4.6	Grafik Simulasi Sirkulasi Udara Pada Tanaman Kopi Menggunakan Metode Biasa dengan $\theta = 80^\circ$	64
4.7	Grafik Simulasi Sirkulasi Udara Pada Tanaman Kopi Menggunakan Metode Biasa dengan $\theta = 70^\circ$	65
4.8	Grafik Simulasi Sirkulasi Udara Pada Tanaman Kopi Menggunakan Metode Biasa dengan $\theta = 75^\circ$	65
4.9	Grafik Simulasi Sirkulasi Udara Pada Tanaman Kopi Menggunakan Metode SOR dengan $\theta = 80^\circ$	66
4.10	Grafik Simulasi Sirkulasi Udara Pada Tanaman Kopi Menggunakan Metode SOR dengan $\theta = 70^\circ$	66
4.11	Grafik Simulasi Sirkulasi Udara Pada Tanaman Kopi Menggunakan Metode SOR dengan $\theta = 75^\circ$	67
4.12	Model Pola Tanam Tanaman Kopi Berdasarkan Graf Amalgamasi Prisma	69
4.13	Bentuk Geometri Tanaman Kopi	70
4.14	Kontur Kecepatan Aliran (<i>Velocity</i>) Dengan Kecepatan Aliran Udara $0,5 \text{ m/s}$	70
4.15	Kontur Kecepatan Aliran (<i>Velocity</i>) Dengan Kecepatan Aliran Udara $1,5 \text{ m/s}$	71
4.16	Kontur Kecepatan Aliran (<i>Velocity</i>) Dengan Kecepatan Aliran Udara $2,5 \text{ m/s}$	71
4.17	Kontur Kecepatan Aliran (<i>Velocity</i>) Pada Tanaman Kopi Dengan $v = 2,5 \text{ m/s}$	73
4.18	Kontur Kecepatan Aliran (<i>Velocity</i>) Pada Tanaman Kopi Dengan $v = 1,5 \text{ m/s}$	74
4.19	Kontur Kecepatan Aliran (<i>Velocity</i>) Pada Tanaman Kopi Dengan $v = 0,5 \text{ m/s}$	75
5.1	Konvergensi Metode Iterasi pada Matlab	100
5.2	Konvergensi Metode Iterasi pada Matlab	100

DAFTAR TABEL

2.1	Luas Areal Perekebunan Kopi	11
2.2	Momentum masuk dan keluar (White,1986:202)	26
2.3	Energi Masuk dan Keluar	28
5.1	Hasil Simulasi Kecepatan Aliran Udara	101

DAFTAR LAMBANG

τ	=	Laju tegangan fluida
μ	=	Koefisien kekentalan
V_y	=	Kecepatan rata-rata udara (angin) pada ketinggian y (m/s)
V_r	=	Kecepatan rata-rata udara (angin) pada tinggi acuan (m/s)
x	=	Jarak antar tumbuhan (m)
x_r	=	Tinggi titik acuan (m)
$\frac{\partial}{\partial t}$	=	Turunan terhadap waktu
α	=	Harga karakteristik kekasaran tumbuhan
θ	=	Sudut kemiringan minimum batang terhadap permukaan tanah
ρ	=	Kerapatan (massa jenis)
p	=	Tekanan
T	=	Suhu
m	=	Massa
ρ	=	Massa jenis
u	=	Komponen kecepatan pada sumbu X
v	=	Komponen kecepatan pada sumbu Y
w	=	Komponen kecepatan pada sumbu Z
F	=	Gaya
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
ϕ_b	=	Kontrol permukaan arah <i>bottom</i> atau bawah
ϕ_t	=	Kontrol permukaan arah <i>top</i> atau atas
g_1	=	Gaya permukaan 1
g_2	=	Gaya permukaan 2