

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

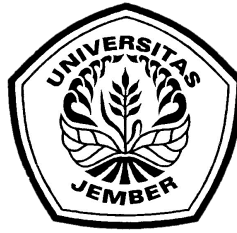
SKRIPSI

Oleh

**Muhammad Nurrohim
NIM 100210101034**

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

2014



**ANALISIS SIRKULASI UDARA PADA TANAMAN KOPI
BERDASARKAN TINGKAT KEKASARAN 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

**Muhammad Nurrohim
NIM 100210101034**

**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 Marwan Syah dan Ibunda Herlina yang senantiasa mengalirkan rasa cinta dan kasih sayangnya serta cucuran keringat dan doa yang tiada pernah putus yang selalu mengiringi selama kuliah, serta adik Siti Nur Khofifah tersayang yang selalu memberi semangat;
2. guru-guru TPQ 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 angkatan 2010 FKIP Pendidikan Matematika, kenangan manis tak terlupakan;
6. teman-teman kakak angkatan dan adik angkatan FKIP Pendidikan Matematika;
7. teman dekatku Siska Aprilia Hardiyanti 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.)*

Sedekah yang paling utama adalah seorang muslim yang mempelajari satu disiplin ilmu kemudian mengajarkannya kepada saudaranya sesama muslim.

(HR. Ibnu Majah)

*) Yani, A. 2008. *53 Materi Khotbah Ber-Angka*. Jakarta: Al Qalam.

PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Muhammad Nurrohim

NIM : 100210101034

menyatakan dengan sesungguhnya bahwa skripsi yang berjudul "*Analisis Sirkulasi Udara pada Tanaman Kopi Berdasarkan Tingkat Kekasaran 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, 17 Januari 2014

Yang menyatakan,

Muhammad Nurrohim

NIM 100210101034

PENGAJUAN

ANALISIS SIRKULASI UDARA PADA TANAMAN KOPI BERDASARKAN TINGKAT KEKASARAN 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 : Muhammad Nurrohim
NIM : 100210101034
Tempat dan Tanggal Lahir : Banyuwangi, 16 Oktober 1992
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 KEKASARAN TANAH DAN POLA TANAM GRAF TANGGA SEGITIGA MENGUNAKAN METODE VOLUME HINGGA

Oleh

Muhammad Nurrohim
NIM 100210101034

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 Kekasaran Tanah dan Pola Tanam Graf Tangga Segitiga Menggunakan Metode Volume Hingga*" telah diuji dan disahkan pada:

hari, tanggal : 28 Januari 2014

tempat : Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Jember.

Tim Penguji:

Ketua,

Sekretaris,

Drs. Suharto, M.Kes.
NIP. 195406271983031002

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

Anggota 1,

Anggota 2,

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

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

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 Kekasaran Tanah dan Pola Tanam Graf Tangga Segitiga Menggunakan Metode Volume Hingga; Muhammad Nurrohim, 100210101034; 2014: 79 halaman; Program Studi Pendidikan Matematika, Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Jember.

Kopi merupakan salah satu penghasil sumber devisa negara Indonesia dari subsektor perkebunan yaitu nomor 2 sesudah karet (Badan Pendidikan, Latihan dan Penyuluhan Pertanian; 1984). Dalam kurun waktu 20 tahun luas areal dan produksi perkebunan kopi di Indonesia, khususnya perkebunan kopi rakyat mengalami perkembangan yang sangat signifikan. Namun pada akhir-akhir ini produksi tersebut menurun atau tidak maksimal dibandingkan luas areal yang disediakan untuk perkebunan kopi tersebut. 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). Udara mempunyai peranan penting dalam membantu proses penyerbukan pada tanaman kopi untuk menghasilkan biji kopi. Sirkulasi udara yang terjadi pada tanaman kopi seharusnya memiliki kecepatan yang merata. Tujuan penelitian untuk: (1) mengetahui model sirkulasi udara tanaman kopi berdasarkan tingkat kekasaran tanah, (2) sirkulasi udara tanaman kopi dengan tingkat kekasaran tanah berbeda. Hasil penelitian diharapkan dapat menemukan pola tanam yang tepat pada tanaman kopi agar sirkulasi udara pada tanaman kopi berjalan dengan baik.

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 selasa, 9 september 2013 pukul 11.45 WIB sampai pukul 12.45 WIB. Selain itu, juga dilakukan pengukuran pola tanam jarak antar tanaman kopi serta pola penanaman yang dilakukan. 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 kekasaran tanah dengan metode volume hingga. Kemudian analisis sirkulasi udara pada tanam kopi dilakukan dengan *software MATLAB* dengan tingkat kekasaran tanah berbeda, dan hasilnya disimulasikan dengan *software FLUENT*.

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

$$\begin{aligned}
& (\phi_w - \phi_e)\rho\Delta y\Delta t - (\phi_w - \phi_e)\rho u \cos \theta\Delta y\Delta t + (\phi_s - \phi_n)\rho\Delta x\Delta t - \\
& (\phi_s - \phi_n)\rho v \sin \theta\Delta x\Delta t = \Delta y\Delta t \left(\rho g - p - \rho \left(-pu' + 2\mu u' - \right. \right. \\
& \left. \left. \frac{1}{2}\rho u'v' \right) \right) + \Delta x\Delta t \left(\rho g - p - \rho \left(-pv' + 2\mu v' - \frac{1}{2}\rho u'v' \right) \right) + \quad (1) \\
& 2\rho\mu \left(u'\Delta y\Delta t + \frac{1}{2}(u'\Delta x\Delta t + v'\Delta y\Delta t) + v'\Delta x\Delta t \right) + \\
& \rho^2 u'v' \left(u\Delta y\Delta t + \frac{1}{2}(u\Delta x\Delta t + v\Delta y\Delta t) + v\Delta x\Delta t \right) + \\
& \mu v_x \left(2\frac{\Delta y\Delta t}{\Delta x} + \frac{\Delta x\Delta t}{\Delta y} \right) + \mu v_y \left(\frac{\Delta y\Delta t}{\Delta x} + 2\frac{\Delta x\Delta t}{\Delta y} \right)
\end{aligned}$$

Analisis dilakukan dengan tingkat kekasaran tanah berbeda, yaitu 0,1; 0,5; dan 0,9. Hasil pengukuran dilapangan dengan perhitungan secara numerik dengan tingkat kekasaran tanah 0,1 diperoleh *error* relatif 0,85%. Dengan tingkat kekasaran tanah berbeda sirkulasi udara pada tanaman kopi yang dihasilkan juga berbeda. Semakin tinggi tingkat kekasaran tanah pada suatu pola tanam kopi, kecepatan sirkulasi udara juga semakin besar.

PRAKATA

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 Tingkat Kekasaran Tanah dan Pola Tanam Graf Tangga Segitiga Menggunakan Metode Volume Hingga". Skripsi ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat menyelesaikan pendidikan strata satu (S1) pada Program Studi Pendidikan Matematika Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Jember.

Penyusunan skripsi ini tidak lepas dari bimbingan dan bantuan berbagai pihak. Oleh karena itu penulis menyampaikan terima kasih kepada:

1. Prof. Drs. Dafik, M.Sc., Ph.D., selaku Dosen Pembimbing Utama, dan Arif Fatahillah, S.Pd., M.Si., selaku Dosen Pembimbing Anggota yang telah meluangkan waktu, pikiran, dan perhatian dalam penulisan skripsi ini;
2. Prof. Dr. Sunardi, M.Pd., selaku Dosen Pembimbing Akademik yang telah membimbing selama penulis menjadi mahasiswa;
3. Ayahanda Marwan Syah dan Ibunda Herlina sekeluarga yang telah memberikan semangat, dorongan, dan doanya demi terselesaikannya skripsi ini;
4. Perusahaan Daerah Perkebunan (PDP) Gunung Pasang Kec. Panti Jember yang telah memberikan izin penelitian;
5. rekan kerjaku Avel dan Ervin yang telah membantu selama penyusunan skripsi ini;
6. teman dekatku Siska Aprilia Hardiyanti yang saya sayangi yang telah menemani dan memberikan semangat serta dorongan selama penulis menjadi mahasiswa;
7. 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, 17 Januari 2014

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PERSEMBAHAN	ii
HALAMAN MOTO	iii
HALAMAN PERNYATAAN	iv
HALAMAN PENGAJUAN	v
HALAMAN PEMBIMBINGAN	vi
HALAMAN PENGESAHAN	vii
RINGKASAN	viii
PRAKATA	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	3
1.4 Tujuan Penelitian	4
1.5 Manfaat Penelitian	4
2 TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Kopi	5
2.1.1 Pola Tanam Tanaman Kopi	7
2.1.2 Produktivitas Kopi	11
2.2 Fluida	16
2.3 Metode Volume Hingga	18
2.3.1 Persamaan Energi	20
2.3.2 Persamaan Momentum	21
2.4 Teknik Diskritisasi <i>Quadratic Upwind Interpolation Confective Kinematics</i> (QUICK)	22

2.5	Algoritma dan Pemrograman <i>MATLAB</i>	24
2.5.1	Algoritma dan Pemrograman	24
2.5.2	<i>MATLAB (Matrix Laboratory)</i>	24
2.5.3	Metode SOR (<i>Successive Overrelaxation</i>)	27
2.5.4	Galat atau <i>Error</i>	30
2.6	CFD (<i>Computational Fluid Dynamics</i>)	31
3	METODE PENELITIAN	35
3.1	Jenis Penelitian	35
3.2	Prosedur Penelitian	35
3.3	Definisi Operasional	36
3.4	Tempat Penelitian	37
3.5	Metode Pengumpulan Data	37
3.6	Instrumen Penelitian	38
3.7	Data dan Analisis Data	39
4	HASIL DAN PEMBAHASAN	41
4.1	Persamaan Momentum	41
4.2	Persamaan Energi	45
4.3	Penyelesaian Model Matematika	47
4.4	Diskritisasi	51
4.5	Efektivitas Metode Volume Hingga dengan Menggunakan Error Relatif Dalam Sirkulasi Udara Pada Tanaman Kopi Berdasarkan Tingkat Kekasaran Tanah	59
4.5.1	Program Simulasi <i>MATLAB</i> dan <i>FLUENT</i>	59
4.5.2	Penggunaan <i>Error</i> Relatif Pada Metode Volume Hingga	60
4.5.3	Simulasi Program Model Sirkulasi Udara Pada Tanaman Kopi Berdasarkan Tingkat Kekasaran Tanah	61
4.6	Hasil dan Pembahasan	61
4.6.1	Komputasi <i>MATLAB</i>	61
4.6.2	Simulasi <i>FLUENT</i>	70
4.6.3	Analisis Efektivitas Metode Volume Hingga Pada Sirkulasi Udara Tanaman Kopi Berdasarkan Tingkat Kekasaran Tanah	73

5 KESIMPULAN DAN SARAN	76
5.1 Kesimpulan	76
5.2 Saran	77
DAFTAR PUSTAKA	78
LAMPIRAN-LAMPIRAN	
A. SURAT IZIN PENELITIAN	80
B. LEMBAR PENGAMATAN	81
C. MATRIKS DENGAN JUMLAH POHON (5 × 5)	82
D. PROGRAM <i>MATLAB</i>	84
E. HASIL SIMULASI PROGRAM <i>MATLAB</i>	94
F. PERHITUNGAN <i>ERROR</i> RELATIF	100

DAFTAR GAMBAR

2.1	Tanaman Kopi	6
2.2	Pola Tanam dengan Tanaman Pelindung	7
2.3	Pola Tanam dengan Tanaman Pelindung Sementara	8
2.4	Pola Tanam dengan Tingkat Kekasaran Tanah	9
2.5	Graf Tangga Segitiga	10
2.6	Graf Tangga Segitiga <i>Shake</i>	10
2.7	Luas Areal Perekebunan Kopi 1980 - 2000	12
2.8	Luas Areal Perekebunan Kopi 2008 - 2013	13
2.9	Produktivitas Kopi 2008 - 2013	14
2.10	(a) Produksi Kopi Nasional 2008 - 2013, (b) Produksi Kopi Indone- sia Dibandingkan Negara Lain	15
2.11	Aliran Fluida Laminar dan Turbulen	17
2.12	Volume Kendali 2 Dimensi	19
2.13	Sel Pusat dan Sel Vertex	19
2.14	Bagan Volume Kendali Persamaan Energi	21
2.15	Bagan Volume Kendali Persamaan Momentum	22
2.16	Diskritisasi QUICK	23
2.17	Tampilan Dekstop MATLAB	25
2.18	Contoh Simulasi CFD	31
3.1	Diagram Alur Penelitian	36
4.1	Bagan Volume Kendali Persamaan Momentum	42
4.2	Pola Tanam Graf Tangga Segitiga <i>Shake</i>	44
4.3	Pola Tanam Tumbuhan Kopi	44
4.4	Bagan Volume Kendali Persamaan Energi	46
4.5	Diskritisasi Teknik <i>QUICK</i> untuk Pola Tanam Berdasarkan Tingkat Kekasaran Tanah	51
4.6	Diskritisasi Baris Pertama Sirkulasi Udara Pada Tanaman Kopi .	55
4.7	Diskritisasi Baris Kedua Sirkulasi Udara Pada Tanaman Kopi . .	56

4.8	Diskritisasi Pola Tanam Graf Tangga Segitiga <i>Shake</i>	57
4.9	Sirkulasi Udara Pada Tanaman Kopi dengan Tingkat Kekasaran Tanah Berbeda	62
4.10	Perbandingan Sirkulasi Udara Tanaman Kopi dengan Tingkat Kekasaran Tanah Berbeda pada Satu Titik	63
4.11	Grafik dengan Perhitungan Biasa	64
4.12	Grafik dengan Menggunakan Metode SOR	64
4.13	Sirkulasi Udara Pada Tanaman Kopi Berdasarkan Pola Tanam Graf Tangga Segitiga	71
4.14	Sirkulasi Udara Tanaman Kopi dengan Tingkat Kekasaran Tanah (α) Besar	72
4.15	Sirkulasi Udara Tanaman Kopi dengan Tingkat Kekasaran Tanah (α) Kecil	72
4.16	Grafik Konvergensi Simulasi <i>FLUENT</i> pada Pola Tanam Kopi . .	73
4.17	Grafik Konvergensi Simulasi <i>FLUENT</i> pada Pola Tanam Kopi dengan Tingkat Kekasaran Tanah Besar	74
4.18	Grafik Konvergensi Simulasi <i>FLUENT</i> pada Pola Tanam Kopi dengan Tingkat Kekasaran Tanah Kecil	74

DAFTAR TABEL

2.1	Luas Areal Perkebunan Kopi	11
2.2	Perkembangan Luas Areal Perkebunan Kopi 2008 - 2013	12
2.3	Perkembangan Produksi & Produksi Tanaman Perkebunan Kopi 2008 - 2013	14
4.1	Hasil Perhitungan Biasa dan Perhitungan dengan Metode SOR	65

DAFTAR LAMBANG

τ	=	Laju tegangan fluida
μ	=	Koefisien kekentalan
$\frac{\partial}{\partial x}$	=	Turunan terhadap x
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 tanah
ρ	=	Kerapatan (massa jenis)
p	=	Tekanan
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
u'	=	Komponen kecepatan turbulen pada sumbu X
v'	=	Komponen kecepatan turbulen pada sumbu Y
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
g_1	=	Gaya permukaan 1
g_2	=	Gaya permukaan 2
a	=	Hasil perhitungan secara analitik (sebenarnya)
\hat{a}	=	Hasil perhitungan secara numerik