

**ANALISIS SIRKULASI UDARA PADA TANAMAN KOPI
BERDASARKAN FAKTOR TANAMAN PELINDUNG DAN
POLA TANAM GRAF TANGGA MENGGUNAKAN
METODE VOLUME HINGGA**

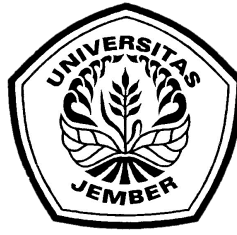
SKRIPSI

Oleh

**Didin Trisnani
NIM 110210101026**

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

2014



**ANALISIS SIRKULASI UDARA PADA TANAMAN KOPI
BERDASARKAN FAKTOR TANAMAN PELINDUNG DAN
POLA TANAM GRAF TANGGA MENGGUNAKAN
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

**Didin Trisnani
NIM 110210101026**

**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 terkasih Marsadi dan Ibunda tercinta Kasiani yang senantiasa mengalirkan rasa cinta serta kasih sayang dan juga cucuran keringat beserta doa-doa yang tidak pernah putus dan selalu mengiringi selama ini, serta adik-adik yang tersayang Diana Sari dan Muhammad Ihsanul Kholiqin yang selalu memberikan semangat;
2. Bapak dan Ibu Dosen FKIP Pendidikan Matematika yang selalu memberikan ilmu dan bimbingan selama kuliah;
3. Teman-teman seperjuangan angkatan 2011 yang sangat hebat, semoga ilmu yang kita miliki senantiasa bermanfaat;
4. Sahabat-sahabat tercinta Deni P., Dwi A., Roida yang selalu memberikan dukungan dan bersedia mendengarkan keluh kesah, semoga kita semua bisa menjadi orang yang bermanfaat;
5. Teman-teman pengurus HMPS Pendidikan Matematika MSC yang telah memberikan pengalaman luar biasa;
6. Teman seperjuangan dalam penelitian ini Ahmad Syaiful Rizal yang telah bekerja bersama-sama dan banyak berbagi ilmu selama melakukan penelitian;
7. Seluruh kakak angkatan dan adik angkatan FKIP Pendidikan Matematika yang telah banyak membantu dan memberikan dukungan;
8. Almamater Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Jember;

MOTO

وَاللَّهُ بِمَا تَعْمَلُونَ خَبِيرٌ

”Dan Allah Maha Mengetahui apa yang kamu kerjakan.”

(Al-Mujaadilah:11)

”Yang terpenting bukan darimana kita mendapatkan pengetahuan itu, tapi sampai dimana kita dapat menerapkannya” - Gosho Aoyama

PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Didin Trisnani

NIM : 110210101026

menyatakan dengan sesungguhnya bahwa skripsi yang berjudul "*Analisis Sirkulasi Udara pada Tanaman Kopi Berdasarkan Faktor Tanaman Pelindung dan Pola Tanam Graf Tangga 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, Desember 2014

Yang menyatakan,

Didin Trisnani
NIM 110210101026

PENGAJUAN

ANALISIS SIRKULASI UDARA PADA TANAMAN KOPI BERDASARKAN FAKTOR TANAMAN PELINDUNG DAN POLA TANAM GRAF TANGGA 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 : Didin Trisnani
NIM : 110210101026
Tempat dan Tanggal Lahir : Mojokerto, 26 Agustus 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 FAKTOR TANAMAN PELINDUNG DAN POLA TANAM GRAF TANGGA MENGGUNAKAN METODE VOLUME HINGGA

Oleh

Didin Trisnani
NIM 110210101026

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 Faktor Tanaman Pelindung dan Pola Tanam Graf Tangga Menggunakan Metode Volume Hingga*" telah diuji dan disahkan pada:

hari, tanggal :

tempat : Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Jember.

Tim Penguji:

Ketua,

Sekretaris,

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

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

Anggota 1,

Anggota 2,

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

Dr. Susanto, M.Pd.
NIP. 196306161988021001

Mengetahui,

Dekan Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan
Universitas Jember

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

RINGKASAN

Analisis Sirkulasi Udara pada Tanaman Kopi Berdasarkan Faktor Tanaman Pelindung dan Pola Tanam Graf Tangga Menggunakan Metode Volume Hingga; Didin Trisnani, 110210101026; 2014: 173 halaman; Program Studi Pendidikan Matematika, Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Jember.

Kopi merupakan salah satu komoditas unggulan dalam subsektor perkebunan di Indonesia karena memiliki peluang pasar yang baik di dalam negeri maupun luar negeri. Faktor yang mempengaruhi penurunan produksi kopi adalah sirkulasi udara. Sirkulasi udara yang terlalu tinggi bisa mempengaruhi proses penyerbukan dan hal itu bisa menyebabkan berkurangnya produksi kopi. Udara merupakan komponen lingkungan yang tidak bisa dilihat dan hanya bisa dirasakan keberadaannya. Faktor lain yang dapat mempengaruhi pertumbuhan dan perkembangan tanaman kopi ialah pola tanam kopi dan jarak penanamannya. Pola tanam dan jarak antar kopi tidak boleh begitu renggang, begitu pula dengan pola tanam dan jarak tanam untuk pohon naungan (pelindung). Menurut Sri Najiyati & Danarti, semakin tinggi tempat dari permukaan air laut, jarak tanamnya semakin renggang. Semakin rendah dari permukaan laut, jarak tanamnya semakin rapat. Tujuan penelitian ini adalah: (1) Bagaimana model sirkulasi udara pada tanaman kopi berdasarkan faktor tanaman pelindung, (2) bagaimana pengaruh faktor jarak tanaman pelindung terhadap sirkulasi udara pada tanaman kopi, (3) bagaimana pengaruh tanaman pelindung terhadap sirkulasi udara pada tanaman kopi. (4) bagaimana efektivitas metode volume hingga dalam menganalisis faktor jarak dan tinggi tanaman pelindung kopi terhadap tanaman kopi.

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 pola tanam jarak antara tanaman kopi dengan

tanaman pelindung 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 faktor tanaman pelindung sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
& \phi_e(\rho u \Delta y \Delta t - \rho \Delta y \Delta t) + \phi_w(-\rho u \Delta y \Delta t + \rho \Delta y \Delta t) + \phi_n(\rho v \Delta x \Delta t - \rho \Delta x \Delta t) + \\
& \phi_s(-\rho v \Delta x \Delta t + \rho \Delta x \Delta t) = -2\rho\mu u \frac{\Delta y \Delta t}{\Delta x} - 2\rho\mu v \frac{\Delta x \Delta t}{\Delta y} - \rho\mu v \frac{\Delta y \Delta t}{\Delta x} - \\
& 2\rho\mu uv \Delta t - \rho\mu u \frac{\Delta x \Delta t}{\Delta x} - p \Delta y \Delta t - p \Delta x \Delta t + \rho g \Delta y \Delta t + \rho g \Delta x \Delta t + \\
& 2\mu u \frac{\Delta y \Delta t}{\Delta x} + 2\mu v \frac{\Delta x \Delta t}{\Delta y} + \mu v \frac{\Delta y \Delta t}{\Delta x} + \mu u \frac{\Delta x \Delta t}{\Delta y} + \mu u \Delta t + \mu v \Delta t
\end{aligned} \tag{1}$$

Metode yang digunakan dalam penelitian ini ialah metode studi kasus. Analisis dilakukan dengan menggunakan jarak dan tinggi tanaman pelindung yang berbeda, yaitu 1 m; 2 m; dan 3 m untuk jarak serta 2 m, 3 m, dan 4 m untuk tinggi tanaman pelindung. Kecepatan awal rata-rata yang digunakan sebesar 0.3 m/s, dengan jarak dan tinggi penanaman tanaman pelindung yang berbeda sirkulasi udara pada tanaman kopi yang dihasilkan juga berbeda. Semakin besar jarak penanaman pohon pelindung terhadap tanaman kopi, kecepatan sirkulasi udara juga semakin kecil atau stabil. Begitu pula dengan tinggi tanaman pelindung, semakin tinggi tanaman pelindung maka kecepatan sirkulasi udara juga semakin stabil. Dan penggunaan Metode Volume Hingga ini cukup efektif karena dari model matematika tersebut diperoleh hasil *error* yang cukup kecil.

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 Faktor Tanaman Pelindung dan Pola Tanam Graf Tangga 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. 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 MIPA Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Jember;
4. Dosen Pembimbing Akademik yang telah membimbing dan memberikan ilmunya kepada saya;
5. Dosen Pembimbing I dan Dosen Pembimbing II yang telah meluangkan waktu, pikiran, dan perhatian dalam penulisan skripsi ini;
6. Dosen dan Karyawan Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Jember;
7. semua pihak yang telah membantu terselesaikannya skripsi ini.

Semoga bantuan dan bimbingan serta doa-doa 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, semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi semua pihak.

Jember, 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	xiv
DAFTAR GAMBAR	xvi
DAFTAR TABEL	xvii
DAFTAR LAMBANG	xviii
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	6
2.1 Kopi	6
2.2 Pola Tanam Kopi	8
2.3 Tanaman Pelindung Kopi	9
2.4 Fluida	11
2.4.1 Jenis-jenis Fluida	12
2.4.2 Jenis-jenis Aliran Fluida	13
2.5 Metode Volume Hingga	14
2.5.1 Persamaan Momentum	17

2.5.2	Persamaan Energi	18
2.5.3	CFD (<i>Computational Fluid Dynamics</i>)	18
2.6	Teknik Diskritisasi <i>Quadratic Upwind Interpolation Confective Kinematics</i> (QUICK)	24
2.7	Algoritma dan Pemrograman <i>MATLAB</i>	26
2.7.1	<i>MATLAB</i> (<i>Matrix Laboratory</i>)	26
2.7.2	Metode Iterasi Relaksasi SUR (<i>Successive Under Relaxation</i>)	27
2.7.3	Galat atau <i>Error</i>	31
2.8	Perangkat Lunak CFD	33
3	METODE PENELITIAN	36
3.1	Jenis Penelitian	36
3.2	Prosedur Penelitian	36
3.3	Definisi Operasional	37
3.4	Tempat Penelitian	38
3.5	Metode Pengumpulan Data	39
3.6	Instrumen Penelitian	40
3.7	Data dan Analisis Data	40
4	HASIL DAN PEMBAHASAN	42
4.1	Persamaan Matematika Sirkulasi Udara pada Tanaman Kopi	42
4.2	Penyelesaian Persamaan Matematika Sirkulasi Udara pada Tanaman Kopi Berdasarkan Faktor Tanaman Pelindung	47
4.3	Diskritisasi	50
4.4	Efektivitas Metode Volume Hingga dengan Menggunakan Error Relatif Dalam Sirkulasi Udara Pada Tanaman Kopi Berdasarkan Faktor Tanaman Pelindung	57
4.4.1	Format <i>Programming</i>	57
4.4.2	Simulasi Program Model Sirkulasi Udara Pada Tanaman Kopi Berdasarkan Faktor Tanaman Pelindung	57
4.5	Analisis dan Pembahasan	58
4.5.1	Komputasi <i>MATLAB</i>	58
4.5.2	Simulasi <i>FLUENT</i>	66

4.5.3 Analisis Efektivitas Metode Volume Hingga Pada Sirkulasi Udara Tanaman Kopi Berdasarkan Faktor Tanaman Pelindung	71
5 KESIMPULAN DAN SARAN	72
5.1 Kesimpulan	72
5.2 Saran	73
DAFTAR PUSTAKA	74
LAMPIRAN-LAMPIRAN	
A. SURAT IZIN PENELITIAN	77
B. LEMBAR PENGAMATAN	78
C. Matriks dengan Jumlah Pohon (5×5)	79
D. PROGRAM <i>MATLAB</i>	80
E. HASIL SIMULASI PROGRAM <i>MATLAB</i> UNTUK JARAK TANAMAN DENGAN METODE BIASA	94
F. HASIL SIMULASI PROGRAM <i>MATLAB</i> UNTUK TINGGI TANAMAN DENGAN METODE BIASA	96
G. HASIL SIMULASI PROGRAM <i>MATLAB</i> UNTUK JARAK TANAMAN DENGAN METODE SUR (<i>Successive Under-Relaxation</i>)	98
H. HASIL SIMULASI PROGRAM <i>MATLAB</i> UNTUK TINGGI TANAMAN DENGAN METODE SUR (<i>Successive Under-Relaxation</i>)	100
I. ITERASI DAN TOLERANSI METODE SUR (<i>Successive Under-Relaxation</i>) JARAK BERBEDA	102
J. ITERASI DAN TOLERANSI METODE SUR (<i>Successive Under-Relaxation</i>) TINGGI BERBEDA	111

DAFTAR GAMBAR

2.1	Daerah Penghasil Kopi	7
2.2	Luas Areal dan Produksi Kopi	7
2.3	Graf Tangga	9
2.4	Graf Tangga Gabungan	9
2.5	Tanaman Pelindung Kopi	10
2.6	Contoh Fluida Cair	12
2.7	Contoh Fluida Gas	12
2.8	Aliran Fluida Laminar dan Turbulen	13
2.9	Sel Pusat dan Sel Vertex	15
2.10	Model Volume Kendali Dua Dimensi	16
2.11	Model Volume Kendali	16
2.12	Bagan Volume Kendali Persamaan Momentum	17
2.13	Bagan Volume Kendali Persamaan Energi	19
2.14	Contoh Simulasi CFD	20
2.15	Hasil Penelitian Pemodelan	23
2.16	Diskritisasi QUICK	24
2.17	Tampilan MATLAB	27
2.18	Tampilan GAMBIT	34
2.19	Tampilan FLUENT	35
3.1	Diagram Alur Penelitian	37
4.1	Bagan Volume Kendali Persamaan Momentum	44
4.2	Bagan Volume Kendali Persamaan Energi	46
4.3	Skema Diskritisasi faktor Tanaman Pelindung	54
4.4	Grafik Sirkulasi Udara Koefisien Jarak Tanaman Pelindung 1, 2, 3 m	61
4.5	Perbesaran Gambar 4.4 Pada Titik Domain 2 sampai 12	62
4.6	Perbesaran Gambar 4.4 Pada Titik Domain 50	63
4.7	Grafik Sirkulasi Udara Tinggi Tanaman Pelindung dengan Metode Biasa	64

4.8	Perbesaran Gambar 4.7 Pada Titik Domain 50	64
4.9	Grafik Sirkulasi Udara Jarak Tanaman Pelindung dengan Metode	65
4.10	Grafik Sirkulasi Udara Tinggi Tanaman Pelindung dengan Metode	66
4.11	Sirkulasi Udara Pada Tanaman Kopi Berdasarkan	67
4.12	Jarak Tanaman Pelindung A (Dekat)	67
4.13	Jarak Tanaman Pelindung B (Sedang)	68
4.14	Jarak Tanaman Pelindung C (Jauh)	68
4.15	Tinggi Tanaman Pelindung A (Rendah)	69
4.16	Tinggi Tanaman Pelindung B (Sedang)	70
4.17	Tinggi Tanaman Pelindung C (Tinggi)	70

DAFTAR TABEL

I.1	Tabel Iterasi dan Toleransi Kecepatan Sirkulasi Udara dengan Kecepatan Awal 0.3 m/s dan Jarak Tanaman Pelindung 1 m Metode SUR	102
I.2	Tabel Iterasi dan Toleransi Kecepatan Sirkulasi Udara dengan Kecepatan Awal 0.3 m/s dan Jarak Tanaman Pelindung 2 m Metode SUR	105
I.3	Tabel Iterasi dan Toleransi Kecepatan Sirkulasi Udara dengan Kecepatan Awal 0.3 m/s dan Jarak Tanaman Pelindung 3 m Metode SUR	108
J.1	Tabel Iterasi dan Toleransi Kecepatan Sirkulasi Udara dengan Kecepatan Awal 0.3 m/s dan Tinggi Tanaman Pelindung 2 m Metode SUR	111
J.2	Tabel Iterasi dan Toleransi Kecepatan Sirkulasi Udara dengan Kecepatan Awal 0.3 m/s dan Tinggi Tanaman Pelindung 3 m Metode SUR	114
J.3	Tabel Iterasi dan Toleransi Kecepatan Sirkulasi Udara dengan Kecepatan Awal 0.3 m/s dan Tinggi Tanaman Pelindung 4 m Metode SUR	117

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	=	Jarak titik acuan (m)
y	=	Tinggi tumbuhan (m)
y_r	=	Tinggi titik acuan (m)
$\frac{\partial}{\partial x}$	=	Turunan terhadap x
$\frac{\partial}{\partial y}$	=	Turunan terhadap y
$\frac{\partial}{\partial t}$	=	Turunan terhadap t
α	=	Harga karakteristik kekasaran tanah
ρ	=	Kerapatan (massa jenis)
p	=	Tekanan
i	=	Komponen vektor pada sumbu x
j	=	Komponen vektor pada sumbu y
u	=	Komponen kecepatan pada sumbu x
v	=	Komponen kecepatan pada sumbu y
F	=	Gaya
Φ	=	Disipasi udara
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	=	Gaya permukaan