

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

Moch. Avel Romanza P.<sup>13</sup>, Dafik<sup>14</sup>, Arif Fatahillah<sup>15</sup>

**Abstract.** Coffee bean is one of the superior agricultural products in Indonesia. One of the factors that affect the productivity is the cropping pattern of coffee plants. A well organized cropping pattern will make a well organized air circulation which affects the productivity of coffee beans. In this research, a model of air circulation is built based on prism graph for the cropping pattern and solved by using Finite Volume Method (FVM). The model simulation process is done by using MATLAB and FLUENT software. The model is built according to the slope of stem and the temperature of coffee plantation. The temporary result of the research shows that prism graph cropping pattern results good air circulation and also gives good effect to the air circulation around the coffee plantation. The same thing happens to the effect of the slope of stem, the more upright the coffee plant is, the better air circulation and vice versa.

**Key Words :** Coffee plants, air circulation, prism graph, Finite Volume Method (FVM)

## PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi saat ini tidak bisa dilepaskan dari peranan matematika sehingga memudahkan manusia dalam mengerjakan segala hal dalam berbagai bidang. Termasuk dalam bidang perkebunan yang salah satu penerapannya adalah dalam peningkatan produksi kopi bisa dilakukan menggunakan analisis matematik dengan pola tanam dan pemodelan sirkulasi udara. Menurut Susila produksi kopi memiliki keterkaitan yang erat dengan luas area tanaman. Dengan memperluas lahan tanaman kopi, diharapkan mampu meningkatkan jumlah produksi kopi. Namun faktanya, produksi tersebut menurun atau tidak maksimal dengan luas areal yang sudah disediakan. Ini disebabkan oleh beberapa hal termasuk pola tanam dari kopi dan tingkat kemiringan dari batangnya. Pemodelan sirkulasi udara pada tanaman kopi ini bertujuan untuk memprediksi aliran udara pada pola tanam kopi yang keadaannya bisa disesuaikan dengan keadaan sebenarnya.

Berdasarkan uraian di atas, rumusan masalah dalam penelitian ini adalah bagaimana bentuk model permasalahan sirkulasi udara pada tanaman kopi berdasarkan pola tanam kopi berupa graf amalgamasi prisma (circular ladder graph ) dan bagaimana pengaruh pola tanam berupa graf amalgamasi prisma (circular ladder graph ),

---

<sup>13</sup> Mahasiswa Program Studi Pendidikan Matematika FKIP Universitas Jember

<sup>14</sup> Dosen Program Studi Pendidikan Matematika FKIP Universitas Jember

<sup>15</sup> Dosen Program Studi Pendidikan Matematika FKIP Universitas Jember

kemiringan batang dan waktu terhadap sirkulasi udara yang mempengaruhi produktivitas biji kopi. Penelitian ini memberikan manfaat yaitu dapat menambah pengetahuan peneliti dalam bidang pemodelan matematika, memberikan kontribusi terhadap berkembangnya pengetahuan baru dalam bidang pemodelan matematika menggunakan metode volume hingga, memberikan suatu program baru (dalam MATLAB ) yang dapat digunakan sebagai acuan efektivitas metode volume hingga khususnya pada sirkulasi udara pada tanaman kopi.

English (dalam Parlaungan, 2008:4) mengatakan bahwa pemodelan matematika (*mathematical modelling*) adalah penurunan suatu studi tentang konsep dan operasi matematika dalam konteks dunia rel dan pembentukan model-model dalam menggali dan memahami situasi masalah kompleks yang sesungguhnya. Representasi matematika yang dihasilkan dari proses ini dikenal sebagai model matematika. Model matematika adalah sekumpulan fungsi-fungsi yang menyatakan hubungan antara beberapa peubah-peubah yang berbeda (Wikipedia, 2011). Untuk menyelesaikan persamaan model matematika salah satunya menggunakan metode volume hingga. Menurut Apsley (dalam Tondok, 2009:16) metode volume hingga adalah salah satu metode yang dapat digunakan untuk pemodelan matematika. Metode volume hingga sesuai diterapkan pada masalah aliran fluida atau aerodinamika. Aliran fluida yang memenuhi sifat fisis tersebut dapat dibangun dengan persamaan matematika, yang umumnya memenuhi hukum kekekalan energi, hukum kekekalan massa, dan persamaan momentum. Pada metode volume hingga, domainnya harus diketahui dengan jelas. Dari domain tersebut, dibagi menjadi bagian-bagian atau grid-grid baik terstruktur maupun tidak. Pada pemodelan masing-masing *grid* memenuhi persamaan matematika yang terbentuk. Persamaan yang terbentuk dalam *face* (sisi atau permukaan) sehingga perlu diubah menjadi *node* (titik) agar tidak saling tumpang tindih. Dalam metode ini perlu dilakukan pendiskritan untuk mengubah kontrol *face* menjadi kontrol *node* sehingga persamaan yang terbentuk merupakan nilai node. Prosedur dalam metode volume hingga menurut

Apsley (dalam Tondok, 2009:17) adalah:

1. mendefinisikan bentuk geometri aliran;
2. domain dari aliran diuraikan dalam *mesh* atau *grid* dari volume kontrol yang tidak tumpang tindih dan dapat membentuk persamaan yang telah dimodelkan;

3. persamaan yang didiskritkan nilainya merupakan pendekatan dari nilai masing masing pada titik;
4. persamaan yang didiskritkan diselesaikan secara numerik.

Bentuk geometris dari aliran fluida pada masing-masing domain dibuat dalam bentuk *grid*. *Grid* dari domain dapat berupa *grid* yang berstruktur, ataupun *grid* dalam koordinat kartesius atau *grid* non kartesius. Masing-masing *grid* memiliki kontrol face dan kontrol *node*. *QUICK scheme* pada Apsley (dalam Tondok, 2009:20), untuk kecepatan lebih besar dari nol adalah:

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

Untuk menghitung keefektivan dari model, bisa digunakan penghitungan *error* relatif. Persamaan 2 merupakan rumus untuk menghitung *error* relatif.

$$Error\ Relatif = \left| \frac{X_{rataaan} - X_i}{X_i} \right| \times 100\%
 \tag{2}$$

## METODE PENELITIAN

Penelitian ini merupakan jenis penelitian studi kasus (Yin, 2003). Variabelvariabel yang berpengaruh pada proses sirkulasi udara pada tanaman kopi berdasarkan pola tanam graf prisma dalam pemodelan menggunakan metode volume hingga dibandingkan dengan keadaan yang sebenarnya di lapangan.

Daerah penelitian merupakan lokasi objek penelitian yang akan dilakukan. Tempat untuk penyelesaian numerik dan pemodelan *Computational Fluid Dynamics* dilakukan di laboratorium matematika gedung III FKIP Universitas Jember yang telah tersedia sarana dan prasarana yang mendukung penelitian ini dengan adanya komputer yang dilengkapi dengan program *MATLAB* untuk penyelesaian numerik dan *FLUENT* untuk simulasi pemodelan.

Metode pengumpulan data yang digunakan adalah metode dokumentasi. Metode dokumentasi yaitu metode pengumpulan data yang berupa hal-hal atau variabel yang

terdiri dari catatan, transkrip, buku, surat kabar, majalah, prasasti, notulen rapat, agenda dan sebagainya (Arikunto, 1996: 234).

Penghitungan keefektivan model dengan membandingkan hasil simulasi dengan kecepatan aliran udara faktual yang ada di perkebunan kopi. Kemudian dihitung dengan menggunakan *error* relatif.

$$Error\ Relatif = \left| \frac{X_{rataaan} - X_i}{X_i} \right| \times 100\% \quad (3)$$

Batasan untuk *error* kecil adalah 0,01. *Error* sebesar 0,01 itu sudah cukup menggambarkan akurasi yang baik karena kesalahan tersebut hanya 1 % sehingga menandakan kesalahan tersebut cukup kecil. Untuk mengetahui keefektivan metode iterasi SOR dalam menganalisis model matematika sirkulasi udara pada tanaman kopi digunakan penghitungan *error* mutlak. Penghitungan *error* mutlak dilakukan dengan mencari selisih nilai yang diperoleh dari metode SOR dengan metode biasa.

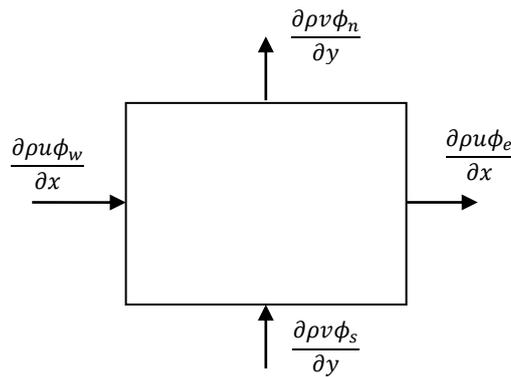
## HASIL DAN PEMBAHASAN

### **Persamaan Matematika Fluida Pada Proses Sirkulasi Udara pada Tanaman Kopi Berdasarkan Pola Tanam Graf Amalgamasi Prisma**

Berdasarkan persamaan umum skalar transport dari konservasi momentum, maka dapat dituliskan:

$$\frac{d}{dt}(\text{momentum}) + [\text{fluks momentum keluar} - \text{fluks momentum masuk}] = \text{force} \quad 3)$$

Pada kasus sirkulasi udara pada tanaman kopi terjadi perubahan momentum. Jika ditinjau dari sumbu x dan sumbu y maka akan bekerja momentum masuk dan momentum keluar sesuai dengan volume kendali dua dimensi yang dapat dimodelkan sesuai dengan gambar diagram alir momentum seperti pada Gambar 1.



Gambar 1. Aliran Momentum Dua Dimensi Proses Sirkulasi Udara Pada Tanaman Kopi  
*Force* adalah gaya-gaya yang bekerja pada sirkulasi udara tanaman kopi sebagai berikut:

1. Gaya *pressure* atau tekanan;
2. Gaya kekentalan;
3. Gaya gravitasi

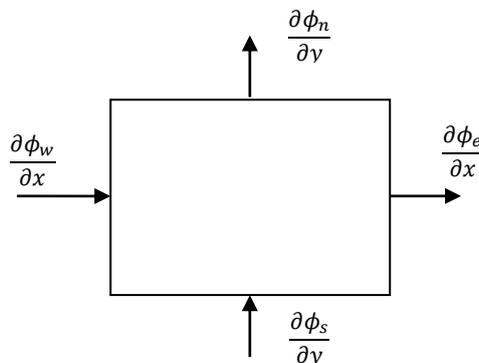
Dari Gambar 1, Persamaan 4, dan gaya yang bekerja maka persamaan konservasi momentum pada proses sirkulasi udara tanaman kopi adalah:

$$\frac{\partial \rho \phi_0}{\partial t} + \left( \frac{\partial \rho u \phi_e}{\partial x} - \frac{\partial \rho u \phi_w}{\partial x} \right) + \left( \frac{\partial \rho v \phi_n}{\partial y} - \frac{\partial \rho v \phi_s}{\partial y} \right) = \rho \left( \frac{\partial g}{\partial x} + \frac{\partial g}{\partial x} \right) - \left( \frac{\partial p}{\partial x} + \frac{\partial p}{\partial x} \right) + 2\mu \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + 2\mu \frac{\partial^2 v}{\partial y^2} + \mu \frac{\partial^2 u}{\partial x \partial y} + \mu \frac{\partial^2 u}{\partial y^2} + \mu \frac{\partial^2 v}{\partial x \partial y} \quad 5)$$

Jadi Persamaan 5 merupakan persamaan momentum.

Pada persamaan sirkulasi udara tanaman kopi, persamaan tersusun dari persamaan momentum dan persamaan energi. Berdasarkan persamaan umum skalar transort dari konversi energi, maka:

$$\frac{d}{dt} (energi) + [fluks energi keluar - fluks energi masuk] = source \quad 6)$$



Gambar 2. Aliran Energi Dua Dimensi Proses Sirkulasi Udara Pada Tanaman Kopi

Gambar 2 merupakan diagram alir energi untuk aliran fluida pada tanaman kopi. Untuk energi masuk  $\frac{\partial \phi_w}{\partial x}$  dan  $\frac{\partial \phi_s}{\partial y}$ . Sedangkan persegi melambangkan area perkebunan kopi dengan pola tanam graf amalgamasi prisma (*circular ladder graph*) dan energi keluar adalah  $\frac{\partial \phi_e}{\partial x}$  dan  $\frac{\partial \phi_n}{\partial y}$ .

Dari Gambar 2, Persamaan 6, dan energi dalam yang bekerja di perkebunan kopi maka dapat dibentuk persamaan konservasi energi pada proses sirkulasi udara pada tanaman kopi seperti pada Persamaan 7

$$\begin{aligned} \frac{\partial \phi_0}{\partial t} + \left( \frac{\partial \phi_e}{\partial x} - \frac{\partial \phi_w}{\partial x} \right) + \left( \frac{\partial \phi_n}{\partial y} - \frac{\partial \phi_s}{\partial y} \right) = \frac{\partial}{\partial x} \left( -\rho u' - \frac{1}{2} \rho u' v' - \mu v' - \right. \\ \left. \rho u^2 v + \frac{1}{2} u' v^2 \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left( -\rho u v' - \frac{1}{2} \rho u' v' - 2\mu v' - \frac{1}{2} \rho u^2 v + \rho u' v^2 \right) \end{aligned} \quad 7)$$

Jadi Persamaan 7 merupakan persamaan energi. Persamaan 5 dan persamaan 7 akan diselesaikan menggunakan metode volume hingga dengan menggabungkan persamaan energi dan persamaan momentum. Maka sebelumnya dari persamaan 5 harus diintegrasikan terhadap x, y dan terhadap t. Hasil integral dari persamaan 5 adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \rho \phi_0 \frac{\Delta x \Delta y}{\Delta t} + \Delta y \Delta t [(\rho u \phi)_e - (\rho u \phi)_w] + \Delta x \Delta t [(\rho v \phi)_n - (\rho v \phi)_s] \\ = \Delta y \Delta t (\rho g - p) + \frac{\Delta y \Delta t}{\Delta x} (2\mu u + \mu v) + \Delta x \Delta t (\rho g - p) + \\ \frac{\Delta y \Delta t}{\Delta x} (2\mu v + \mu u) + (\mu u + \mu v) \end{aligned} \quad 8)$$

Jadi persamaan 8 disebut persamaan momentum pada fluida. Untuk menyelesaikan persamaan energi cara yang digunakan sama dengan penyelesaian persamaan momentum yakni diintegrasikan terhadap x, y dan t. Dan hasil integral dari persamaan energi pada persamaan 7 adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \rho \phi_0 \frac{\Delta x \Delta y}{\Delta t} = -\Delta y \Delta t (\phi_e - \phi_w) - \Delta x \Delta t (\phi_n - \phi_s) + \Delta y \Delta t \left( -\rho u' - \right. \\ \left. \frac{1}{2} \rho u' v' - \mu v' - \rho u^2 v + \frac{1}{2} u' v^2 \right) + \Delta x \Delta t \left( -\rho u v' - \frac{1}{2} \rho u' v' - 2\mu v' - \right. \\ \left. \frac{1}{2} \rho u^2 v + \rho u' v^2 \right) \end{aligned} \quad 9)$$

Jadi persamaan 9 adalah penyelesaian persamaan energi.

Untuk menyelesaikan persamaan momentum dan persamaan energi, maka langkah selanjutnya adalah mensubstitusikan persamaan 9 ke persamaan 8 dan hasil dari substitusi tersebut bisa ditulis dalam bentuk sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 & \phi_e[\Delta y \Delta t \rho u - \Delta y \Delta t \rho] - \phi_w[\Delta y \Delta t \rho u - \Delta y \Delta t \rho] + \\
 & \phi_n[\Delta x \Delta t \rho v - \Delta x \Delta t \rho] - \phi_s[\Delta x \Delta t \rho v - \Delta x \Delta t \rho] = \rho[\Delta y \Delta t (pu' + \\
 & \frac{1}{2} \rho u'v' + \mu v' + \rho u^2v - \frac{1}{2} u'v^2) + \Delta x \Delta t (puv' + \frac{1}{2} \rho u'v' + 2\mu v' + \\
 & \frac{1}{2} \rho u^2v - \rho u'v^2)] + \Delta y \Delta t (\rho g - p) + \frac{\Delta y \Delta t}{\Delta x} (2\mu u + \mu v) + \\
 & \Delta x \Delta t (\rho g - p) + \frac{\Delta y \Delta t}{\Delta x} (2\mu v + \mu u) + (\mu u + \mu v)
 \end{aligned} \tag{9}$$

Persamaan 9 disebut persamaan matematika sirkulasi udara pada tanaman kopi.

### **Diskritisasi QUICK Model Sirkulasi Udara pada Tanaman Kopi Berdasarkan Pola Tanam Graf Amalgamasi Prisma dengan Metode Volume Hingga**

Berdasarkan QUICK *scheme* pada Apsley (dalam Tondok, 2009:20), maka nilai *input* dari kontrol *face* adalah  $\phi_w$  dan  $\phi_s$  adalah :

$$\begin{aligned}
 \phi_w(i, j) &= -\frac{1}{8} \phi(i-2, j) + \frac{3}{4} \phi(i-1, j) + \frac{3}{8} \phi(i, j) \\
 \phi_s(i, j) &= -\frac{1}{8} \phi(i, j-2) + \frac{3}{4} \phi(i, j-1) + \frac{3}{8} \phi(i, j)
 \end{aligned} \tag{10}$$

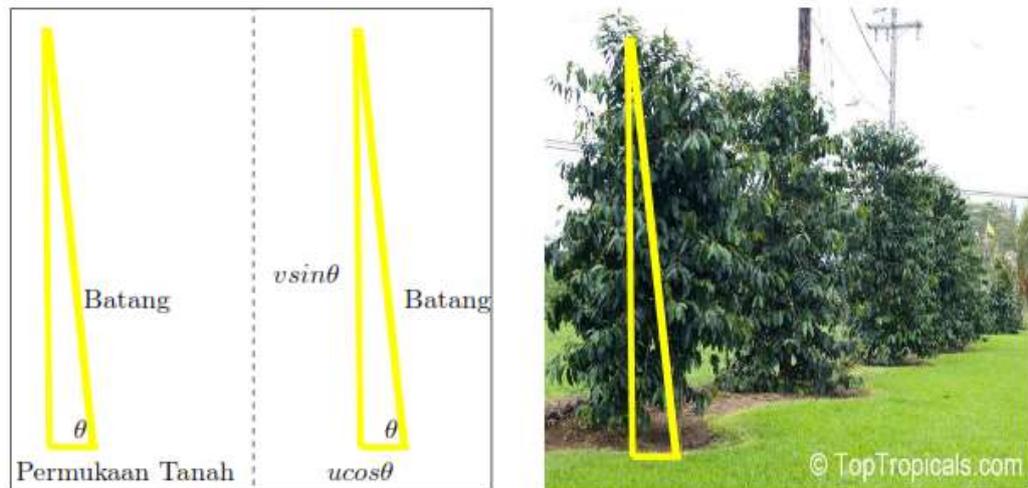
Sedangkan nilai *output* dari kontrol *face* adalah  $\phi_e$  dan  $\phi_n$  adalah:

$$\begin{aligned}
 \phi_e(i, j) &= -\frac{1}{8} \phi(i-1, j) + \frac{3}{4} \phi(i, j) + \frac{3}{8} \phi(i+1, j) \\
 \phi_n(i, j) &= -\frac{1}{8} \phi(i-1, j) + \frac{3}{4} \phi(i, j) + \frac{3}{8} \phi(i+1, j)
 \end{aligned} \tag{11}$$

Selanjutnya mensubstitusikan nilai-nilai *input* dan *output* dari masing-masing *control face* ke persamaan 9. Langkah selanjutnya adalah penggunaan hukum distributif dan asosiatif dengan melihat masing-masing jenis *node* nya, sehingga persamaan menjadi:

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

Pada persamaan 12, nilai dari  $u$  dan  $v$  memiliki arah  $\theta$ . Hal ini dikarenakan pada proses sirkulasi udara yang dianalisis berdasarkan pada kemiringan batang tanaman kopi. Jika batang tanaman kopi memiliki kemiringan sudut sebesar  $\theta$  terhadap permukaan tanah maka besarnya sudut  $\theta$  adalah sudut yang paling kecil dari permukaan tanah ke batang tanaman kopi.



Gambar 3. Kemiringan Batang Pada Tanaman Kopi

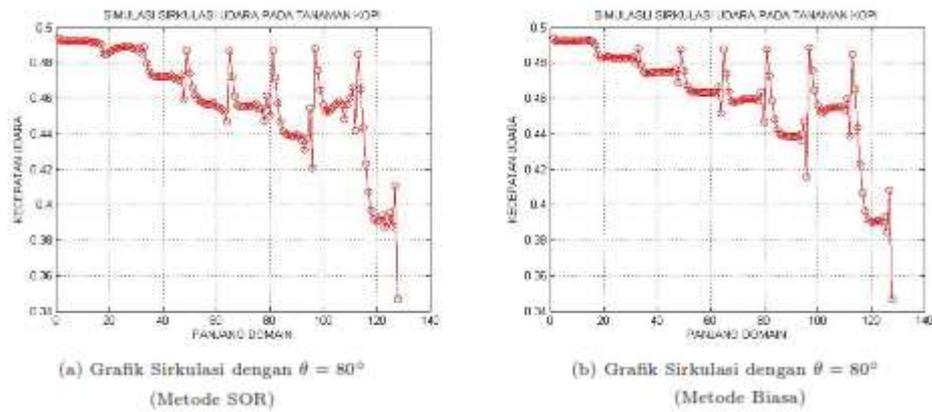
Berdasarkan Gambar 3, maka  $u$  dan  $v$  berarah  $\theta$  sehingga nilai dari  $u$  menjadi  $u \cos \theta$  dan  $v$  menjadi  $v \sin \theta$ . Maka persamaan terakhir menjadi:

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

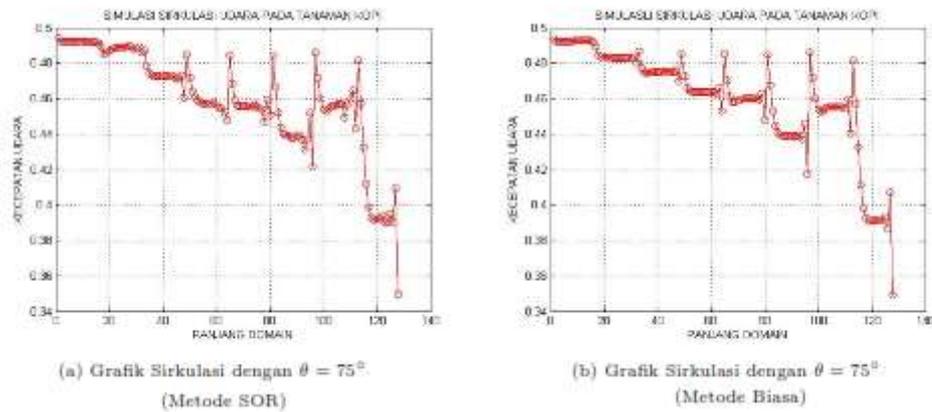
Persamaan di atas merupakan diskritisasi model matematika sirkulasi udara pada tanaman kopi berdasarkan pola tanam graf amalgamasi prisma dan kemiringan batang.

**Efektivitas Metode Volume Hingga dengan Menggunakan Error Relatif dan Error Mutlak Dalam Proses Sirkulasi Udara pada Tanaman Kopi**

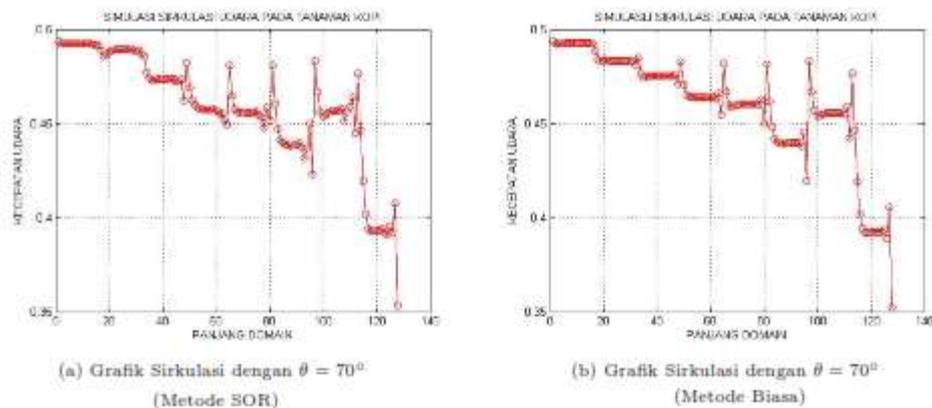
Secara keseluruhan hasil komputasi yang meliputi simulasi Matlab dan Fluent pada kasus sirkulasi udara pada tanaman kopi, semakin ke kanan kecepatan aliran udara semakin menurun. Pada grafik simulasi MATLAB dihasilkan grafik menurun ke kanan. Ini dikarenakan kecepatan angin akan mengalami perlambatan karena menabrak tanaman kopi yang disimulasikan ditanam secara teratur. Pemberian konstanta parameter berpengaruh terhadap grafik dan simulasi yang dihasilkan. Sedangkan untuk simulasi Fluent diperoleh pengaruh kemiringan batang yang bisa dilihat pada Gambar 8. Dan untuk mengetahui simulasi sirkulasi udara pada pola tanam graf prisma bisa dilihat pada Gambar 7.



Gambar 4. Grafik Simulasi Udara Pada Tanaman Kopi Menggunakan Metode SOR dan Metode Biasa Dengan Kemiringan Batang( $\theta = 80^\circ$ )

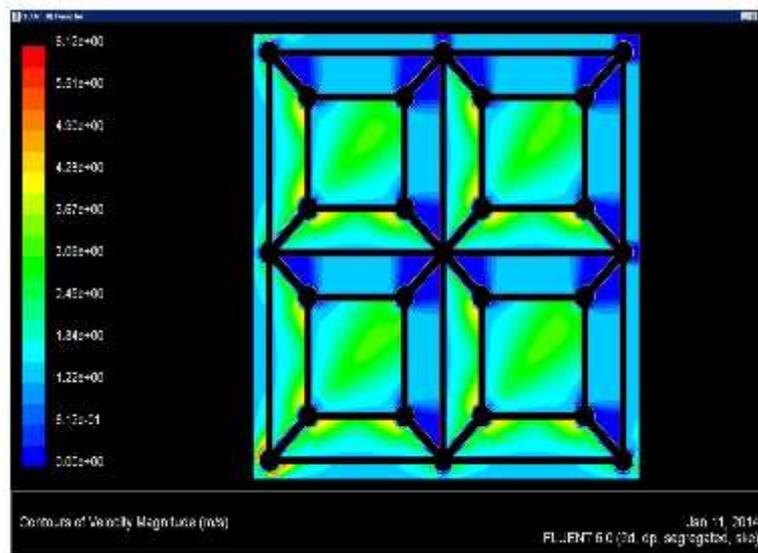


Gambar 5. Grafik Simulasi Udara Pada Tanaman Kopi Menggunakan Metode SOR dan Metode Biasa Dengan Kemiringan Batang( $\theta = 75^\circ$ )

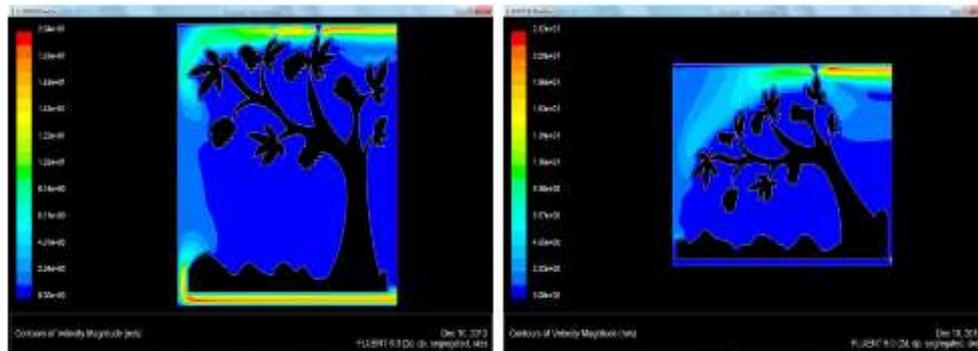


Gambar 6. Grafik Simulasi Udara Pada Tanaman Kopi Menggunakan Metode SOR dan Metode Biasa Dengan Kemiringan Batang( $\theta = 70^\circ$ )

Penghitungan efektivitas metode volume hingga pada proses sirkulasi udara pada tanaman kopi pada awalnya menggunakan iterasi SOR dan metode biasa. Hasil penghitungan error relatif didapat bahwa rata-rata error relatif dari setiap titik area perkebunan adalah 4,83% dengan metode SOR dan untuk metode biasa error relatifnya sebesar 4,75%. Dan dilakukan penghitungan error mutlak untuk mengetahui efektivitas dari metode SOR dengan mencari selisih dari nilai numerik yang didapat dari metode SOR dengan metode biasa. Error mutlak yang diperoleh sebesar 0,27%. Dengan kata lain tingkat kesalahan perhitungan dapat dikatakan jika metode volume hingga efektif untuk menyelesaikan kasus sirkulasi udara pada tanaman kopi berdasarkan pola tanam graf amalgamasi prisma dan kemiringan batang.



Gambar 7: Simulasi *Fluent* pada Pola Tanam Graf Amalgamasi Prisma



(a) Simulasi Sirkulasi Udara pada Batang Kopi Tegak (b) Simulasi Sirkulasi Udara pada Batang Kopi Miring

Gambar 8. Simulasi *Fluent* pada Kemiringan Batang Tanaman Kopi)

## KESIMPULAN DAN SARAN

Dari hasil penelitian yang dilakukan, maka dapat diambil kesimpulan:

1. Model matematika sirkulasi udara pada tanaman kopi berdasarkan pola tanam graf amalgamasi prisma dan tingkat kemiringan batang adalah persamaan yang diselesaikan dengan metode volume hingga, dimana persamaan tersebut adalah merupakan persamaan yang menyatakan persamaan energi dan momentum yang bekerja pada saat proses sirkulasi udara yang diwujudkan dalam Persamaan 21.
2. Persamaan matematika proses sirkulasi udara pada tanaman kopi berdasarkan pola tanam graf amalgamasi prisma dan tingkat kemiringan batang adalah model yang cukup akurat dalam menyelesaikan kasus sirkulasi udara pada tanaman kopi karena *error* relatifnya adalah 4,83% dengan menggunakan metode SOR dan untuk metode biasa *error* relatifnya sebesar 4,75%. Sedangkan *error* mutlaknya sebesar 0,27%

Berdasarkan hasil penelitian mengenai analisa aliran °uida proses sirkulasi udara pada tanaman kopi:

1. pemodelan matematika sirkulasi udara pada tanaman kopi menggunakan metode volume hingga ini bisa dikembangkan dengan melakukan penelitian tentang aliran fluida pada pola tanam graf, jenis fluida dan kondisi tumbuhan lainnya.
2. pemodelan matematika sirkulasi udara pada tanaman kopi menggunakan metode volume hingga ini terbatas iterasinya karena menggunakan solusi langsung sehingga pemodelan matematika ini bisa dikembangkan menggunakan solusi tak langsung yang lain selain metode SOR.
3. pada simulasi sirkulasi pada tanaman kopi menggunakan Fluent sebaiknya menggunakan data yang sesuai dengan keadaan sebenarnya agar didapatkan hasil kecepatan aliran fluida yang mendekati keadaan sebenarnya.

## DAFTAR PUSTAKA

Arikunto, S .1998.*Prosedur Penelitian*. Jakarta: Rineke Cipta.

Binus University. 2008. <http://www.scribd.com/doc/24763087/2-Analisis-Galat-Error>. [5 Juli 2013]

Dafik.1999. *Matlab Dalam Matematika*. Jember: FKIP Universitas Jember.

- Fitriyah, Qoriatul. 2012. "Pemodelan Matematika Pada *Heat Exchanger Shell and Tube* Menggunakan Metode Volume Hingga di PT. Pupuk Kalimantan Timur Tbk.". Tidak Diterbitkan. Skripsi. Jember: FKIP Universitas Jember .
- Parlaungan. 2008. *Pemodelan Matematika Untuk Peningkatan Bermatematika Siswa Sekolah Menengah Atas (SMA)*. <http://repository.usu.ac.id/bitstream/123456789/6060/1/08E00228.pdf>. [25 Maret 2011]
- Tondok, Deni. 2009. *Analisis Perambatan Retak Pada Permukaan Baja NiCr Akibat Pendinginan Mendadak (Quenching)*. Surabaya : ITS.
- White, Frank M. 1986. *Mekanika Fluida*. Jakarta: Erlangga.
- Yin, R.K. 2003. *Case Study Research: Design and Methods (3rd ed.)*. Thousand Oaks, CA: Sage Publications.
- Yustica, A. 2010. "Efektifitas Metode Runge Kutta Order Lima Untuk Menyelesaikan Model Penyebaran Virus Avian Influenza (Flu Burung)." Tidak Diterbitkan. Skripsi. Jember: FKIP Universitas Jember.

