

# The Air Flow Analysis of Coffee Plantation Based on the Initial Velocity of Air and Crops Planting Pattern of the Triangular Grid Graphs by Using Finite Volume Method

Ahmad Syaiful Rizal, Dafik, Arif Fatahillah  
CGANT- University of Jember  
Prodi Pendidikan Matematika FKIP Universitas Jember  
e-mail: asr.syaiful@gmail.com, d.dafik@gmail.com

## Abstrak

Tanaman Kopi adalah salah satu komoditi ekspor utama Indonesia. Berdasarkan data dari tahun 2013, Indonesia menempati peringkat empat besar sebagai pengekspor biji kopi di dunia setelah Columbia, Vietnam, dan Brasil. Perluasan lahan tanaman kopi telah dilakukan untuk meningkatkan produktifitas biji kopi, namun masih belum efektif. Salah satu faktor yang mempengaruhi produktifitas biji kopi adalah pola tanam. Pola tanam yang baik akan mengakibatkan sirkulasi udara yang baik dan akhirnya mempengaruhi produktifitas biji kopi. Kami akan menggunakan metode volume hingga untuk menganalisis aliran udara dari penanaman kopi berdasarkan kecepatan awal udara dan pola tanam graf tangga segitiga. Proses simulasi dilakukan menggunakan software MATLAB dan FLUENT. Hasil analisis menunjukkan bahwa pola tanam graf tangga segitiga mengakibatkan proses sirkulasi udara yang lebih baik pada penanaman kopi..

**Kata Kunci :** *Graf Tangga Segitiga, Kecepatan Awal Udara, Metode Volume Hingga, Sirkulasi Udara, Tanaman Kopi.*

## Pendahuluan

Kopi merupakan salah satu minuman yang telah dikenal banyak orang. Kopi dikenal bukan hanya dikalangan masyarakat di Indonesia melainkan di dunia. Kopi memiliki aroma yang khas, cita rasa yang unik dan nikmat, serta memiliki berbagai manfaat yang dapat menyegarkan badan. Hal itulah yang membuat kopi berbeda dari minuman lainnya. Aroma yang khas dan cita rasa yang unik dan nikmat hanya dihasilkan dan ditentukan dari biji kopi yang memiliki kualitas dan pengolahan yang baik, sehingga para konsumen tertarik untuk menikmatinya sebagai minuman penyegar dan penghangat badan.

Kopi menjadi sumber devisa negara dari subsektor perkebunan yaitu urutan kedua setelah karet berdasarkan Badan Pendidikan, Latihan dan Penyuluhan Pertanian[1]. Menurut data dari Ditjendbun tahun 2011 produksi kopi sangat mempunyai keterkaitan dengan luas areal pertanaman kopi. Luas areal perkebunan kopi rakyat pada tahun 2010 seluas 1.219.802 ha dengan produksi 655.399 ton dan tahun 2011 menjadi 1.254.921 ha dengan produksi 679.366 ton.

Akan tetapi terjadi penurunan produksi tanaman kopi yang tidak sesuai

dengan luas areal tanaman yang tersedia. Hal ini dapat diakibatkan oleh beberapa hal antara lain areal tanaman masih dipenuhi dengan tanaman kopi yang tua atau tanaman kopi yang tidak berkembang dengan baik, penyiapan lahan yang kurang maksimal, dan faktor lingkungan. Menurut Sri Najiyati & Danarti [4] faktor lingkungan yang mempengaruhi pertumbuhan dan perkembangan tanaman kopi antara lain adalah ketinggian tempat, curah hujan, sinar matahari, angin/udara, dan tanah. Udara membantu proses penyerbukan tanaman kopi. Salah satu faktor yang harus diperhatikan mengenai kondisi udara adalah kecepatan awal udara sebelum memasuki perkebunan kopi. Kecepatan awal udara sangatlah penting bagi keadaan udara di dalam perkebunan kopi. Kecepatan awal udara sangatlah dipengaruhi oleh keadaan geografis perkebunan kopi. Pada penelitian ini keadaan geografis yang dipilih adalah keadaan geografis tanah yang miring seperti di lereng gunung. Keadaan udara pada daerah dengan tanah yang miring berbeda dengan tanah pada dataran sehingga dipilih untuk mengetahui pengaruh kecepatan awal udara sebelum memasuki permukaan tanah yang miring.

Pada penelitian ini akan dibangun model matematika dua dimensi dalam bentuk persamaan diferensial dari sirkulasi udara pada tanaman kopi berdasarkan kecepatan awal udara dan pola tanam graf tangga segitiga. Persamaan yang dibangun pada model matematika dari sirkulasi udara pada tanaman kopi ini adalah persamaan momentum (1) dan persamaan energi (2) [5].

$$\frac{\partial \rho \phi_0}{\partial t} + \nabla \rho u_i u_j = -\nabla P + \mu \nabla (\nabla u + \nabla v) + \rho \nabla \bar{\tau} \quad (1)$$

$$\frac{\partial \phi_0}{\partial t} + \nabla \rho u_i u_j = \nabla (\tau u) + \nabla \left( \left( \vartheta + \frac{\vartheta_T}{\sigma_K} \right) \nabla K \right) \quad (2)$$

dimana,  $\rho$  adalah massa jenis fluida,  $P$  adalah tekanan udara,  $\mu$  adalah viskositas udara,  $K$  adalah energi kinetik turbulen,  $\vartheta$  adalah viskositas molekular kinetik,  $\vartheta_T$  adalah viskositas eddy kinetik,  $\tau$  adalah laju tegangan fluida,  $u$  dan  $v$  adalah kecepatan rata-rata pada arah  $X$  axis and  $Y$  axis.

Berdasarkan Ning Huang, dkk [6], hubungan antara kemiringan tanah terhadap kecepatan udara dapat diekspresikan dalam persamaan berikut:

$$\frac{u_t^2}{u_{t0}^2} = \cos(\theta) + \frac{\sin(\theta)}{\tan(\alpha)} \quad (3)$$

dimana,  $u_t$  adalah kecepatan angin pada tanah yang miring,  $u_{t0}$  adalah kecepatan angin sebelum sampai pada tanah yang miring,  $\theta$  adalah sudut kemiringan tanah, dan  $\alpha$  adalah sudut gesek statis. Menurut C. McKenna Neuman, dkk [2] sudut

gesek statis  $\alpha$  merupakan sudut antara angin dan tanah yang terbentuk setelah terjadi benturan antara angin yang datang dengan tanah pada kemiringan tertentu. Model matematika yang telah dibentuk akan disimulasikan dan dianalisis menggunakan *software FLUENT* dan *MATLAB*.

## Metode Penelitian

Penelitian ini dimulai dengan mengumpulkan beberapa literatur atau sumber rujukan yang dapat dijadikan sumber informasi mengenai tanaman kopi, fluida, aliran turbulen, kemiringan tanah, dan metode volume hingga. Setelah itu akan didesain model dari sirkulasi udara pada tanaman kopi berdasarkan kecepatan awal udara dan pola tanam graf tangga segitiga. Langkah selanjutnya, peneliti akan mendeskritisasi model dengan menggunakan teknik QUICK (*Quadratic Upwind Interpolation Confective Kinematics*) pada metode volume hingga.

Simulasi dari sirkulasi udara akan dilakukan dengan menggunakan *software FLUENT* dan *MATLAB* untuk menganalisis hubungan antara kecepatan awal udara dan sirkulasi udara pada perkebunan kopi. Langkah terakhir, peneliti mengetes dan mengevaluasi simulasi program untuk mengetahui apakah pemrograman telah berjalan dengan baik atau tidak dalam mendapatkan sirkulasi udara dari tanaman kopi berdasarkan kecepatan awal udara[3].

## Hasil Penelitian

Simulasi dilakukan dengan membandingkan variasi kecepatan awal udara dan sirkulasi udara pada tanaman kopi. Kecepatan awal udara yang digunakan dalam simulasi adalah  $0.2\text{ m/s}$ ,  $0.4\text{ m/s}$ , dan  $0.6\text{ m/s}$ . Jumlah tanaman kopi pada pola tanam graf tangga segitiga pada arah  $X$  axis dan arah  $Y$  axis adalah 10. Dengan mensubtitusikan nilai dari kecepatan awal udara, maka didapatkan Gambar 1.

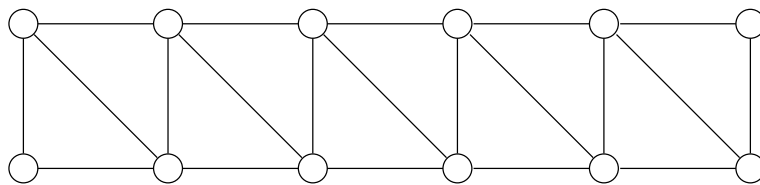


Figure 1: Pola Tanam Graf Tangga Segitiga

Hasil simulasi untuk mengetahui pengaruh kecepatan awal udara terhadap sirkulasi udara pada perkebunan kopi didaerah lereng gunung dengan tanah mir-

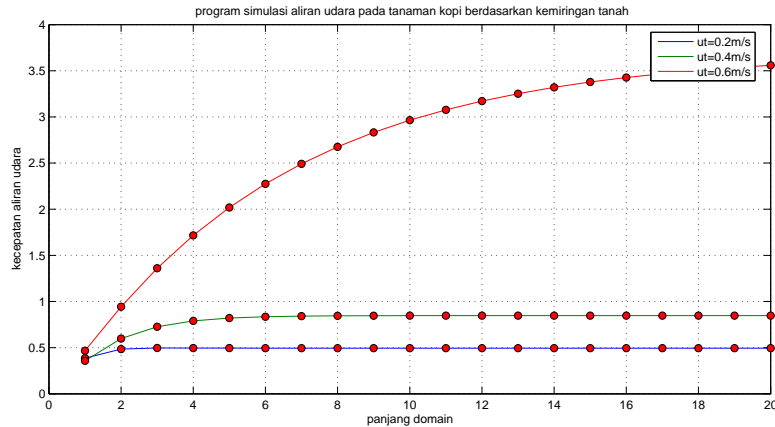


Figure 2: Hasil Simulasi Sirkulasi Udara Berdasarkan Kecepatan Awal Udara dengan MATLAB

ing tersaji pada Gambar 2. Gambar 2 merupakan hasil simulasi sirkulasi udara dengan kecepatan awal  $0.2\text{ m/s}$ ,  $0.4\text{ m/s}$ , dan  $0.6\text{ m/s}$ . Dari grafik yang dihasilkan, terlihat jelas bahwa terjadi peningkatan kecepatan udara. Semakin tinggi kecepatan awal dari aliran udara maka semakin tinggi peningkatan kecepatan aliran udara pada permukaan tanah pada lereng gunung. Hal tersebut terjadi karena semakin besar nilai dari kecepatan awal aliran udara, maka semakin besar pula kecepatan udara pada permukaan tanah yang miring seperti hubungan yang diekspresikan pada persamaan 3. Peningkatan kecepatan udara diakibatkan oleh penyatuan antara angin yang telah terbentur dengan tanah akibat dari kemiringan tanah dengan angin yang bergerak secara horizontal, sehingga kecepatan yang dihasilkan pun akan bertambah. Berdasarkan grafik, peningkatan kecepatan udara tertinggi terjadi saat nilai kecepatan awal adalah  $0.6\text{ m/s}$ .

Simulasi dengan *software FLUENT* menunjukkan sirkulasi udara pada tanaman kopi berdasarkan kecepatan awal udara sebelum memasuki daerah perkebunan kopi. Simulasi dilakukan sebanyak dua kali dan menghasilkan 4 gambar. Simulasi pertama dilakukan untuk mengetahui sirkulasi udara pada tanaman kopi dengan pola tanam graf tangga segitiga. Simulasi kedua dilakukan untuk mengetahui efek dari variasi kecepatan awal udara terhadap aliran udara pada tanaman kopi.

Simulasi pertama dilakukan dengan menggunakan kecepatan awal udara yaitu  $0.4\text{ m/s}$ . Hasil simulasi dapat terlihat pada Figure 3. Berdasarkan Figure

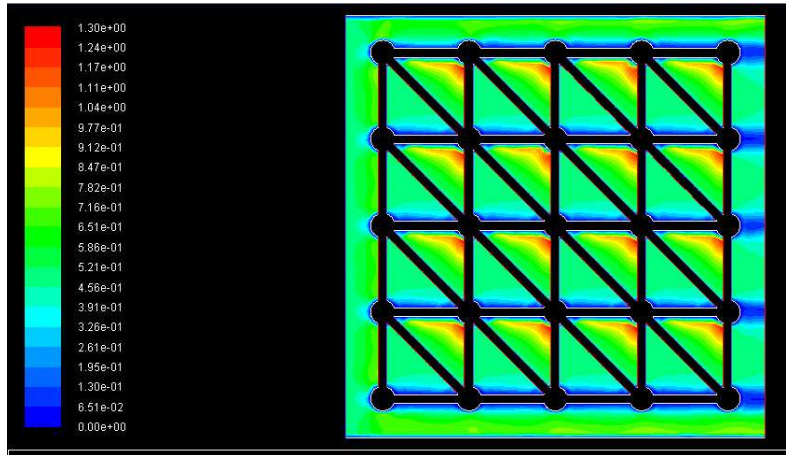


Figure 3: Hasil Simulasi Pola Tanam Graf Tangga Segitiga dengan FLUENT Tangga

3 terlihat bahwa sirkulasi udara di barisan depan perkebunan kopi (arah datang angin) memiliki kecepatan udara yang sedang yaitu antar 0.456 m/s - 0.521 m/s. Namun semakin kedalam daerah perkebunan sirkulasi udara mengalami kenaikan dengan indikator warna yang semakin terang. Kecepatan sirkulasi udara berkisar antara 0,4 m/s sampai 1.3 m/s. Hal ini menunjukkan bahwa kecepatan udara didalam daerah perkebunan lebih besar dibandingkan didaerah luar perkebunan. Sehingga perlu adanya tanaman pelindung diantara tanaman-tanaman kopi di dalam perkebunan kopi agar sirkulasi udara di dalam perkebunan menjadi lebih stabil dan optimal. Jika sirkulasi udara stabil dan optimal maka penyerbukan yang terjadi pada bunga tanaman kopi berjalan akan berjalan dengan baik, dan akibatnya produktivitas biji kopi pun akan meningkat.

Simulasi kedua dilakukan untuk mengetahui efek dari kecepatan awal udara sebelum memasuki perkebunan kopi terhadap sirkulasi udara pada tanaman kopi. Kecepatan awal yang digunakan adalah 0.2 m/s, 0.4 m/s, dan 0.6 m/s. Hasil dari simulasi ditunjukkan pada Figure 4, 5, 6. Figure 4 menunjukkan bahwa kecepatan sirkulasi udara pada perkebunan kopi pada lereng gunung adalah 0.213 m/s sampai 0.425 m/s. Kecepatan aliran udara tersebut merupakan kecepatan udara yang rendah apabila dibandingkan dengan yang dihasilkan oleh kecepatan 0.4 m/s dan 0.6 m/s. Hal tersebut dapat dilihat pada Figure 5 dan 6. Pada Figure 5 kecepatan yang dihasilkan adalah 0.384 m/s sampai dengan 0.853 m/s. Sedangkan pada Figure 6 kecepatan yang dihasilkan semakin besar. Kecepatan yang dihasilkan dari kecepatan awal 0.6 m/s adalah 0.58 m/s sampai dengan 1.28 m/s. Sehingga dapat dikatakan bahwa dengan semakin tinggi kecepatan

awal udara maka semakin tinggi pula kecepatan udara pada permukaan tanah pada kondisi tanah miring seperti pada lereng gunung. Namun dari hasil simulasi menggunakan software FLUENT, kecepatan yang paling optimal dari ketiga kecepatan awal yang disimulasikan adalah 0.4 m/s. Dengan kecepatan sirkulasi udara seperti ini maka penyerbukan akan terjadi lebih baik dan mengakibatkan produktivitas tanaman kopi menjadi lebih baik pula.

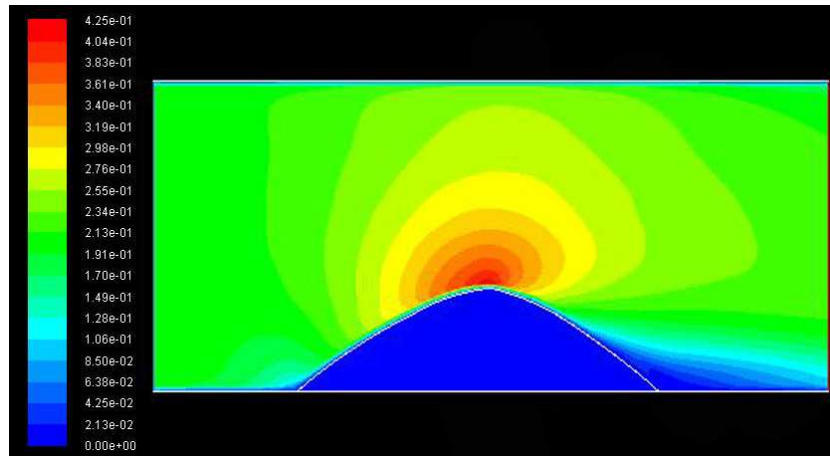


Figure 4: Hasil Simulasi Sirkulasi Udara Berdasarkan Kecepatan Awal 0.2 *m/s*

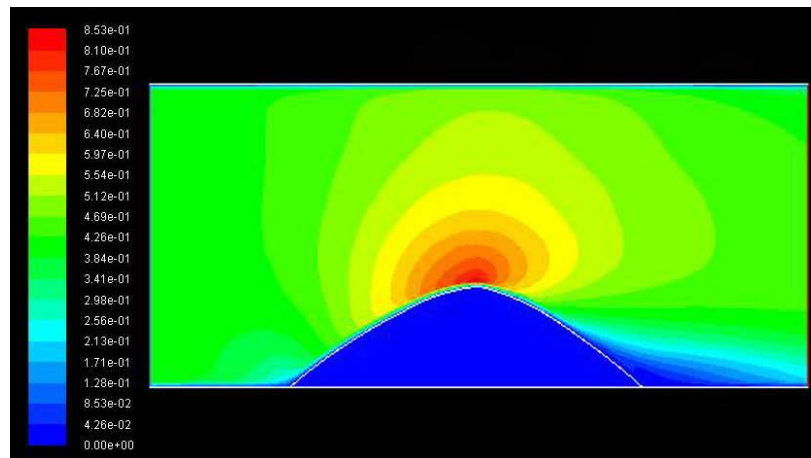


Figure 5: Hasil Simulasi Sirkulasi Udara Berdasarkan Kecepatan Awal 0.4 *m/s*

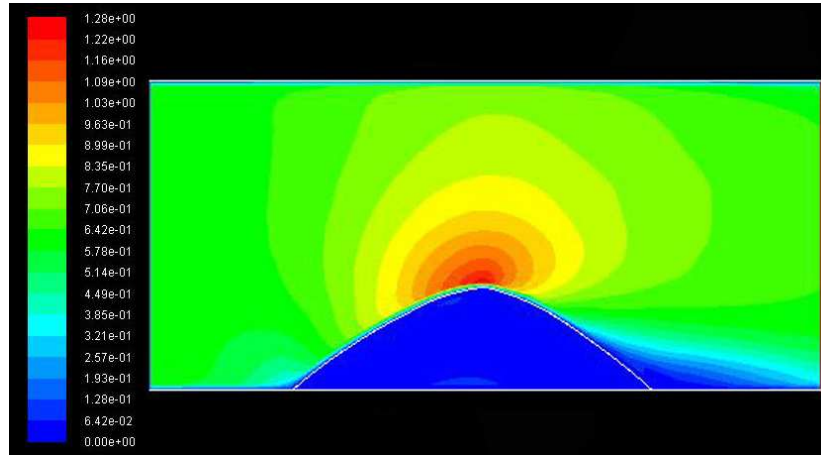


Figure 6: Hasil Simulasi Sirkulasi Udara Berdasarkan Kecepatan Awal  $0.6 \text{ m/s}$

Simulasi menggunakan software MATLAB dan FLUENT memberikan hasil yang hampir sama. Semakin tinggi kecepatan awal udara sebelum memasuki areal perkebunan kopi, maka kecepatan udara diareal perkebunan kopi akan semakin tinggi. Hasil simulasi ini berlaku pada keadaan udara di tanah yang miring seperti lereng gunung.

## Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian diatas, maka kita dapat menyimpulkan bahwaKecepatan awal udara sebelum memasuki perkebunan kopi pada keadaan tanah yang miring mempengaruhi kecepatan dari sirkulasi udara pada perkebunan kopi. Semakin tinggi kecepatan awal udara maka semakin tinggi pula kecepatan udara pada permukaan tanah. Namun tanaman kopi memerlukan sirkulasi udara dengan kecepatan yang optimal untuk mendapatkan penyerbukan yang baik. Berdasarkan penelitian ini, kecepatan yang paling optimal adalah  $0.4 \text{ m/s}$ . Metode yang digunakan untuk menganalisis model sirkulasi udara dengan software MATLAB adalah metode Gauss Seidell. Pada penelitian ini, penggunaan tanaman pelindung tidak diperhatikan. Penelitian mengenai sirkulasi udara pada tanaman kopi akan lebih baik dan menantang apabila detail-detail seperti tanaman pelindung juga diteliti. Hal tersebut dapat dilakukan oleh peneliti lain.

## References

- [1] Badan Pendidikan, Latihan dan Penyuluhan Pertanian.1984. Kopi. Jakarta: Badan Pendidikan, Latihan dan Penyuluhan Pertanian.
- [2] C. McKenna Neuman, dkk. 1997. Relation Between Dune Morphology, Air Flow and Sediment Flux on Reversing Dunes, Silver Peak, Nevada.Sedimentology. International Association of Sedimentologists.
- [3] Fatahillah, Dafik, EE Riastutik, Susanto. 2014. The Analysis of Air Circulation on Coffee Plantation Based on the Level of Plants Roughness and Diamond Ladder Graph Cropping Pattern Using Finite Volume Method.
- [4] Najiyati, S. dan Danarti. 2001. Kopi, Budi Daya dan Penanganan Lepas Panen. Cetakan XI. Jakarta: Penebar Swadaya.
- [5] Nurrohim, Dafik, A Fatahillah, M Avel R, Susanto. 2014. Air Flow Analysis of Coffee Plantation Based on Crops Planting Pattern of the Triangular Grid and Shackle of Wheel Graphs by Using a Finite Volume Method
- [6] Ning Huang, dkk. 2007. The Eect of Slope and Slope Position on Local and Up-stream Fluid Threshold Friction Velocities. United State of America:John Wiley & Sons, Ltd.