

ANALISIS KECEPATAN ALIRAN UDARA PADA GEDUNG BERTINGKAT KARENA PENGARUH PENGHALANG DI DEPANNYA

Joni Susanto¹⁹, Dafik²⁰, Arif²¹

***Abstract.** The air flow velocity is one of many factor which should be considered in building a skyscraper. This is because the air flow velocity can affect the comfort of house room. The method which is used to solve the air flow analysis is a finite volume withusing Quadratic Upwind Interpolation Convective Kinematics (QUICK) discretization technique. Finite volume method is used to obtain a mathematical model of air flow velocity and QUICK is used to discretize it such that it will yield a linier equation system in a matrix of size $(mn) \times (mn)$. To simulate the air flow analysis is used Matlab and Fluent softwares. The result show that if the barrier is higher the air flow velocity will be decreased and if the distance of barrier is longer the air flow velocity will be increased. It can be conclude that this analysis can be applied to have a comfort house room.*

***Key Words :** air flow velocity, mathematic model, finite volume method, QUICK*

PENDAHULUAN

Keberadaan suatu bangunan tidak dapat dipisahkan dari lingkungan sekitarnya. Kondisi lingkungan sekitar merupakan hal yang wajib ditinjau dalam proses perancangan bangunan. Salah satu faktor lingkungan yang mempengaruhi perancangan bangunan adalah iklim. Oleh karena itu, usaha pengendalian terhadap pengaruh iklim perlu dilakukan oleh para perancang bangunan.

Usaha pengendalian yang mempertimbangkan faktor iklim dapat dilakukan secara pasif sampai batas tertentu. Pengendalian secara pasif juga sering disebut pengendalian secara alami. Usaha pengendalian faktor iklim secara alami dapat berupa ventilasi alami (Soegijanto, 1999:1-2). Ventilasi alami merupakan proses penggantian udara di dalam ruangan dengan udara segar dari luar ruangan tanpa bantuan peralatan mekanik (Satwiko, 2005:4). Ventilasi dibutuhkan agar udara di dalam ruangan tetap sehat dan nyaman untuk pernafasan. Penggunaan ventilasi alami pada bangunan selain dapat mengusahakan ventilasi yang sehat dan nyaman juga dapat membantu usaha penghematan energi. Namun, menurut Satwiko (2005:1) ventilasi alami memiliki beberapa kekurangan, salah satunya adalah kecepatan angin yang tidak mudah diatur.

¹⁹ Mahasiswa Program Studi Pendidikan Matematika FKIP Universitas Jember

²⁰ Dosen Program Studi Pendidikan Matematika FKIP Universitas Jember

²¹ Dosen Program Studi Pendidikan Matematika FKIP Universitas Jember

Kecepatan angin pada suatu tempat dipengaruhi oleh ketinggian tempat tersebut dari permukaan tanah. Semakin tinggi posisi hunian dari atas permukaan tanah akan semakin cepat kecepatan angin yang diterima bangunan dan menyebabkan semakin cepat kecepatan aliran udara (ventilasi) yang masuk ke dalam hunian. Pada lingkungan perkotaan di Indonesia, terdapat bangunan-bangunan bertingkat seperti kantor, hotel dan apartemen. Bangunan bertingkat adalah bangunan yang mempunyai lebih dari satu lantai secara vertikal. Kebutuhan ruang untuk para pengguna yang berbanding terbalik dengan luas lahan menyebabkan bangunan-bangunan di lingkungan perkotaan memiliki tinggi yang berbeda-beda saling berdekatan.

Penelitian tentang kecepatan aliran udara pada bangunan dapat dilakukan dengan menggunakan model rumah sederhana atau dengan bantuan software simulasi. Pada hasil penelitian yang menggunakan model rumah sederhana dalam terowongan angin, pola aliran udara di sekitar sebuah bangunan akan berubah jika ada bangunan lain yang berada disekitarnya (Soegijanto, 1999:225).

Untuk membantu dalam menganalisis kecepatan aliran udara, maka diperlukan metode yang digunakan untuk menyelesaikan persamaan matematika yang dihasilkan. Adapun metode yang digunakan dalam menyelesaikan persamaan matematika banyak sekali namun untuk kasus ini hanya metode tertentu saja yang dapat digunakan. Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah metode volume hingga. Hal ini karena metode volume hingga dapat digunakan pada bentuk benda yang tidak teratur sehingga benda menjadi lebih mudah didiskritisasi untuk menentukan nilai-nilai yang akan dicari pada proses diskritisasi. Sehingga dalam menyelesaikan persamaan matematika akan lebih mudah dan bisa menghasilkan solusi yang mendekati nilai sebenarnya.

METODE PENELITIAN

Berdasarkan jenisnya, penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah penelitian studi kasus (Trisnani, D., 2014,). Dalam penelitian ini digunakan teknik dokumentasi dengan mengumpulkan data-data yang diperlukan untuk digunakan. Dalam hal ini mengumpulkan data terkait variabel-variabel yang digunakan dalam analisis sehingga diharapkan bias mendapatkan hasil yang sesuai dengan keadaan

sebenarnya dilapangan. Pada proses analisis data-data tersebut digunakan dalam proses komputasi menggunakan MATLAB maupun simulasi menggunakan FLUENT.

Menurut Nazir (dalam Susanti, 2010:36) pengumpulan data adalah prosedur yang sistematis dan standar untuk memperoleh data yang diperlukan. Sedangkan Arikunto (dalam Yustica, 2010:35) menyatakan bahwa metode pengumpulan data adalah cara-cara yang dapat digunakan peneliti untuk mengumpulkan data. Pengumpulan data erat hubungannya dengan permasalahan yang akan diselesaikan, sehingga metode yang digunakan dalam pengumpulan data berfungsi untuk mendukung penelitian dalam memperoleh data sesuai dengan tujuan penelitian.

Dalam penelitian ini peneliti menggunakan metode dokumentasi dalam pengumpulan data. 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, 1998:234). Peneliti akan memperoleh data yang diinginkan dengan mempelajari buku, jurnal ilmiah serta berbagai data yang diambil dari catatan dan data-data dari internet. Data yang meliputi kecepatan angin, suhu udara, tekanan udara, tinggi bangunan, massa jenis udara dan koefisien kekasaran permukaan tanah akan diperoleh dari data dan catatan pada internet dan buku-buku fisika bangunan.

Analisis data merupakan bagian akhir dari suatu penelitian. Data yang dikumpulkan selanjutnya diklasifikasikan dan diorganisasikan secara sistematis serta diolah dan dianalisa secara logis menurut rancangan penelitian yang telah ditetapkan. Analisis data diarahkan untuk memberi argumentasi atau penjelasan mengenai tujuan yang diajukan dalam penelitian, berdasarkan data atau fakta yang diperoleh. Dalam menganalisis juga digunakan analisis efektifitas penggunaan metode dengan menggunakan analisis nilai eror. Dalam analisis tersebut ditetapkan suatu metode dikatakan valid jika nilai erornya kurang dari 0.05 sehingga nilai tersebut digunakan sebagai acuan untuk menganalisis efektifitas penggunaan metode volume hingga dengan teknik diskritisasi QUICK. Teknik diskritisasi yang dilakukan menggunakan teknik diskritisasi QUICK :

$$\phi_e(i, j) = -\frac{1}{8}\phi(i - 1, j) + \frac{3}{4}\phi(i, j) + \frac{3}{8}\phi(i + 1, j)$$

$$\phi_n(i, j) = -\frac{1}{8}\phi(i, j - 1) + \frac{3}{4}\phi(i, j) + \frac{3}{8}\phi(i, j + 1)$$

$$\phi_s(i, j) = -\frac{1}{8}\phi(i, j - 2) + \frac{3}{4}\phi(i, j - 1) + \frac{3}{8}\phi(i, j)$$

$$\phi_w(i, j) = -\frac{1}{8}\phi(i - 2, j) + \frac{3}{4}\phi(i - 1, j) + \frac{3}{8}\phi(i, j)$$

(dalam Fatahillah, A., 2014)

HASIL DAN PEMBAHASAN

Dalam penelitian bertujuan untuk mengetahui pengaruh ketinggian penghalang dan jarak penghalang terhadap gedung bertingkat terhadap kecepatan aliran yang didasarkan pada simulasi secara numerik menggunakan software MATLAB dan simulasi Bentuki geometri menggunakan software FLUENT. Dalam analisis digunakan dua persamaan yaitu persamaan momentum dan persamaan energi.

1. Persamaan momentum

$$\rho \frac{\partial \phi_0}{\partial t} + \rho u \left(\frac{\partial \phi_e}{\partial x} - \frac{\partial \phi_w}{\partial x} \right) + \rho v \left(\frac{\partial \phi_n}{\partial y} - \frac{\partial \phi_s}{\partial y} \right) = -\frac{\partial P}{\partial x} - \frac{\partial P}{\partial y} + \rho \left(\frac{\partial g}{\partial x} + \frac{\partial g}{\partial y} \right) +$$

$$2\mu \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + \mu \left(\frac{\partial^2 u}{\partial y \partial x} + \frac{\partial^2 v}{\partial x^2} \right) + \mu \left(\frac{\partial^2 u}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 v}{\partial x \partial y} \right) + 2\mu \frac{\partial^2 v}{\partial y^2}$$
(1)

Persamaan 1. persamaan momentum

2. Persamaan energi

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

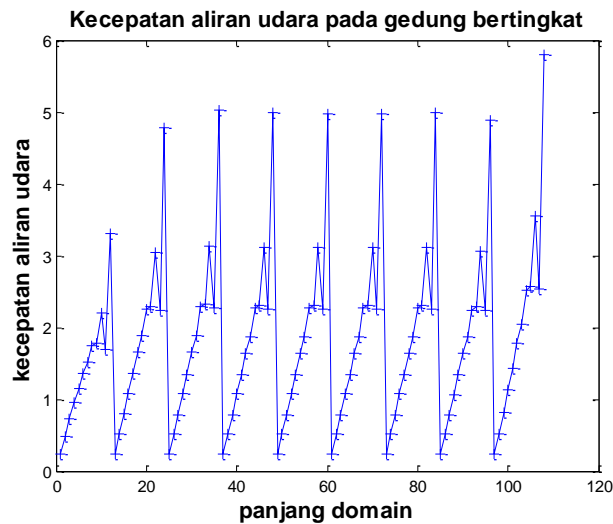
$$\mu \left(\frac{\partial u}{\partial y} + \frac{\partial v}{\partial x} \right)^2 + 2\mu \left(\frac{\partial v}{\partial y} \right)^2$$
(2)

Menyelesaikan bentuk persamaan diferensial untuk persamaan momentum dan persamaan energy dengan mengintegrankan terhadap x dan y karena pada analisis kecepatan aliran udara waktu tidak mempengaruhi sistem sehingga integrasi tidak dilakukan juga terhadap waktu.

Setelah menyelesaikan persamaan integrasi tersebut kemudian akan diperoleh persamaan baru kemudian mensubstitusikan persamaan energi ke persamaan momentum atau sebaliknya. Kemudian persamaan tersebut diselesaikan dengan mengelompokkan berdasarkan arah kecepatan timur, barat, selatan dan utara maka diperoleh persamaan:

$$\begin{aligned}
 &(\rho u \Delta y - u \Delta y) \phi_e + (u \Delta y - \rho u \Delta y) \phi_w + (\rho v \Delta x - v \Delta x) \phi_n + (v \Delta x - \rho v \Delta x) \phi_s = \\
 &- C \phi_0 \left(\frac{\Delta y}{\Delta x} + \frac{\Delta x}{\Delta y} \right) - 2\mu (u \Delta y)^2 - \mu (u \Delta x + v \Delta y)^2 - 2\mu (v \Delta x)^2 - P \Delta y - P \Delta x + \quad (3) \\
 &\rho g (\Delta y + \Delta x) + 2\mu \left(u \frac{\Delta y}{\Delta x} + v \frac{\Delta x}{\Delta y} \right) + \mu \left(u + u \frac{\Delta x}{\Delta y} + v + v \frac{\Delta y}{\Delta x} \right)
 \end{aligned}$$

Kemudian Persamaan 3 tersebut diselesaikan dengan metode volume hingga dengan teknik diskritisasi QUICK, sehingga didapatkan sebuah matriks yang berukuran (mn)x(mn) yang akan digunakan dalam analisis kecepatan aliran udara secara numerik menggunakan bantuan software MATLAB. Setelah menyelesaikan Persamaan 3 kemudian membuat format programing dalam MATLAB sehingga akan dihasilkan simulasi dari analisis kecepatan aliran udara seperti pada Gambar 1.



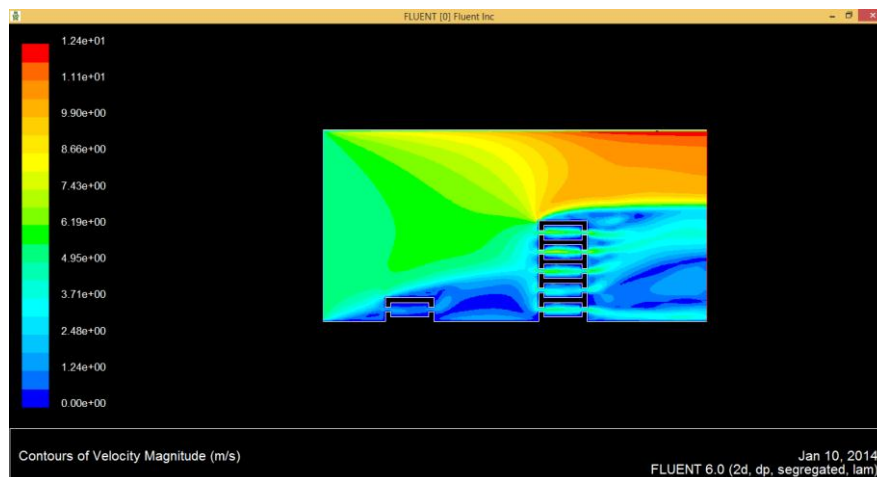
Gambar 1. Simulasi Menggunakan MATLAB Pada Ketinggian Penghalang 5 meter

Hasil simulasi numerik analisis kecepatan aliran udara pada gedung bertingkat karena pengaruh penghalang di depannya. Berdasarkan Gambar 4.7 dapat dilihat bahwa terjadi peningkatan kecepatan aliran udara pada diskretisasi titik ke-1 sampai titik ke-10 karena adanya pengaruh gaya gesek antara partikel udara dan partikel tanah yang menyebabkan terjadinya pembelokan arah kelajuan sehingga terjadi peningkatan kecepatan pada arah horizontal. Adapun pada diskretisasi titik ke-10 ke diskretisasi titik ke-11 terjadi penurunan karena pengaruh gedung yang menyebabkan terjadinya daya hisap gedung sehingga terjadi turbulensi yang menyebabkan penurunan kecepatan aliran pada daerah yang terletak dibelakang gedung. Pada diskretisasi titik ke-11 ke diskretisasi titik ke-12 terjadi peningkatan kecepatan karena pengaruh daya hisap

gedung telah berkurang, sedangkan pada diskretisasike-12 ke diskretisasi titik ke-13 terjadi penurunan kecepatan karena pengaruh gaya gesek antara partikel udara dan partikel tanah. Namun pada titik ke-13 tingkat kecepatannya masih lebih cepat daripada titik ke-1 meskipun perbedaan kecepatan tersebut tidak terlalu besar.

Pada gambar dapat dilihat bahwa pada iterasi titik ke-in+1 nilai kecepatan hampir sama, yaitu pada titik ke-1, titik ke-13, titik ke-25, titik ke-37, titik ke-49, titik ke-61, titik ke-73, titik ke-85, dan titik ke-97. Pada titik-titik tersebut terjadi peningkatan kecepatan karena pada titik tersebut merupakan titik awal diskretisasi pada arah vertikal, yang bersesuaian dengan rumus kecepatan aliran udara pada ketinggian tertentu dimana semakin jauh dari permukaan tanah maka kecepatan akan semakin besar karena pengaruh gesekan antar partikel udara dan tanah semakin berkurang meskipun dalam hal ini peningkatan kecepatan tersebut tidak begitu signifikan.

aliran udara semakin besar, hal ini karena pengaruh faktor gedung serta penghalang yang menyebabkan terjadinya pembelokan arah aliran udara yang awalnya lurus karena terbentur gedung maka arah aliran berbelok sehingga kecepatan pada titik-titik tersebut mengalami peningkatan kecepatan yang cukup besar dengan peningkatan kecepatan sebesar 0.5 ms^{-1}



Gambar 2. Simulasi Menggunakan FLUENT Dengan Ketinggian Penghalang 5 meter

Berdasarkan Gambar 2 dapat dilihat bahwa terjadi peningkatan kecepatan dengan rentang kecepatan $0 - 12.4 \text{ ms}^{-1}$. Peningkatan kecepatan aliran udara tersebut terjadi baik secara vertikal maupun horizontal. Kecepatan terendah terjadi pada titik awal, sedangkan kecepatan tertinggi terdapat pada titik akhir diskretisasi. Pada analisis ini gambar yang dianalisis merupakan gedung bertingkat dengan ketinggian setiap

tingkatnya 5 meter dan gedung penghalang setinggi 5 meter dengan jarak 8 meter dari gedung bertingkat. Adapun domain yang digunakan panjang domainnya adalah 80 meter serta lebarnya 50 meter.

Pada analisis kecepatan dengan ketinggian gedung penghalang 5 meter dapat dilihat gedung penghalang dapat mempengaruhi turbulensi dari arah aliran udara yang menyebabkan udara tersebut berbelok dengan sudut sekitar 25° sehingga menyebabkan kecepatan aliran udara yang berada di atas gedung penghalang semakin meningkat serta tumbukan antara partikel udara dengan gedung bertingkat juga menyebabkan terjadi pembelokan arah aliran udara sebesar 25° sehingga kecepatan aliran udara pada titik akhir semakin cepat.

Pada arah vertikal di titik awal rentang kecepatan yang terjadi adalah $1.26 - 6.19 \text{ ms}^{-1}$ disesuaikan dengan rumus kecepatan udara berdasarkan ketinggian $\frac{v_y}{v_r} = \left(\frac{y}{y_r}\right)^{\alpha}$. Berdasarkan rumus tersebut dapat diketahui bahwa semakin tinggi aliran udara dari permukaan tanah maka kecepatan aliran udara juga akan semakin meningkat. Pada titik tengah arah vertikal tepatnya di belakang gedung penghalang terjadi penurunan kecepatan aliran setelah itu kecepatan aliran udara kembali meningkat, hal ini karena pengaruh penghalang yang menyebabkan terjadinya daya hisap gedung sehingga kecepatan aliran udara menjadi semakin lambat. Adapun rentang kecepatan yang terjadi adalah berkisar antara $6 - 8.4 \text{ ms}^{-1}$ pada titik awal kecepatan aliran udara lebih cepat dibandingkan di atasnya karena pengaruh gedung bertingkat yang menyebabkan perubahan arah aliran udara yang menabrak gedung sehingga kecepatan aliran udara menjadi semakin meningkat. Pada daerah bagian kanan secara vertikal tepatnya di belakang gedung bertingkat terjadi peningkatan kecepatan dengan rentang antara $0 - 12.4 \text{ ms}^{-1}$, Namun pada beberapa titik terjadi penurunan kecepatan karena pengaruh daya hisap gedung yang merubah arah aliran udara sebesar $15^{\circ} - 45^{\circ}$.

Secara umum dapat dilihat bahwa pola aliran udara pada gedung bertingkat dengan penghalang di depannya merupakan aliran transisi yang disebabkan adanya pengaruh tumbukan antar udara dengan gedung baik gedung penghalang maupun gedung bertingkat yang berada di belakangnya. Berdasarkan Gambar tampak bahwa kecepatan aliran udara di depan gedung penghalang relatif lebih cepat dibandingkan dengan aliran udara yang terdapat di belakang gedung penghalang.

KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan keterangan diatas dapat diambil kesimpulan bahwa:

1. Semakin tinggi gedung penghalang maka kecepatan aliran semakin menurun karena pengaruh daya hisap gedung.
2. Semakin jauh jarak gedung penghalang terhadap gedung bertingkat maka kecepatan aliran udara akan meningkat karena pengaruh daya hisap gedung akan berkurang
3. Persamaan matematika pada analisis aliran udara pada gedung bertingkat adalah:

$$\begin{aligned}
 & (\rho u \Delta y - u \Delta y) \phi_e + (u \Delta y - \rho u \Delta y) \phi_w + (\rho v \Delta x - v \Delta x) \phi_n + (v \Delta x - \rho v \Delta x) \phi_s = \\
 & -C \phi_0 \left(\frac{\Delta y}{\Delta x} + \frac{\Delta x}{\Delta y} \right) - 2\mu (u \Delta y)^2 - \mu (u \Delta x + v \Delta y)^2 - 2\mu (v \Delta x)^2 - P \Delta y - P \Delta x + \\
 & \rho g (\Delta y + \Delta x) + 2\mu \left(u \frac{\Delta y}{\Delta x} + v \frac{\Delta x}{\Delta y} \right) + \mu \left(u + u \frac{\Delta x}{\Delta y} + v + v \frac{\Delta y}{\Delta x} \right)
 \end{aligned}$$

DAFTAR PUSTAKA

- Arhani, M dan Desiani, A. 2004. *Pemrograman Matlab*. Yogyakarta: ANDI
- Fatahillah, A. (2014). Analisis Numerik Profil Sedimentasi Pasir Pada Pertemuan Dua Sungai Berbantuan Software Fluent. *Kadikma*, 5(3).
- Soegijanto. 1999. *Bangunan Di Indonesia Dengan Iklim Tropis Lembab Ditinjau Dari Aspek Fisika Bangunan*. Jakarta: Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi Departemen Pendidikan dan Kebudayaan.
- Satwiko, P. 2005. *Fisika Bangunan 1 Edisi 2*. Yogyakarta: ANDI
- Susanti, N. I. 2010. "Efektifitas Penerapan Metode Multistep Linier (MML) Implisit Order Lima Dalam Menyelesaikan Model Persamaan Penyerapan Bakteri Leptospira." Tidak Diterbitkan. Skripsi. Jember: FKIP Universitas Jember .
- Trisnani, Didin, Dafik Dafik, and Arif Fatahillah. "Analisis Sirkulasi Udara Berdasarkan Kecepatan Awal Udara Pada Tanaman Pelindung Kopi Dan Pola Tanam Graf Tangga Permata Dengan Metode Volume Hingga." *Prosiding Seminar Matematika dan Pendidikan Matematik*. Vol. 1. No. 1. 2014.
- Tuakia, Firman. 2008. *Dasar-dasar CFD Menggunakan FLUENT*. Bandung: INFORMATIKA
- 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
- Wahid, F. 2003. *Dasar-dasar Algoritma Pemrograman*. Yogyakarta: ANDI