

INVESTIGASI POLA ALIRAN UDARA DALAM BANGUNAN BERTINGKAT AKIBAT PENGARUH PENGHALANG DI DEPAN DAN DI BELAKANGNYA

Jefrey I. Kindangen

Staf Pengajar Jurusan Teknik Arsitektur, Fakultas Teknik, Universitas Sam Ratulangi, Manado

E-mail: jkindangen@yahoo.com

ABSTRAK

Artikel ini menerangkan hasil dari pola aliran udara melewati bangunan bertingkat dengan simulasi numerik 2 dimensi (2D) menggunakan Komputasi Dinamika Fluida (CFD). Penghalang yang ditempatkan di muka dan belakang bangunan studi dengan jarak tertentu telah disimulasikan untuk mengetahui pengaruhnya terhadap pola aliran udara. Studi ini menjelaskan bahwa terdapat pengaruh yang berbeda secara signifikan terhadap pola aliran udara dari suatu bangunan bertingkat. Dicatat bahwa penghalang yang diletakkan di depan bangunan akan menurunkan nilai koefisien kecepatan udara dalam ruang (C_v) dibandingkan dengan penghalang yang diletakkan di belakangnya.

Kata kunci: pengaruh bangunan sekitar, pola aliran udara, bangunan bertingkat, 2D, Komputasi Dinamika Fluida.

ABSTRACT

This article describes the results of a 2D numerical simulation by Computational Fluid Dynamics (CFD) of airflow distribution over all of building's storeys. Obstruction of a tall building with certain distances from the windward or the leeward side of a building storey was simulated in order to investigate its effects on air motion distribution. This investigation demonstrates significant different effects of airflow distribution for each level of a building storey. It was noted that an obstruction placed at front of building has decreased C_v , comparing with that placed at behind of building.

Keywords: effects of surrounding buildings, wind-induced air motion, building storey, 2D, Computational Fluid Dynamics.

PENDAHULUAN

Beberapa studi mengenai kenyamanan termik membuktikan bahwa pada kondisi panas dan lembab dimana tingkat kelembaban udara tinggi lebih dari 60%, aliran udara dapat menjadi salah satu metode yang paling murah untuk memperoleh kenyamanan termik. Dengan demikian prediksi kinerja ventilasi alamiah pada suatu bangunan, yang mengestimasi aliran udara yang diinduksi oleh angin di dalam ruangan diperlukan. Pada lingkungan perkotaan, dimana bangunan-bangunan memiliki tinggi yang berbeda-beda dan berkelompok dekat satu dengan lainnya, distribusi aliran udara ini akan sangat dipengaruhi oleh struktur di sekitarnya. Tambahan lagi, pengaruh dari lingkungan terbangun sekitarnya dapat membuatnya lebih sulit untuk memprediksinya dan dapat mempengaruhi pola aliran udara secara berbeda-beda pada setiap bangunan bertingkat.

Artikel ini menerangkan hasil-hasil dari distribusi aliran udara melewati semua tingkat bangunan dengan simulasi numerik 2 dimensi (2D) menggunakan Komputasi Dinamika Fluida (CFD) Sebuah bangunan pendek sebagai penghalang dengan jarak tertentu yang diletakkan di muka atau di belakang sisi bangunan bertingkat telah disimulasi-

kan untuk maksud menginvestigasi pengaruhnya terhadap pola aliran udara.

Untuk bangunan-bangunan dengan bukaan kecil seperti halnya lobang retakan, beralasan untuk mengasumsikan bahwa ketika angin mencapai bangunan, energi kinetiknya seluruhnya dikonversikan kedalam tekanan statik. Sebagai lawannya, bangunan yang seluruhnya terbuka dengan porositas dinding mencapai 100%, hanya menghasilkan pengaruh minor dari angin yang datang, dan tidak menghasilkan bidang tekanan statik secara berarti. Pada kasus ini, kecepatan udara dalam ruang tidak seluruhnya merupakan suatu hasil dari momentum (energi kinetik angin). Untuk ukuran jendela di antara 2 hal yang ekstrim ini, bangunan memperlambat angin yang datang dan menghasilkan bidang tekanan positif dari arah datangnya tanpa menghentikannya secara penuh. Sebagai hasilnya, aliran udara dalam ruang dihasilkan oleh suatu kombinasi dari tekanan statik rata-rata dan momentum. Daya momentum adalah lebih efektif untuk menginduksi aliran udara interior daripada suatu tekanan statik dari harga yang sama ketika bukaan mengkonversikan tekanan statik kembali ke kecepatan [1, 2 dan 3].

Ini beralasan untuk mempertimbangkan bahwa semua variabel desain dari bangunan dan lingkungan

sekitarnya adalah saling bergantung satu dengan lainnya dan memiliki suatu pengaruh terhadap aliran udara interior. Dengan demikian bermanfaat juga untuk mengamati pengaruh sekitar bangunan, Jadi, dalam studi ini untuk menganalisa pengaruh sekitar bangunan untuk posisi dan konfigurasi yang berbeda-beda, sangatlah penting untuk mengasumsikan bahwa semua parameter lainnya adalah konstan.

METODA

Penentuan medan kecepatan secara penuh dalam bangunan membutuhkan studi eksperimental maupun penggunaan simulasi numerik (kode CFD).

Dalam studi ini, kami menggunakan suatu paket analisis aliran FLUENT [4]. Model turbulen $k-\epsilon$ RNG (*Renormalization Group*) diimplementasikan untuk memperhitungkan aliran turbulen. Profil vertikal dari angin diturunkan dari suatu hukum pangkat. Karakteristik turbulen dan profil kecepatan angin vertikal dipengaruhi oleh keadaan atmosferik dan tipe dari lahan (suatu fungsi dari kekasaran muka tanah). Profil vertikal kecepatan angin diberikan menurut hukum pangkat sebagai berikut:

$$V_y / V_r = (y / y_r)^\alpha \quad (1)$$

Dimana V_y adalah kecepatan angin rerata pada ketinggian y (ms^{-1}), V_r adalah kecepatan angin rerata pada tinggi patokan/acuan y_r (ms^{-1}), y adalah tinggi di atas muka tanah (m), y_r adalah tinggi acuan (m) dan α adalah harga karakteristik kekasaran muka tanah.

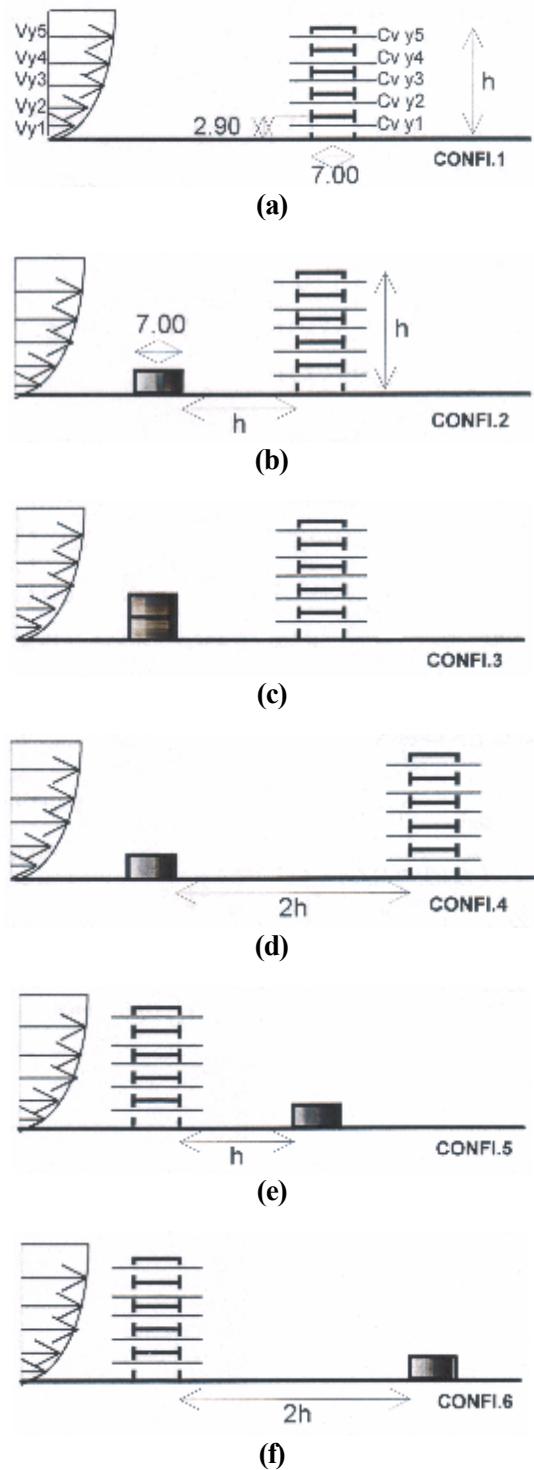
Kami telah memilih suatu harga $\alpha = 0,16$ yang mewakili karakteristik muka tanah yang datar [5]. Kondisi batas aliran ditetapkan isotermik. Kecepatan angin acuan ditetapkan 3.1 ms^{-1} pada tinggi acuan $4,25 \text{ m}$ sebagai suatu rerata kecepatan aliran udara luar ruang dengan intensitas turbulen acuan sebesar 22%.

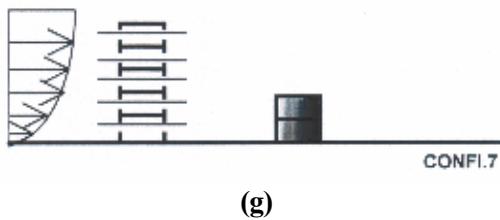
Untuk menghitung kecepatan udara dalam ruangan, pada studi ini, digunakan suatu parameter non-dimensional. Ini didefinisikan sebagai perbandingan antara rerata kecepatan aliran udara pada zone studi dengan kecepatan aliran udara pada titik acuan di luar muka bangunan dari arah datangnya angin.

$$C_v = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left(\frac{V_i}{V_r} \right) \quad (2)$$

Dimana, C_v adalah koefisien kecepatan udara dalam ruang, V_i adalah rerata kecepatan udara dalam ruangan pada lokasi i (m s^{-1}), V_r adalah rerata kecepatan udara bebas acuan pada ketinggian acuan (m s^{-1}), dan n adalah jumlah titik pengukuran.

Dalam studi ini, simulasi telah dilakukan sebanyak 7 (tujuh) konfigurasi dalam dua dimensi (2D). Ukuran jendela pada *inlet* dan *outlet* ditetapkan sama besar, dengan tingginya 1,50 meter. Ukuran jendela ini dijaga tetap sama untuk semua konfigurasi yang disimulasikan. Untuk tujuan ini, bangunan bertingkat yang menjadi objek studi memiliki dimensi yang sama yakni tinggi dari lantai ke lantai setinggi 2,90 m dan 7,00 meter lebarnya (seperti ditunjukkan pada gbr. 1).





Gambar 1. Simulasi tujuh konfigurasi

Konfigurasi pertama diambil sebagai konfigurasi acuan, sebuah bangunan bertingkat tanpa penghalang di depan maupun di belakangnya, ini memungkinkan kita untuk membandingkannya dengan konfigurasi yang lain yang memiliki penghalang. Pada konfigurasi 2, 3 dan 4, sebuah penghalang berupa bangunan rendah diletakkan di depannya, sedangkan pada konfigurasi 5, 6 dan 7, penghalangnya diletakkan di belakang bangunan bertingkat tersebut.

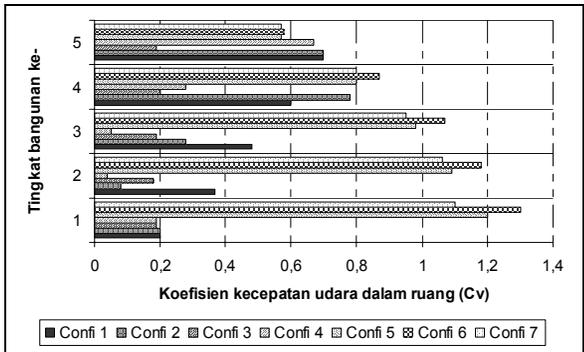
Konfigurasi 2 memiliki penghalang dengan ketinggian 2,90 m dan lebar 7,00 m dengan jarak h (atau $5 \times 2,9 \text{ m} = 14,50 \text{ m}$) yang diletakkan di depan bangunan bertingkat. Jarak yang sama dilakukan juga pada konfigurasi 3 dengan tinggi penghalang 2 kali lipat atau setinggi 5,80 m. Sebuah penghalang setinggi 2,90 m diletakkan dengan jarak $2h$ (atau 29,00 m) di muka bangunan bertingkat untuk konfigurasi 4. Cara yang sama diberlakukan juga untuk masing-masing konfigurasi 5, 6 dan 7 dengan penghalang yang diletakkan di belakang bangunan bertingkat.

Untuk menghitung hasil kecepatan udara kami menggunakan harga-harga yang diperoleh pada ketinggian 1,35 m di atas lantai untuk setiap tingkat bangunan.

HASIL DAN DISKUSI

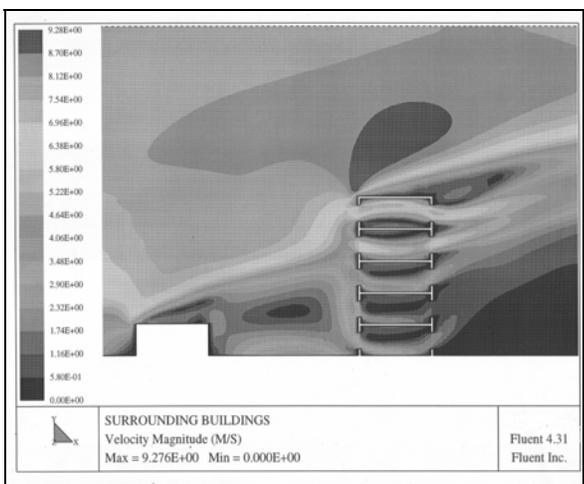
Dicatat bahwa untuk setiap kenaikan satu tingkat, nilai koefisien kecepatan udara dalam ruangan (C_v) meningkat juga sebesar rerata 0,125 atau sebesar 39%. Jika membandingkan hasil C_v pada tingkat pertama untuk semua konfigurasi, dicatat bahwa pengaruh penghalang pada konfigurasi 2, 3 dan 4 tidak terlalu berarti dibandingkan dengan apa yang terjadi pada konfigurasi 5, 6 dan 7. Pada tingkat pertama koefisien C_v konfigurasi 6 memiliki nilai yang tertinggi, ini menerangkan bahwa sebuah penghalang diletakkan jauh di belakang bangunan tidaklah mempengaruhi kecepatan aliran udara yang masuk pada tingkat pertama bangunan bertingkat. Demikian halnya pada konfigurasi 5 dan 7 terjadi hal yang sama dengan sedikit pengurangan nilai C_v yang terjadi, seperti ditunjukkan pada Gambar 2.

Pada tingkat kedua, dapat dicatat bahwa efek penghambat (blocking effect) terjadi pada konfigurasi 2, 3 dan 4 jika dibandingkan dengan konfigurasi acuan; pengurangan rerata kecepatan udara interior yang terjadi berturut-turut 0,29, 0,19 dan 0,33. Sebaliknya pada tingkat kedua dari konfigurasi 5, 6 dan 7 terjadi efek jet dimana percepatan aliran udara terjadi.

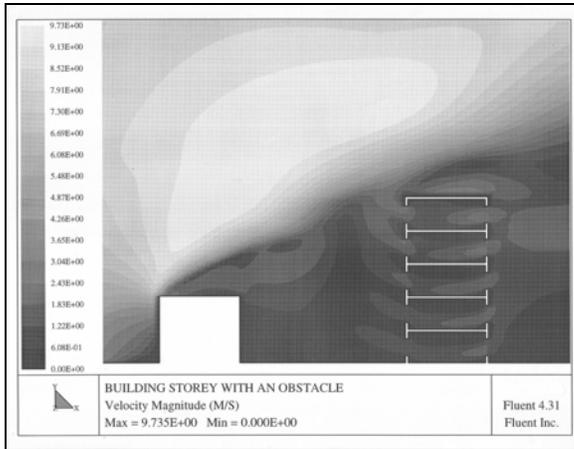


Gambar 2. C_v dari tujuh konfigurasi untuk setiap tingkat bangunan

Pada tingkat ketiga, pola yang sama pada tingkat kedua terjadi juga pada tingkat ini. Menarik untuk diamati bahwa pada tingkat keempat, efek percepatan aliran udara yang melewati ruangan lantai empat terjadi pada konfigurasi 2 jika dibandingkan dengan konfigurasi acuan, tetapi pada konfigurasi 3 dan 4 efek penghambat terjadi padanya. Efek ini berasal dari penghalang yang mempercepat kecepatan aliran udara ketika menubruk atau melewati sisi depan bagian atas penghalang dan menyebabkan percepatan aliran udara ketika melewati tingkat keempat pada konfigurasi 2 seperti ditunjukkan pada gbr 3a. Pengaruh percepatan aliran udara setelah melewati penghalang menginduksi suatu aliran udara yang lebih besar pada tingkat keempat konfigurasi 2.

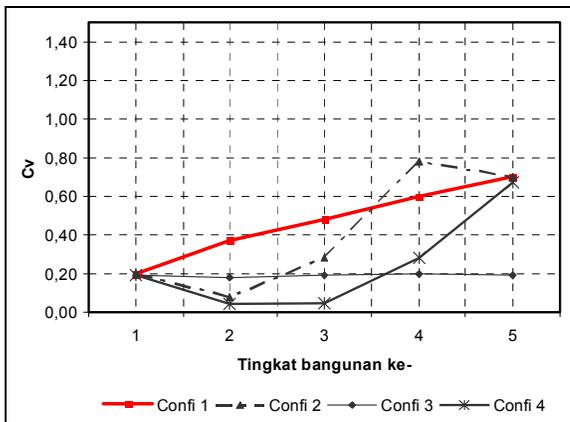


Gambar 3a. Hasil simulasi konfigurasi 2

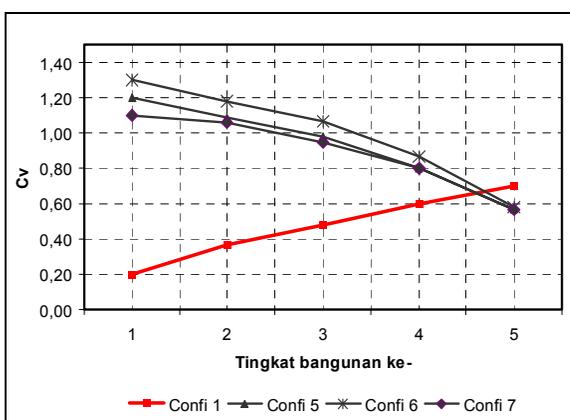


Gambar 3b. Hasil simulasi konfigurasi 3

Akan tetapi pada konfigurasi 3 dan 4, penghalang yang tinggi menjauhkan arah aliran udara yang dipercepat melewati atas atap bangunan bertingkat seperti dalam gbr 3b. Ini juga terjadi pada konfigurasi 3 pada tingkat kelima dimana cenderung secara ekstrim mengurangi nilai C_v yang disebabkan adanya efek penghambat.



(a)



(b)

Gambar 4. C_v dari bangunan dengan penghalang di depan (a) dan penghalang di belakang (b) dibandingkan dengan konfigurasi acuan

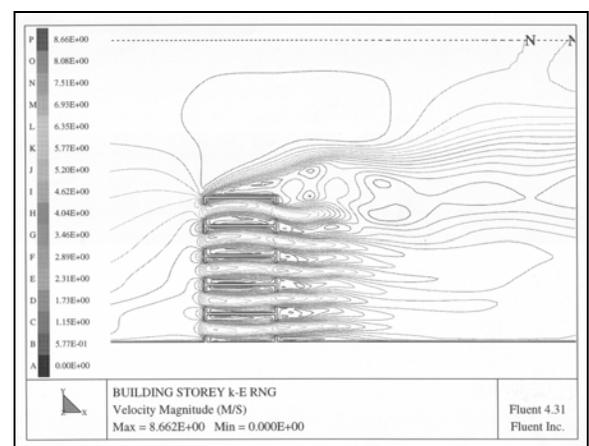
Dari keseluruhan hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa sebuah penghalang di depan bangunan memiliki kecenderungan menurunkan secara tipis nilai C_v terutama jika dibandingkan dengan konfigurasi acuan, seperti ditunjukkan pada gbr 4.a. Ini terjadi pengecualian pada konfigurasi 2 pada tingkat keempat seperti diterangkan di atas. Fenomena ini menerangkan bahwa kemungkinan zone turbulen terjadi ketika aliran udara melewati penghalang merubah dan pola aliran udara dan mempercepatnya ke dalam tingkat keempat pada konfigurasi 2 dengan kekuatan momentum.

Penghalang memperlambat secara berarti aliran udara dalam ruang terjadi pada konfigurasi 3; dicatat bahwa C_v dari lantai pertama sampai kelima relatif konstan pada 0,20.

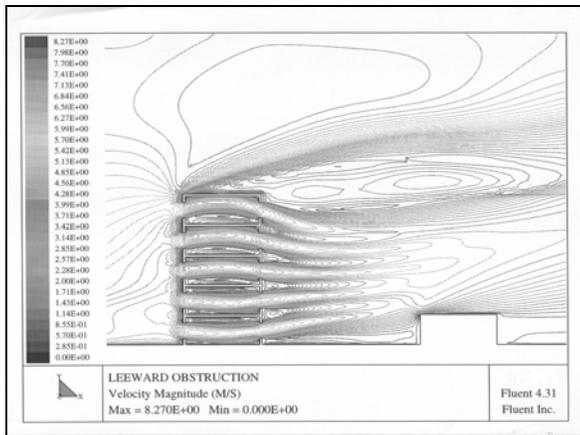
Pada sisi lain, dalam perbandingan dengan konfigurasi acuan, konfigurasi dimana sebuah penghalang diletakkan di belakang bangunan memiliki kecenderungan sebaliknya yang meningkatkan secara signifikan nilai C_v untuk lantai pertama sampai keempat dan menurunkan secara tipis pada lantai kelima. Dicapat juga bahwa terjadi penurunan secara simultan dan proporsional ketika terjadi kenaikan tingkat untuk konfigurasi 5, 6 dan 7 seperti dalam gbr 4b.

Seperti diduga, tekanan pada sisi datangnya angin ketika sisi tersebut lebih besar bidangnya akan lebih besar dibandingkan dengan luasan bidang yang lebih kecil. Konsekuensinya, kita dapat mengasumsikan bahwa konfigurasi yang memiliki bidang proyeksi terhadap angin lebih besar akan memiliki tekanan positif yang lebih besar dan lebih besar juga harga C_v . Ini terjadi pada kasus konfigurasi 5, 6 dan 7, terkecuali pada lantai kelima.

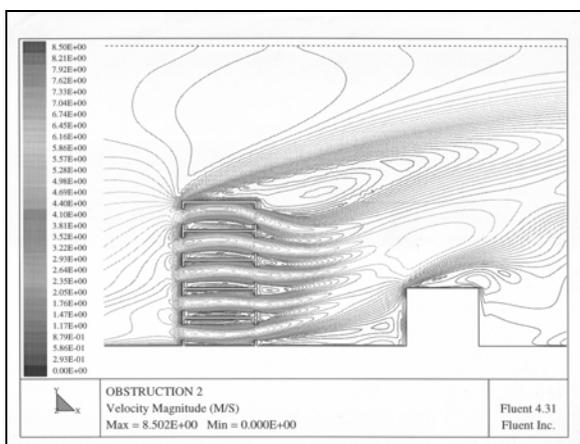
Gambar 5a menunjukkan pola aliran udara ketika melewati bangunan bertingkat, yang merupakan konfigurasi acuan, sedangkan gbr 5 b – d menunjukkan hasil simulasi berupa kontur kecepatan udara untuk konfigurasi 5, 6 dan 7.



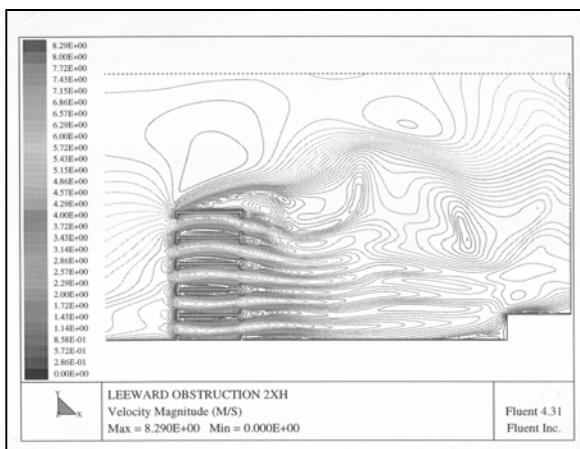
(a)



(b)



(c)



(d)

Gambar 5.a-d. Hasil simulasi kontur kecepatan aliran udara dari konfigurasi acuan dan konfigurasi dengan penghalang di belakang

KESIMPULAN

Simulasi dengan menggunakan CFD untuk menghitung koefisien kecepatan udara dalam ruang telah dilakukan pada sejumlah konfigurasi dengan sebuah penghalang di sekitar bangunan. Hasil utama dari studi ini adalah sebagai berikut:

- Investigasi ini menunjukkan bahwa pengaruh yang berbeda secara signifikan dari pola aliran udara pada setiap tingkat. Jadi studi ini memperhatikan pengaruh yang bermanfaat untuk meningkatkan kecepatan udara dalam ruang akibat lingkungan sekitarnya
- Peningkatan koefisien kecepatan udara dalam ruang yang disebabkan oleh bangunan sekitar sebagai suatu struktur penghalang terjadi ketika aliran udara dipercepat setelah melewati penghalang mengarah ke dalam bangunan dan pada konfigurasi tersebut memiliki nilai tekanan postif rata-rata lebih tinggi pada sisi datangnya angin.
- Pengaruh struktur penghalang apakah bangunan atau tanaman tidak selalu akan memperlambat aliran udara yang masuk dalam bangunan pertingkat.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis menyampaikan terima kasih sebesar-besarnya kepada Centre de Thermique de Lyon (CETHIL) de l'Institut National des Sciences Appliquées de Lyon France untuk dukungan teknis dalam merealisasikan pekerjaan ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Ernest, D.R., Bauman, F.S. and Arens, E.A., The Effects of External Wind Pressure Distribution on Wind-Induced Air Motion Inside Buildings, *Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics* 41-44, 1992, 2539-2550.
- Kindangen, J.I., Krauss, G. and Depecker, P., Effects of Roof Shapes on Wind-Induced Air Motion Inside Buildings, *Building and Environment*, vol.32,no., 1997,1-11.
- Kindangen, J.I., and Krauss, G., Investigation of Natural Ventilation with Computational Fluid Dynamics. A Comparison Study with Wind Tunnel Results, *Architectural Science Review*, vol. 39, no. 2, 1996, 113-120.
- FLUENT version 4.3.1, Fluent User's Manual, New Hampshire: Fluent Inc., 1995.
- Gouin G. *Contribution Aérodynamique à l'Etude de la Ventilation Naturelle de l'Habitat en Climat Tropical Humide*, PhD Thesis University of Nantes, 1984.
- Versteeg, H.K. and Malalasekera, *An Introduction to Computational Fluid Dynamics. The Finite Volume Method*, Essex:Longman Scientific & Technical, 1995.