

# KAJIAN EFEK ANGIN PADA BANGUNAN TINGGI MENGGUNAKAN COMPUTATIONAL FLUID DYNAMICS

## STUDY WIND EFFECT AT HIGH BUILDING USING COMPUTATIONAL FLUID DYNAMICS

<sup>1</sup>Yudiawan Fajar Kusuma dan <sup>2</sup>Alief Sadlie Kasman

Balai Besar Teknologi Aerodinamika, Aeroelastika dan Aeroakustika - BPPT  
Kawasan Puspitek Gedung 240, Setu, Tangsel, Banten, Indonesia

---

### Abstrak

Bangunan tinggi merupakan salah satu pilihan untuk membuat bangunan di lahan yang terbatas terutama di kota-kota besar. Bangunan tinggi biasanya digunakan sebagai kantor atau sebagai tempat tinggal (apartemen). Sebelum bangunan tinggi dibangun dibutuhkan suatu kajian, perhitungan maupun analisis agar bangunan tinggi tersebut aman dan nyaman. Salah satu yang perlu diperhatikan adalah pengaruh angin terhadap bangunan tinggi. Metode yang digunakan pada kajian ini adalah Dinamika Fluida Komputasional (*Computational Fluid Dynamics*). CFD merupakan salah satu metode yang digunakan untuk menganalisis gaya-gaya aerodinamika suatu benda. Hal ini dikarenakan CFD memiliki beberapa keunggulan diantaranya biaya yang dikeluarkan tidak begitu besar, mudah melakukan modifikasi dan waktu yang agak singkat meskipun tergantung kasus yang dikerjakan. Selain menentukan gaya-gaya aerodinamika, CFD juga dapat digunakan untuk prediksi kemungkinan-kemungkinan seperti distribusi kecepatan maupun tekanan di suatu ruang. Dalam kajian ini, penentuan hasil simulasi distribusi kecepatan ini digunakan untuk memprediksi kecepatan dan arah angin pada ketinggian 1,75 m dan pada ketinggian 39,5 m (di atas podium). Hasil kajian ini diharapkan dapat memberikan perkiraan data sebelum dilakukan pengujian atau pengukuran yang lain.

**Kata kunci:** Bangunan Tinggi, CFD, Distribusi Kecepatan, Distribusi Tekanan.

### Abstract

High building is one option to make building in limited land especially in big cities. High building are usually used as an office or as a residence (apartment). Before high building built is needed a study, calculation and analysis for high buildings are safe and comfortable. One of to note is effect of wind on high buildings. The method used in this study is Computational Fluid Dynamics. CFD is one method used to analyze aerodynamic forces of an object. This is because CFD has several advantages such as cost is not so large, easy to modify and a rather short time, although depending on case done. In addition to determining aerodynamic forces, CFD can also be used to predict possibilities such as speed and pressure distribution in area. In this study, the determination of speed distribution simulation results is used to predict wind speed and direction at a height of 1.75 m and at a height of 39.5 m (above the podium). The results of this study are expected to provide an estimate of data prior before any other tests or measurements are made.

**Keyword:** High Building, CFD, Velocity Distribution, Pressure Distribution

---

## I. PENDAHULUAN

Indonesia adalah salah satu negara berkembang. Hal ini ditandai dengan meningkatnya infrastruktur yang dibangun oleh pemerintah dan swasta salah satunya bangunan tinggi seperti apartemen, mal, kantor dan lain-lain. Karena tingginya struktur bangunan, tentu bangunan semacam ini akan seperti penghalang. Angin yang mengenai bangunan tersebut akan menyebabkan aliran angin menjadi tidak laminar atau aliran turbulen sehingga perlu dilakukan analisis aliran disekitar bangunan. Analisis aerodinamika dan aeroelastik bangunan dapat dilakukan dengan metode eksperimen atau komputasi. Namun, studi eksperimental ini sering menghabiskan waktu, energi dan biaya begitu tinggi sehingga analisis komputasi merupakan pilihan ekonomis. Apalagi jika diperlukan proses perancangan iteratif, yaitu perbaikan geometri dan konfigurasi

---

Yudiawan F. K. ; Telp. +6221-7560902  
E-mail: yudiawan.fajar@bppt.go.id

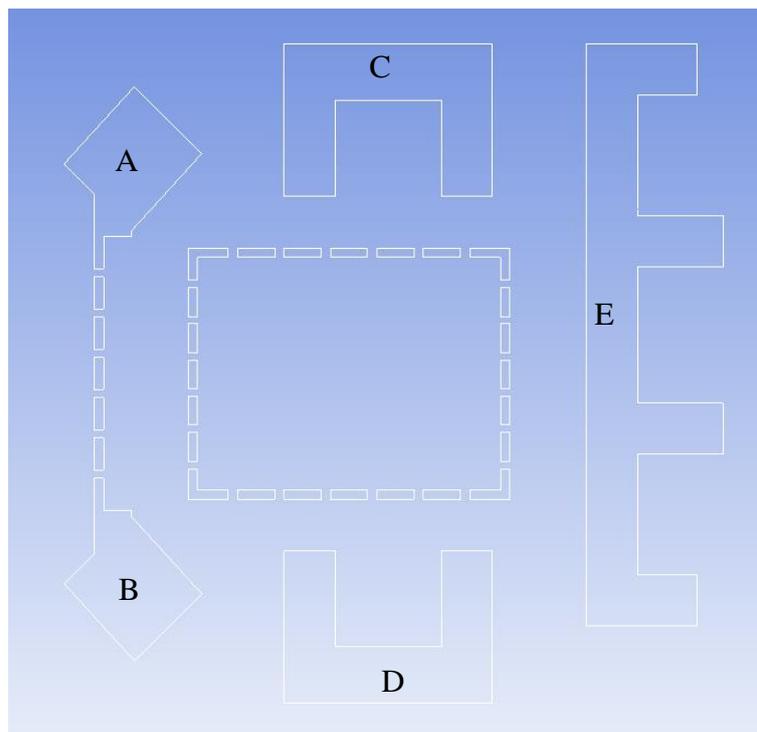
struktur yang dilakukan berulang-ulang. Selain itu, CFD juga dapat memprediksi kemungkinan seperti distribusi kecepatan dan tekanan pada suatu objek. Analisis dilakukan dengan bantuan perangkat lunak CFD (Computational Fluid Dynamic), FLUENT.

Dalam kajian kali ini, model yang digunakan berupa bangunan tinggi yang terdiri dari 5 apartement dan sebuah mall dengan bagian tengah dari bangunan ini terdapat taman atau ruang terbuka hijau. Apartemen ini memiliki rata-rata ketinggian 126 m dengan jumlah lantai 36 sedangkan untuk mall memiliki ketinggian 37,8 m. Model yang disimulasikan merupakan model irisan atau disebut dengan model 2 dimensional dari potongan bangunan sebenarnya. Irisan kali ini memiliki perbedaan ketinggian yaitu ketinggian 1,75 m dan ketinggian 39,5 m (di atas podium) . Hal ini dikarenakan untuk mengetahui kecepatan angin dalam *pedestrian level*.

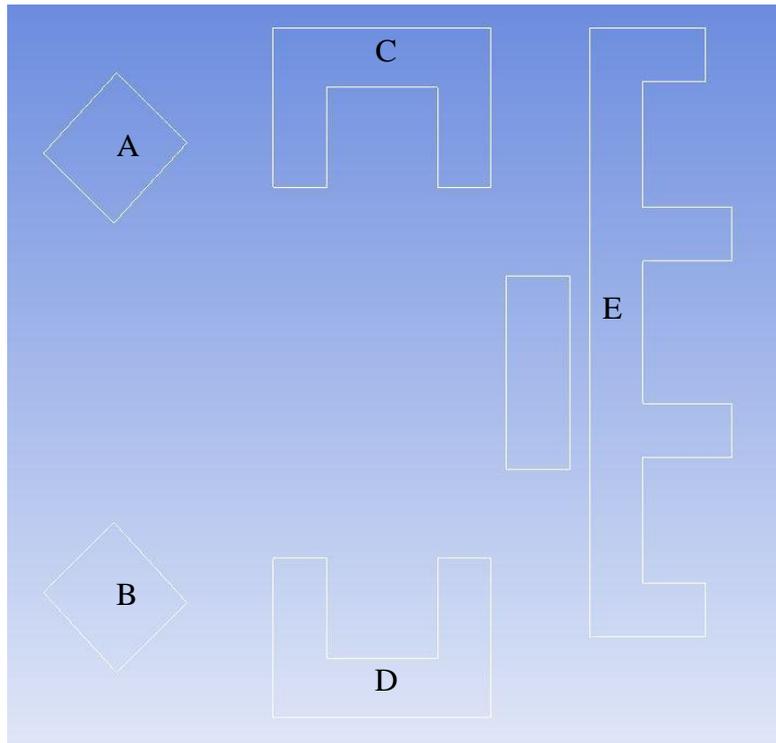
## II. METODOLOGI

### A. Geometri, Mesh dan Kondisi Batas

Mengambil salah satu penampang irisan bangunan merupakan bagian yang penting untuk memperoleh aliran fluida yang terbaik. Pemodelan penampang irisan bangunan dilakukan dengan software GAMBIT 2.4.6 (*Geometri And Mesh Building Intelligent Toolkit*). Pemodelan penampang kali ini menggunakan teknik *Bottom-up* adalah pembuatan geometri yang dimulai dari pembuatan entiti yang paling dasar yaitu dari membuat titik, kemudian dari kumpulan titik menjadi garis, kumpulan garis menjadi bidang, dan kumpulan bidang menjadi volume [2]. Menurut beberapa ahli dibidangnya, untuk menentukan distribusi angin di sekitar bangunan dilakukan pada skala yang sama yaitu 1.5 - 2.1 m di atas permukaan [3]. Berikut ini gambar penampang irisan bangunan dengan ketinggian 1,75 m dan 39,5 m.

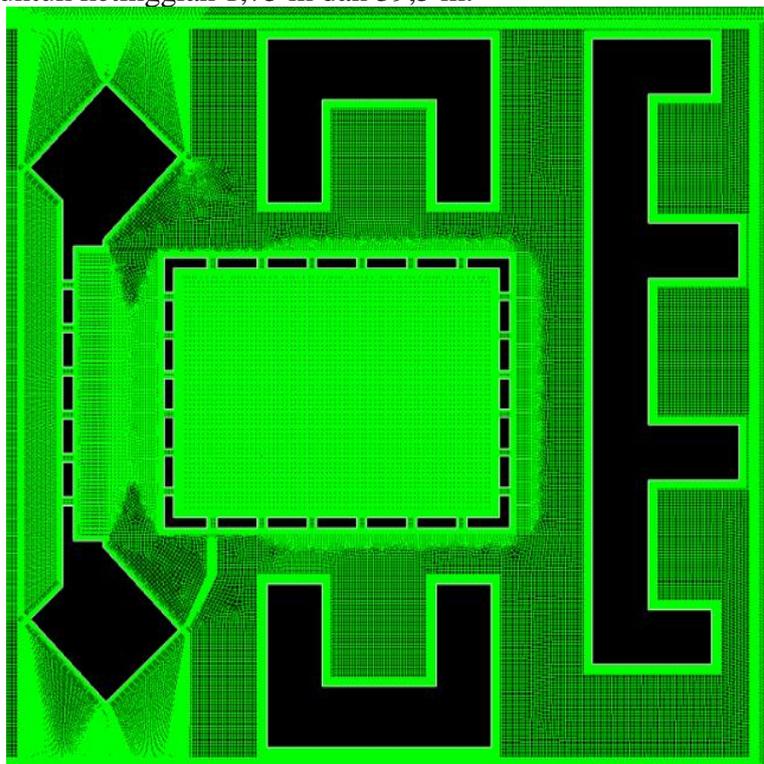


Gambar 1. Penampang irisan bangunan pada ketinggian 1,75 m.

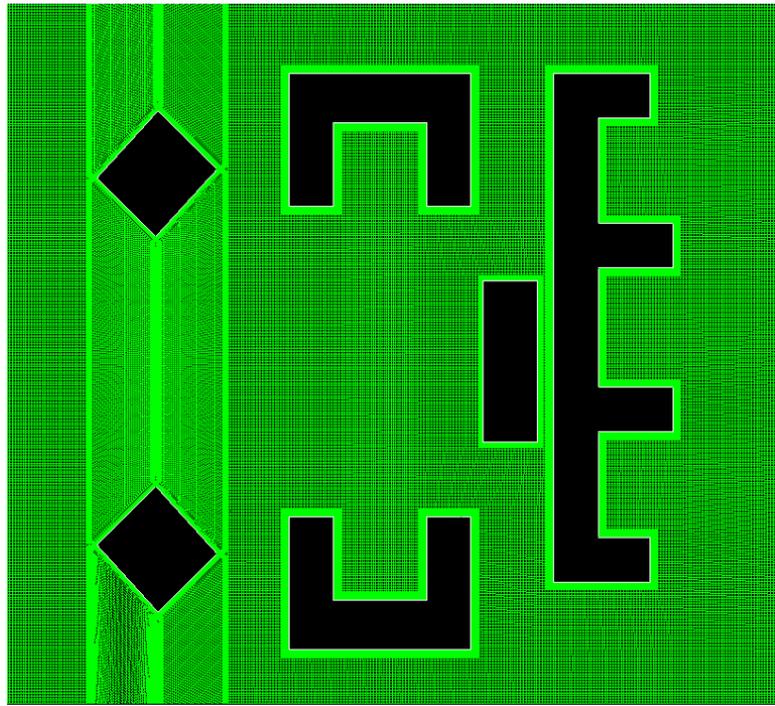


Gambar 2. Penampang irisan bangunan pada ketinggian 39.5 m

Bentuk *mesh* pada kasus kali ini menggunakan bentuk *mesh* struktur yaitu map yang berada dekat benda dan bentuk *mesh* unstruktur yaitu pave yang jauh dari benda. Konsep pembuatan *mesh* pada GAMBIT hampir sama dengan konsep pembuatan geometri. Metode yang dibuat adalah metode *bottom-up* yaitu *mesh* dibuat dari entiti geometri yang paling rendah seperti garis, kemudian bidang [2]. Prinsip umum *meshing* secara keseluruhan adalah membatasi sel-sel kecil sebisa mungkin hanya untuk daerah yang diperlukan (misal daerah di mana gradien tekanan/kecepatan/apapun yang diperkirakan tinggi). Berikut gambar *meshing* di dekat permukaan benda untuk ketinggian 1,75 m dan 39,5 m.

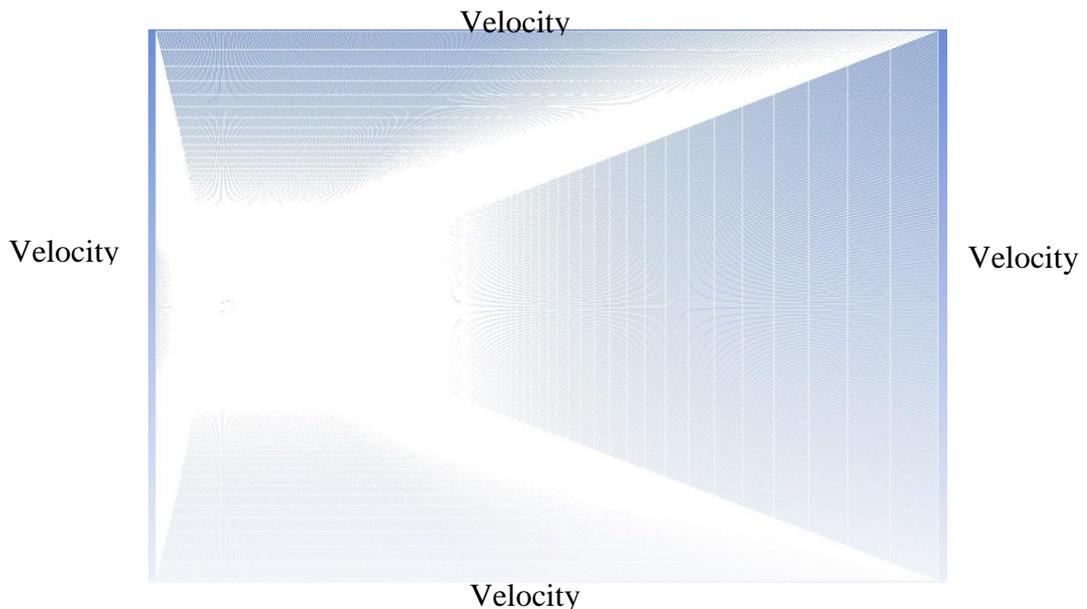


Gambar 3. Mesh di sekitar bangunan untuk ketinggian 1,7 m.



Gambar 4. Mesh di sekitar bangunan untuk ketinggian 39.5 m.

Kondisi batas yang digunakan terdiri dari *velocity inlet*, dan *wall* seperti terlihat pada Gambar 5. *Velocity inlet* digunakan untuk mendefinisikan kecepatan aliran dan besaran skalar lainnya pada sisi masuk aliran [4]. Kondisi batas ini hanya digunakan untuk aliran inkompresibel. Pada kondisi batas ini metode spesifikasi kecepatan yang dimasukkan menggunakan komponen (*component*) yang memasukkan nilai kecepatan fluida di sisi masuk pada masing-masing komponen sumbu koordinat. *Wall* digunakan sebagai dinding untuk aliran fluida dalam saluran atau dapat disebut juga sebagai dinding saluran. *Wall* juga dapat digunakan sebagai pembatas antara daerah fluida (cair dan gas) dan padatan [4]. Menurut literatur domain komputasi mengambil jarak 15 kali panjang bentangan ( $B$ ) ke arah hulu, atas, dan bawah, sedangkan ke arah hilir mengambil jarak 31 kali panjang bentangan [5]. Panjang total model bangunan ini adalah 212.998 m.



Gambar 5. Kondisi batas.

## B. Komputasi Numerik

Persamaan atur yang digunakan dalam simulasi aliran fluida ini adalah persamaan *Navier Stokes*. Persamaan ini telah memasukan efek viskositas yang memungkinkan besarnya gaya-gaya seperti misalnya tahanan friksi dan tahanan tekanan dapat diprediksi dengan cukup akurat [6]. Demikian juga aliran turbulen dapat dimodelkan dengan baik. Model turbulensi yang digunakan adalah *k-omega SST* yang mempunyai kelebihan memodelkan aliran di dekat dinding maupun aliran yang jauh dari dinding dan *free stream flow* [7]. Rumus bilangan Reynolds umumnya diberikan sebagai

$$R_e = \frac{\rho v_s L}{\mu} = \frac{v_s L}{\nu} \quad (1)$$

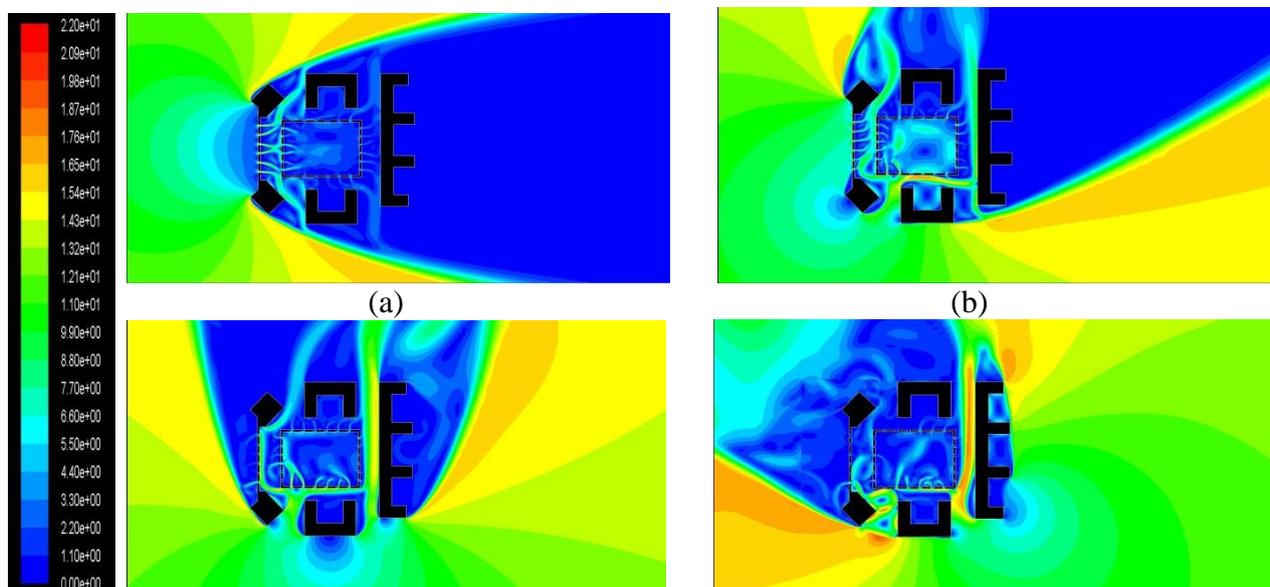
Dengan bilangan kecepatan fluida ( $v_s$ ) sebesar 9 m/s, panjang karakteristik (L) sebesar 212.998 m dan viskositas kinematik fluida ( $\nu$ ) sebesar  $15,66 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$  sehingga bilangan Reynolds kali ini adalah 122.412.643. Tekanan yang digunakan 101325 Pa dengan model fluida udara (gas ideal).

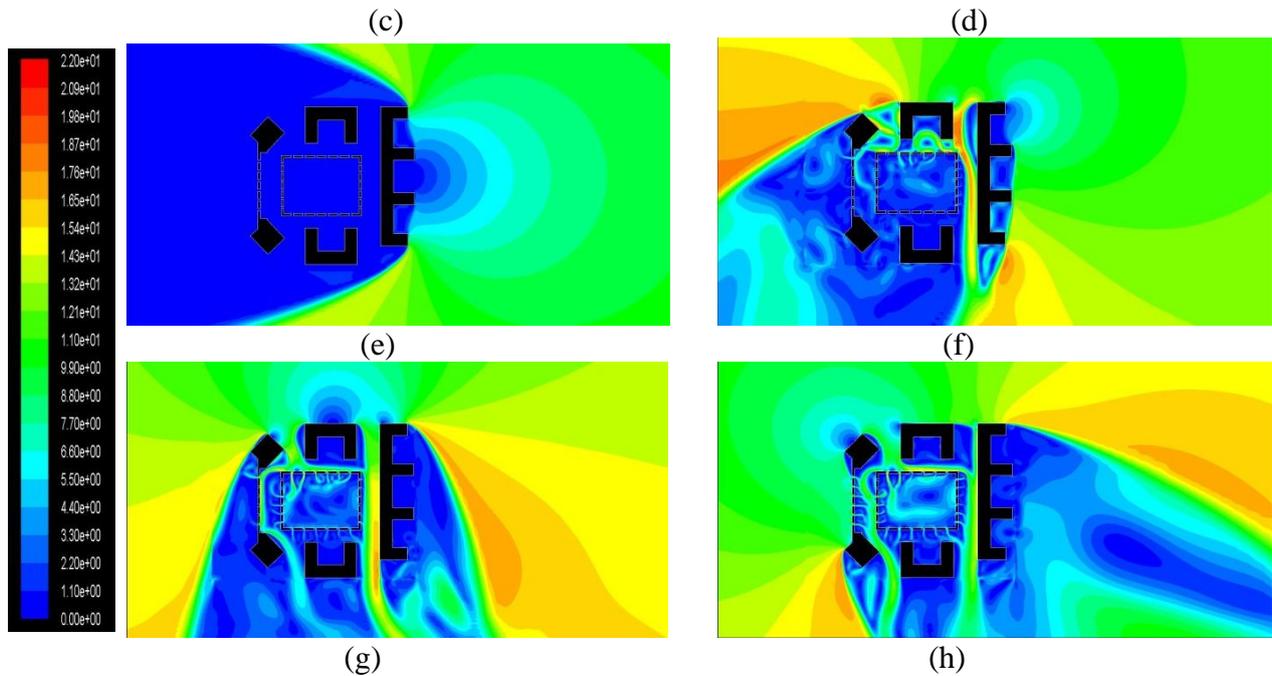
Hasil komputasi berupa distribusi kecepatan dan vector kecepatan pada ketinggian 1,7 m dan 39.5 m dengan sudut serang angin  $0^\circ$ ,  $45^\circ$ ,  $90^\circ$ ,  $135^\circ$ ,  $180^\circ$ ,  $225^\circ$ ,  $270^\circ$ , dan  $315^\circ$ . Komputasi dilakukan dengan menggunakan dua perangkat komputer berkapasitas CPU 16 core RAM 32 GB. Dengan spesifikasi tersebut waktu hitung yang dibutuhkan  $\pm 6$  jam untuk satu konfigurasi sudut serang angin (untuk kemudian disebut alfa).

## III. HASIL DAN PEMBAHASAN

### A. Ketinggian 1,75 m

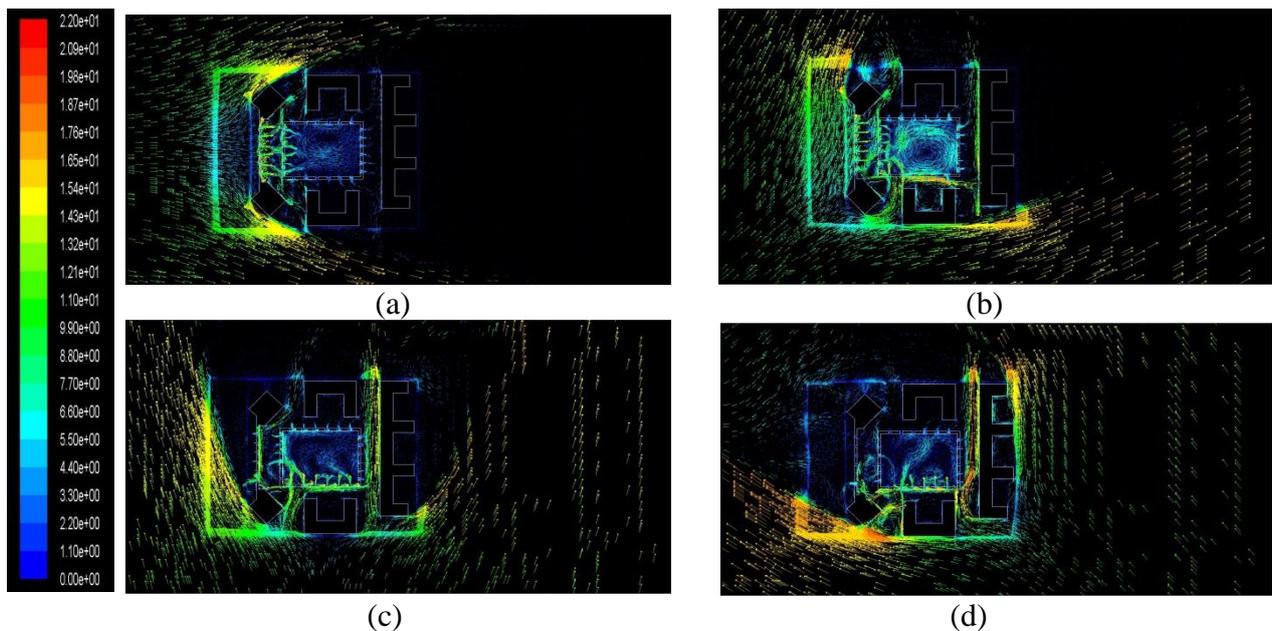
Ketinggian ini merupakan rata-rata ketinggian orang-orang asia sehingga visualisasi aliran diperlukan untuk melihat karakteristik alirannya. Karakteristik aliran pada model bangunan diperlihatkan pada gambar 6. Karakteristik ini berupa distribusi kecepatan dengan kecepatan 9 m/s untuk masing-masing sudut. Dari gambar tersebut terlihat bahwa distribusi kecepatan pada bagian depan atau yang langsung terkena angin begitu besar yang ditunjukkan warna hijau kemudian berangsur melambat yang ditunjukkan dengan warna biru setelah mendekati ke dinding bangunan. Setelah mengenai dinding bagian depan dan masuk kedalam celah dinding kecepatan berangsur naik kemudian turun. Selain itu, di bagian tengah untuk masing-masing sudut serang memberikan kecepatan yang berbeda-beda. Untuk distribusi kecepatan paling tinggi di bagian tengah terjadi pada sudut serang angin  $45^\circ$  yang ditandai dengan warna hijau dan biru. Pada sudut serang angin  $45^\circ$  kecepatan angin mengenai apartement A dan sisi samping apartement C kemudian masuk melalui sela-sela antara apartement A dan C. Sedangkan distribusi kecepatan paling rendah di bagian tengah terjadi pada sudut serang angin  $180^\circ$  yang ditandai dengan warna biru. Hal ini dikarenakan kecepatan angin langsung terhalang oleh apartement E.

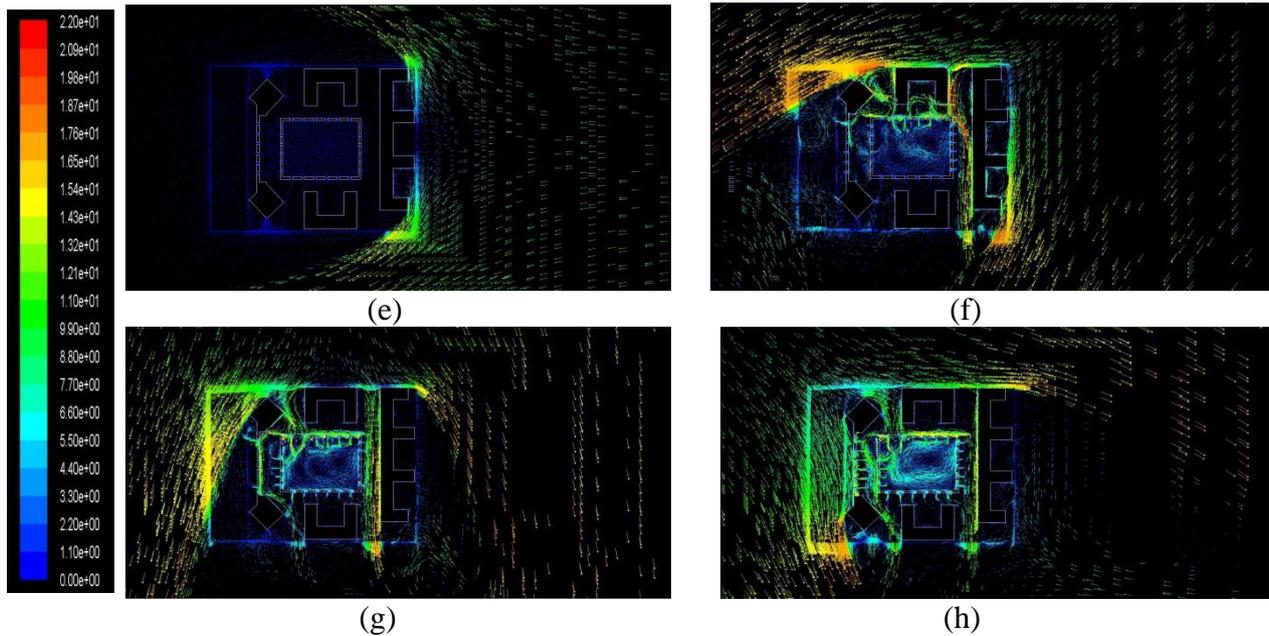




Gambar 6. Distribusi kecepatan bangunan dengan ketinggian 1,75 m pada sudut serang (a)  $0^{\circ}$ , (b)  $45^{\circ}$ , (c)  $90^{\circ}$ , (d)  $135^{\circ}$ , (e)  $180^{\circ}$ , (f)  $225^{\circ}$ , (g)  $270^{\circ}$ , dan (h)  $315^{\circ}$ .

Untuk mengetahui lebih jelas mengenai arah aliran angin dapat dilihat pada vektor kecepatan seperti terlihat pada gambar 7. Dari gambar tersebut terlihat bahwa vektor kecepatan sebelum mengenai bangunan masih laminar tetapi setelah mengenai bangunan maka arah aliran berubah menjadi tidak teratur. Bahkan di beberapa daerah membentuk sebuah pusaran seperti di bagian tengah atau taman, antara apartemen yang terjadi pada sudut serang angin  $0^{\circ}$ ,  $45^{\circ}$ ,  $90^{\circ}$ ,  $135^{\circ}$ ,  $225^{\circ}$ ,  $270^{\circ}$ , dan  $315^{\circ}$ . Hal ini harus diantisipasi agar tidak mengganggu kenyamanan orang-orang disekitarnya. Salah satu cara untuk mengurangi aliran yang tidak teratur dengan menanam pohon. Sedangkan pada sudut serang angin  $180^{\circ}$  belum membentuk pusaran aliran angin dikarenakan angin langsung mengenai apartemen E.

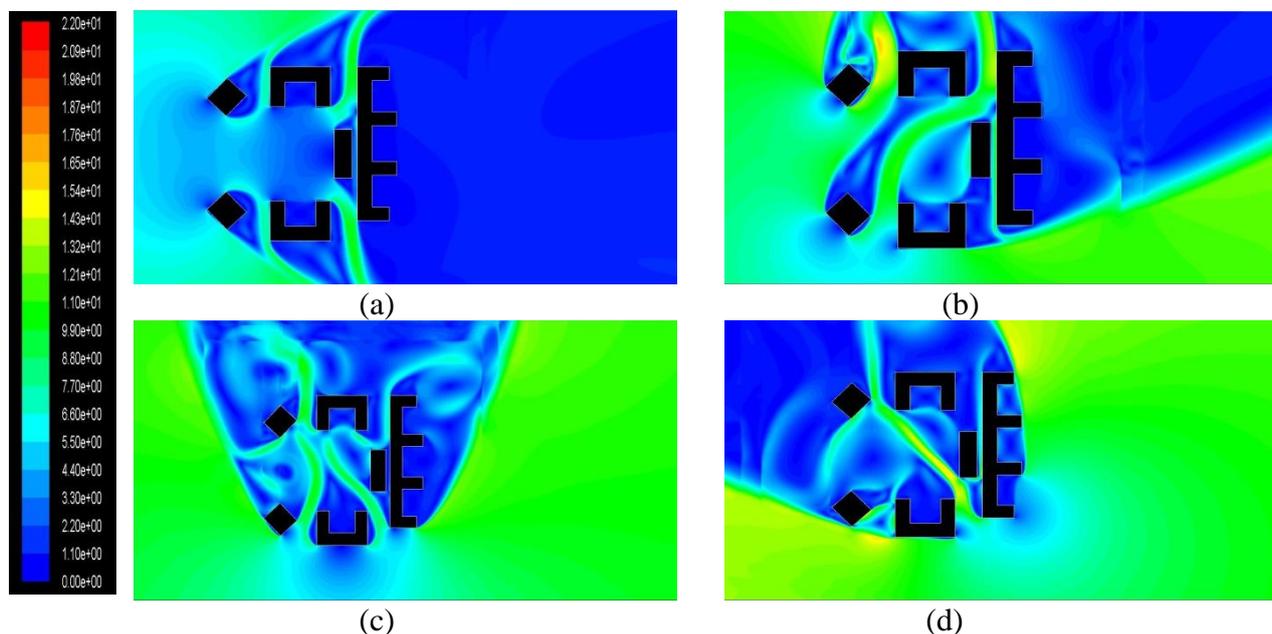


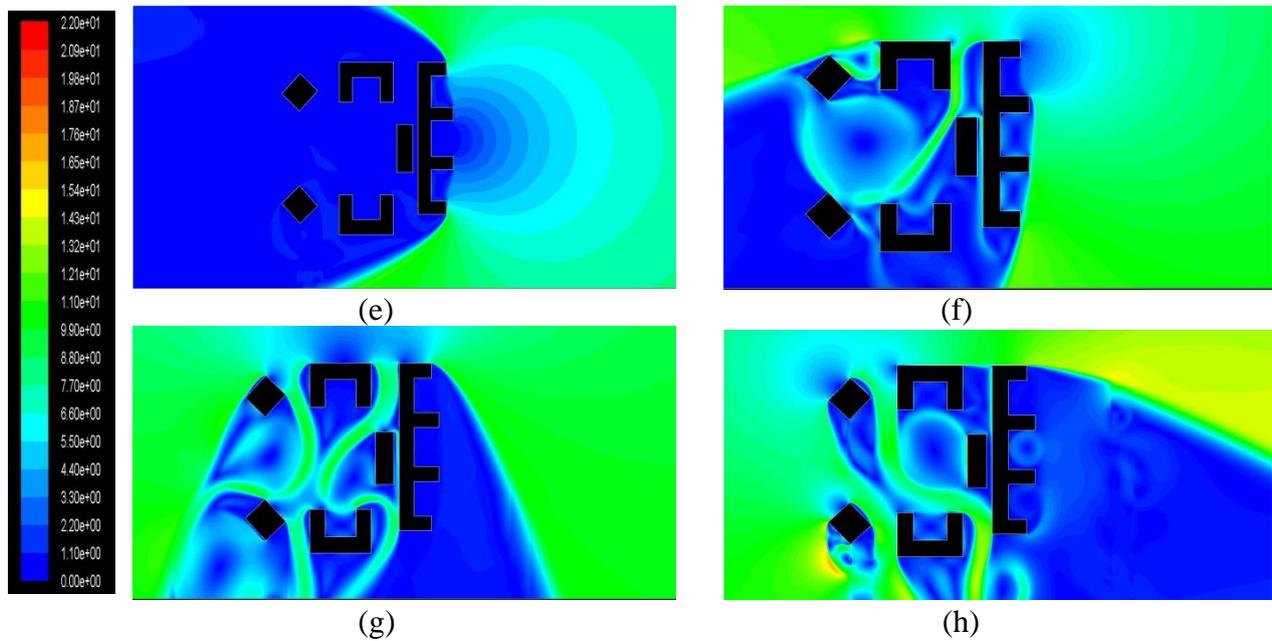


Gambar 7. Vektor kecepatan bangunan dengan ketinggian 1,75 m pada sudut serang (a)  $0^\circ$ , (b)  $45^\circ$ , (c)  $90^\circ$ , (d)  $135^\circ$ , (e)  $180^\circ$ , (f)  $225^\circ$ , (g)  $270^\circ$ , dan (h)  $315^\circ$ .

### B. Ketinggian 39,5 m

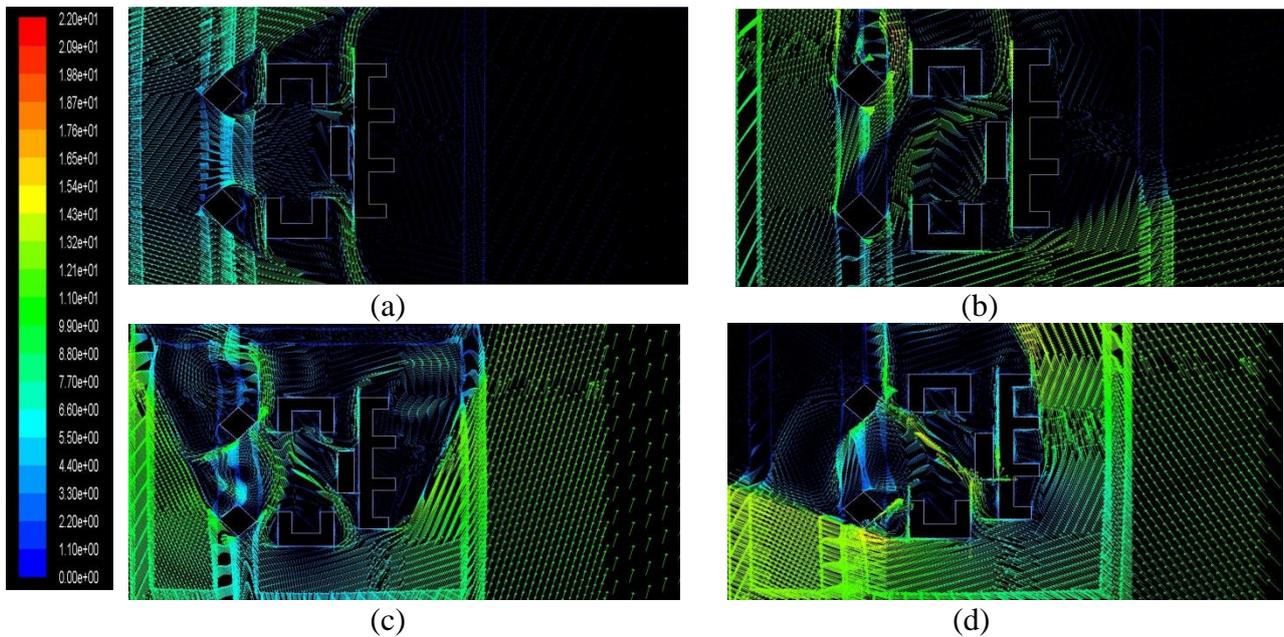
Karakteristik aliran pada model bangunan untuk ketinggian 39,5 m diperlihatkan pada gambar 8 dan 9. Karakteristik ini berupa distribusi kecepatan dengan kecepatan 9 m/s untuk masing-masing sudut. Dari gambar tersebut terlihat bahwa distribusi kecepatan pada bagian depan begitu besar yang ditunjukkan warna hijau kemudian berangsur melambat yang ditunjukkan dengan warna biru setelah mendekati ke dinding bangunan. Selain itu, di bagian tengah untuk masing-masing sudut serang memberikan kecepatan yang berbeda-beda. Untuk distribusi kecepatan paling tinggi di bagian tengah terjadi pada sudut serang  $135^\circ$  dan distribusi kecepatan paling rendah di bagian tengah terjadi pada sudut serang  $180^\circ$ . Hal ini dikarenakan ketika pada sudut serang  $135^\circ$  kecepatan angin mengenai apartemen E kemudian mengenai apartemen D sehingga menyebabkan kecepatannya tinggi yang ditunjukkan warna merah kehijauan. Ketika pada sudut serang  $180^\circ$  kecepatan angin langsung mengenai apartemen E dan langsung menyebar di sekitar bangunan sehingga kecepatan angin di belakang apartemen E rendah yang ditunjukkan dengan warna biru.

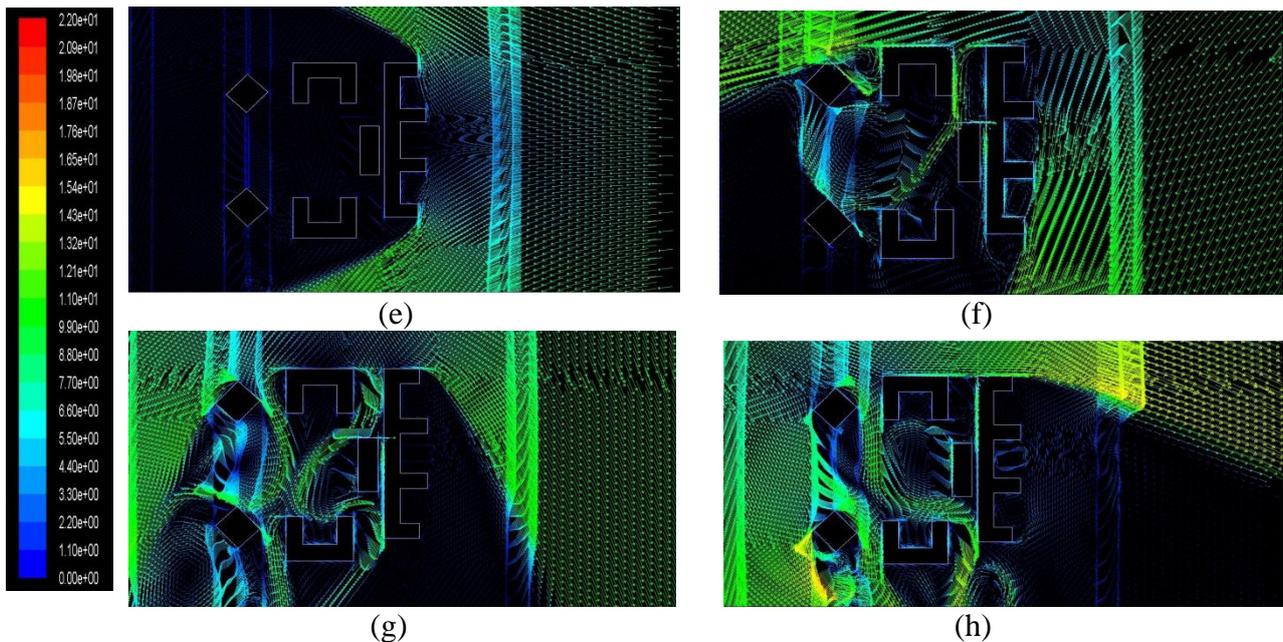




Gambar 8. Distribusi kecepatan bangunan dengan ketinggian 39.5 m pada sudut serang (a)  $0^\circ$ , (b)  $45^\circ$ , (c)  $90^\circ$ , (d)  $135^\circ$ , (e)  $180^\circ$ , (f)  $225^\circ$ , (g)  $270^\circ$ , dan (h)  $315^\circ$ .

Sama seperti ketinggian 1,75 m, untuk mengetahui lebih jelas mengenai arah aliran angin pada ketinggian 39,5 m dapat dilihat pada vektor kecepatan seperti terlihat pada gambar 9. Dari gambar tersebut dapat diketahui bahwa pada sudut serang angin  $45^\circ$ ,  $90^\circ$ ,  $135^\circ$ ,  $225^\circ$ ,  $270^\circ$ , dan  $315^\circ$  terdapat beberapa aliran-aliran yang tidak teratur yang membentuk pusaran di bagian tengah dan memiliki kecepatan angin yang cukup tinggi sekitar 10 m/s sampai 22 m/s yang ditandai dengan warna hijau, kuning, dan kemerah-merahan. Hal ini dikarenakan aliran angin mengenai beberapa apartemen sehingga aliran tersebut berkumpul di tengah. Tetapi pada kecepatan  $0^\circ$  dan  $180^\circ$  pada bagian tengah apartemen aliran yang dihasilkan tidak membentuk pusaran dan kecepatan angin tidak tinggi yang ditandai warna biru.





Gambar 9. Vektor kecepatan bangunan dengan ketinggian 39.5 m pada sudut serang (a)  $0^\circ$ , (b)  $45^\circ$ , (c)  $90^\circ$ , (d)  $135^\circ$ , (e)  $180^\circ$ , (f)  $225^\circ$ , (g)  $270^\circ$ , dan (h)  $315^\circ$

#### IV. KESIMPULAN

Karakteristik aliran untuk masing-masing ketinggian dan sudut serang angin berbeda. Hal ini dikarenakan adanya beberapa bentuk dan ukuran bangunan yang berbeda. Bangunan yang memiliki ukuran yang besar adalah apartemen E sedangkan apartemen yang memiliki ukuran paling kecil adalah apartemen A dan B. Sedangkan bangunan yang memiliki bentuk yang sama adalah apartemen A dan B yang memiliki bentuk persegi serta apartemen C dan D memiliki bentuk seperti huruf U.

Besarnya distribusi kecepatan untuk ketinggian 1.75 m di area taman yang paling tinggi terjadi pada sudut serang  $45^\circ$  dan distribusi yang paling kecil terjadi pada sudut serang  $180^\circ$ . Untuk arah aliran angin, di beberapa daerah membentuk sebuah pusaran seperti di bagian tengah atau taman, antara apartemen yang terjadi pada sudut serang angin  $0^\circ$ ,  $45^\circ$ ,  $90^\circ$ ,  $135^\circ$ ,  $225^\circ$ ,  $270^\circ$ , dan  $315^\circ$  sedangkan pada sudut serang angin  $180^\circ$  belum membentuk pusaran aliran angin dikarenakan angin langsung mengenai apartemen E.

Distribusi kecepatan untuk ketinggian 39.5 m atau di atas podium yang paling tinggi terjadi pada sudut  $135^\circ$  dan distribusi kecepatan yang paling kecil terjadi pada sudut serang  $180^\circ$ . pada sudut serang angin  $45^\circ$ ,  $90^\circ$ ,  $135^\circ$ ,  $225^\circ$ ,  $270^\circ$ , dan  $315^\circ$  terdapat beberapa aliran-aliran yang tidak teratur yang membentuk pusaran di bagian tengah dan memiliki kecepatan angin yang cukup tinggi sekitar 10 m/s sampai 22 m/s tetapi pada kecepatan  $0^\circ$  dan  $180^\circ$  pada bagian tengah apartemen aliran yang dihasilkan tidak membentuk pusaran.

Aliran yang terjadi sebelum mengenai bangunan adalah aliran laminar tetapi ketika mengenai gedung akan berubah menjadi aliran turbulen seperti yang terjadi pada daerah tengah-tengah bangunan atau taman dan antar apartemen. Ulakan/pusaran yang terbentuk disekitar gedung akan mengganggu kenyamanan pengunjung baik di sekitar area gedung maupun gedung lain disekitarnya. Salah satu cara untuk mengurangi aliran yang tidak teratur dengan menanam pohon.

#### UCAPAN TERIMAKASIH

Terimakasih kepada Kepala Balai Besar Teknologi Aerodinamika Aeroelastika dan Aeroakustika (BBTA3) dan Kepala Bidang Layanan Teknologi Aerodinamika Aeroelastika dan Aeroakustika (BLTA3) atas fasilitas dan dukungan dalam melakukan kegiatan penelitian.

## DAFTAR PUSTAKA

1. Fluent 6.3.26, *Flow Modeling Software*, Fluent Inc, 2006.
2. Anderson, J. D, "Computation Fluid Dynamic Basic With Application", USA: John Wiley & Sons Inc, 1995.
3. Chay M., Wood G, "Wind Tunnel Tests-City East Zone Substation and Integrated Commercial Development-33 Bligh Street", Cermak Peterka Petersen Pty. Ltd. Wind Engineering Consultants, Sydney, Australia, SJ-06087, 2011.
4. Tuakia, F, *Dasar-Dasar CFD Menggunakan FLUENT*, Bandung: Informatika, 2008.
5. Bruno L., Khris S, "The Validity of 2D Numerical Simulations of Vertical Structures Around a Bridge Deck", *Mathematics and Computer Modeling* 37: 795-828, 2003.
6. Reiter S, "Validation Process for CFD Simulation of Wind Around Buildings". LEMA. University of Liege. Belgium, 2008.
7. Blocken B., Roels S., Carmeliet J, "Pedestrian Wind Conditions in Passages Through Building-Part 1. Numerical Modelling, Sensitivity Analysis and Model Validation", Research Report. Laboratory of Building Physics, KULeuven, 2003.