

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Kemajuan dalam ilmu pengetahuan dan teknologi memberikan dorongan kepada manusia untuk mengembangkan inovasi yang bermanfaat bagi kehidupan mereka. Ini juga dalam konteks aplikasi mekanika fluida, baik di sektor industri maupun dalam kehidupan sehari-hari. Salah satu aspek yang diteliti dalam studi mekanika fluida adalah analisis aliran fluida eksternal melewati suatu objek.

Sebagai negara kepulauan dengan iklim tropis lembab, Indonesia menghadapi tantangan unik dalam perancangan bangunan karena kondisi iklim dan lokasinya. Kejadian cuaca ekstrem, terutama angin puting beliung selama musim pancaroba, menjadi perhatian utama. Setiap tahun, Indonesia mengalami bencana angin kencang yang menyebabkan kerugian signifikan, terutama akibat runtuhnya bangunan yang dapat menimpa dan merugikan nyawa. Oleh karena itu, dalam perancangan bangunan, sangat penting untuk secara cermat mempertimbangkan faktor alam guna mencegah risiko kehidupan jika terjadi bencana serupa.

Angin merupakan gaya horizontal utama yang bekerja pada gedung-gedung tinggi. Gaya ini sebanding dengan koefisien *drag*. Koefisien *drag* merupakan faktor penting dalam desain strukturalnya. Untuk gedung-gedung tinggi, beban angin merupakan beban desain horizontal yang dominan. Tren terkini melibatkan perancangan bangunan yang lebih tinggi dan bentuknya tidak beraturan. Jenis struktur ini berpotensi lebih sensitif terhadap eksitasi angin. Bangunan menjadi lebih rentan terhadap pengaruh angin dibandingkan gempa karena bangunan menjadi lebih tinggi dan ramping (Wahrhaftig, A.M & Silva, M.A., 2017).

Upaya mengurangi gaya tahanan telah dilakukan banyak peneliti. Penelitian tersebut berisi tentang cara mengurangi gaya tahanan pada bangunan yang tersusun tunggal ataupun tersusun secara tandem dengan berbagai metode. Nasaruddin Salam, dkk (2013) melakukan penelitian mengenai karakteristik koefisien tahanan aliran melintasi tiga silinder tersusun tandem konfigurasi seri dan paralel, menunjukkan karakteristik koefisien tahanan ( $C_d$ ) pada konfigurasi seri meningkat bila jarak tiga silinder persegi tersusun tandem diperbesar, sedangkan pada konfigurasi paralel nilai koefisien tahanan ( $C_d$ ) menurun bila jarak diperbesar. Nilai  $C_d$  yang diperoleh pada masing-masing model konfigurasi seri dan paralel lebih kecil dibandingkan dengan nilai  $C_d$  silinder persegi tunggal. Dari penelitian tersebut dapat kita kembangkan dengan mengganti benda uji ke pengaplikasian yang lebih

ini pada gedung bertingkat.

Penelitian oleh Indra Wijaya, (2018) mengenai "Analisis Angin dengan E Teknik Fisika ITS Dengan Variasi Kecepatan Arah Dan Besar" diketahui bahwa arah kecepatan angin dan besar kecepatan angin berpengaruh besar gaya dorong (gaya *drag*) yang dialami tiap gedung. Selain itu, arah angin dengan arah yang berbeda membentuk pola aliran yang berbeda-beda. Penelitian simulasi pada kondisi ekstrem yang telah dilakukan, diketahui



bahwa daerah rawan bahaya di lingkungan Teknik Fisika berada di belakang Gedung E dan di depan Gedung C. Sehingga, direkomendasikan untuk tidak menanam pohon dengan ketinggian melebihi kedua gedung tersebut dan juga dilakukan pemangkasan berkala untuk pohon yang berukuran besar. Kemudian arah angin barat dan timur memiliki tingkat bahaya terendah untuk manusia di sekitarnya, sedangkan arah utara memiliki tingkat bahaya tertinggi.

Berdasarkan latar belakang ini dan pemahaman mengenai bahaya yang dapat ditimbulkan oleh angin terhadap hambatan aliran (*drag*) pada gedung-gedung bertingkat, maka dilakukan penelitian dengan judul "***Analisis Pengaruh Kecepatan Angin Terhadap Hambatan Aliran Fluida Melalui Tiga Gedung Bertingkat Tersusun Tandem Konfigurasi Seri dan Paralel***". Dengan melihat pengaruh kecepatan angin terhadap hambatan aliran pada gedung bertingkat, kita dapat melihat pola aliran yang terbentuk pada gedung bertingkat sehingga dapat menghindari dampak negatif yang bisa dihasilkan.

## 1.2 Rumusan Masalah

Adapun beberapa rumusan masalah pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana karakteristik pemisahan aliran yang melalui gedung bertingkat?
2. Bagaimana pengaruh kecepatan angin terhadap hambatan aliran (*drag*) pada gedung bertingkat?
3. Bagaimana hubungan antara kecepatan angin terhadap nilai koefisien hambatan ( $C_d$ ) pada gedung bertingkat?
4. Bagaimana pengaruh tata letak gedung bertingkat terhadap hambatan aliran (*drag*)?

## 1.3 Tujuan Penelitian

1. Mengetahui karakteristik pemisahan aliran yang melintasi model tandem gedung bertingkat.
2. Menganalisis pengaruh kecepatan angin terhadap hambatan aliran yang terjadi pada gedung bertingkat.
3. Menganalisis hubungan antara kecepatan angin terhadap nilai koefisien hambatan ( $C_d$ ) yang terjadi antar gedung bertingkat.
4. Mengetahui tata letak optimum antar gedung bertingkat dengan nilai koefisien hambatan ( $C_d$ ) akibat pengaruh tata letak gedung.

## 1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat yang diharapkan dari penelitian ini adalah:

a. Bagi Penulis



syarat untuk menyelesaikan studi dan mendapatkan gelar Teknik Departemen Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas din.

engaplikasikan ilmu dan keterampilan yang diperoleh pada iah.

tas

1. Dapat menjadi referensi untuk penelitian dan pengembangan tata letak optimum antar gedung bertingkat.
  2. Dapat menjadi bahan referensi bagi generasi mendatang dalam pembuatan dan penyusunan tugas akhir.
- c. Bagi Industri
1. Sebagai bahan referensi bagi industri konstruksi bangunan dalam merancang tata letak optimum pada gedung bertingkat sehingga diperoleh hambatan aliran (*drag*) yang minimum.

## 1.5 Ruang Lingkup

1. Aliran yang digunakan bersifat tunak atau *steady*
2. Fenomena aerodinamika yang diteliti adalah hambatan aliran (*drag*).
3. Dalam penelitian ini menggunakan tiga model gedung bertingkat yakni *Square*, *Liniear* dan *T-Shape*. Model Gedung A yaitu *Square* memiliki tinggi 153 mm dengan panjang 50 mm dan lebar 50 mm. Model Gedung B yaitu *Liniear* memiliki tinggi 215 mm dengan panjang 70 mm dan lebar 60 mm. Model Gedung C yaitu *T-Shape* memiliki tinggi 190 mm dengan panjang 60 mm dan lebar 40 mm.
4. Kecepatan aliran fluida yang digunakan adalah 10 m/s, 13 m/s, 16 m/s, 19 m/s, dan 22 m/s.
5. Variasi jarak antar Gedung B dan Gedung C yang digunakan adalah 20 mm, 30 mm, 40 mm, 50 mm, 60 mm, dan 70 mm.
6. Variasi sudut datang angin yang digunakan adalah  $0^\circ$ ,  $10^\circ$ , dan  $20^\circ$ .
7. Variasi tata letak yang digunakan yaitu seri dan paralel.

## 1.6 Landasan Teori

### 1.6.1 Definisi Fluida

Fluida didefinisikan sebagai zat yang berdeformasi terus menerus selama dipengaruhi suatu tegangan geser. Sebuah tegangan geser terbentuk apabila sebuah gaya tangensial bekerja pada sebuah permukaan. Apabila benda-benda padat biasa seperti baja atau logam-logam lainnya dikenai oleh suatu tegangan geser, mula-mula benda ini akan berdeformasi (biasanya sangat kecil, tetapi tidak akan terus-menerus berdeformasi atau mengalir). Namun, cairan yang biasa seperti air dan minyak, serta gas seperti udara memenuhi definisi dari sebuah fluida. Artinya, zat-zat tersebut akan mengalir apabila pada zat tersebut bekerja sebuah tegangan geser.

Beberapa bahan, seperti lumpur, aspal, dempul, odol dan lain sebagainya tidak mudah untuk diklasifikasikan karena bahan-bahan tersebut akan berperilaku seperti benda padat jika tegangan geser yang bekerja kecil, tetapi jika tegangan geser mencapai suatu nilai kritis tertentu, zat-zat tersebut akan mengalir (Suzuki, R., 2021).



in adalah udara yang bergerak (Szokolay, 1980) karena adanya dipermukaan bumi. Boutet (1987) membagi pola aliran udara

atas 3 kategori yakni pola aliran udara laminar (berlapis) yang cenderung sejajar dan mudah diprediksi, pola aliran udara turbulen (bergolak) yang acak dan susah diprediksi, dan pola aliran udara *seprated* (terpisah) yang kecepatannya berkurang walaupun tetap bergerak sejajar. Selain ketiga pola udara ini, Lechner (2007) menambah pola aliran udara *eddy* (berputar). Sewaktu angin mencapai permukaan bangunan, ia akan memadatkan dan menciptakan tekanan positif (*windward*). Kemudian udara akan dibelokkan ke sisi bangunan tersebut, sehingga tercipta tekanan negatif (*leeward*) (Amri, S.B, dkk., 2017).

Menurut Bayong Tjasyon (2006), angin adalah udara yang bergerak karena adanya perbedaan tekanan di permukaan bumi ini. Angin akan bergerak dari suatu daerah yang memiliki tekanan tinggi ke daerah yang memiliki tekanan yang lebih rendah. Angin yang bertiup di permukaan bumi ini terjadi akibat adanya perbedaan penerimaan radiasi surya, sehingga mengakibatkan perbedaan suhu udara. Adanya perbedaan suhu tersebut menyebabkan perbedaan tekanan, akhirnya menimbulkan gerakan udara. Perubahan panas antara siang dan malam merupakan gaya gerak utama sistem angin harian, karena beda panas yang kuat antara udara di atas darat dan laut atau antara udara diatas tanah tinggi (pegunungan) dan tanah rendah (lembah) (Habibie et al., 2011).

Temperatur udara berbeda antara satu tempat dengan tempat lain tergantung bentuk dan ketinggian permukaan bumi. Peningkatan temperatur udara akan menyebabkan terjadinya perubahan massa jenis dan viskositas udara. Semakin tinggi temperatur udara maka massa jenis udara akan berkurang dan viskositas udara akan meningkat. Hukum Boyle menyebutkan bahwa penambahan temperatur pada suatu gas akan menyebabkan kenaikan tekanan. Faktor kedua yang mempengaruhi dinamika udara adalah tekanan udara, yaitu tenaga yang bekerja untuk menggerakkan massa udara dalam satu wilayah tertentu dari suatu tempat ke tempat lain. Tekanan udara sangat dipengaruhi oleh kerapatan (densitas) massa udara. Semakin tinggi densitas udara maka akan semakin tinggi pula tekanan udaranya (Bambang, 2007).

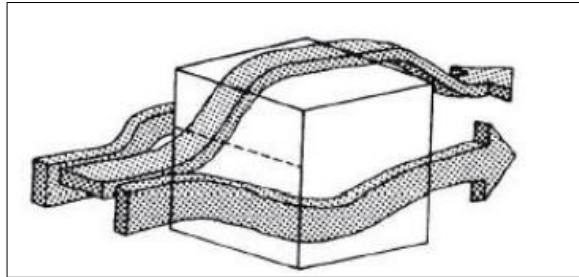
Perbedaan tekanan udara di berbagai wilayah di muka bumi menyebabkan terjadinya gerakan massa udara dari daerah bertekanan tinggi menuju ke daerah bertekanan rendah. Angin adalah massa udara yang bergerak. Angin dapat bergerak secara horizontal maupun vertikal dengan kecepatan variasi dan fluktuasi secara dinamis. Angin dapat bergerak karena adanya perbedaan temperatur di permukaan bumi yang disebabkan oleh radiasi sinar matahari. Saat matahari menyinari bumi, banyak energi panas dari gelombangnya yang diserap oleh 6 atmosfer. Diserap oleh udara di mesosfer (antara 80 hingga 50 km dari permukaan bumi). Sehingga sinar



sunyai energi lagi untuk diserap oleh udara (antara 50 kkm permukaan bumi dan temperatur nya akan akan lebih rendah di permukaan tanah (Flint, 2002).

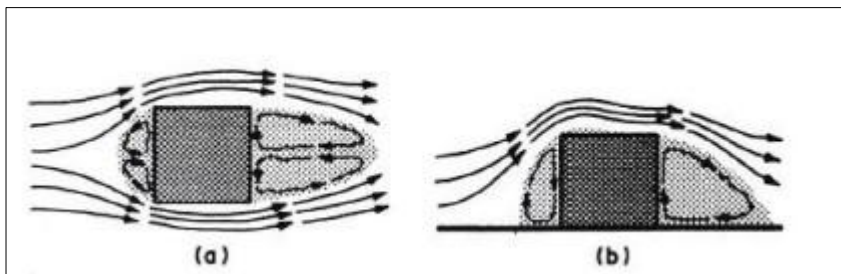
Menurut Peraturan Daerah Provinsi DKI Jakarta No. 7 Tahun 2010 tentang Bangunan Gedung, definisi bangunan gedung adalah wujud fisik hasil pekerjaan konstruksi yang menyatu dengan tempat kedudukannya, sebagian atau seluruhnya berada di atas dan di dalam tanah atau air, yang berfungsi sebagai tempat manusia melakukan kegiatannya, baik untuk hunian atau tempat tinggal, kegiatan keagamaan, kegiatan usaha, kegiatan sosial dan budaya, dan lainnya (Ronald Simanjuntak & Sinta Suawa, 2014).

Para arsitek dan desainer selalu menyadari efek pergerakan udara pada struktur peletakan yang akan didesain tetapi perhatian mereka terfokus pada fenomena yang berlawanan yaitu efek pada pergerakan udara. Struktur arsitektur dalam iklim mikro dan elemen-elemen iklim mempengaruhi pergerakan udara melalui bangunan. Ketika aliran udara menabrak bangunan, aliran udara terpecah menjadi dua atau tiga arah yang berbeda mengelilingi bangunan dan meninggalkan bangunan (Rachmad & Amin, 2021).



Gambar 1. Bentuk aliran udara mengelilingi bangunan (Rachmad & Amin, 2021).

Daerah yang tenang tercipta pada kedua sisi angin dan angin bawah gedung, dan pergerakan udara nyaris tidak dapat dideteksi dengan mata.

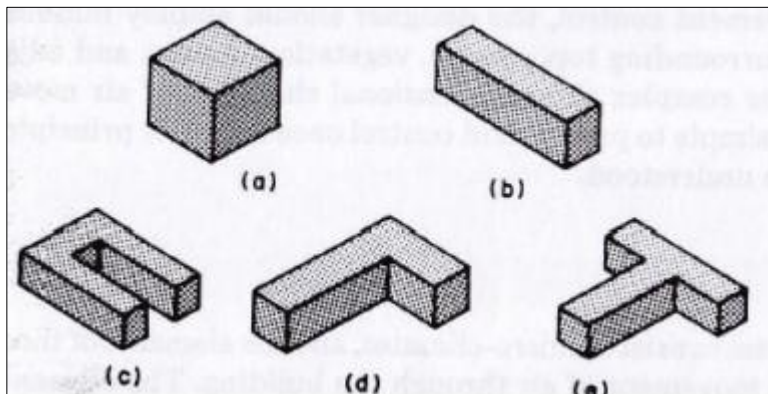


Gambar 2. Pola pergerakan udara berputar di sekitar bangunan, area yang tenang atau pusaran, tercipta baik didasar maupun ketinggian bangunan (Rachmad & Amin, 2021).



pat mengubah karakter aliran udara sebelum mencapai penelitian tentang bangunan dengan konfigurasi, orientasi, bentuk atap dan bentuk arsitektur lainnya, tanpa pengaruhnya dapat mengungkapkan banyak teknik yang tersedia untuk an udara. Baik konfigurasi dan orientasi bangunan memberikan ola dan kecepatan pergerakan udara. Ada 5 bentuk bangunan

utama menonjol dalam desain bangunan dengan menyederhanakan studi pergerakan aliran udara.

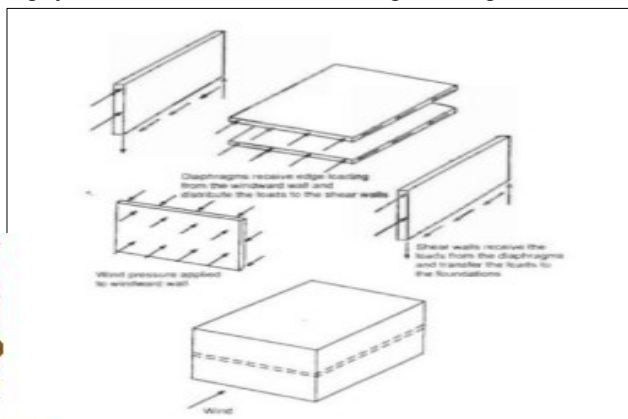


Gambar 3. *The five primary (a) Square, (b) Liniear, (c) U-Shape, (d) L- Shape, (e) T-Shape (Rachmad & Amin, 2021).*

Daerah tenang (*calm*) dari lima bentuk bangunan utama dibawah ini mengungkapkan beberapa fakta menarik tentang pergerakan udara dalam kaitannya dengan ukuran bangunan sebagai penghalang aliran angin. Pusaran-pusaran (*eddy*) itu sendiri memberikan informasi berharga, ukuran area yang tenang, terutama oleh kedalaman, secara langsung dilepaskan ke potensi pergerakan udara melalui struktur. tingkat obstruksi struktur menentukan efek potensial pada aliran udara internal. Massa tipis, seperti dinding, memberikan area terlindung yang lebih besar dari pergerakan udara daripada massa lebih tebal dari ketinggian yang sama dan lebar (Rachmad & Amin, 2021).

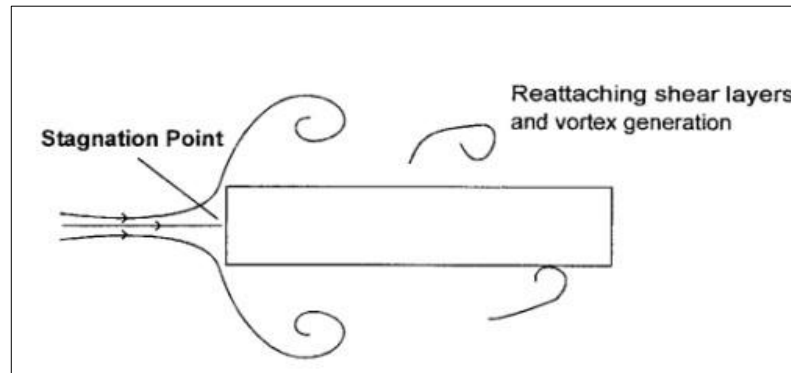
#### 1.6.4 Respon Bangunan Terhadap Angin

Interaksi angin dengan bangunan dengan menerima tekanan angin dan mengirimkan gaya yang dihasilkan ke atap dan lantai. Selanjutnya gaya akan diteruskan ke sistem *lateral-force-resisting* bangunan dalam bentuk tembok yang bergetar searah dengan angin, setelahnya gaya akan diteruskan ke kerangka bangunan.



Interaksi angin dengan bangunan sama dengan interaksi fluida terhadap *bluff body*. Dapat dilihat dalam Gambar 4. bahwa angin datang yang terhalang oleh benda padat akan terpisah (bergeser menuju bagian atas dan bawah benda tersebut). Angin yang terpisah akan menyatu kembali pada permukaan benda padat. Tetapi karena ketidakstabilannya akan terbentuk pusaran di permukaan dan berlangsung sepanjang permukaan benda padat tersebut (Ghost & A.Vanella, 2003).

Beban pada struktur bangunan ditentukan dari penjumlahan antara tekanan dalam dan tekanan luar yang bekerja pada struktur tersebut. Tekanan dalam bangunan tidak dipengaruhi oleh aliran angin di luar bangunan (Indra Wijaya, 2018).



Gambar 5. Aliran mengenai benda padat (Indra Wijaya, 2018).

### 1.6.5 Aerodinamika Pada Bangunan

Ketika objek bergerak melalui udara, terdapat gaya yang dihasilkan oleh gerakan relatif antara udara dan permukaan bodi, studi tentang gaya – gaya yang dihasilkan oleh udara disebut aerodinamika. Aerodinamika memiliki rentang aplikasi yang luas terutama di bidang teknik penerbangan, dalam perancangan mobil, dan prediksi gaya – gaya yang terjadi pada kapal dan layar, di bidang teknik sipil seperti dalam desain jembatan dan bangunan lainnya. Aerodinamika adalah ilmu yang mempelajari tentang aliran udara dalam segala situasi beserta pengaruh yang ditimbulkan pada benda yang berada didalamnya. Bagian-bagian yang dipelajari dalam aerodinamika mencakup sifat dan gaya, terutama udara atau gas-gas lain, serta akibat-akibat yang ditimbulkan ketika benda padat masuk kedalam alirannya.

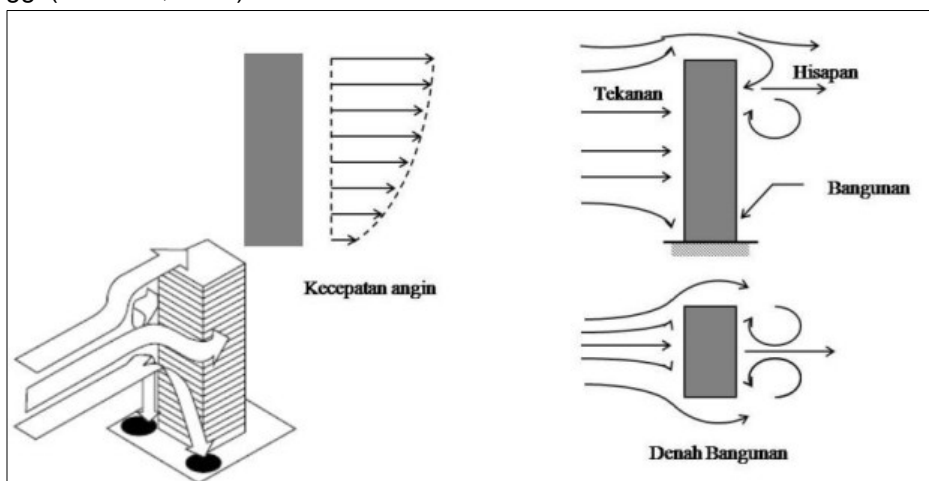
Seperti yang disebutkan sebelumnya, bahwa interaksi angin dengan bangunan akan sama dengan interaksi fluida terhadap *bluff body*. Dalam mekanika



rti segala objek yang ketika aliran air melewatinya aliran udara menyentuh boundary objek tersebut. Aliran udara akan lebih dulu mengenai permukaan objek tersebut dibandingkan dengan ujung (sudut) objek. Aliran udara akan membentuk *wake zone* menjadi besar. Kemudian gaya dorong yang akan lebih besar dibandingkan dengan gaya dorong karena rasi aliran oleh *bluff body* akan menyebabkan terbentuknya 2 objek tersebut (Mohd Noor, 2015).

Angin bisa merusak struktur karena tekanannya pada bidang permukaan struktur. Intensitas tekanan ini yang disebut beban angin. Dampak yang ditimbulkannya tergantung terutama pada ukuran penampang, sudut terpaan dan bentuk struktur. Perhitungan beban angin diperlukan untuk merancang desain dan konstruksi bangunan yang aman menghadapi angin, terutama pada bangunan berlantai banyak.

Selain yang telah disebut di awal, besarnya beban angin yang bekerja pada struktur bangunan juga tergantung dari kecepatan angin, rapat massa udara, letak geografis, bentuk dan ketinggian bangunan, serta kekakuan struktur. Bangunan yang berada pada lintasan angin, akan menyebabkan angin berbelok atau bahkan berhenti. Sebagai akibatnya, energi kinetik dari angin akan berubah menjadi energi potensial, yang berupa tekanan atau hisapan pada bangunan. Semakin tinggi bangunan, tekanan akan semakin besar karena kecepatan angin yang semakin tinggi (Schodek, 1991) .



Gambar 6. Efek aliran fluida yang menabrak gedung (Schodek, 1991).

### 1.6.6 Bilangan Reynolds

Karakteristik aliran sangat bergantung pada geometri dan Bilangan Reynolds. Bilangan Reynolds merupakan salah satu bilangan tak berdimensi yang didefinisikan sebagai perbandingan gaya inersia terhadap gaya viskos. Bilangan Reynolds biasanya digunakan untuk mengidentifikasi jenis aliran laminar maupun turbulen (Yunus A. cengel, 2006). Persamaan bilangan Reynolds dituliskan sebagai berikut:

$$Re = \frac{\text{Gaya inersia}}{\text{Gaya viskos}} \quad (1)$$



$$= \rho \times A \times U^2 = \rho \cdot U^2 \cdot L^2$$

$$\tau \times A = \left( \frac{\mu \cdot U}{L} \right) \cdot L^2$$

$$Re = \frac{\rho \cdot U_0 \cdot L}{\mu} \quad (2)$$

Dimana :

- $U_0$  = Kecepatan aliran fluida (m/s)
- $L$  = Panjang karakteristik (m)
- $\rho$  = Massa jenis fluida (kg/m<sup>3</sup>)
- $\mu$  = Viskositas dinamis fluida (N.s/m<sup>2</sup>)

$$Re = \frac{U \cdot D}{\nu} \quad (3)$$

Dimana :

- $U$  = Kecepatan aliran fluida (m/s)
- $D$  = Diameter (m)
- $\nu$  = Viskositas Kinematis Udara (m<sup>2</sup>/s)

Bilangan Reynolds sangat dipengaruhi oleh kecepatan aliran fluida dan kekentalan fluida. Berikut Batasan bilangan Reynolds untuk aliran eksternal :

Turbulen :  $Re > 1000000$

Laminar :  $Re > 500000$

Transisi :  $500000 < Re < 1000000$

### 1.6.7 Koefisien Tahanan (*Drag*)

Koefisien *drag* merupakan sebuah gaya dari fluida yang mengalir melalui permukaan benda searah aliran. Persamaan yang digunakan untuk menghitung koefisien *drag* dapat dituliskan sebagai berikut :

$$C_D = \frac{2 \times F_D}{\rho \cdot V^2 \cdot A} \quad (4)$$

Dimana :

- $C_D$  = Koefisien *drag*
- $F_D$  = *Drag force* (N)
- $\rho$  = Massa jenis fluida (kg/m<sup>3</sup>)
- $V$  = Kecepatan fluida (m/s)
- $A$  = Luas *frontal* bangunan (m<sup>2</sup>)

### 1.6.8 Computational Fluids Dynamics



*Dynamics* (CFD) merupakan salah satu cara penggunaan yang menghasilkan informasi tentang bagaimana aliran fluida. CFD sebagai ilmu dasar teknologi diantaranya matematika, ilmu fisika. Semua ilmu disiplin tersebut digunakan untuk pemodelan aliran fluida. Prinsip CFD adalah metode penghitungan yang menggunakan komputer, di mana sebuah kontrol dimensi, luas serta volume dan komputasi komputer maka dapat dilakukan perhitungan pada

tiap-tiap elemennya. Hal yang paling mendasar mengapa konsep CFD banyak sekali digunakan dalam dunia industri adalah dengan CFD dapat dilakukan analisa terhadap suatu sistem dengan mengurangi biaya eksperimen dan tentunya waktu yang panjang dalam melakukan eksperimen tersebut atau dalam proses design engineering tahap yang harus dilakukan menjadi lebih pendek. Hal lain yang mendasari pemakaian konsep CFD adalah pemahaman lebih dalam mengenai karakteristik aliran fluida dengan melihat hasil berupa grafik, vektor, kontur bahkan animasi (Muhammad Mulyadi, 2010).



## BAB II

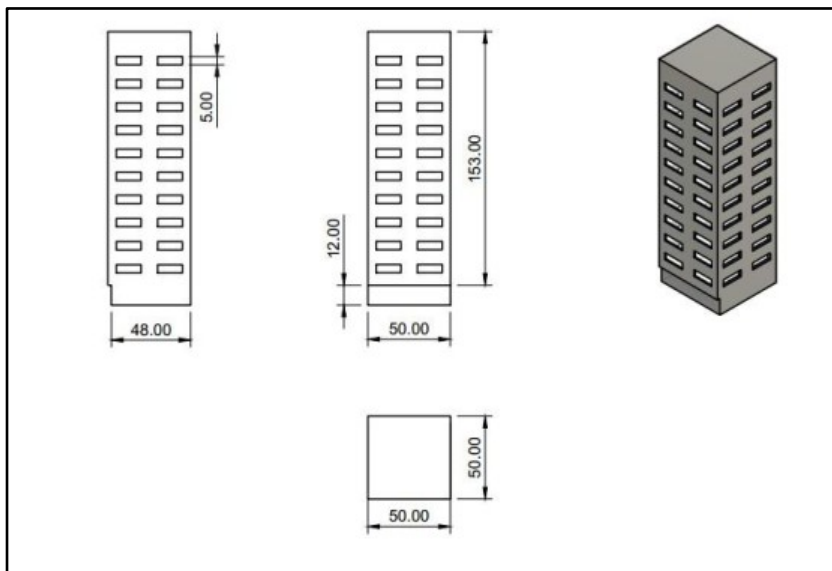
### METODOLOGI PENELITIAN

#### 2.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian secara eksperimental dan komputasional direncanakan dari bulan Januari 2024. Tempat dilaksanakannya di Laboratorium Mekanika Fluida Departemen Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.

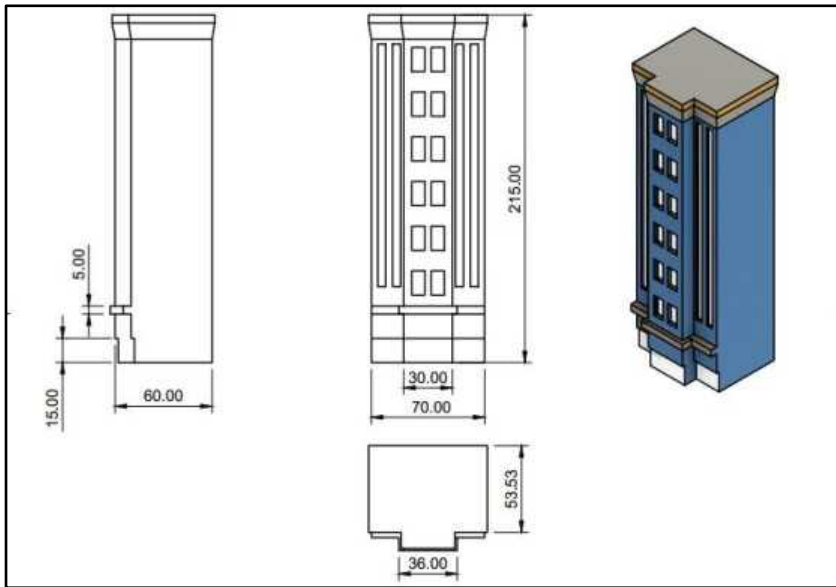
#### 2.2 Objek Penelitian

Objek Penelitian yang digunakan adalah tiga model gedung bertingkat yaitu *Square*, *Linear* dan *T-Shape*. Model gedung yang digunakan memiliki skala 1:1000 yang disesuaikan dengan ukuran *wind tunnel* yang tersedia di laboratorium. Skala 1:1000 digunakan dengan alasan untuk memberi kemudahan pada percobaan dan mengurangi biaya pembuatan model. Model Gedung A memiliki tinggi 153 mm dengan panjang 50 mm dan lebar 50 mm. Model Gedung B memiliki tinggi 215 mm dengan panjang 70 mm dan lebar 60 mm. Model Gedung C memiliki tinggi 190 mm dengan panjang 60 mm dan lebar 40 mm.

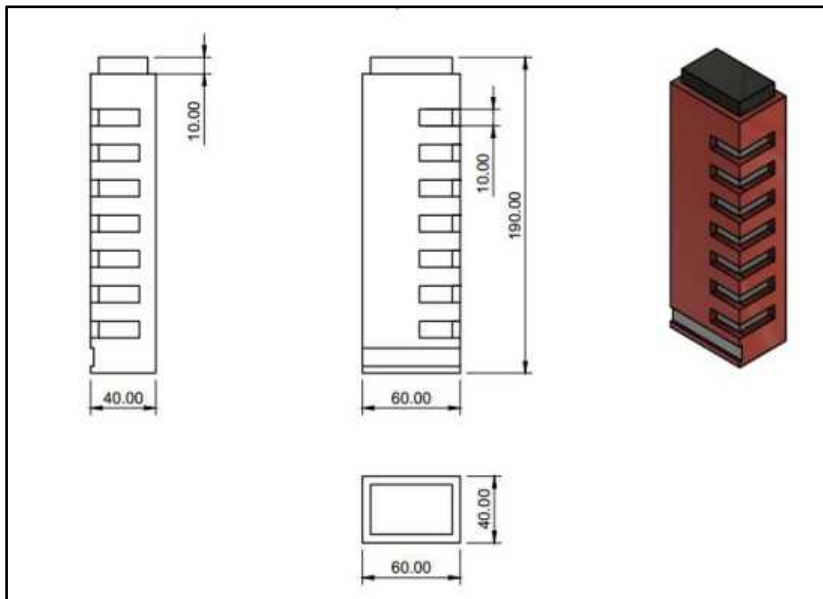


Gambar 7. Desain Gedung A



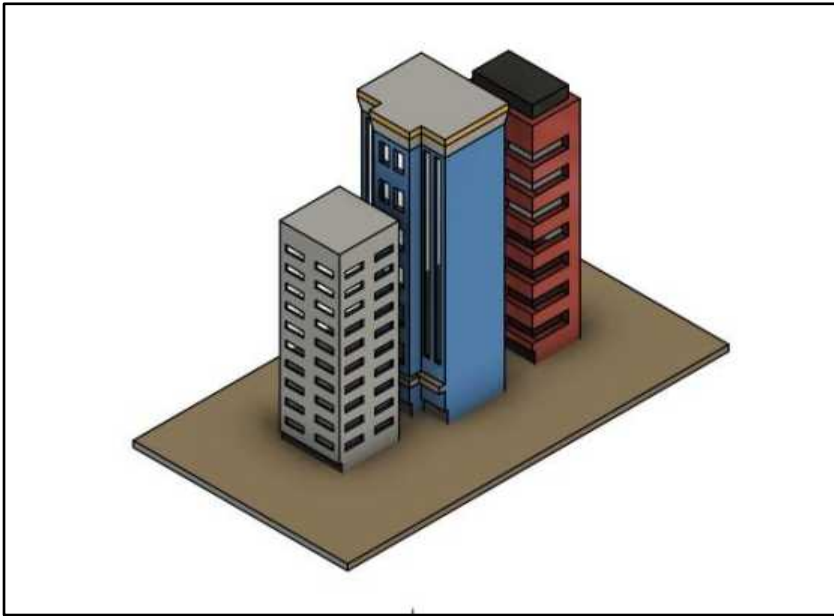


Gambar 8. Desain Gedung B

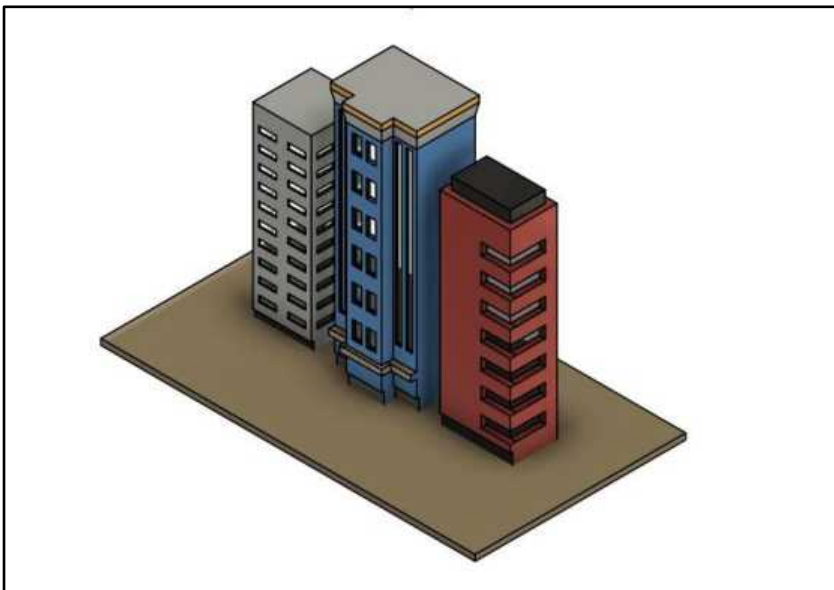


Gambar 9. Desain Gedung C





Gambar 10. Desain Gedung Susunan Seri



Gambar 11. Desain Gedung Susunan Paralel



## 2.3 Pendekatan Eksperimen

Objek penelitian akan dipasang pada papan berpola yang sudah dilengkapi roda yang juga terikat dengan neraca pegas dan kemudian diletakkan di belakang *subsonic wind tunnel*.

### 2.3.1 Alat Penelitian

Alat yang digunakan saat pengambilan data adalah:

#### 1) *Subsonic wind tunnel*

Terowongan angin atau *wind tunnel* adalah alat yang dikembangkan untuk membantu penelitian dalam menganalisa efek aerodinamika suatu benda padat. Adapun terowongan angin yang digunakan dalam penelitian ini memiliki kecepatan *subsonic*.

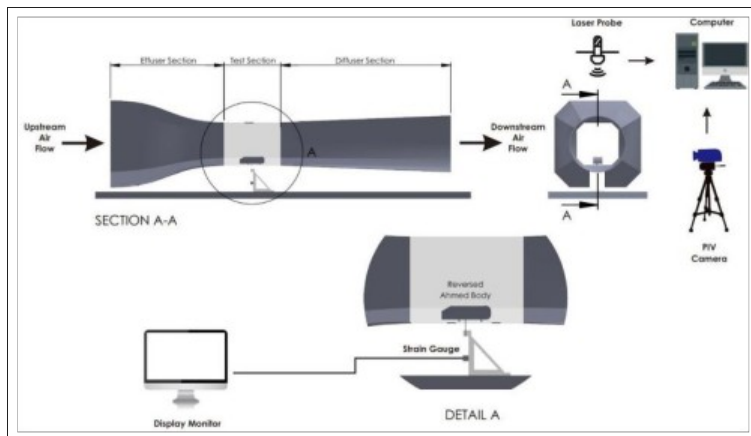


Gambar 12. *Subsonic wind tunnel*

#### 2) *Load Cell*

Pada pendekatan eksperimental, pengukuran gaya *drag* model dilakukan menggunakan *load cell*. Tersusun dari pelat besi yang terhubung dengan model gedung melalui batang aluminium. Model gedung ditempatkan di dalam terowongan angin yang dialiri oleh udara dengan kecepatan tertentu, sehingga model gedung akan menerima gaya *drag*. Karena model kendaraan terhubung dengan pelat besi, maka akan pelat besi akan menekuk dan meregang. Nilai regangan tersebut akan diterjemahkan ke dalam bentuk nilai tegangan tertentu sehingga diperoleh tegangan *output* tertentu. Kode pemrograman yang disematkan pada *load cell* akan membaca *output* dan menampilkannya dalam bentuk gaya dengan satuan



Gambar 13. Skema *Load Cell*

### 3) Neraca Pegas

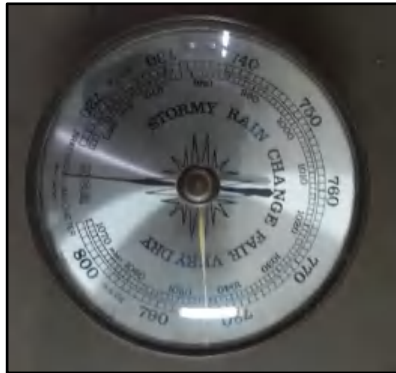
Neraca pegas, juga dikenal sebagai dinamoter atau timbangan pegas, adalah alat yang mengukur gaya atau berat suatu objek dengan memanfaatkan prinsip elastisitas pegas. Cara kerjanya didasarkan pada hukum Hooke, yang menyatakan bahwa perpanjangan pegas berbanding lurus dengan gaya yang diterapkan. Objek digantung pada kait, pegas meregang sebanding dengan berat objek, dan perpanjangan ini ditunjukkan oleh penunjuk skala yang mengukur gaya dalam satuan Newton (N) atau massa dalam satuan kilogram (kg).

Dalam penelitian kali ini neraca pegas adalah alat yang digunakan untuk mengukur besarnya gaya (Newton) yang dihasilkan dari objek penelitian yang telah dikenai angin berkecepatan tinggi.



Gambar 14. Neraca Pegas





Gambar 15. Barometer

### 5) Termometer

Termometer adalah alat yang berfungsi untuk mengukur suhu ruangan saat melakukan penelitian.



Gambar 16. Termometer

## 2.3.2 Variabel Penelitian

### 1) Variabel bebas

Variabel bebas adalah variabel yang nilainya ditentukan sebelum dilakukan penelitian, yang terdiri dari:

- Variasi pola susunan gedung yaitu seri dan paralel
- Variasi kecepatan yaitu 10 m/s, 13 m/s, 16 m/s, 19 m/s, dan 22 m/s.
- Variasi jarak antar Gedung B dan Gedung C yang digunakan adalah 20 mm, 30 mm, 40 mm, 50 mm, 60 mm, dan 70 mm.
- Variasi sudut kemiringan gedung adalah 0°, 10°, dan 20°.

### 2) Variabel Terikat

Variabel terikat adalah variabel yang nilainya sangat bergantung pada variabel bebas dan merupakan hasil dari penelitian, yaitu:



efisiensi tahanan gedung.  
aliran di sekitar gedung

tan putar *fan*.

atur pengujian diusahakan dalam kondisi konstan

enelitian

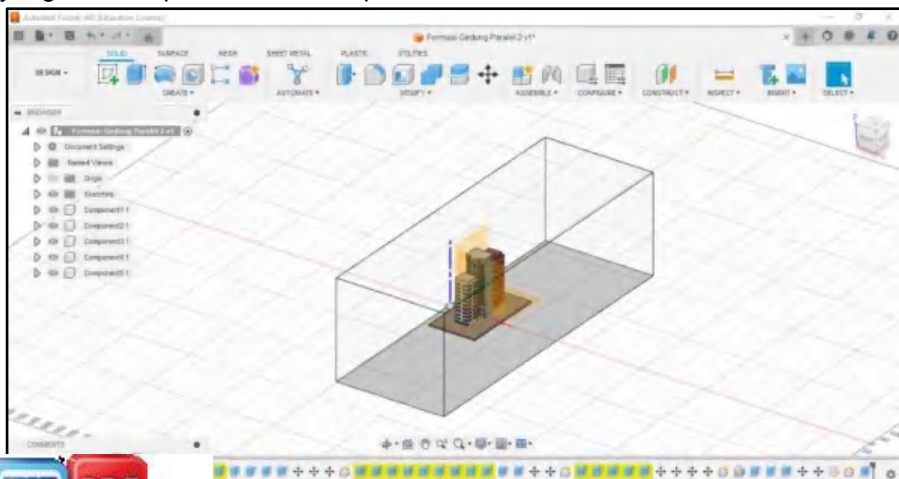
Pengujian dengan metode eksperimental dimaksudkan untuk memvalidasi hasil-hasil yang telah diperoleh melalui simulasi komputasi sebelumnya. Tahap pengambilan data distribusi tekanan kontur dilakukan dengan tahapan sebagai berikut:

1. Menyiapkan *Wind Tunnel* dan peralatan penelitian (benda uji, *pitot tube*, neraca pegas, barometer);
2. Mengukur kondisi udara pengujian (temperatur dan tekanan);
3. Memasang benda uji gedung pada center line serta memastikan kelurusan silinder benda uji dan kemudian melakukan kalibrasi;
4. Menyalakan fan dan mengatur besar kecepatan udara yang di inginkan yaitu 10 m/s, 13 m/s, 16 m/s, 19 m/s, dan 22 m/s.
5. Setelah keadaan setimbang, catat nilai gaya yang tertera pada neraca pegas (*load cell*) pada setiap kecepatan yang telah ditentukan;
6. Mengulang langkah 3-5 sesuai dengan pola susunan gedung baik seri maupun paralel dan jarak antar Gedung B dan C yang berbeda.

## 2.4 Pendekatan Komputasi

Pendekatan komputasi pada penelitian ini menggunakan software Autodesk Fusion 360, Gambit 2.4.6, dan Fluent 6.3.26. Adapun prosedur pengambilan data menggunakan metode komputasi ini sebagai berikut:

1. Langkah pertama dalam CFD adalah menggambar desain model. Desain model dibuat menggunakan perangkat Software Autodesk Fusion 360 dengan merujuk pada tiga model gedung bertingkat yakni *Square*, *Linier* dan *T-Shape*. Model yang telah siap kemudian di *export* ke software Gambit 2.4.6.



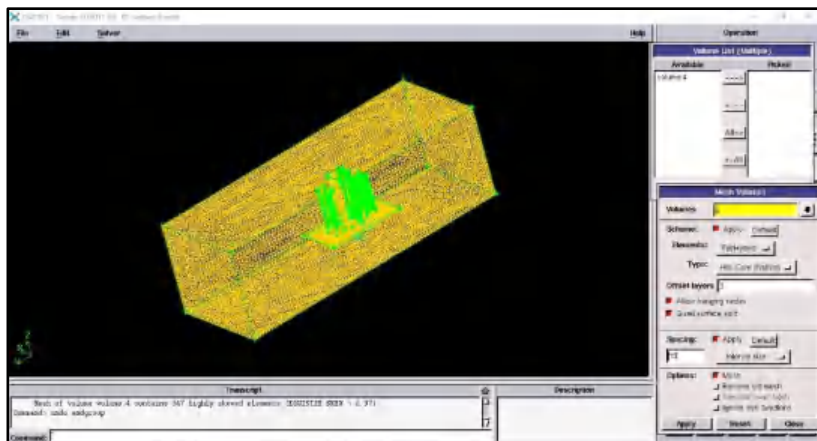
ar 17. Desain Benda Uji di Autodesk Fusion 360



model *airfoil* dengan *wind tunnel*. Pengujian aerodinamis suatu terowongan angin (*wind tunnel*). Dalam simulasi CFD, merupakan suatu pengujian dalam terowongan angin namun

al.

3. Pembuatan mesh unit volume pada simulasi CFD diinterpretasikan dengan pembuatan mesh. Ukuran mesh yang di terapkan pada model akan mempengaruhi ketelitian analisis CFD. Semakin kecil ukuran *mesh* pada model, maka hasil yang didapatkan akan semakin teliti, tetapi membutuhkan daya komputasi dan waktu yang lebih lama dibandingkan dengan *mesh* yang memiliki ukuran yang lebih besar. Jumlah rata-rata mesh yang diperoleh yaitu 500.000 mesh.



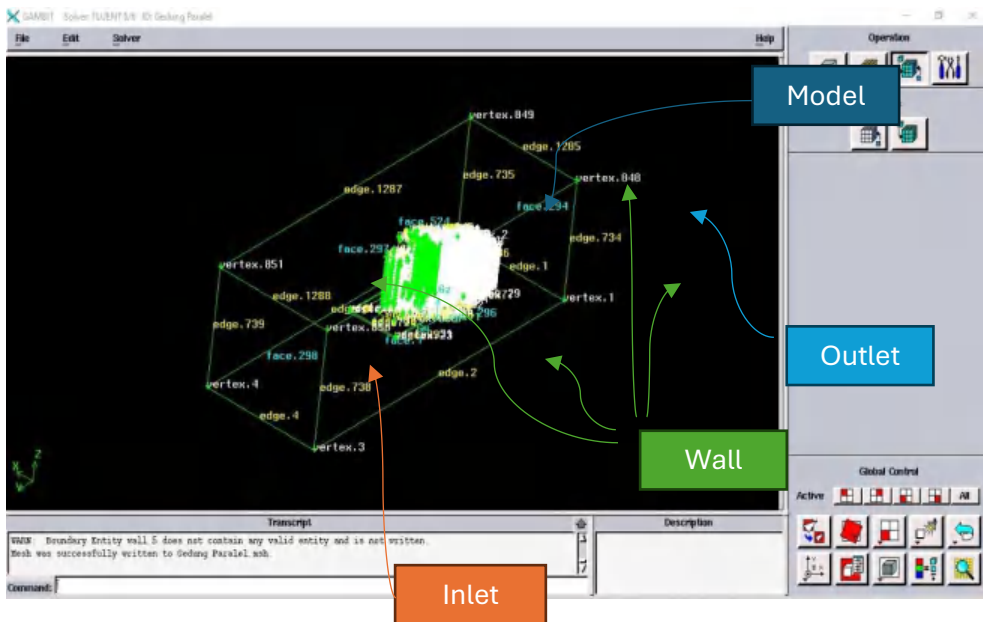
Gambar 18. Meshing benda uji di software Gambit 2.4.6

4. Penentuan kondisi batas diatur pada setiap sisi *wind tunnel* dan model kendaraan. Model yang telah siap kemudian diexport ke software Fluent. Penentuan kondisi batas pada penelitian ini ditampilkan pada Tabel 1.

**Table 1. Kondisi batas gedung**

Kondisi Batas	Jenis	Nilai
Inlet	<i>Velocity Inlet</i>	Divariasikan (22 m/s, 25 m/s, 28 m/s, 31 m/s, 34 m/s, 37 m/s dan 40 m/s)
Outlet	<i>Pressure Outlet</i>	-
Model	<i>Wall</i>	-
Wall / Wind Tunnel	<i>Wall</i>	-





Gambar 19. Penentuan kondisi batas (Boundary Condition)

5. Simulasi yang dilakukan menggunakan software Fluent 6.3.26. Fluent sendiri merupakan salah satu jenis program CFD yang menggunakan metode diskritisasi volume. Sehingga memiliki fleksibilitas *mesh*, sehingga kasus – kasus aliran fluida yang memiliki *mesh* tidak teratur akibat geometri benda yang rumit dapat diselesaikan dengan mudah. Selain itu, Fluent memungkinkan untuk penggenerasian *mesh* lebih halus atau lebih besar dari *mesh* yang sudah ada berdasarkan pemilihan solusi aliran dalam menyelesaikan suatu kasus, Fluent memiliki beberapa Langkah pengerjaan yaitu:

- Memilih *solver* yang tepat untuk model tersebut (2D atau 3D).
- Mengimport file *model*.
- Memilih persamaan dasar yang akan dipakai dalam analisa.
- Menentukan sifat material yang diapakai.
- Menentukan kondisi batas.
- Mengatur parameter kontrol solusi.
- *Initialize the flow field*.
- Melakukan perhitungan / iterasi.



an hasil iterasi.  
hasil iterasi.

### 2.5 Diagram Alir Penelitian

