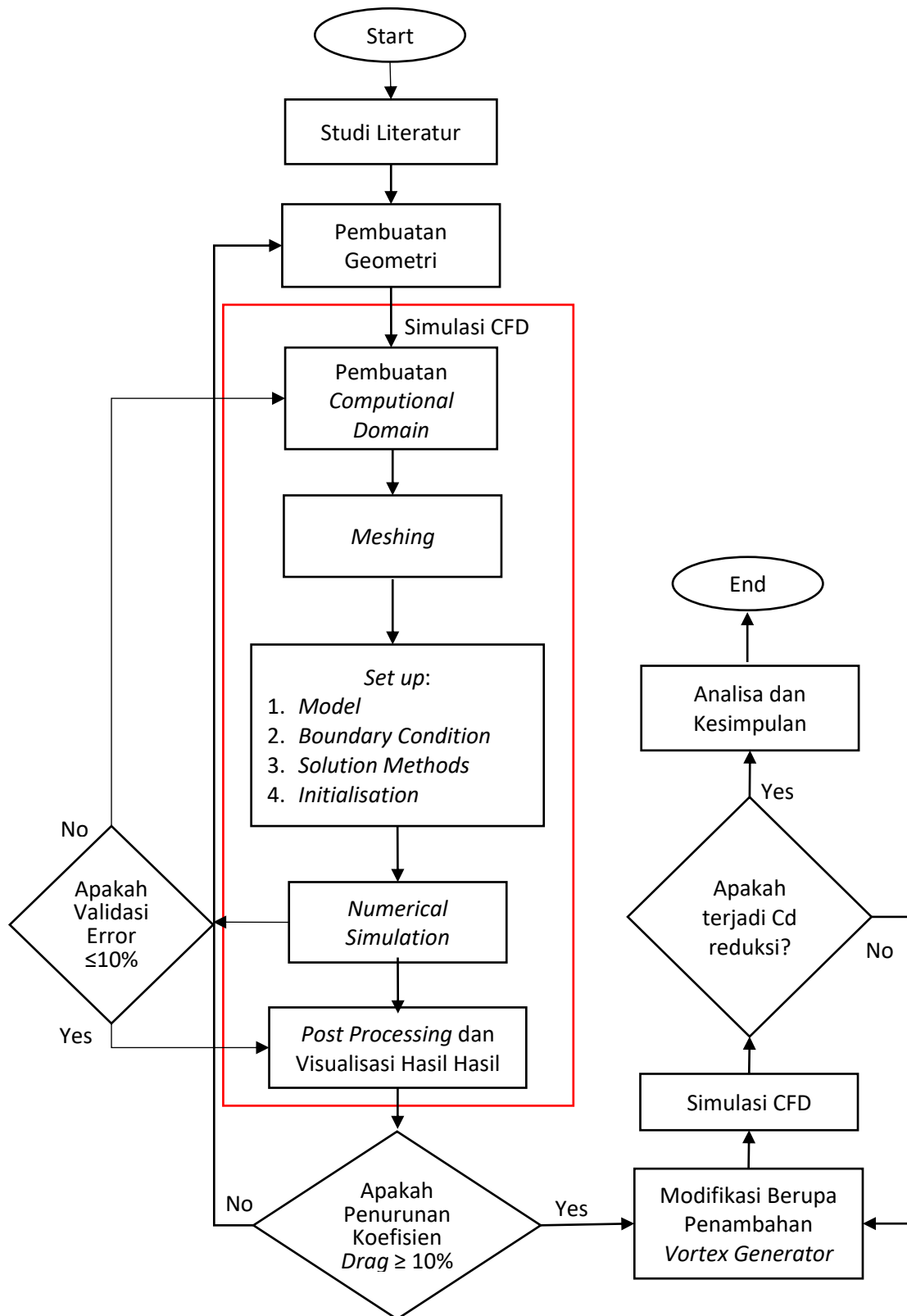


3. METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Diagram Alir Penelitian



Gambar 3. 1 *Flowchart* Desain dan Analisa Koefisien *Drag* pada Kendaraan Tipe *Urban Concept Car* dengan Pengambahan *Vortex Generator*.

Sumber: Pribadi

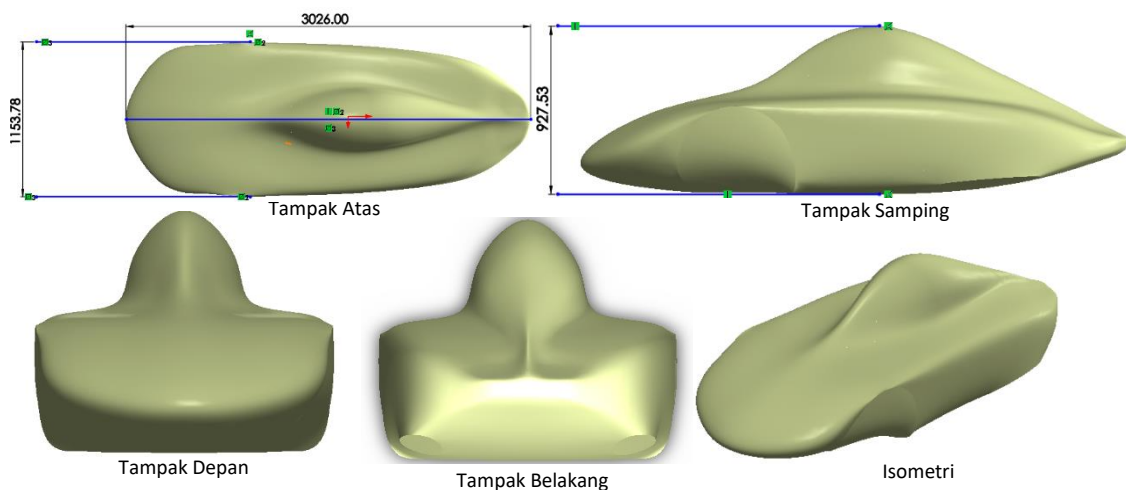
3.2 Prosedur Penelitian

3.2.1 Mengumpulkan dan memahami literatur

Data dari berbagai referensi seperti buku, jurnal penelitian yang berkaitan dengan aerodinamika dan gaya aerodinamika yang terjadi pada kendaraan mobil, serta parameter-parameter yang berpengaruh ke aerodinamika mobil.

3.2.2 Pembuatan validasi design bodi urban concept car

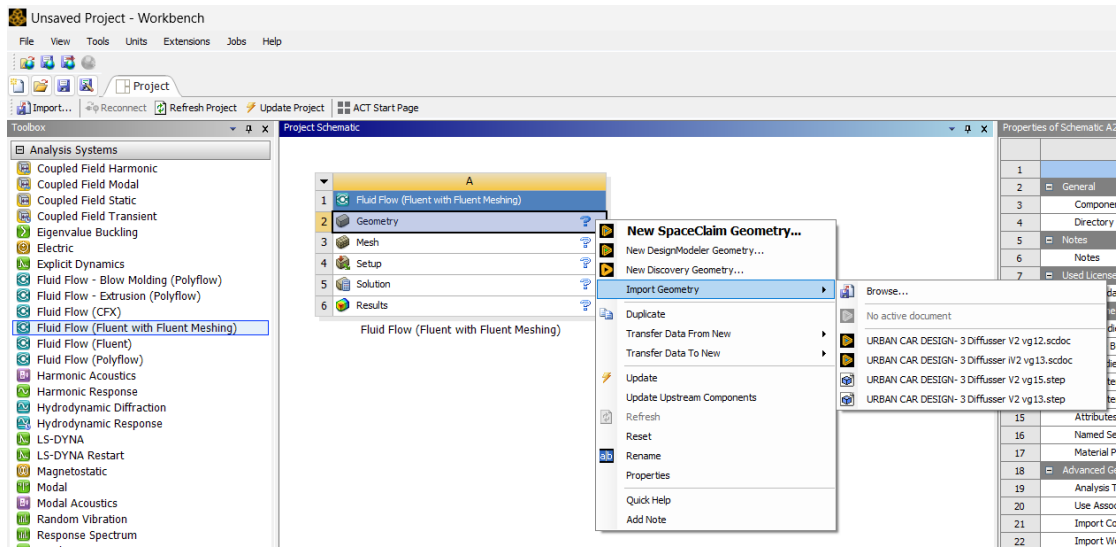
Pembuatan *design* bodi dilakukan dengan menggunakan *software* Solidworks 2021. Desain bodi *urban concept car* mengacu pada regulasi SEM 2024. Pembuatan *design* bodi *urban concept car* sebagai bahan validasi menggunakan 3D *modelling* dari mobil Petranesian seperti yang tertera pada gambar 3.2.



Gambar 3. 2 Dimensi *Design* Geometri Petranesian sebagai Validasi

3.2.3 Import Geometri ke Ansys

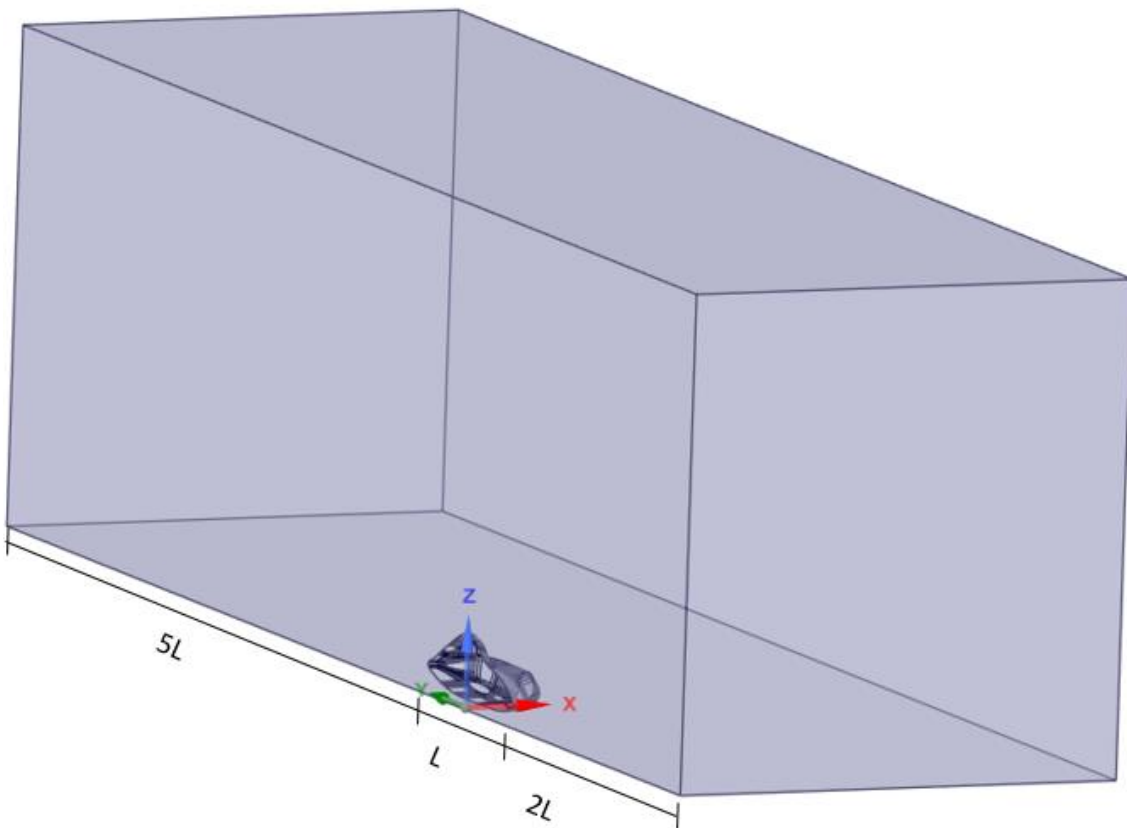
Pembuatan geometri yang telah selesai dapat di simpan dengan format .STEP. Geometri yang sudah disimpan dapat dibuka melalui *software* Ansys Workbench dengan cara Dengan cara *double click* pada menu *Fluid Flow (Fluent with Fluent Meshing)* → klik kanan pada menu *Geometry* → *import Geometry* → setelah itu pilih file yang akan di *import*. Menu tampilan Ansys Workbench dapat dilihat seperti pada gambar 3.3.



Gambar 3. 3 Tampilan Urutan Menu untuk *Import Geometry*

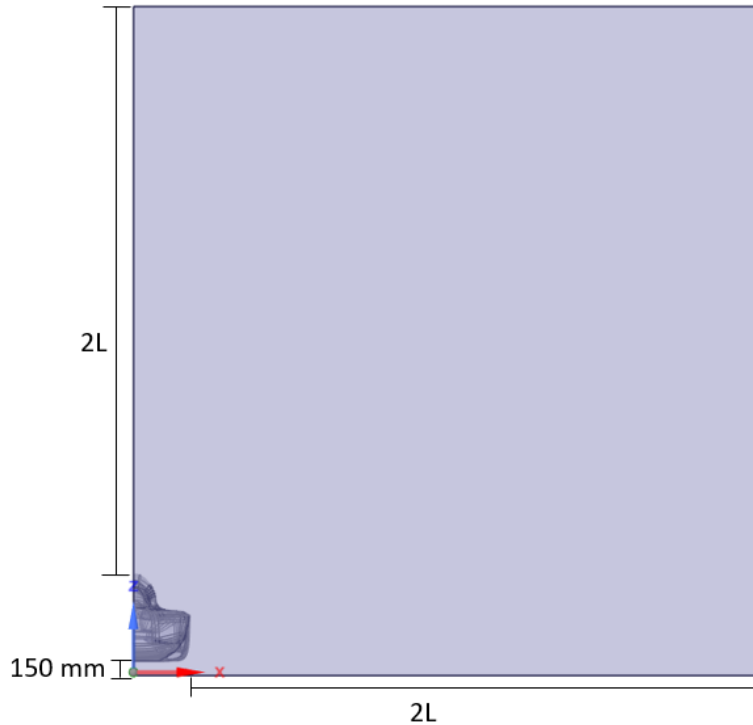
3.2.4 Pembuatan *Fluid Domain*

Pembuatan *Fluid Domain* dimulai dengan membuat *enclosure* di *software Spaceclaim* milik Ansys untuk mensimulasikan *wind tunnel*. Besarnya perbandingan dimensi ini merujuk pada penelitian yang dilakukan oleh Cogan (2016) yang menggunakan ukuran *enclosure* dengan dimensi seperti pada gambar 3.4



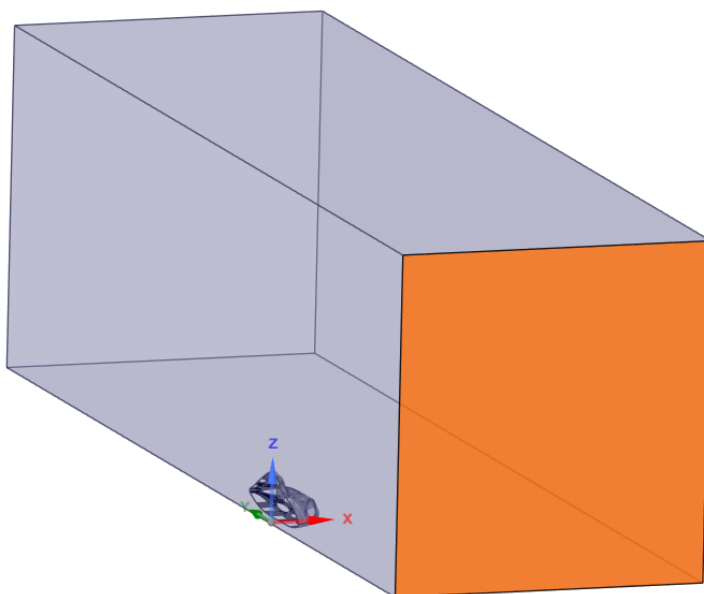
Gambar 3. 4 Ukuran Panjang *Enclosure* untuk Simulasi

Untuk tinggi dari wind tunnel dapat dilihat pada gambar 3.5. Tinggi *enclosure* dari mobil hingga atas sebesar $2L$, sedangkan tinggi *enclosure* dari bawah mobil hingga dasar enclosure sebesar 150 mm dan juga lebar *enclosure* dari samping mobil sebesar $2L$.



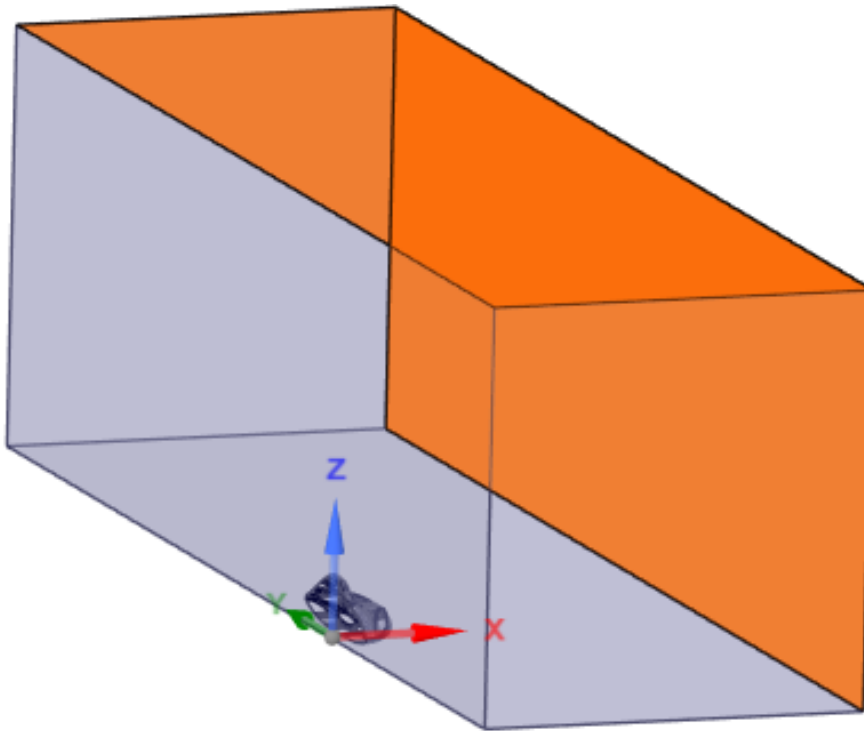
Gambar 3. 5 Ukuran Tinggi dan Lebar *Enclosure*

Tahap selanjutnya apabila *enclosure* sudah selesai dibuat adalah pemberian *boundary condition area* pada setiap sisi dari *enclosure*. Pemberian *boundary condition area* dilakukan melalui menu *groups* lalu melakukan *select* di bagian *wall* sesuai dengan kondisinya.



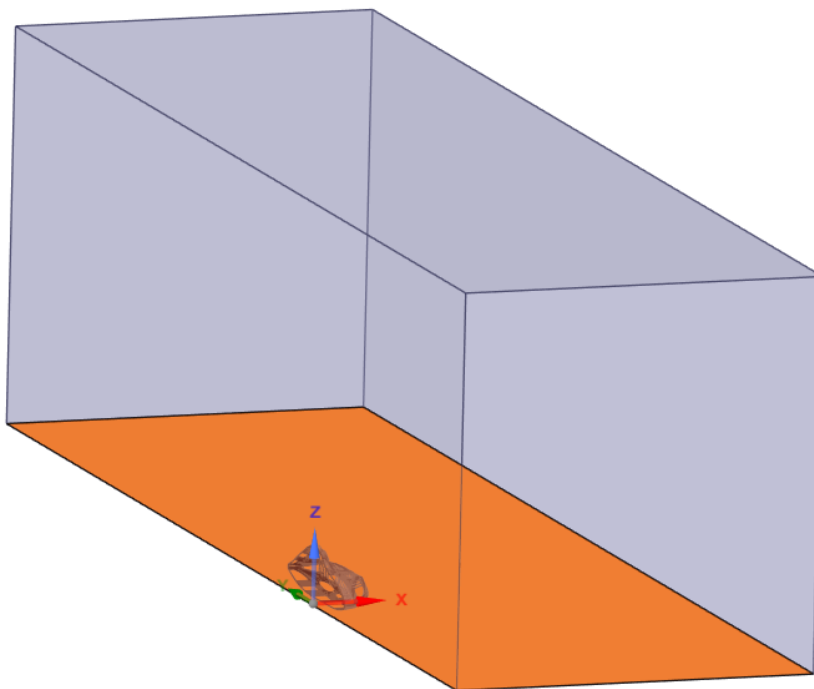
Gambar 3. 6 *Velocity Inlet*

Pada gambar 3.6 merupakan *boundary area* untuk *velocity inlet* yang kegunaannya adalah sebagai tempat masuknya aliran fluida menuju ke benda kerja.



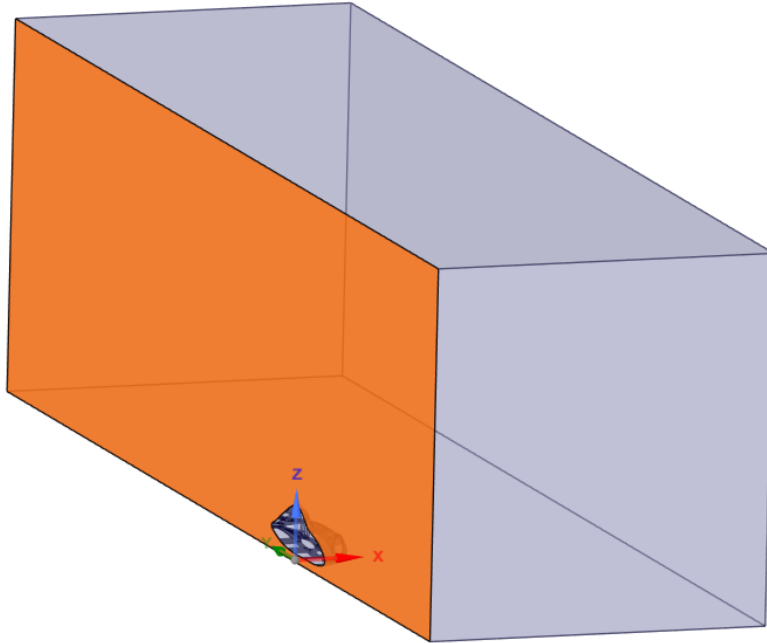
Gambar 3. 7 Wall

Wall Boundary Area merupakan bagian batas yang berfungsi untuk membatasi aliran dari *urban concept car* agar tidak keluar dan menyebar sehingga menghasilkan hasil yang buruk.



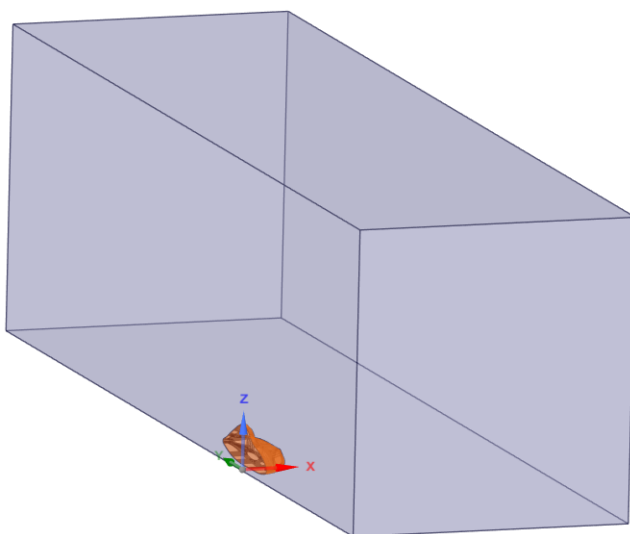
Gambar 3. 8 Road

Road merupakan *boundary area* yang terletak pada sisi bawah dari *urban concept car* yang berfungsi sebagai alas dari *urban concept car* atau juga bisa disebut dengan area *bottom* dari *virtual wind tunnel*.



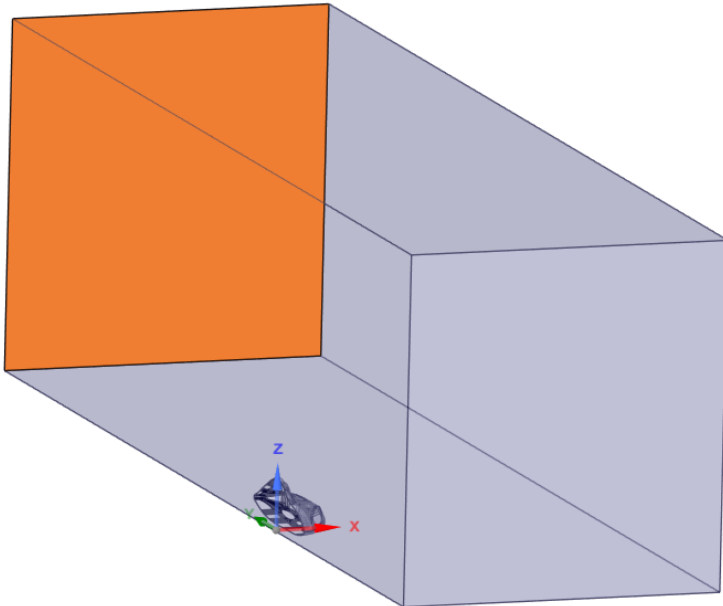
Gambar 3. 9 *Symmetry*

Bagian *Symmetry* merupakan bidang yang berpotongan tepat di tengah mobil secara tegak lurus yang berfungsi sebagai bidang simetris dari seluruh geometri. Dengan adanya bagian *symmetry area* akan membuat perhitungan analisa pada Ansys menjadi bidang simetri atau *mirror* dari geometri sehingga membuat proses *meshing* dan kalkulasi dari Ansys lebih singkat karena jumlah *cells* dan *nodes* akan berkurang.



Gambar 3. 10 *Body*

Boundary area pada bagian *body* bertujuan untuk mendapatkan hasil *meshing* yang lebih baik dan akurat dengan melakukan *local sizing* pada proses *meshing* nantinya.

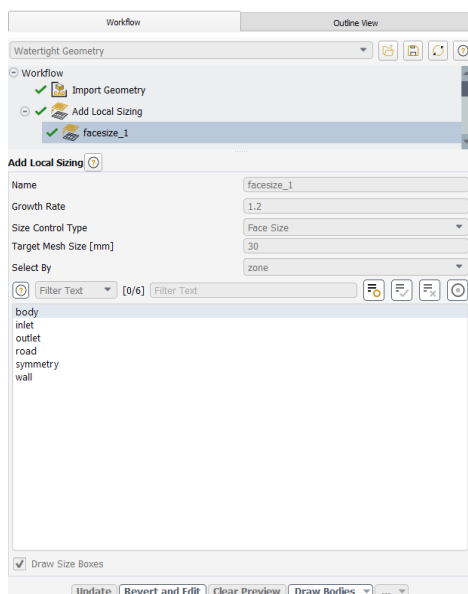


Gambar 3. 11 *Outlet*

Outlet merupakan jalur keluar fluida yang masuk dan bergerak dari *inlet*. *Outlet boundary area* dibuat dengan jarak 5 kali panjang mobil dengan bertujuan agar fluida yang ditangkap dapat lebih akurat dan presisi pada hasil simulasi.

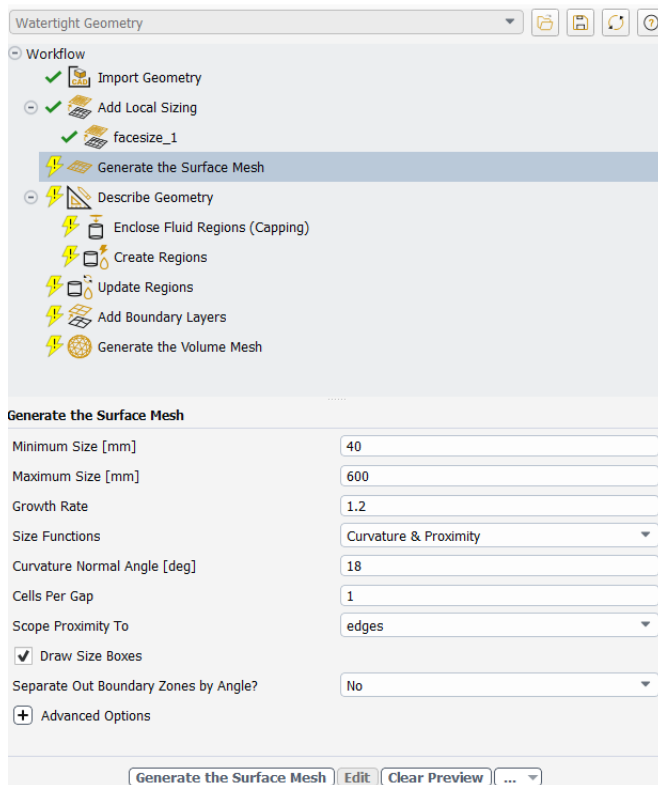
3.2.5 *Meshing*

Bidang atau volume yang diisi oleh fluida dibagi menjadi sel-sel kecil yang disebut *meshing*, sehingga *boundary condition* dan beberapa parameter yang diperlukan dapat diaplikasikan kedalam elemen-elemen kecil tersebut.



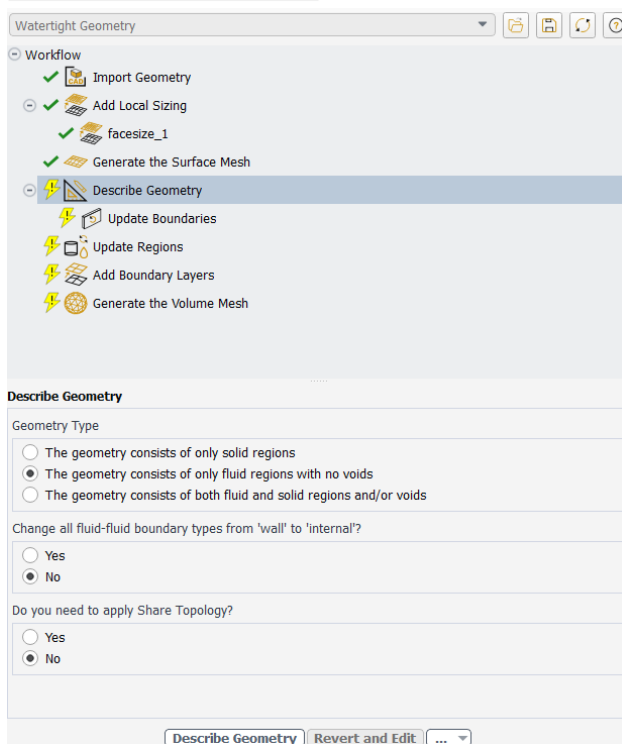
Gambar 3. 12 *Local Sizing*

Pada saat memasuki *software Fluent*, maka terdapat tampilan menu seperti pada gambar 3.12. Penambahan *Local Sizing* pada saat proses *meshing* diperlukan pada bagian *body* dari *urban concept car* dikarenakan hasil yang lebih akurat ketika menggunakan *Local Sizing*. Hasil simulasi yang lebih akurat menunjukkan hasil yang lebih baik karena batas *error* paling besar yang dapat ditoleransi pada tahap validasi adalah 10% dari klaim.



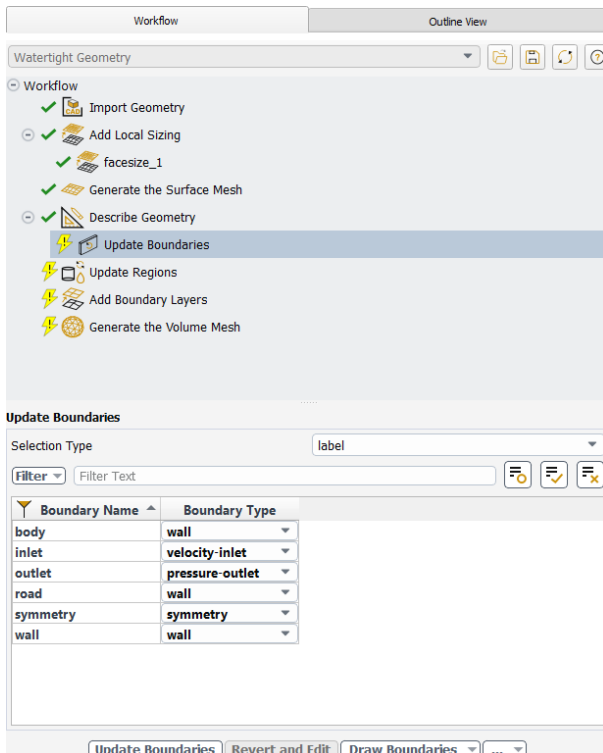
Gambar 3. 13 *Surface Mesh*

Surface meshing dilakukan untuk membentuk *cells* pada bagian permukaan dari geometri yang telah di *import* ke *Fluent*. *Mesh sizing* untuk *minimum size* adalah 40 mm dan *maximum size* adalah 600 mm serta *default setting* pada menu *Generate the Surface Mesh* yang lain.



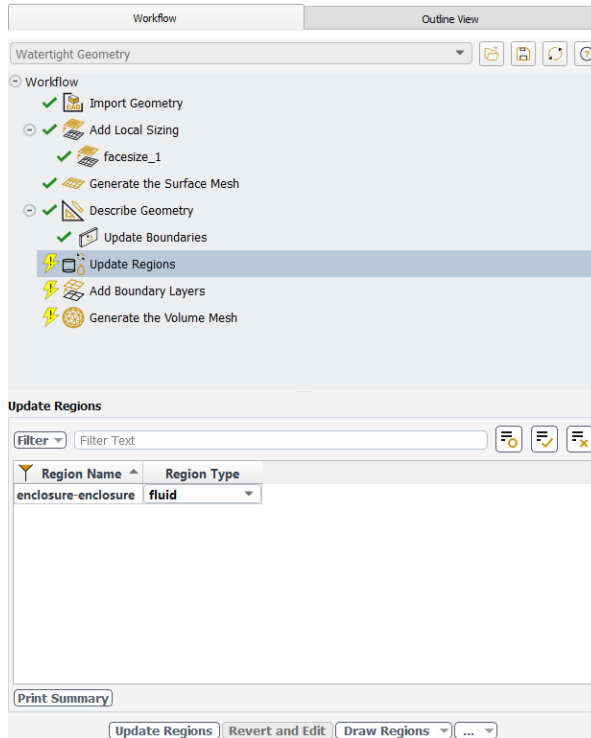
Gambar 3. 14 *Describe Geometry*

Tipe geometri diklasifikasikan sesuai dengan geometri dan tujuan simulasi yang dilakukan. Simulasi yang ingin dilakukan adalah geometri yang dialiri oleh fluida tanpa adanya ruang kosong di dalam geometri yang digunakan, maka dipilihlah pilihan kedua pada menu *Geometry Type*. Penulis membiarkan *default setting* pada pilihan-pilihan selanjutnya.



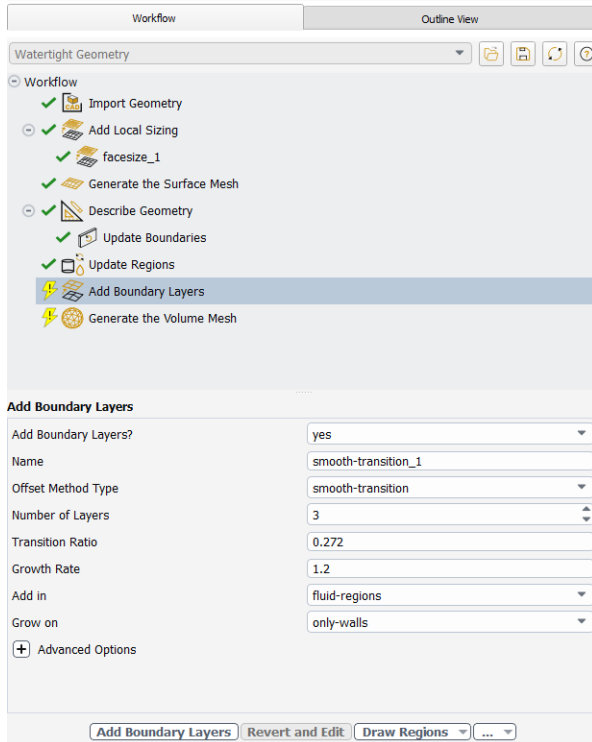
Gambar 3. 15 *Update Boundaries*

Update Boundaries dapat diartikan untuk melakukan *setting* pada *boundary area* yang telah dilakukan *grouping* sebelumnya. *Boundary area* yang digunakan dalam penelitian ini seperti yang tertera pada gambar 3.15 yaitu *body* sebagai *wall*, *inlet* sebagai *velocity-inlet*, *outlet* sebagai *pressure-outlet*, *road* sebagai *wall*, *symmetry* sebagai *symmetry*, dan *wall* sebagai *wall*.



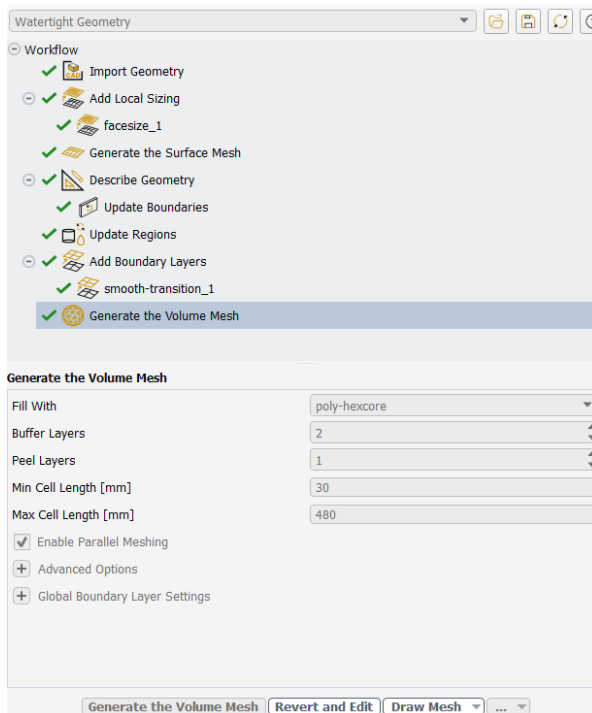
Gambar 3. 16 *Update Regions*

Proses simulasi yang diinginkan adalah menggunakan aliran udara seperti layaknya pengujian aerodinamis pada *windtunnel*, sehingga *region* yang digunakan pada seluruh *enclosure* adalah *region* dengan tipe *fluid*.



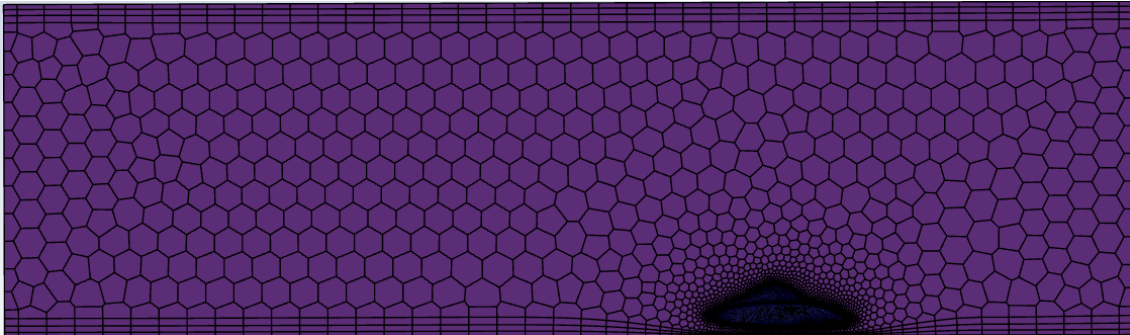
Gambar 3. 17 *Boundary Layers*

Penambahan *boundary layer* dilakukan dengan 3 *number of layers* dan *default settings* pada menu lainnya. Penambahan 3 *layers* tersebut akan menambah lapisan tipis di sepanjang permukaan geometri terutama di daerah yang sensitif seperti *body* dari *urban concept car* sehingga hasil yang didapatkan dapat lebih akurat.

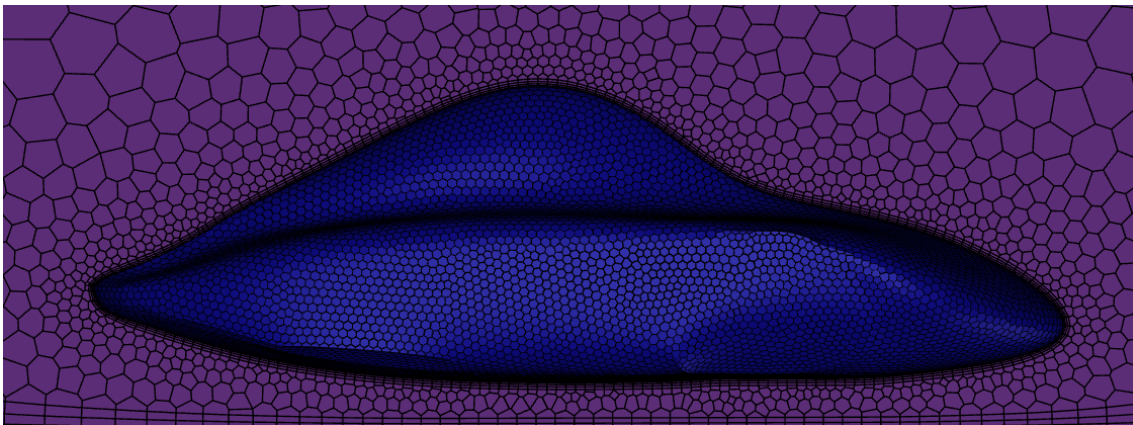


Gambar 3. 18 *Volume Mesh*

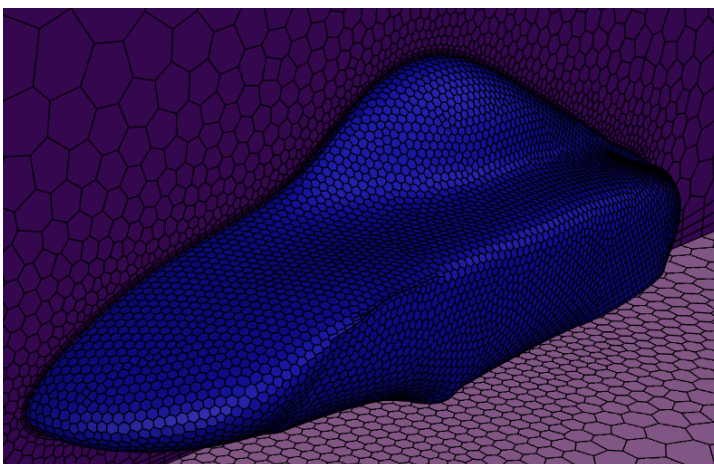
Pada proses *meshing* apabila berhasil maka dapat dilanjutkan ke tahap proses simulasi, tetapi jika proses *meshing* gagal maka harus mengecek data input atau memperbaiki data *input* dan geometri atau *domain*. *Volume mesh* yang digunakan adalah tipe poly-hexcore. *Volume meshing* dengan kualitas yang baik adalah *meshing* dengan *skewness* yang tidak tinggi. Berikut adalah hasil *Generating Volume Mesh*



Gambar 3. 19 *Volume Mesh* pada *Area Symmetry* dan *Body*



Gambar 3. 20 *Detail Mesh* pada *Area Body*



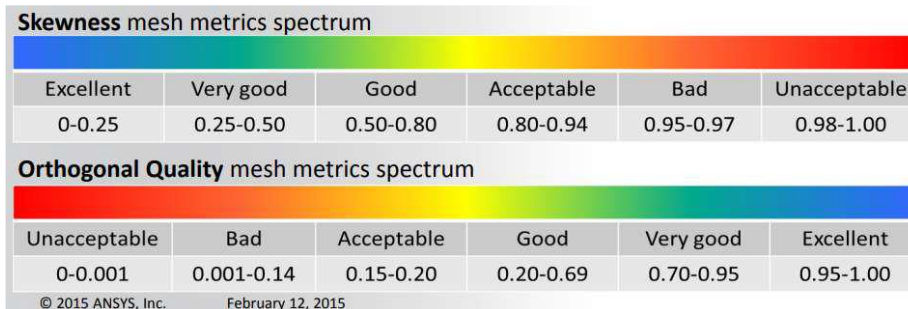
Gambar 3. 21 *Detail Mesh* pada *Area Body* Tampak Isometri

object-name	free-faces	multi-faces	duplicate-faces	skewed-faces (> 0.85)	maximum-skewness	all-faces	face-zones
enclosure-enclosure	0	0	0	0	0.51813642	11636	6
volumetric regions							
free-faces	multi-faces	duplicate-faces	skewed-faces (> 0.85)	maximum-skewness	all-faces	face-zones	
overall-summary	0	0	0	0	0.51813642	11636	6
name	id	cells (quality < 0.10)	minimum quality	cell count			
enclosure-enclosure	389		0.20349844	70326			
name	id	cells (quality < 0.10)	minimum quality	cell count			
Overall Summary	none		0.20349844	70326			

[Quality Measure : Orthogonal Quality]

Gambar 3. 22 Cell Quality – Skewness

Kualitas minimum orthogonal yang didapatkan sebesar 0.203 dan juga *maximum-skewness* yang didapatkan sebesar 0.518. Apabila dilihat dari gambar 2.23, kualitas minimum ortogonal termasuk dalam kategori “Good” atau dapat dikatakan hasilnya baik. *Maximum-skewness* berada juga berada dalam *range* “Good” atau Baik. Dengan demikian, maka dapat ditarik kesimpulan bahwa hasil *meshing* yang telah dilakukan dinilai Baik.



Gambar 3. 23 Meshing Quality Recommendation

3.2.6 Simulation Setup (Processing)

Tahap *setup* dilakukan setelah proses pembuatan *mesh* pada geometri selesai dilakukan. Tahapan yang dilakukan pada *simulation setup* adalah sebagai berikut:

1. Fluid Models

Dalam tahap ini digunakan model turbulen dengan K-Omega SST karena diharapkan hasil yang diperoleh nantinya akan lebih akurat dalam memprediksi hasil Cd dan laju penyebaran fluida. Menurut penelitian yang dilakukan Igali et al. (2019) yang meneliti mengenai *turbulence model* untuk simulasi aerodinamik, menyatakan bahwa menggunakan K-Omega SST memiliki *error drag coefficient* terkecil dibandingkan dengan *turbulence model* lainnya dalam simulasi menggunakan Ahmed Body.

2. Materials

Langkah pemilihan material ini sangat penting karena tujuannya adalah mendefinisikan sifat fisik material yang digunakan. Pada *form materials* terdapat data-data *properties* dan material

yang akan dipilih. Dalam penelitian ini akan dipilih tipe *materials* yaitu *air* (udara) dengan *density* (ρ) = 1.225 kg/m³ dan *dynamic viscosity* (μ) = 1.7894 x 10⁻⁵ kg/ms.

3. Boundary Condition

Menentukan *boundary conditions* melibatkan beberapa hal, yaitu dengan pemberian beban kecepatan, tekanan maupun pemberian kondisi batas turbulensi pada *inlet*, *outlet* serta kondisi pada *wall*. Berikut dapat dilihat pada tabel 3.1 adalah data parameter input pada *boundary condition*.

Tabel 3. 1

Parameter *Boundary Condition*

No	Input	Pilihan	Keterangan
1	<i>Inlet</i>	<i>Velocity Magnitude</i>	25 km/j
2	<i>Outlet</i>	<i>Gauge Pressure</i>	0 Pa
3	<i>Wall</i>	<i>Shear Condition</i>	<i>Specified Shear</i>
4	<i>Road</i>	<i>Shear Condition</i>	<i>No slip</i>

4. Reference Values

Pada menu *reference values* akan dimasukkan data-data yang diperlukan seperti *frontal area*, *velocity*, viskositas, densitas, dan temperatur. Data yang dimasukkan dapat dilihat pada tabel 3.2.

Tabel 3. 2

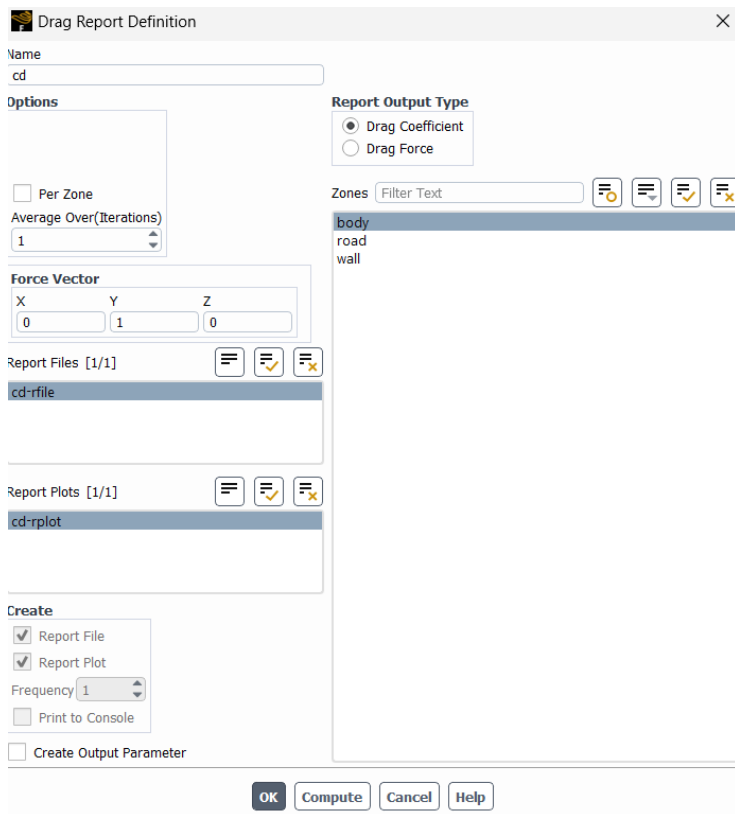
Data *Input* pada *Reference Values*

No	Input	Nilai
1	<i>Frontal Area</i> bodi <i>urban concept car</i>	0.4531 m ²
2	<i>Density</i>	1.225 kg/m ³
3	<i>Velocity</i>	25 km/j
4	<i>Temperature</i>	303 K
5	<i>Viscosity</i>	1.7894 x 10 ⁻⁵ kg/ms

5. Report Definition

Pada batasan masalah dalam penelitian ini, hasil yang dibahas adalah *drag coefficient* pada bodi kendaraan tipe *urban concept car*. Maka dari itu *report definition* disini digunakan untuk melakukan perhitungan pada *cd*. Pada gambar 3.24 merupakan menu *setting* untuk

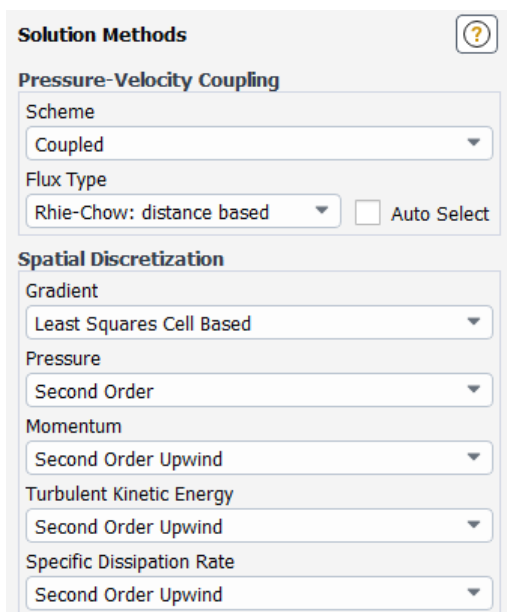
menampilkan hasil c_d , dengan *force vector value* pada X dan Z sama dengan 0 dan Y menjadi 1 karena aliran fluida bergerak melalui sumbu Y.



Gambar 3. 24 Report Definition

6. Solution Methods

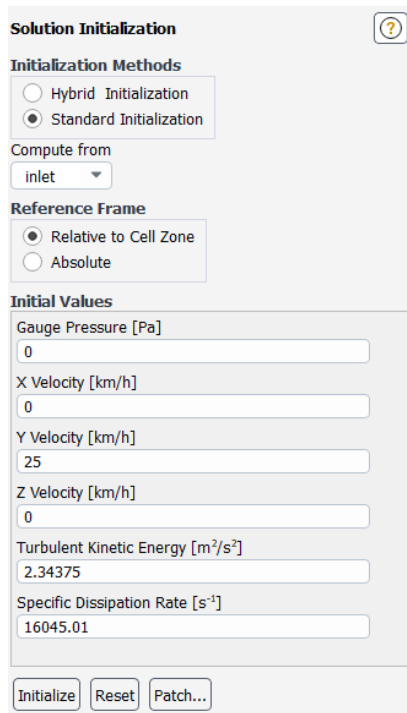
Solution methods yang digunakan berada pada *default setting* dengan parameter yang digunakan seperti pada gambar 3.25.



Gambar 3. 25 *Solution Methods*

7. Initialization

Proses *initialize* yang digunakan adalah dengan menggunakan metode *Standard Initialization*, dengan mengatur perhitungan dari inlet. Dengan ini, seluruh *values* akan otomatis terisi sesuai dengan data yang sudah dimasukkan pada tahapan sebelumnya.



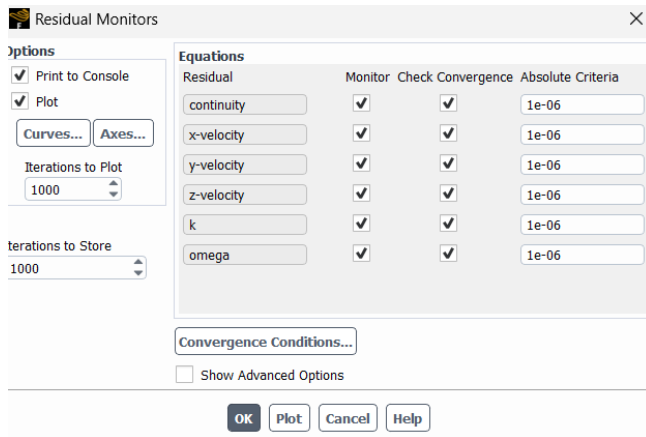
Gambar 3. 26 *Solution Initialization Menu*

8. Run Calculation

Pada *menu run calculation*, *number of iterations* dapat diatur dengan tujuan untuk mendapatkan hasil yang diperlukan hingga mengasumsikan sampai konvergen. Pada hal ini, semakin banyak jumlah iterasi yang digunakan maka semakin tinggi tingkat keakurasian pada data yang diperoleh. Pada penelitian ini, digunakan jumlah iterasi sebanyak 1000.

9. Residual Monitors

Menu *residual monitors* berguna untuk mengatur kriteria batas *error* yang diinginkan. Jumlah batas *error* tergantung pada jumlah iterasi dan jumlah *meshing*. Semakin kecil nilai *error* maka semakin akurat data yang nantinya diperoleh. Jumlah batas *error* yang digunakan dapat dilihat pada gambar 3.27

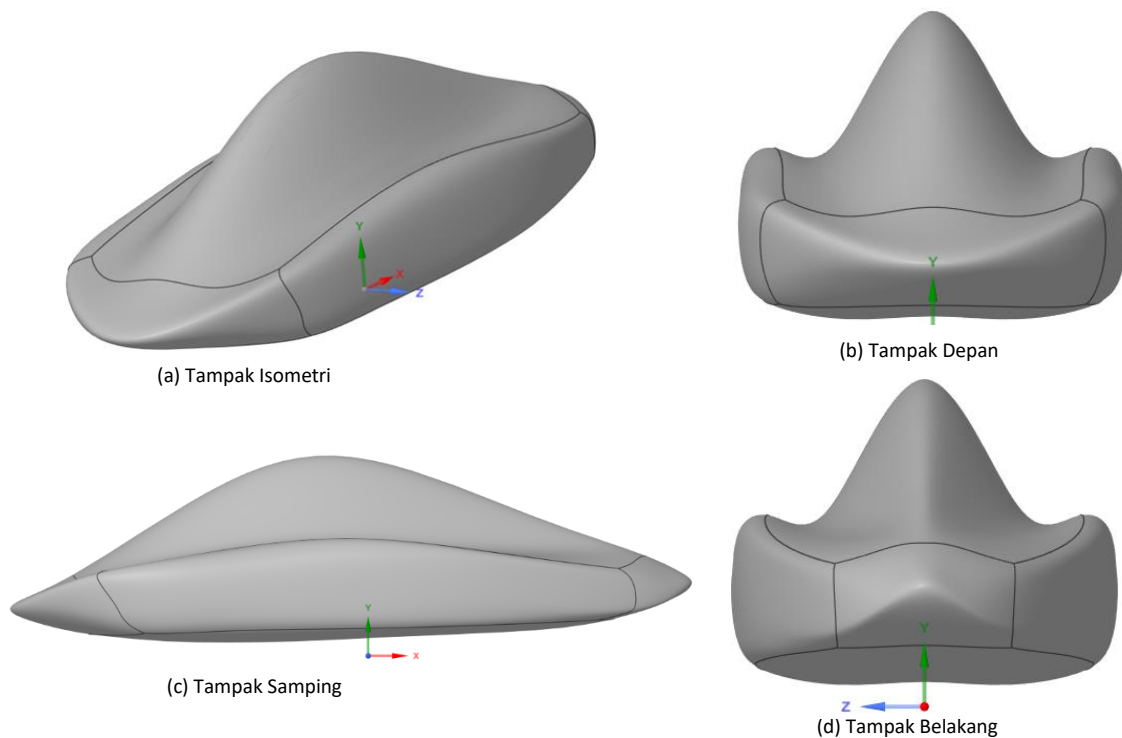


Gambar 3. 27 Residual Monitors

3.2.7 Post Processing

Post-processing pada Ansys Fluent yaitu penampilan hasil akhir agar dapat menganalisa nilai cd dari bodi kendaraan tipe *urban concept car*. Data yang dihasilkan dapat berupa data kuantitatif berupa distribusi koefisien tekanan dan juga data kualitatif berupa visualisasi aliran dengan menampilkan *pathlines* berupa *velocity magnitude*.

3.3 Pembuatan Geometri



Gambar 3. 28 Geometri New Design

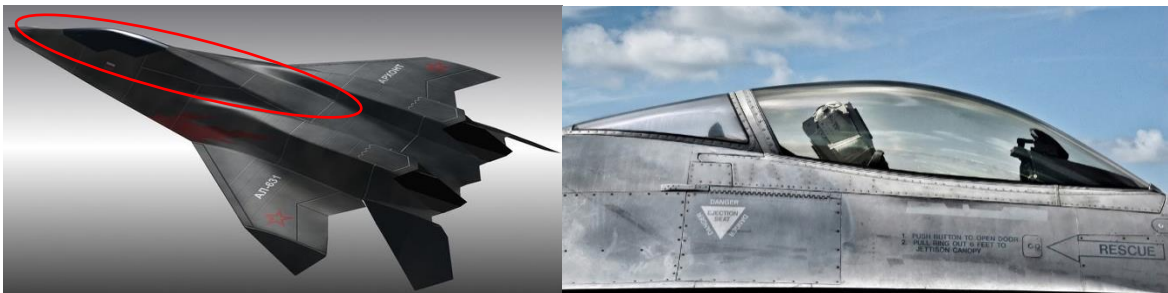
Pembuatan geometri dilakukan berdasarkan referensi-referensi *urban concept car* yang ada. Pada gambar 3.28 merupakan hasil geometri yang dibuat oleh penulis yang diberi nama

New Design. Geometri yang dibuat oleh penulis bertujuan untuk mendapatkan Cd serendah mungkin.



Gambar 3. 29 Urban Concept Car bernama Idrazephyrus

Pembuatan geometri New Design pada gambar 3.28 mendapatkan inspirasi dari *prototype car* bernama Idrazephyrus seperti pada gambar 3.29. Siluet garis dan lengkungan pada bagian depan hingga tengah New Design dibuat sejenis dengan Idrazephyrus. Siluet garis dan lengkungan tersebut dibuat karena dianggap akan memberi celah jalan bagi jalannya aliran.



Gambar 3. 30 Fighter Jet (kiri) dan Jet Canopy (kanan)

Desain atap dari New Design terinspirasi dari *canopy jet*. *Canopy jet* adalah bagian struktur eksterior yang dimiliki oleh *fighter jet* atau pesawat tempur yang terletak pada bagian luar *cockpit*. Menurut penelitian yang dilakukan oleh Amador (2022) mengatakan bahwa bentuk *canopy* dari pesawat tempur harus dibentuk dengan memperhatikan *drag* karena *canopy* yang besar akan menghasilkan *drag* yang besar sehingga bentuk *canopy* dari *cockpit* harus dibentuk lebih *streamline*. Implementasi yang dilakukan dari *canopy* pesawat tempur dapat dilakukan pada New Design, sehingga penulis menerapkan bentuk *canopy* pada atap New Design yang dapat dilihat pada gambar 3.28.

3.4 Penambahan Vortex generator



Gambar 3. 31 *rear diffuser* Ferrari Enzo

Penambahan *vortex generator* dapat meningkatkan kecepatan aliran yang terjadi pada bagian belakang mobil serta memperbaiki struktur aliran pada bagian belakang bodi mobil. Apabila perbaikan struktur aliran di belakang mobil terjadi, maka fenomena tersebut dapat mengurangi tingkat *wake* di belakang bodi mobil (Sucipto, 2016). Penambahan *vortex generator* dilakukan pada area yang menimbulkan *wake* pada New Design dengan harapan untuk mereduksi Cd yang terjadi pada New Design. Bentuk *vortex generator* yang digunakan pada *diffuser* New Design terinspirasi dari *rear diffuser* milik Ferrari Enzo yang memiliki sirip yang panjang pada rentang *diffuser inlet* hingga *diffuser outlet*. Bentuk *rear diffuser* Ferrari Enzo juga memiliki tipe *triangular vanes* dengan konfigurasi *counter rotating*. Hal tersebut sangat cocok di implementasikan ke New Design untuk memperkecil *area wake*.