

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

Metodologi penelitian adalah serangkaian langkah sistematis berdasarkan prosedur ilmiah yang digunakan untuk memperoleh data sesuai dengan tujuan penelitian. Dalam pelaksanaannya, diperlukan persiapan meliputi waktu, lokasi, bahan, dan peralatan guna menyelesaikan permasalahan penelitian dan memperoleh hasil yang optimalTempat dan waktu.

3.1.1 Tempat

Pelaksanaan penelitian tugas akhir akan dilakukan di Laboratorium Teknik Mesin, Universitas Muhammadiyah Gresik, yang berlokasi di Jalan Sumatra No. 101, Kabupaten Gresik.

3.1.2 Waktu

Penelitian akan dimulai setelah judul Tugas Akhir disetujui oleh dosen pembimbing. Tahapan penelitian diawali dengan konsultasi mengenai topik, penelusuran judul, serta studi literatur, kemudian dilanjutkan dengan penyusunan dan konsultasi proposal hingga proses berlanjut secara bertahap sampai tahap seminar hasil. Estimasi waktu yang dibutuhkan untuk menyelesaikan penelitian ini adalah sekitar 6 bulan. Hubungan rencana kegiatan dan waktu dapat dilihat pada **Tabel 3.1**.

Tabel 3.1 Tahap agenda penelitian

No.	Tahapan Agenda penelitian	Bulan Ke-					
		1	2	3	4	5	6
1	Penelusuran topik dan literatur						
2	Pembuatan proposal dan bimbingan						
3	Seminar Proposal						
4	Tahapan Penelitian simulasi						
5	Penulisan hasil penelitian						
6	Seminar hasil penelitian						

3.1 Alat dan Bahan

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini meliputi perangkat keras dengan spesifikasi tinggi guna mendukung kelancaran proses simulasi. Untuk desain *Shark Fin* (SF), digunakan perangkat lunak *Autodesk Inventor* 2024, sementara simulasi CFD dilakukan menggunakan *Ansys Workbench* 2020."

3.2.1 Spesifikasi Laptop

Spesifikasi laptop yang digunakan untuk penelitian bisa dilihat pada **Tabel 3.2** dibawah ini

Tabel 3.2 Spesifikasi Laptop

No.	Nama	Keterangan
1.	Komputer	ASUS
2.	Prosesor	AMDA RYZEN 3
3.	System Operasi	FreeDOS
4.	Memori RAM	8 Giga Byte
5.	Harddisk	1 Tera Byte
6.	Graphic Prosesor	AMDA RADEOM

3.2.2 Spesifikasi Software

Dalam penelitian ini peneliti akan membuat desain *Shark Fin* (SF) yang kemudian di assembly kan ke mobil urban concept dan hasil nya akan disimulasikan. Oleh karena itu, peneliti memerlukan beberapa perangkat lunak untuk mendukung pelaksanaan penelitiannya. Adapun *software* yang akan digunakan adalah sebagai berikut:

1. *Autodesk Inventor* 2024

Autodesk Inventor adalah aplikasi *Computer Aided Design* (CAD) yang dirancang khusus untuk membuat model 3D dalam perancangan mekanik, simulasi, visualisasi, dan dokumentasi. Aplikasi ini merupakan salah satu perangkat lunak CAD yang diterbitkan oleh *Autodesk Inc.* untuk desain pemodelan solid. *Autodesk Inventor* memungkinkan pengguna untuk mengintegrasikan data dalam bentuk representasi virtual 3D, sehingga mereka dapat mendefinisikan bentuk, kesesuaian, dan fungsi desain sebelum proses pembuatan dimulai.

Secara keseluruhan, *Autodesk Inventor* adalah aplikasi yang sangat menguntungkan bagi para insinyur dan desainer dalam merancang produk dengan akurasi tinggi. Dengan berbagai fitur canggih seperti *parametric solid modeling, animation, dan automatic 2D drawing creation*, aplikasi ini dapat meningkatkan efisiensi dan akurasi.

Kemampuannya yang adaptif, visualisasi yang realistik, dan ukuran file yang relatif kecil semakin memperkuat posisinya sebagai alat penting dalam industri desain dan manufaktur. Dengan *Autodesk Inventor*, setiap tantangan desain menjadi lebih mudah diatasi, sehingga profesional dapat menghasilkan produk berkualitas dengan cara yang efisien dan efektif.

Tampilan *Autodesk Inventor* seperti yang ada pada **Gambar 3.1**.



Gambar 3.1 Software Autodesk Inventor

2. Ansys workbench 2020

Software CFD yang digunakan pada penelitian ini adalah *Ansys workbench* 2020 dan *Ansys Fluent* sebagai sarana simulasi. Peran software *Ansys* adalah dapat untuk memberikan solusi analitis mengenai masalah pengukuran fluida yang perlu dilakukan. Dengan menggunakan software ini akan membantu untuk bisa mendapatkan ukuran aliran fluida dengan pengukuran yang dilakukan dengan lebih cepat dan hasil akurat seperti pada bilah-bilah sudu (*blade*) pada turbin. Pengukuran aliran fluida ini bisa menggunakan beberapa pendekatan yang bisa digunakan untuk

mendapatkan hasil yang bisa digunakan membuat desain yang lebih inovatif dan lebih mudah dengan bantuan menggunakan *software* Ansys. Tampilan *Software Ansys* dapat dilihat pada **Gambar 3.2**.



Gambar 3.2 Ansys workbench 2020

3.2 Variabel Yang Diamati

Variabel yang diamati pada penelitian ini adalah analisis aerodinamika bodi mobil urban concept dengan variasi ukuran *Shark Fin* (SF) pada kecepatan aliran udara yang bervariasi mengikuti aturan dalam berkendaran dijalan raya menggunakan *Software Ansys Fluent*. Maka terdapat variabel-variabel yang akan digunakan dalam penelitian ini meliputi :

3.3.1 Variabel Tetap

Variabel tetap adalah variabel yang telah ditetapkan secara umum dan digunakan secara konsisten dalam penelitian ini. Adapun variabel tetap yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Simulasi ini menggunakan jenis aliran bertipe steady state.
2. Nilai densitas udara pada tekanan absolute $P = 1 \text{ atm}$ yaitu $\rho = 1.225 \text{ kg/m}^3$

3.3.2 Variabel bebas

Variabel bebas merupakan variabel yang akan mempengaruhi hasil dari penelitian ini. Variabel bebas yang dimaksud yakni sebagai berikut :

1. Variasi kecepatan aliran udara sebesar 40 km/jam, 60 km/jam, 80 km/jam dan 100 km/jam

- Variasi *Shark Fin* (SF) dengan dimensi 58 x 130 x 43 mm , 68 x 153 x 50 mm dan 78 x 175 x 57 mm pada bodi mobil *urban concept*

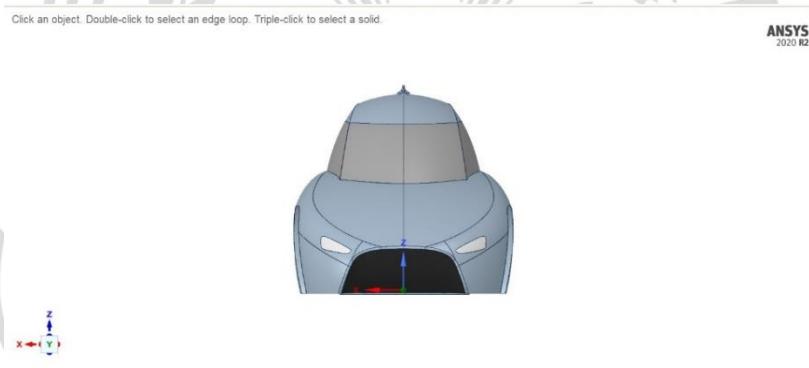
3.3.3 Variabel Terikat

Variabel terikat adalah variabel yang nilainya diperoleh dari hasil perhitungan berdasarkan variabel bebas dan variabel tetap. Adapun variabel terikat yang dimaksud dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

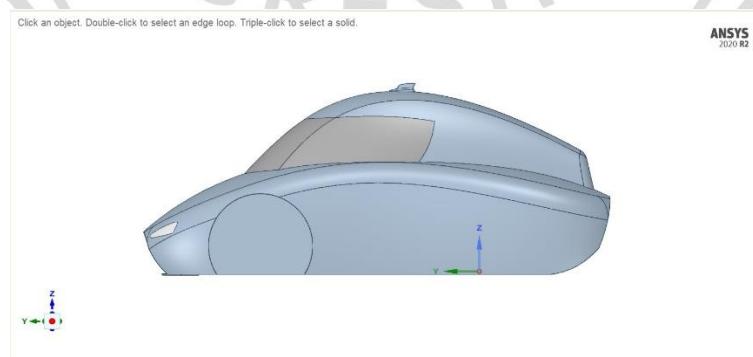
- Nilai *Force drag* (FD)
- Nilai *Coefficient of Drag* (CD)
- Nilai *Force lift* (FL)
- Nilai *Coefficient of Lift* (CL)
- Kontur *Pressure, Velocity* dan *Turbulence kinetic energetic*

3.3 Model Mobil Urban

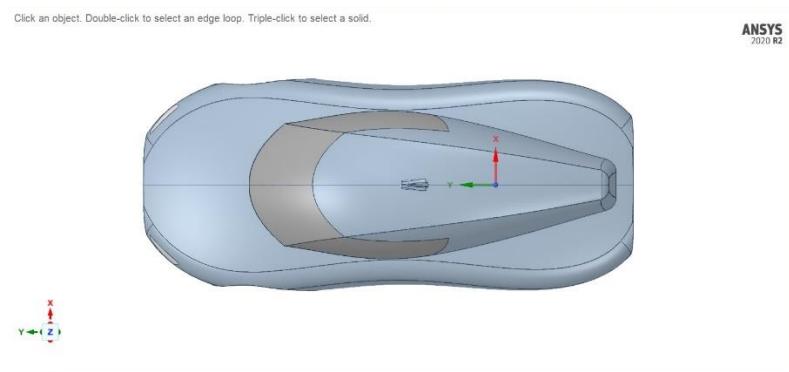
Berikut tampak model mobil urban dari segala sisi yang digunakan dalam penelitian ini bisa dilihat pada **Gambar 3.3, 3.4 dan 3.5**.



Gambar 3.3 Urban Tampak Depan



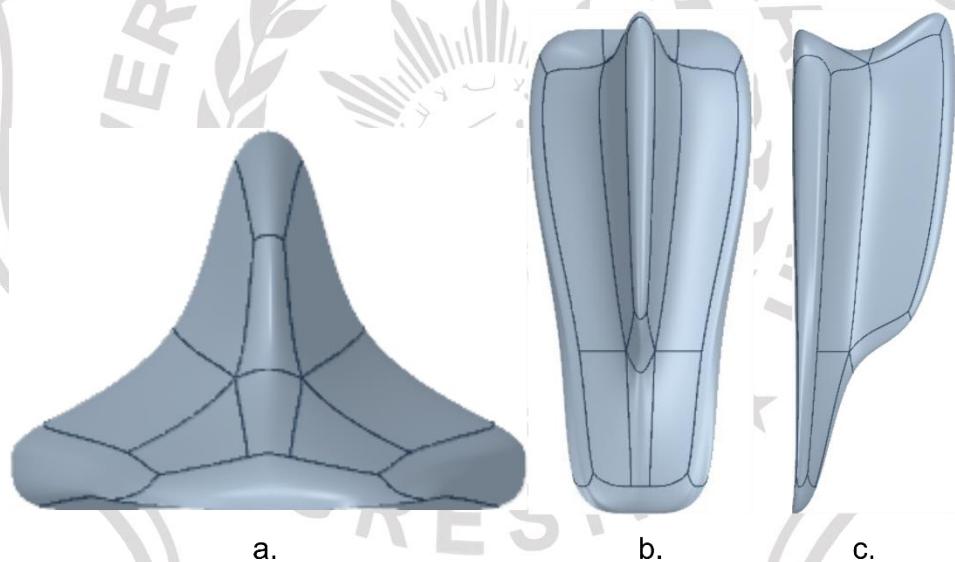
Gambar 3.4 Urban Tampak Samping



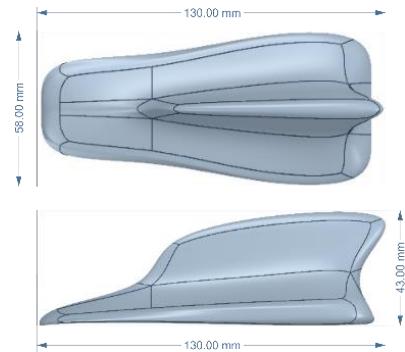
Gambar 3.5 Urban Tampak Atas

3.4 Model *Shark Fin* (SF) Pada Mobil *Urban Concept*

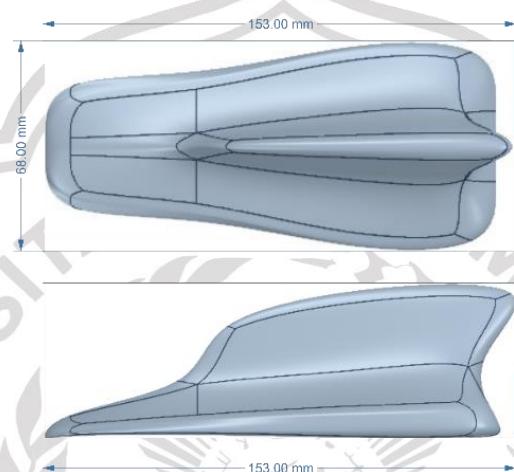
Variasi dimensi *Shark Fin* (SF) pada mobil urban concept digunakan untuk mencari bentuk *Shark Fin* (SF) yang memiliki nilai hambat dan koefisien hambat paling rendah, sehingga didapat ukuran yang paling aerodinamis. Berikut gambar tampak *Shark Fin* (SF) dari segala sisi, **Gambar 3.6, 3.7 dan 3.8** merupakan desain *Shark Fin* (SF) dan dimensi *Shark Fin* (SF) pada penelitian ini.



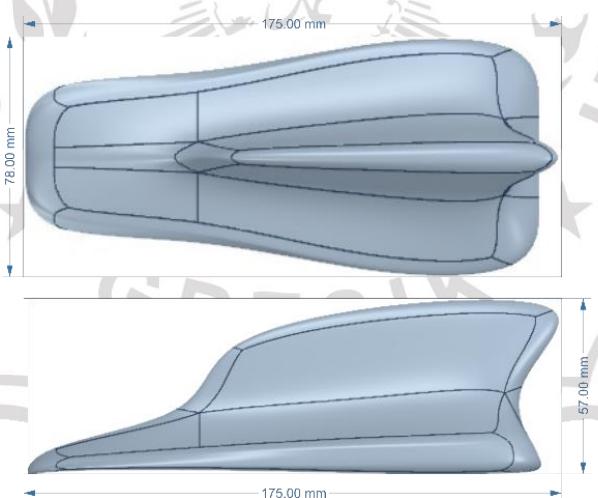
Gambar 3.6 Desain *Shark Fin* (SF) (a. Tampak Depan, b. Tampak Atas, c. Tampak)



Gambar 3.7 Desain Shark Fin (SF) I



Gambar 3.8 Desain Shark Fin (SF) II

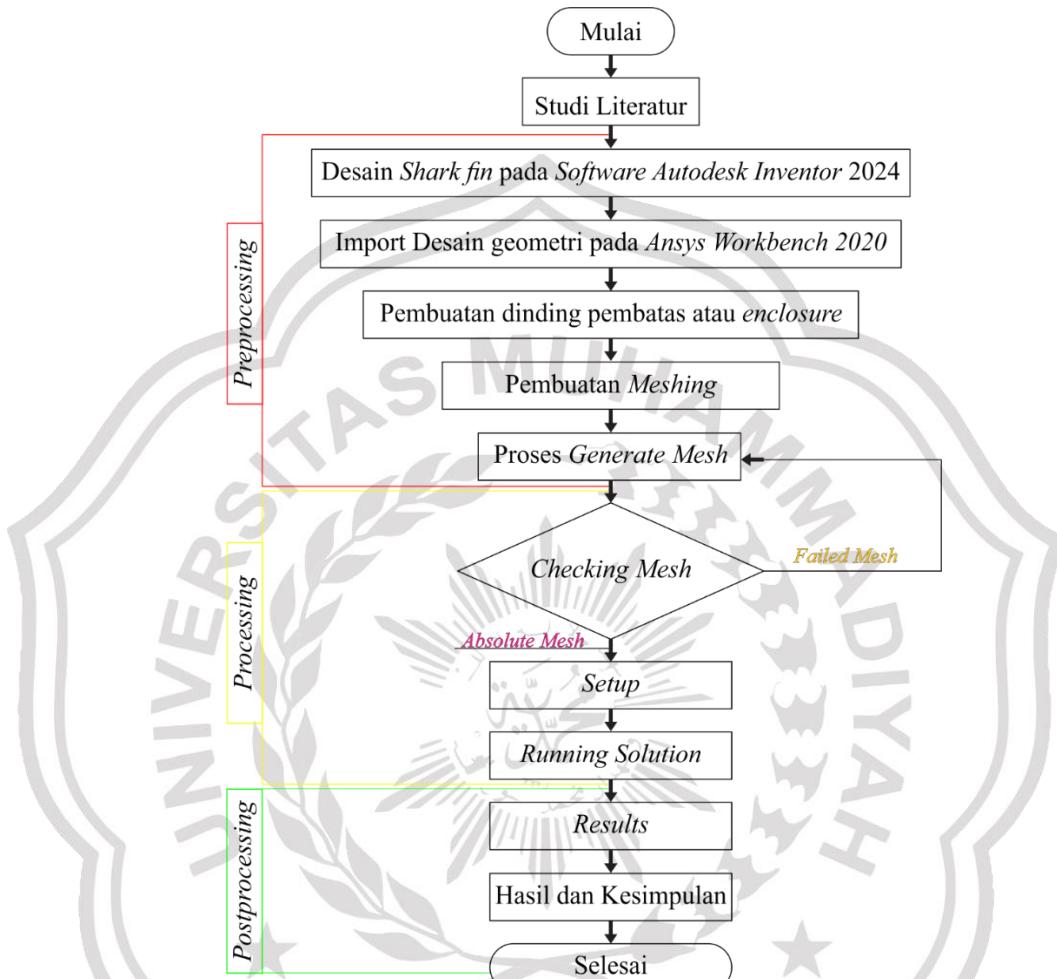


Gambar 3.9 Desain Shark Fin (SF) III

3.5 Prosedur Penelitian

3.5.1 Diagram Alir (*Flow Chart*)

Penelitian ini dilakukan dengan proses yang dapat dilihat pada **Gambar 3.10.**



Gambar 3.10 Diagram alir (*Flow Chart*)

Penelitian ini terdiri dari tiga tahapan utama, yaitu: *preprocessing*, *processing*, dan *postprocessing*. Simulasi visual terhadap aliran udara yang melewati bodi mobil urban concept dilakukan secara numerik dengan memanfaatkan perangkat lunak *Ansys Workbench 2020* melalui *Ansys Fluent*.

Adapun penjabaran dari alur penelitian (*flow chart*) adalah sebagai berikut.:

1. Mengumpulkan dan memahami literatur

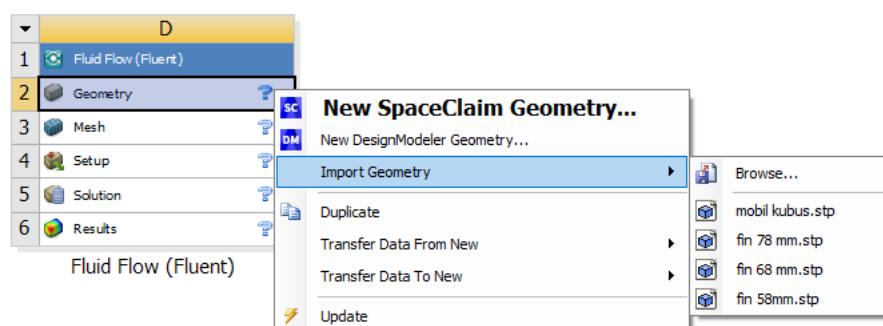
Data dari beberapa referensi seperti buku, jurnal yang berkaitan dengan aerodinamika dan gaya aerodinamika yang terjadi pada kendaraan mobil, serta parameter-parametrik yang berpengaruh pada aerodinamika.

2. Membuat desain *Shark Fin* (SF)

Desain pembuatan *Shark Fin* (SF) dan menggabungkannya pada mobil urban *concept* menggunakan *Software Autodesk Inventor* 2024. Desain mobil seperti yang ada pada Gambar 3.3

3. Import geometri pada Ansys workbench

Setelah desain *Shark Fin* (SF) selesai dibuat dan dipadukan dengan model mobil *urban concept*, file tersebut diekspor dalam format CAD (.STP) untuk kemudian diimpor ke dalam modul geometri pada Ansys Workbench. Proses impor dilakukan dengan mengklik kanan pada bagian '*Geometry*', memilih '*Import Geometry*', lalu menentukan file yang akan dimasukkan. Seperti pada Gambar 3.11.



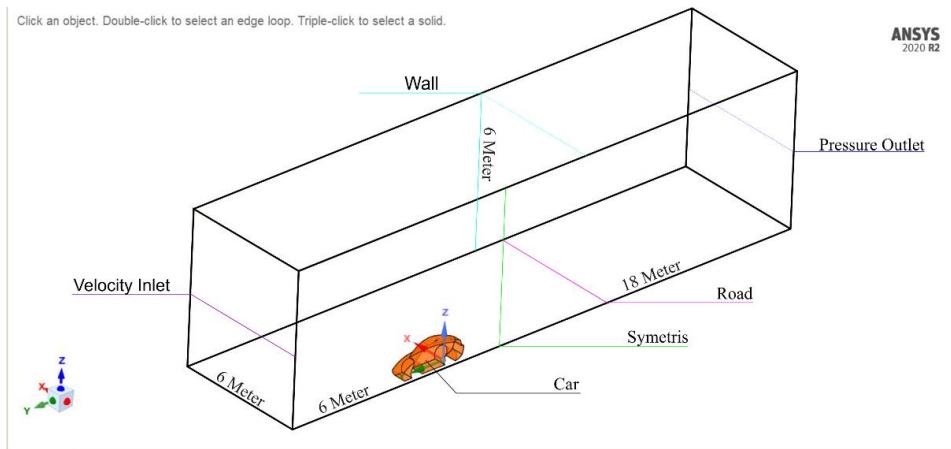
Gambar 3.11 Import geometri pada Ansys workbench 2020

4. Proses *Meshing*

Sebelum masuk ke proses *meshing* pembuatan fluid domain terlebih dahulu hal ini bertujuan untuk mengetahui karakteristik aliran 3 dimensi yang melintasi *body car*. Proses pembuatan *fluid domain* ini bisa dilakukan melalui ansys di geometry fitur enclosure namun bisa juga melalui *software geometry* yang digunakan seperti di *software Autodesk Inventor*. Jadi objek *geometry* yang di import tidak perlu di *enclosure*.

Langkah selanjutnya adalah menetapkan kondisi batas, yang bertujuan untuk mempermudah pengambilan data, khususnya dalam memilih area-area tertentu yang nilainya akan dimasukkan saat menjalankan software CFD-Solver Manager. Ada lima kondisi batas yaitu *inlet*, *outlet*, *walls*, *symetris*, *road* dan *car*. Inlet sebagai daerah input properties berupa aliran udara masuk dan outlet sebagai batas analisa laju aliran keluar setelah udara sudah melintasi *body*

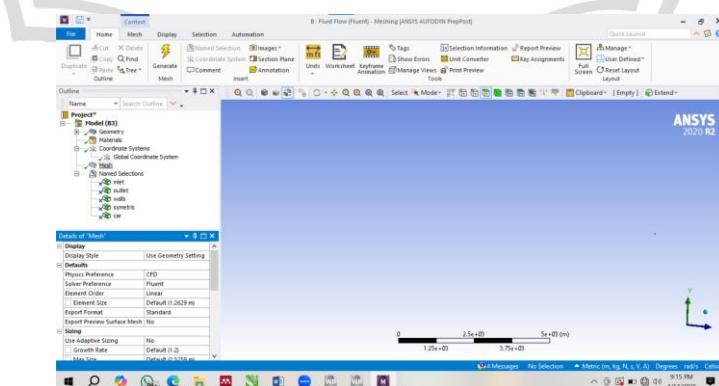
mobil. Pemberian nama kondisi batas pada domain dapat dilihat pada **Gambar 3.9**.



Gambar 3.12 Name selection for boundary condition

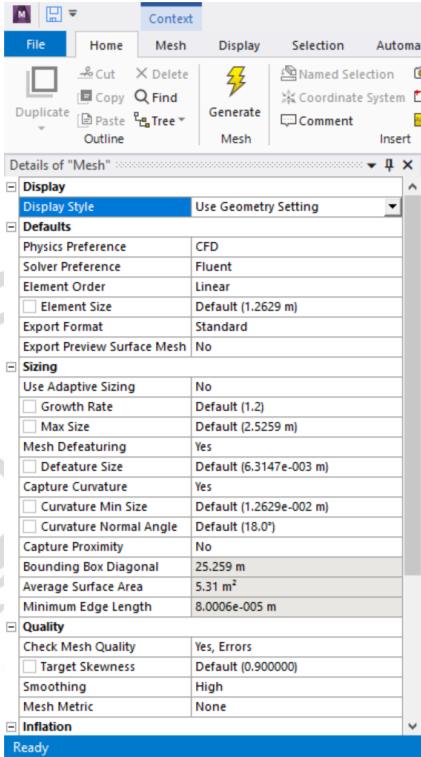
Setelah pembuatan *fluid domain*, proses dilanjutkan ke tahap meshing, yaitu pembagian volume fluida ke dalam elemen-elemen kecil (*mesh*). Proses ini membagi struktur menjadi bagian-bagian lebih kecil menggunakan perangkat lunak *Ansys Fluent*. Semakin halus ukuran mesh yang digunakan, maka semakin detail pula visualisasi aliran fluida yang dihasilkan. Ada 2 hasil dalam proses *meshing*, yakni *absolute mesh* atau *errors mesh* yang menandakan berhasil atau tidak proses *meshing* tersebut, jika terjadi kegagalan harus mengulang dan memperbaiki hasil desain atau memperbesar nilai struktur *meshing*. Berikut tahapan pembuatan *meshing* dapat dilihat pada **Gambar 3.13**.

1. Klik *mesh*, maka tampilan bisa dilihat pada **Gambar 3.13**. lalu parameter akan muncul yang kemudian nantinya diubah supaya proses *meshing* berhasil.



Gambar 3.13 Jendela *meshing*

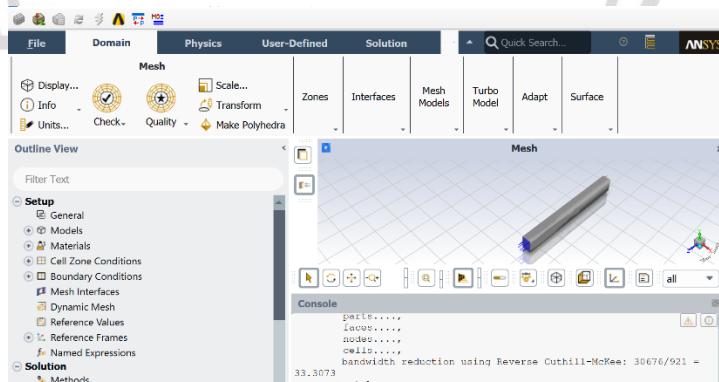
2. parameter input yang digunakan akan memengaruhi kualitas serta jumlah mesh yang dihasilkan. Pengaturan parameter tersebut dapat dilihat pada **Gambar 3.14**.



Gambar 3.14 Parameter setting mesh

5. Setup (preprocessing)

Pasca penyelesaian proses *mesh* pada geometri, maka langkah selanjutnya ke tahap *setup*. Tahap ini merupakan tahap dimana semua data di input sesuai yang di ingin dari segi *materials*, *boundary conditions*, dan *references values*. Tahap *setup* dapat dilanjutkan dengan cara klik 2 kali pada *fluid flow Fluent* yang nomer 3 yakni *setup*. Untuk proses *setup* dapat dilihat pada **Gambar 3.15**.



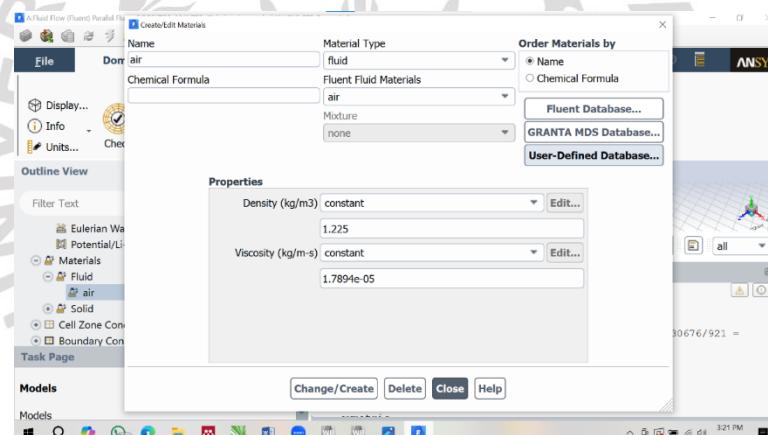
Gambar 3.15 Proses atau Processing

6. Fluids model

Menentukan model dari sifat fluida di pengaturan *fluids models*, yang harus dilakukan menentukan *viscous* model nya. Pada kasus ini digunakan aliran turbulen dengan model K-omega SST, dengan harapan model tersebut mampu memberikan hasil yang lebih akurat dalam memprediksi distribusi laju aliran fluida.

7. Materials

Pada bagian materials ini merupakan bagian penting dalam proses berjalannya pemodelan CFD, guna mendefinisikan sifat fisik material yang nantinya akan digunakan. Pada menu *materials* ini terdapat data-data *properties* dan material yang akan dimasukkan. Dalam penelitian ini tipe material yang digunakan adalah *air* (udara) menggunakan rata-rata di indonesia yaitu 29°C atau 303K dengan densitas 1.225 kg/m^3 dan viscositas $1.789 \times 10^{-5}\text{kg/ms}$. Proses tersebut bisa dilihat pada **Gambar 3.16**.



Gambar 3.16 Tipe materials dan properties

8. Boundary condition

Dalam kasus ini penentuan kondisi batas (*boundary condition*) yang perlu diperhatikan sebagai berikut :

1. Mengidentifikasi lokasi sisi masuk dan keluaranya *Velocity* aliran udara pada *boundary condition*
2. Menginput data pada *boundary condition*

Karena pada penelitian ini menggunakan aliran *compressible* maka yang perlu di tentukan nilai *Velocity inlet*, *outlet* serta batasan pada

dinding *Walls* dan *symetris*. Berikut data parameter input pada *boundary condition* dapat dilihat pada **Tabel 3.3**.

Tabel 3.3 Parameter *boundary condition* pada proses *preprocessing*

No	Input	Pilihan	Keterangan
1.	<i>Velocity inlet</i>	<i>Velocity magnitude</i>	40, 60, 80, 100 (km/J)
2.	<i>Outlet</i>	<i>Gauge pressure</i>	0
3.	<i>Walls</i>	<i>Shear condition</i>	Specified shear
4.	<i>Symetris</i>	<i>Shear condition</i>	No slip

9. Reference values

Pada tahap Reference Values, diperlukan pengisian data yang akan digunakan dalam proses simulasi, seperti luas penampang depan (frontal area), kecepatan, viskositas, densitas, dan temperatur. Informasi data yang dimasukkan dapat dilihat pada **Tabel 3.4**.

Tabel 3.4 Data *input* pada *references values*

No	Input	Nilai
1.	<i>Frontal area body car</i>	5.4 m ²
2.	<i>Density</i>	1.225 kg/m ³
3.	<i>Temperature</i>	303 K
4.	<i>Velocity</i>	40, 60, 80, 100 (km/J)
5.	<i>Viscosity</i>	1.7894x 10 ⁻⁵ Ns/m

10. Report definition

Dalam penelitian ini, untuk memperoleh nilai *Drag Force*, *Lift Force*, *Coefficient of Drag*, dan *Coefficient of Lift* pada bodi mobil urban, diperlukan pengaturan *report definition*. *Report definition* berfungsi untuk melakukan perhitungan serta mendefinisikan hasil perhitungan tersebut dalam bentuk laporan.

11. Initialization

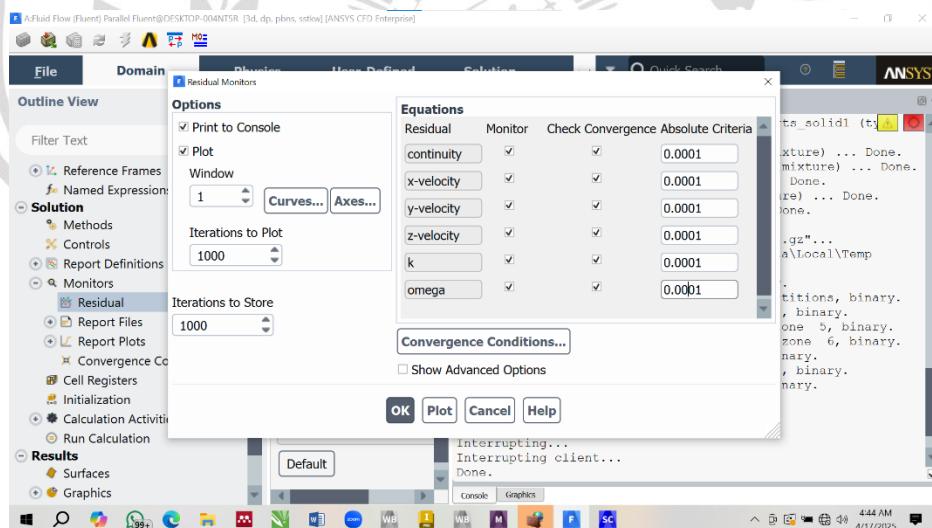
Sebelum memulai proses perhitungan, diperlukan tahap (nilai awal dugaan) dalam proses iterasi, yang bertujuan untuk mempercepat tercapainya nilai konvergen. Pada penelitian ini digunakan metode *Hybrid Initialization*.

12. Running calculation

Pada Proses *running* ini perlu mengatur number of iterasi yang butuhkan (mengamsumsikan sampai konvergen). Pada beberapa kasus iterasi digunakan untuk menentukan kriteria nilai konvergen(tebakan awal dari hasil iterasi). Semakin banyak jumlah iterasi maka semakin tinggi tingkat keakurasan pada yang akan diperoleh. Pada simulasi ini mengasumsikan jumlah *number of iteration* sebanyak 1000.

13. Kovergensi dan batas error

Dalam proses konvergensi, kita dapat menetapkan batas nilai error sesuai dengan yang diinginkan. Nilai error ini bergantung pada jumlah iterasi dan kepadatan mesh yang digunakan. Semakin kecil nilai error, maka hasil simulasi akan semakin akurat dan mendekati kondisi nyata pada mobil sebenarnya. Namun, jumlah iterasi bukan merupakan penentu utama konvergensi. Jika batas error telah tercapai sebelum iterasi maksimum terpenuhi, maka proses simulasi akan berhenti secara otomatis. Jumlah pada error dapat kita atur pada *residual monitors* seperti pada **Gambar 3.17**.



Gambar 3.17 Residual monitors

14. Post processing

Proses menganalisa nilai *Drag Force* maupun *Lift Force* pada *body car* urban yang selanjutnya nilai *Coefficien of Drag* dan *Coefficient of Lift* nya didapat dari hasil akhir simulasi. Untuk menentukan validitas hasil simulasi, diperlukan perhitungan pasca-simulasi menggunakan rumus *Coefficient of*

Drag (CD) dan Coefficient of Lift (CL). Dengan perhitungan tersebut, dapat dibandingkan apakah hasil dari simulasi sesuai atau mendekati nilai CD dan CL yang dihitung secara manual.

3.6 Teknik pengumpulan data dan analisis data

Penelitian ini dilakukan secara visual menggunakan perangkat lunak Ansys Workbench 2020 dan modul Fluid Flow (Fluent) sebagai media simulasi, dengan tujuan untuk mengetahui *nilai Drag Force, Lift Force, Coefficient of Drag*, dan *Coefficient of Lift*, serta menganalisis kontur aliran yang terbentuk pada bodi mobil dengan variasi kecepatan. Mengutip dari aturan batas kecepatan kendaraan bahwa kecepatan 40 km/jam yang merupakan nilai rata-rata kecepatan di perkotaan dan pemukiman, 60 km/jam merupakan kecepatan paling rendah dalam kondisi arus bebas seperti di tol serta batas maksimal nya 100 km/jam dan 80 km/jam untuk batas kecepatan antar kota (Biro Komunikasi, 2015). Sejumlah data yang dikumpulkan meliputi *Velocity, density, massa jenis udara, temperature*, dan tekanan ang selanjutnya dapat disajikan dan dimasukkan ke dalam Tabel (**Tabel 3.5**) yang mana data ini akan menjadi acuan dalam pendistribusian aliran didalam domain simulasi nya.

Setelah seluruh data pengujian dimasukkan, langkah selanjutnya adalah menganalisis data tersebut melalui simulasi berdasarkan persamaan-persamaan yang telah dijelaskan pada BAB II. Hasil analisis proses simulasi yang sudah didapatkan kemudian dituliskan kedalam Tabel (**Tabel 3.6** dan **Tabel 3.7**), Lalu hasil perhitungan dari persamaan 2.2 dan 2.4 di tuliskankan kedalam Tabel (**Tabel 3.7**). Hasil simulasi kemudian disajikan dalam bentuk grafik, sehingga dapat diuraikan secara lebih mudah dan dipahami. Dari grafik tersebut, dapat ditarik kesimpulan mengenai pengaruh kecepatan aliran udara *terhadap Drag Force, Coefficient of Drag, Lift Force, dan Coefficient of Lift* pada bodi mobil urban, serta pola distribusi kontur tekanan dan kecepatan yang terjadi pada permukaan bodi mobil.

Tabel 3.5 Distribusi aliran udara berdasarkan *Velocity* dan *temperature*

No	V (m/s)	ρ kg/m ³)	μ kg/m·s)	Temperature (°C)	Pressure (Pa)
1.	11.11	1.225	1.7894×10^{-5}	30°C	atm
2.	16.66	1.225	1.7894×10^{-5}	30°C	atm
3.	22.22	1.225	1.7894×10^{-5}	30°C	atm
4.	27.77	1.225	1.7894×10^{-5}	30°C	atm

Tabel 3.6 Nilai Aerodinamis urban *non Shark Fin* (SF) dan urban variasi *Shark Fin* (SF) terhadap *Drag Force* dan *Lift Force*

No	V (m/s)	<i>Drag Force</i>				<i>Lift Force</i>			
		Non SF	SF 58x130	SF 68x153	SF 78x175	Non SF	SF 58x130	SF 68x153	SF 78x175
1	11.11								
2	16.66								
3	22.22								
4	27.77								

Tabel 3.7 Nilai Aerodinamis urban *non Shark Fin* (SF) dan urban variasi *Shark Fin* (SF) terhadap *Drag Force* dan *Lift Force*

No	V (m/s)	<i>Coefficient of Drag</i>				<i>Coefficient of Lift</i>			
		Non SF	SF 58x130	SF 68x153	SF 78x175	Non SF	SF 58x130	SF 68x153	SF 78x175
1	11.11								
2	16.66								
3	22.22								
4	27.77								