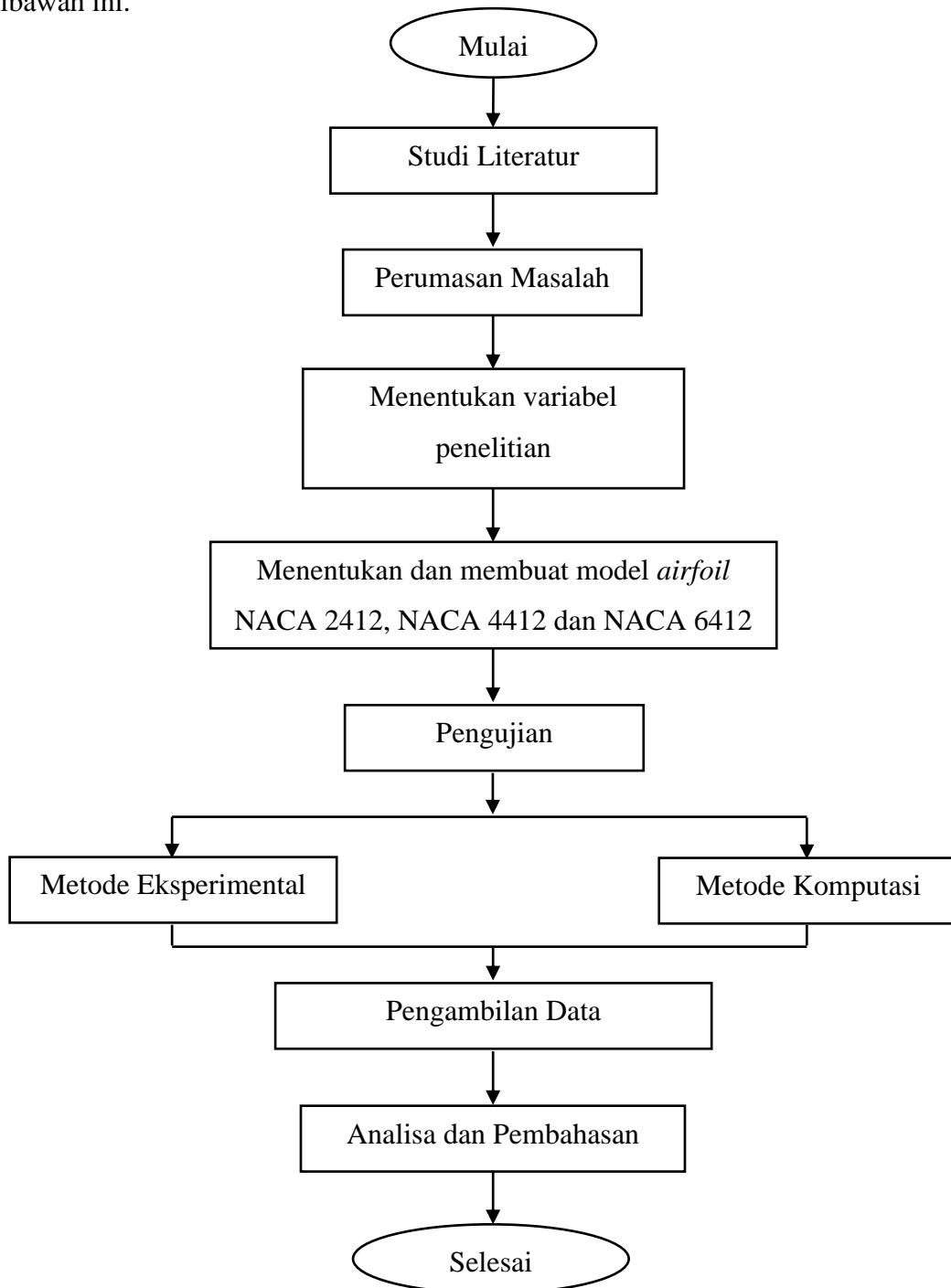


## BAB III METODOLOGI PENELITIAN

### 3.1 Diagram Alir

Pada bab ini akan dijelaskan tahapan pelaksanaan skripsi melalui diagram alir dibawah ini.



Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian

## **3.2 Penjelasan Diagram Alir**

### **3.2.1 Studi Literatur**

Pelaksanaan skripsi ini diawali dengan melakukan studi literatur. Studi literatur bertujuan untuk meningkatkan pemahaman penulis terhadap topik penelitian yang akan diambil. Studi literatur dilakukan dengan mempelajari pengetahuan pendukung seperti *airfoil*, gaya aerodinamika, *wind tunnel*, *Computational Fluid Dynamics* dan lain-lain. Studi literatur dilakukan dengan mengumpulkan beberapa bahan referensi berupa jurnal ilmiah terkait perkembangan penelitian yang telah dilaksanakan sebelumnya.

### **3.2.2 Perumusan Masalah**

Setelah mendapatkan informasi dari literatur yang didapat, penulis dapat merumuskan masalah yang akan diselesaikan pada penelitian ini. Adapun rumusan masalah yang akan dihadapi oleh penulis adalah tentang cara melakukan studi eksperimental dan komputasi mengenai *airfoil* NACA 2412, NACA 4412 dan NACA 6412, karakteristik aerodinamika dari *airfoil* dengan kecepatan angin dan sudut serang tertentu, serta pengaruh kecepatan angin dan sudut serang terhadap performansi dari *airfoil* NACA 2412, NACA 4412 dan NACA 6412.

### **3.2.3 Menentukan Variabel Penelitian**

Selanjutnya adalah menentukan variabel penelitian. Pada rumusan masalah dan tujuan penelitian, penulis melakukan penelitian untuk mengetahui karakteristik aerodinamika dari *airfoil* NACA 2412, NACA 4412 dan NACA 6412 serta pengaruh kecepatan angin dan sudut serang terhadap performansi dari *airfoil*.

Gaya aerodinamik pada *airfoil* meliputi gaya angkat dan gaya hambat. Dimana masing-masing variabel tersebut didapat dari hasil eksperimental menggunakan *wind tunnel* dan hasil komputasi menggunakan *Computational Fluid Dynamics*. Sedangkan pengaruh sudut serang untuk mencari sudut yang akan digunakan  $-5^\circ$ ,  $0^\circ$ ,  $5^\circ$ ,  $10^\circ$  dan  $15^\circ$ . Untuk kecepatan angin yang digunakan adalah 3,4,5, dan 7 m/s.

#### **I. Menentukan Jenis Aliran**

Fluida yang digunakan dalam simulasi adalah udara sebagai gas ideal dengan sifat-sifat sebagai berikut:

1. Temperatur konstan,  $T = 28^{\circ}\text{C}$
2. Kecepatan (densitas) konstan,  $\rho = 1,225 \text{ kg/m}^3$
3. Viskositas,  $\mu = 1,7894 \cdot 10^{-5} \text{ Pa}\cdot\text{s}$

Maka dengan menggunakan persamaan 2.3 dan parameter-parameter yang telah disebutkan sebelumnya, bilangan Reynold dapat dihitung untuk menentukan jenis aliran. Dengan model yang memiliki panjang yang sama maka bilangan Reynold memiliki hasil yang sama.

Persamaannya sebagai berikut, dengan  $v = 3 \text{ m/s}$  dan  $v = 7 \text{ m/s}$ :

$$Re_3 = \frac{v\rho L}{\mu} = \frac{3(1,225)(0,1)}{1,7894 \cdot 10^{-5}} = 20.538$$

$$Re_4 = \frac{v\rho L}{\mu} = \frac{4(1,225)(0,1)}{1,7894 \cdot 10^{-5}} = 27.383$$

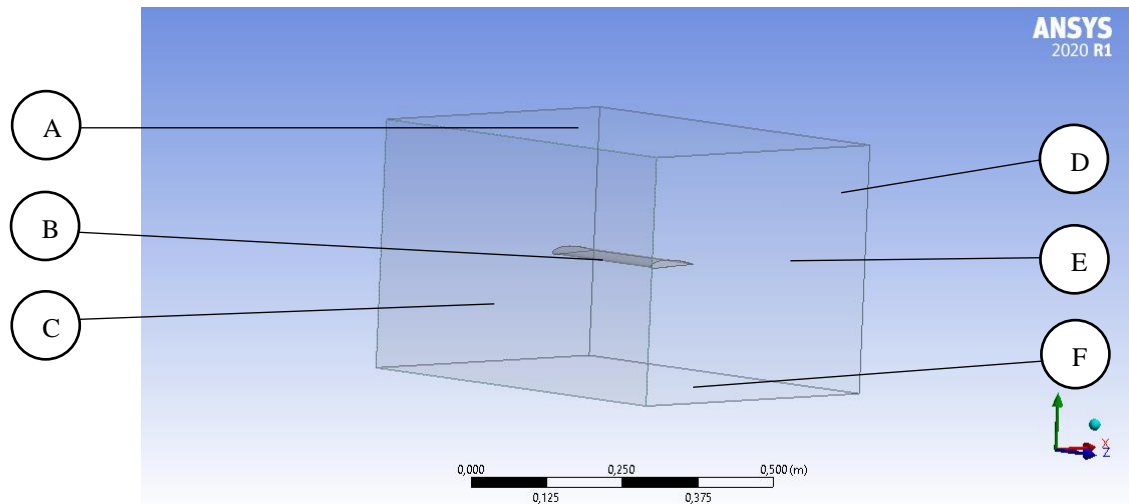
$$Re_5 = \frac{v\rho L}{\mu} = \frac{5(1,225)(0,1)}{1,7894 \cdot 10^{-5}} = 34.229$$

$$Re_7 = \frac{v\rho L}{\mu} = \frac{7(1,225)(0,1)}{1,7894 \cdot 10^{-5}} = 47.921$$

Dengan membandingkan nilai kritis tersebut dengan nilai kritis bilangan Reynold pada plat datar dan bola, maka jenis aliran adalah turbulen. Dari asumsi fluida yang digunakan adalah dengan temperature dan densitas tetap sehingga jenis alirannya adalah laminar untuk  $Re_3$ , *intermittent or transitional flow* untuk  $Re_4$  dan turbulen untuk  $Re_5$  dan  $Re_7$ .

## II. Kondisi Batasan

Kondisi batas diatur pada setiap sisi *test selection* dan sayap pesawat. Untuk memperjelas letak kondisi batas pada penelitian ini selengkapnya ditampilkan pada gambar 3.2 dan dijelaskan pada Tabel 3.1



Gambar 3.2 Letak Kondisi Batas

Tabel 3.1 Kondisi Batas

Kondisi Batas	Jenis	Nilai
a. Atas	<i>wall</i>	<i>symmetry</i>
b. Model Sayap	<i>Wall</i>	
c. <i>Inlet</i>	<i>Velocity Inlet</i>	Divariasikan (3;4;5 dan 7 m/s)
d. <i>Outlet</i>	<i>Pressure Outlet</i>	0 Pa ( <i>Gauge</i> )
e. Sisi kiri	<i>Wall</i>	<i>symmetry</i>
f. Bawah	<i>Wall</i>	<i>symmetry</i>

### III. Pengaturan Simulasi

Pengaturan simulasi yang dimaksud adalah menentukan beberapa aspek yang diperlukan dalam simulasi seperti bentuk *solver* yang dipilih, material, jenis vikos, dll sesuai dengan keadaan nyata di tempat pengujian eksperimental. Jenis aliran yang telah ditentukan sebelumnya juga diatur pada bagian ini di dalam Fluent.

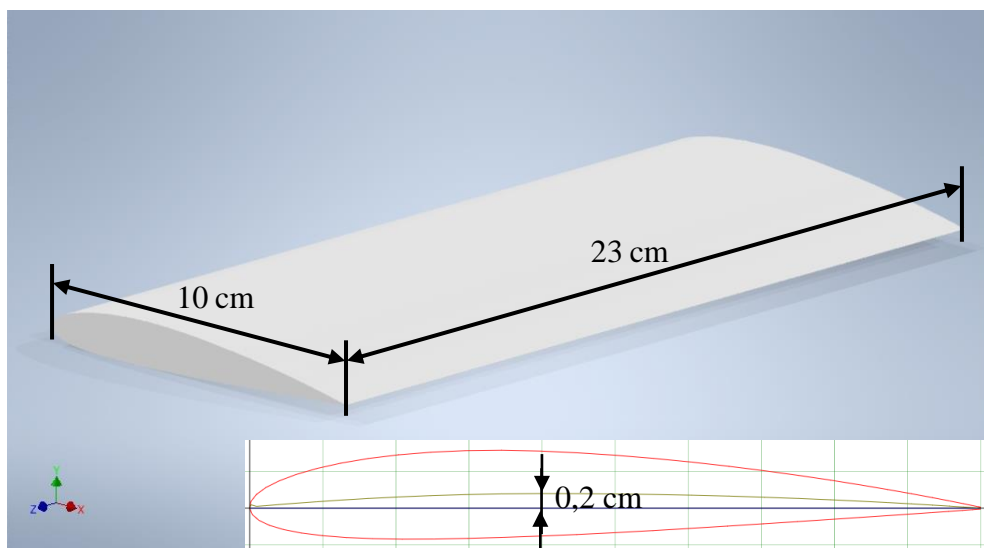
Tabel 3.2 Pengaturan Simulasi

Aspek	Pengaturan
Model Solver	<i>Pressurre based, 3D, Steady</i>
Material	<i>Air With constanta density, <math>\rho = 1,225</math> kg/m<sup>3</sup></i>

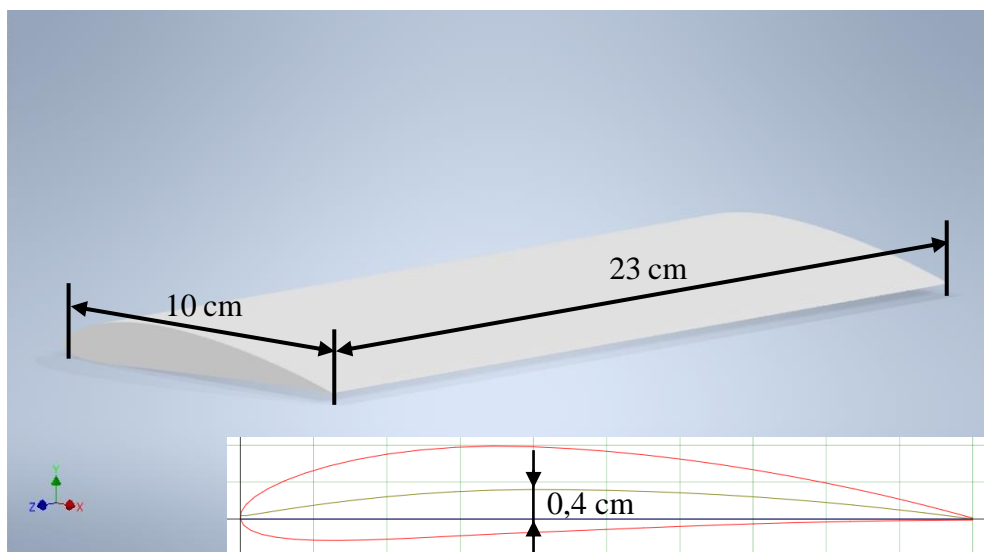
Kondisi Operasi	$101325 Pa$
Inisiasi	<i>Velocity inlet</i>
Residual Monitor	$10^{-6}$

### 3.2.4 Menentukan dan Membuat Model *Airfoil*

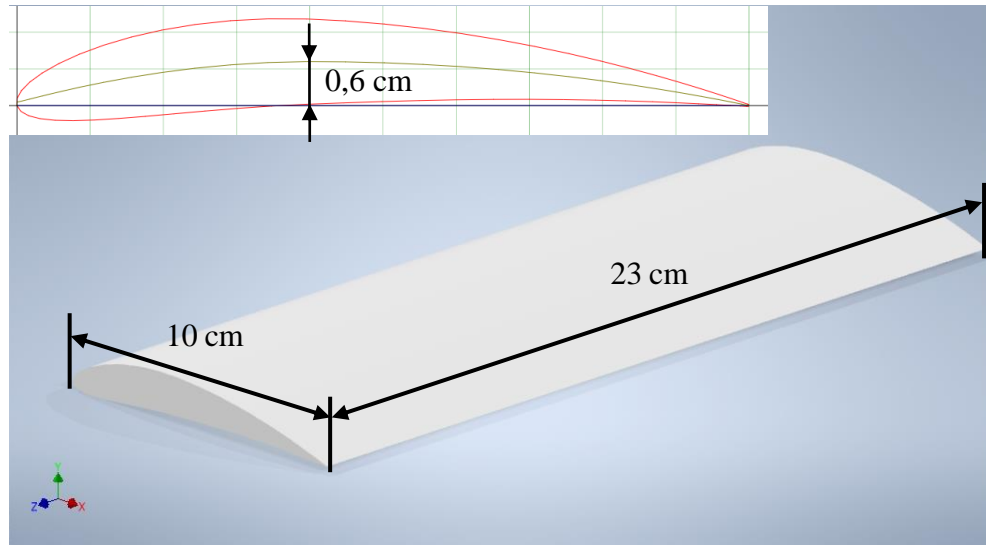
*Airfoil* yang digunakan pada penelitian adalah model NACA 2412, NACA 4412 dan NACA 6412. Bahan yang digunakan adalah PLA dan terdapat *shaft* pada ujung *airfoil*. Ukuran yang digunakan adalah panjang *chord* 10 cm dan lebar *span* 23 cm, mengikuti dengan model *airfoil* yang sudah jadi.



Gambar 3.3 NACA 2412



Gambar 3.4 NACA 4412



Gambar 3.5 NACA 6412



Gambar 3.6 Spesimen dan dudukan *airfoil*

### 3.2.5 Pengujian Dan Pengambilan Data

#### I. Pengujian dan Pengambilan Data dengan Metode Eksperimental

Eksperimental dilakukan menggunakan *wind tunnel*. Sebelum *airfoil* dipasang pada instrumen alat ukur, terlebih dahulu mengatur kecepatan angin pada *wind tunnel*. Kecepatan angin pada lubang masuk angin *boiler*. Lubang angin *boiler* ditutup untuk mencapai kecepatan angin yang diinginkan, kemudian *airfoil*

dipasang pada *wind tunnel*. *Shaft* dan *airfoil* diletakan pada sensor instrumen alat ukur.



Gambar 3.7 Memasangudukan *airfoil*



Gambar 3.8 Keadaan *airfoil* setelah terpasang



Gambar 3.9 Mengatur kecepatan aliran angin

Kemudian mengatur instrumen alat ukur menjadi keadaan setimbang. Keadaan setimbang yang dimaksud berada pada 0 N. Setelah mencapai keadaan setimbang maka *wind tunnel* dapat ditutup dan mulai mengambil data.



Gambar 3.10 Pengambilan data pada instrumen alat ukur

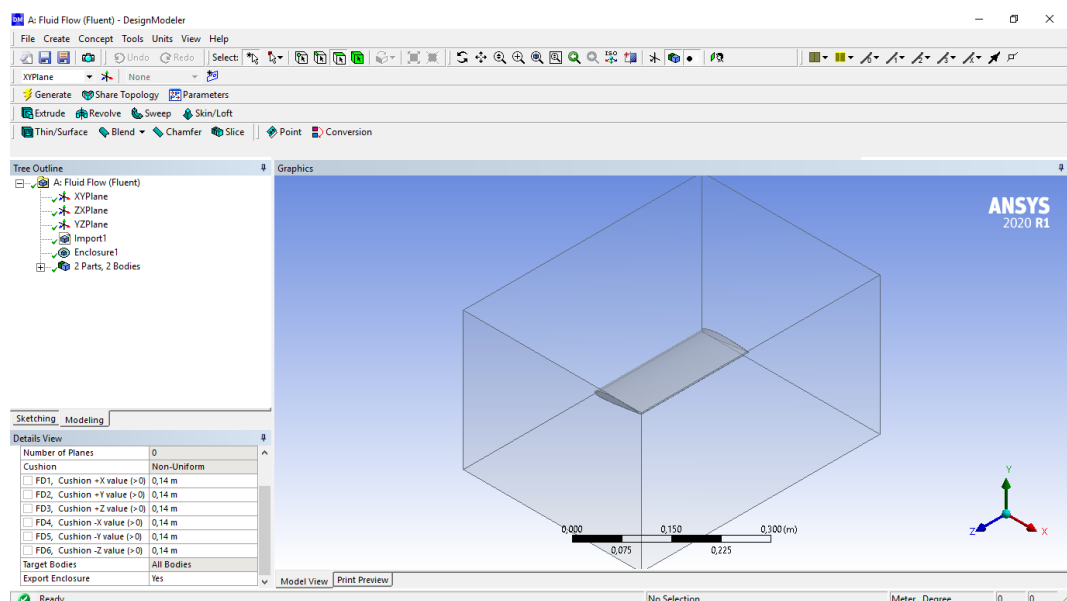




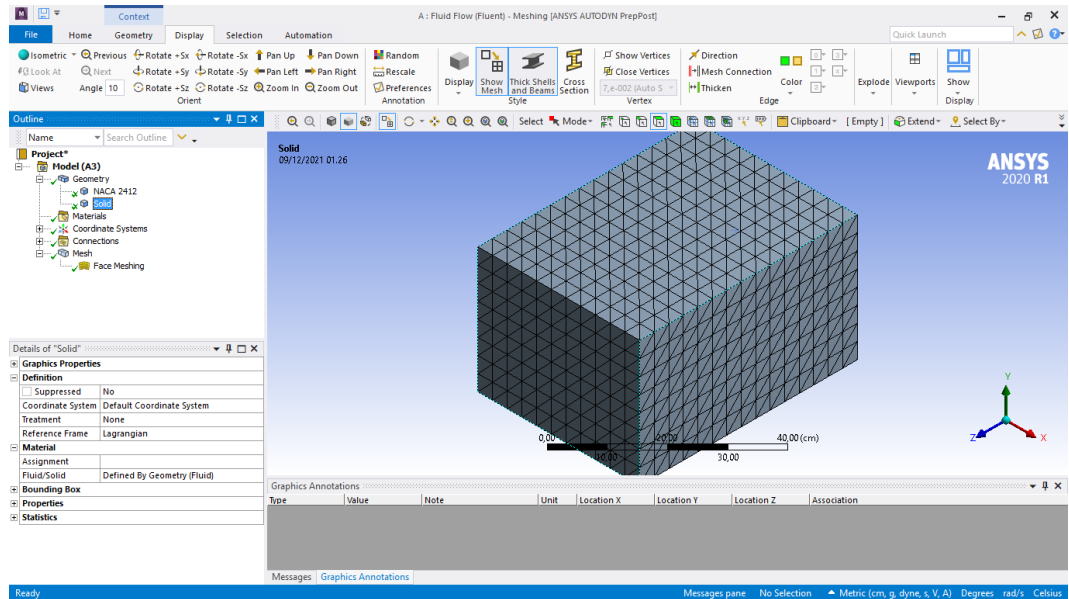
Gambar 3.11 Wind tunnel

## II. Pengujian dan Pengambilan Data dengan Metode Komputasi

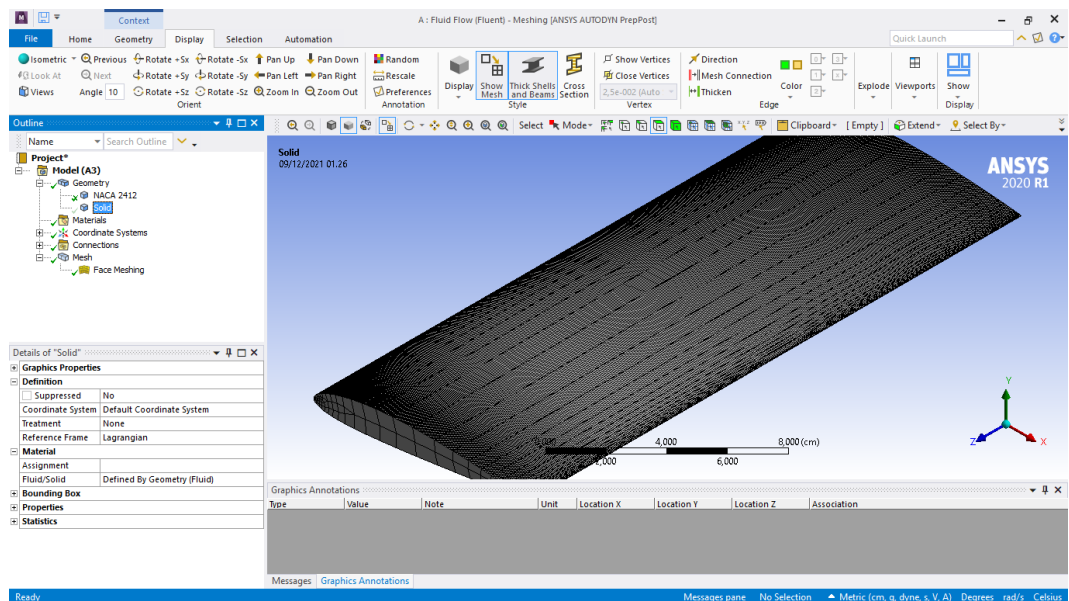
Metode komputasi dilakukan menggunakan *software Computational Fluida Dynamics (CFD)*. Desain *airfoil* dibuat terlebih dahulu pada *software Autodesk Inventor*, ukuran yang digunakan sama dengan objek eksperimental. Setelah *airfoil* sudah dibuat maka, desain dapat di-*import* pada *software Ansys Fluent*. Parameter dipastikan sama dengan yang ada pada keadaan nyata dari *wind tunnel*, kondisi batasan dari tekanan, kecepatan angin, ukuran *test section*.



Gambar 3.12 Menentukan ukuran ruang *test section*

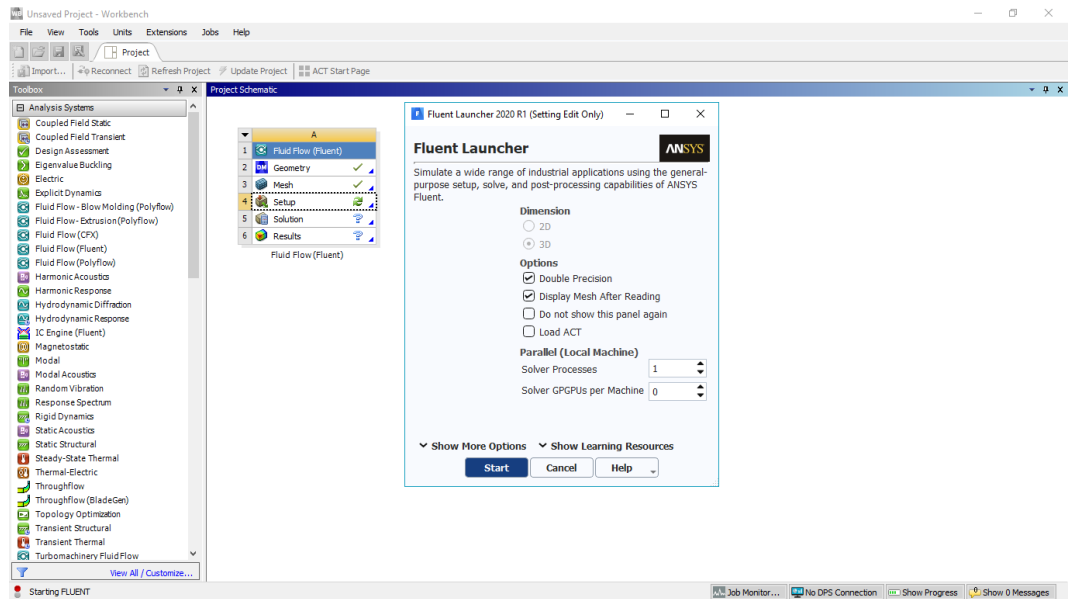


Gambar 3.13 Proses *meshing* model *airfoil*



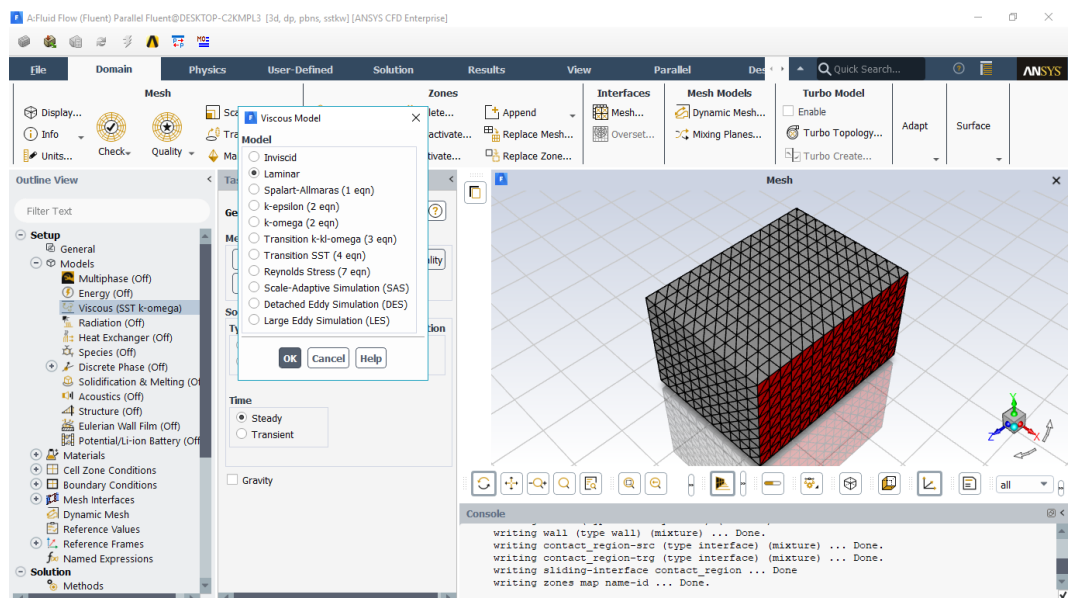
Gambar 3.14 Hasil *meshing* model *airfoil*

Mengatur kondisi batas pada Ansys Fluent terdapat 2 pilihan dalam proses solver yaitu 2 dimensi *single precision* atau *double precision* dan 3 dimensi *single precision* atau *double precision*. Pada pengujian kali ini digunakan 3 dimensi dengan *double precision*. *Double precision* dibutuhkan untuk simulasi pada geometri yang sangat panjang. Objek penelitian yang kecil atau kasus konveksi dengan perbedaan konduktivitas tinggi.

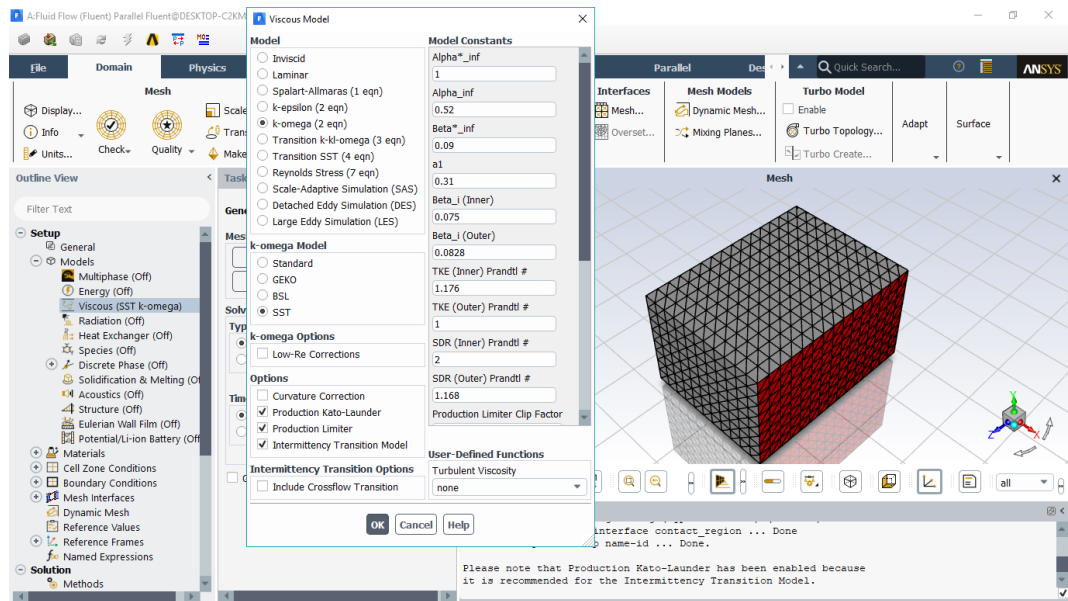


Gambar 3.15 FLUENT Launcher

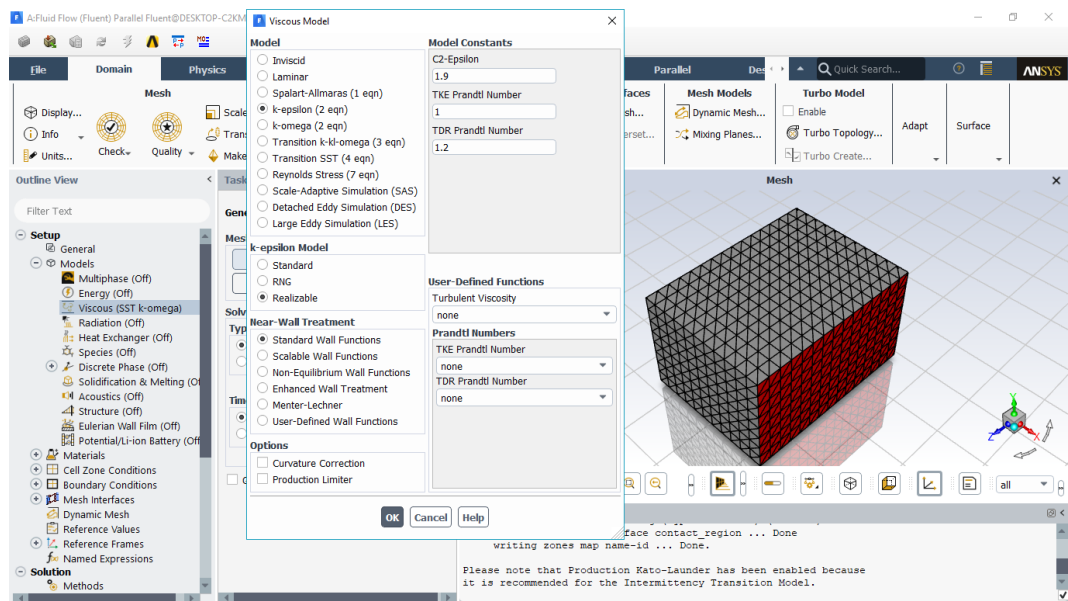
Pada menu Ansys Fluent terdapat menu untuk memilih model aliran pada proses running. Disini terdapat beberapa parameter yang harus ditentukan seperti formulasi *solver*, ruang model (*space*), dll. Pada simulasi ini dipilih sesuai dengan perhitungan reynold bilangan, laminer untuk kecepatan 3 m/s, STT e-omega pada *transitional flow* untuk kecepatan 4 m/s dan Realizable e-epsilon pada aliran turbulen untuk kecepatan 5 dan 7 m/s.



Gambar 3.16 Viscous Model Laminer

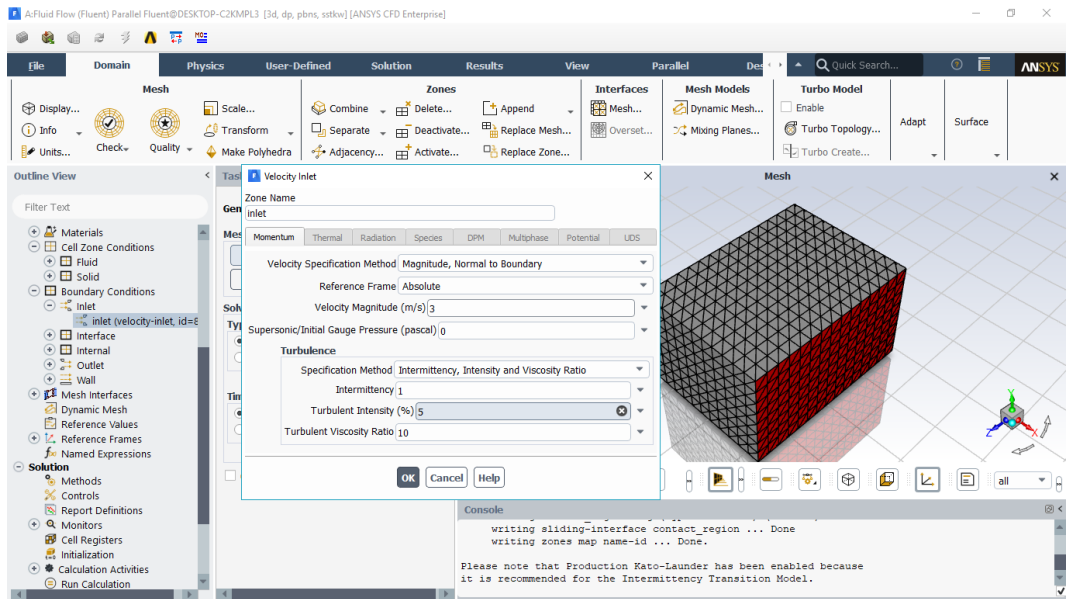


Gambar 3.17 Viscous Model SST  $k-\omega$

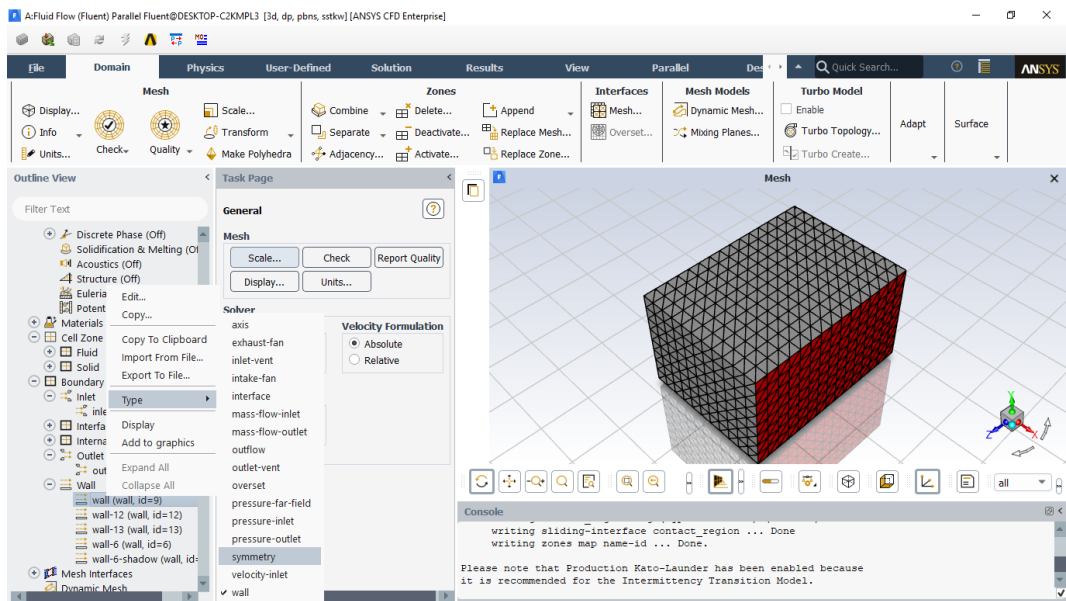


Gambar 3.18 Viscous Model Realizable  $k-\epsilon$

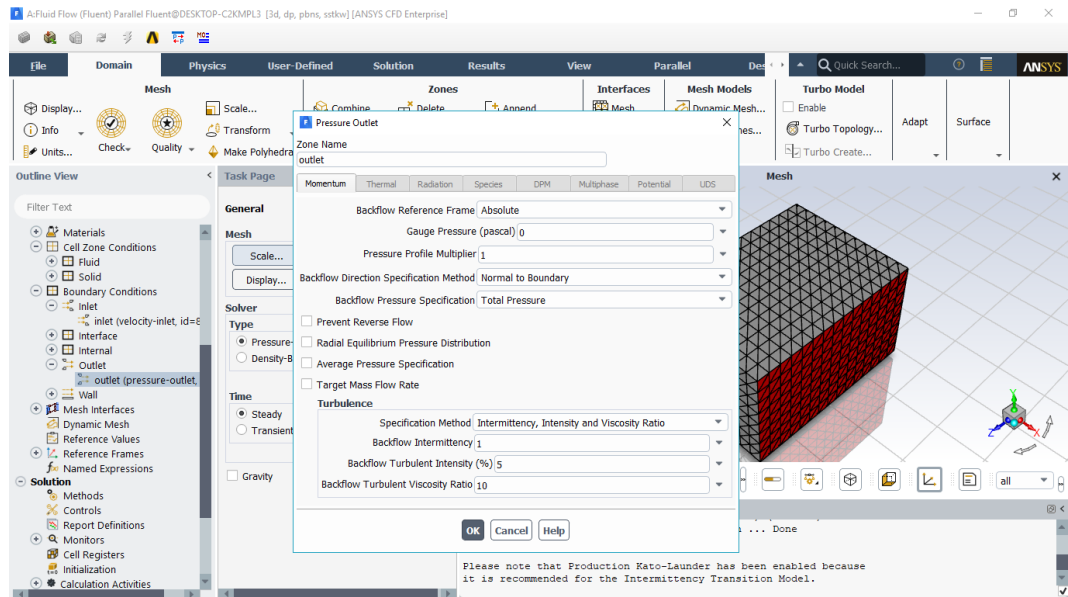
*Boundary Condition* pada penentuan kondisi batas merupakan masukan data yang sangat penting untuk simulasi aliran dengan Fluent. Pada tahap ini menentukan *inlet*, *wall*, *outlet* dan benda uji.



Gambar 3.19 Velocity Inlet

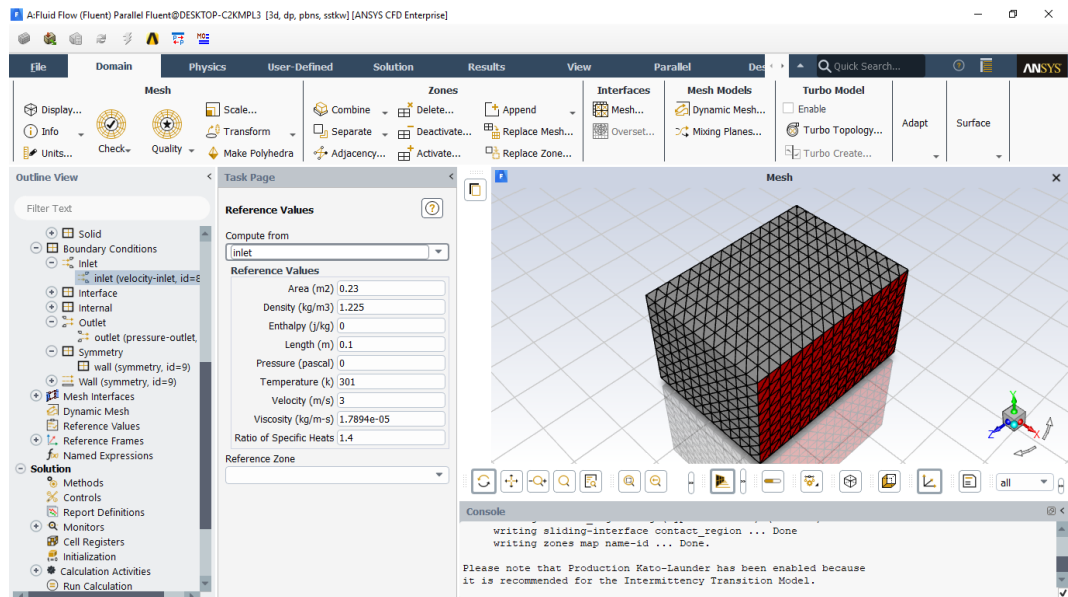


Gambar 3.20 Mengatur Wall menjadi symmetry



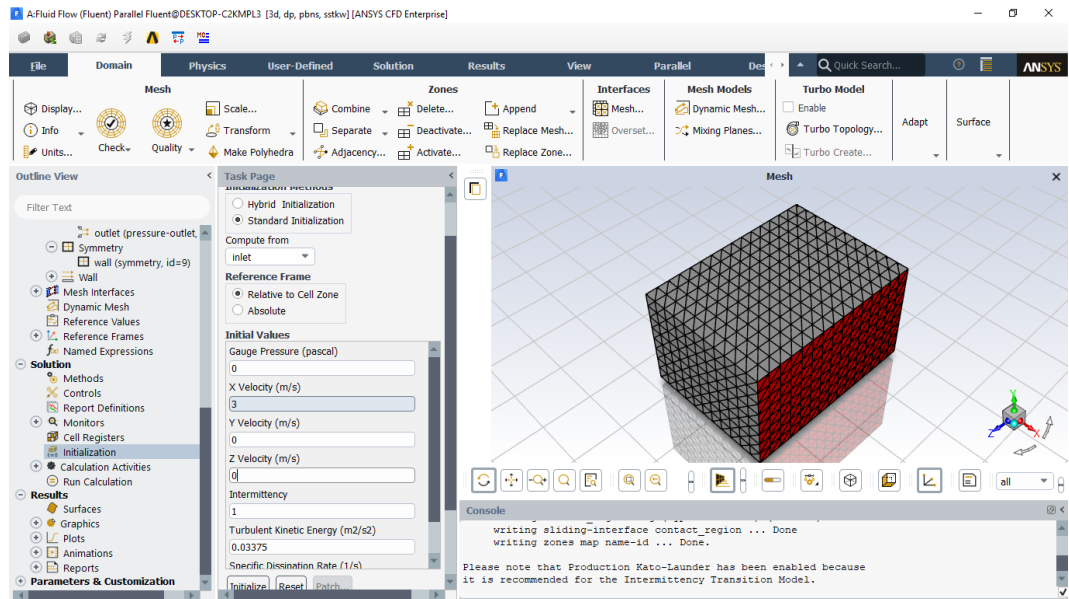
Gambar 3.21 Pressure Outlet

Mengatur *Reference Values* dengan batasan kondisi yang ada pada objek dan tempat penelitian. Mengubah nilai pada *Area*, *Length*, *Temperature* dan *velocity*.



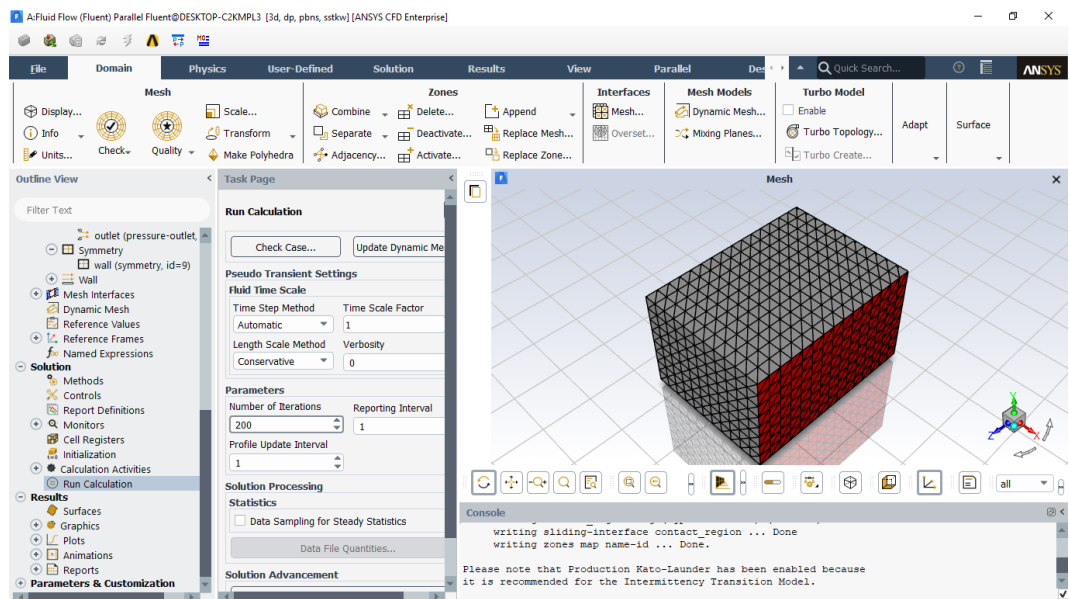
Gambar 3.22 Reference Values

Mengatur *Initialization* dengan menyesuaikan data pada inlet nilai turbulensi dan kecepatan dan arah aliran udara.



Gambar 3.23 *Solution Intialization*

Setelah semua parameter dimasukkan, maka langkah selanjutnya adalah proses running. Namun sebelum proses running dimulai terlebih dahulu memasukkan angka interaksi yang diinginkan, pada tahap ini ditentukan maksimal 200 interaksi.



Gambar 3.24 *Run Calculation*

### 3.2.6 Analisa dan Pembahasan

Data yang didapat dari hasil eksperimental, yaitu gaya angkat dan gaya hambat kemudian diolah hingga mendapat koefisien angkat dan koefisien hambat

menggunakan rumus pada bab sebelumnya. Setelah mendapat koefisien angkat dan koefisien hambat, kemudian diplot pada grafik terhadap sudut serang. Grafik hasil eksperimental kemudian dibandingkan dengan komputasi.

### 3.3 Variabel Penelitian

Penelitian ini untuk mengetahui karakteristik aerodinamika dari *airfoil* NACA 2412, NACA 4412 dan NACA 6412 serta pengaruh kecepatan angin dan sudut serang terhadap performansi dari *airfoil*.

Gaya aerodinamik pada *airfoil* meliputi gaya angkat dan gaya hambat. Dimana masing-masing variabel tersebut didapat dari metode eksperimental menggunakan *wind tunnel* dan metode komputasi menggunakan *Computational Fluid Dynamics*.

Metode eksperimen adalah prosedur penelitian yang dilakukan untuk mengungkapkan hubungan sebab akibat dua variabel atau lebih, dengan mengendalikan pengaruh variabel yang lain. Metode ini dilaksanakan dengan memberikan variabel bebas secara sengaja (bersifat induse) kepada objek penelitian untuk diketahui akibatnya di dalam variabel terikat.

Metode komputasi dan numerik yaitu metode yang menggunakan komputer sebagai alat bantu untuk mencari penyelesaian pendekatan untuk soal-soal teknik.

Variabel penelitian yang digunakan diantaranya

1. Variabel bebas, adalah variabel yang diubah-ubah atau yang mempengaruhi penelitian. Pada penelitian ini variabel tersebut berupa,
  - a. Bentuk *Airfoil* NACA 2412, NACA 4412 dan NACA 6412
  - b. Sudut Serang  $-5^\circ$ ,  $0^\circ$ ,  $5^\circ$ ,  $10^\circ$ ,  $15^\circ$
  - c. Kecepatan angin 3, 4, 5 dan 7 m/s
  - d. Metode Komputasional dan Metode Eksperimental
2. Variabel terikat, adalah variabel yang diamati atau hasil pengaruh dari variabel bebas. Pada penelitian ini variabel tersebut berupa, *Drag Force*, *Lift Force*, *Drag Coefficient* dan *Lift Coefficient*
3. Variabel terkontrol, adalah variabel yang sama dalam suatu penelitian. Pada penelitian ini variabel tersebut berupa, manufaktur dari model *airfoil* menggunakan plastik PLA dengan ukuran panjang chord 10 cm dan lebar span 23 cm.