

## BAB IV

### 4.1 Validasi Pemodelan

Validasi pemodelan dibuat dengan mengacu pada regulasi KMHE 2020 dengan ukuran untuk kategori mobil prototipe sebagai berikut Jarak sumbu roda depan dengan belakang (wheelbase) minimal 100 cm, Panjang keseluruhan kendaraan maksimal 350 cm, Lebar keseluruhan kendaraan maksimal 130 cm. Validasi dilakukan bertujuan untuk pada pemodelan bodi prototipe sesuai dengan regulasi kmhe 2020.

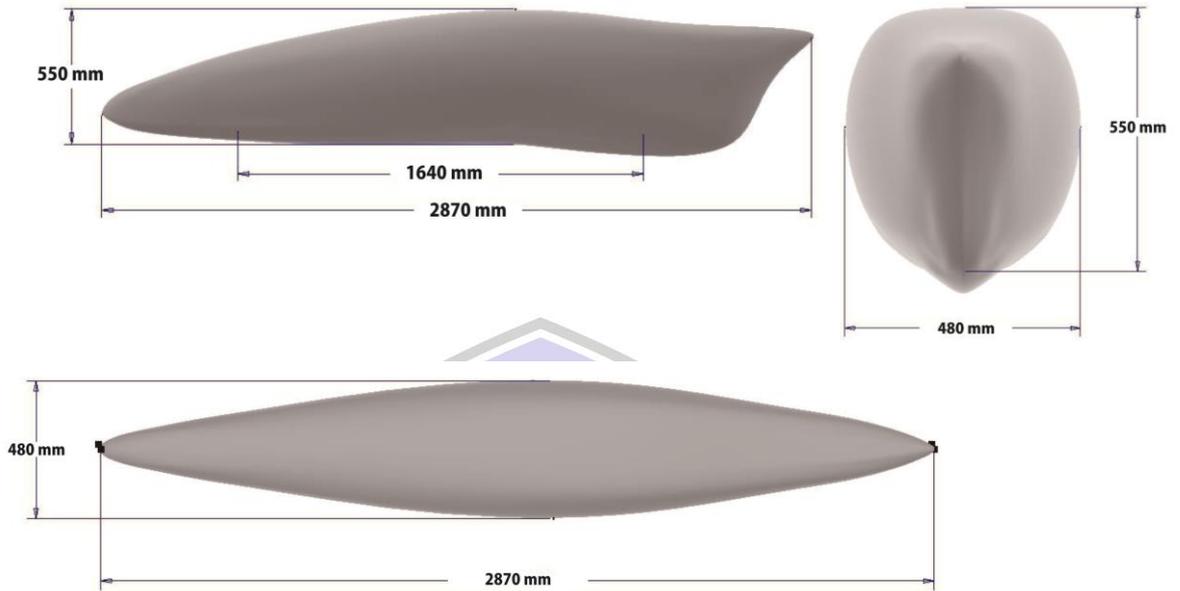
*Tabel 4.1* Dimensi ukuran mobil prototipe

Dimensi Total kendaraan	Nilai Maximum
Panjang Mobil Prototipe	350 cm
Lebar Mobil Prototipe	130 cm
Tinggi Mobil Prototipe	100 cm
<i>Wheelbase</i>	100 cm (minimum)

Pada tabel 4.1 menunjukkan ukuran keseluruhan dari dimensi mobil tipe prototipe sesuai dengan regulasi kmhe 2020. Tabel tersebut dapat dijadikan acuan untuk proses membuat dimensi bodi prototipe.

## 4.2 Pemodelan 3D Bodi Prototipe A, B Dan C

### 4.2.1 Pemodelan 3D bodi A

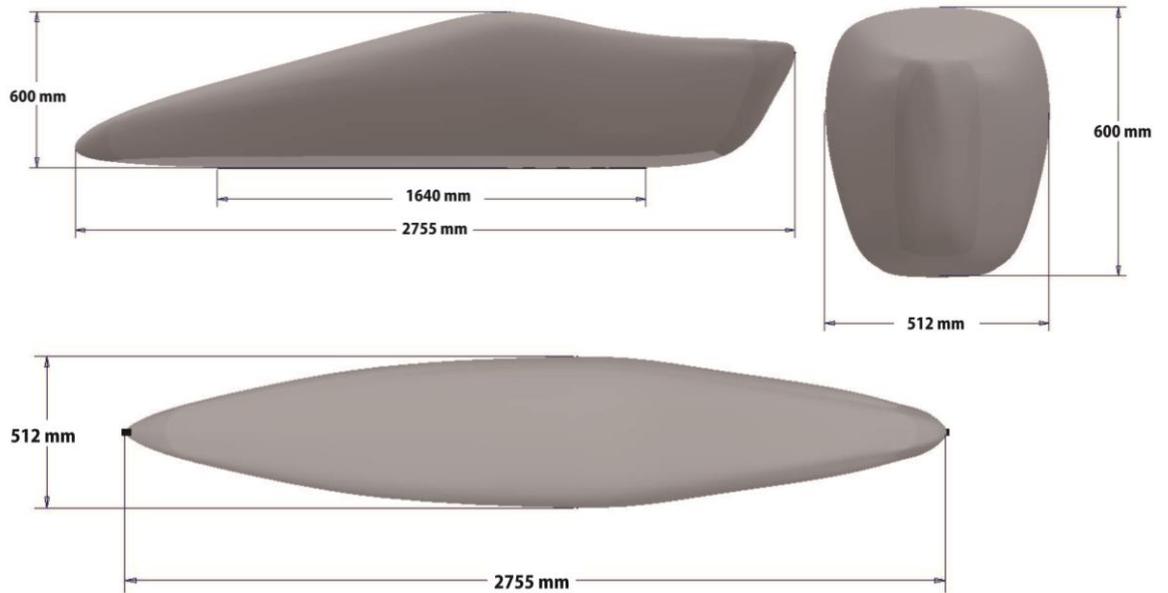


*Gambar 4.1* Validasi Pemodelan Bodi A Regulasi KMHE 2020

Dari gambar 4.1 merupakan ukuran bodi prototipe A dengan ukuran yang sudah disesuaikan dengan regulasi kmhe 2020 dengan panjang 2870 mm lebar 480 mm dan tinggi 550mm.

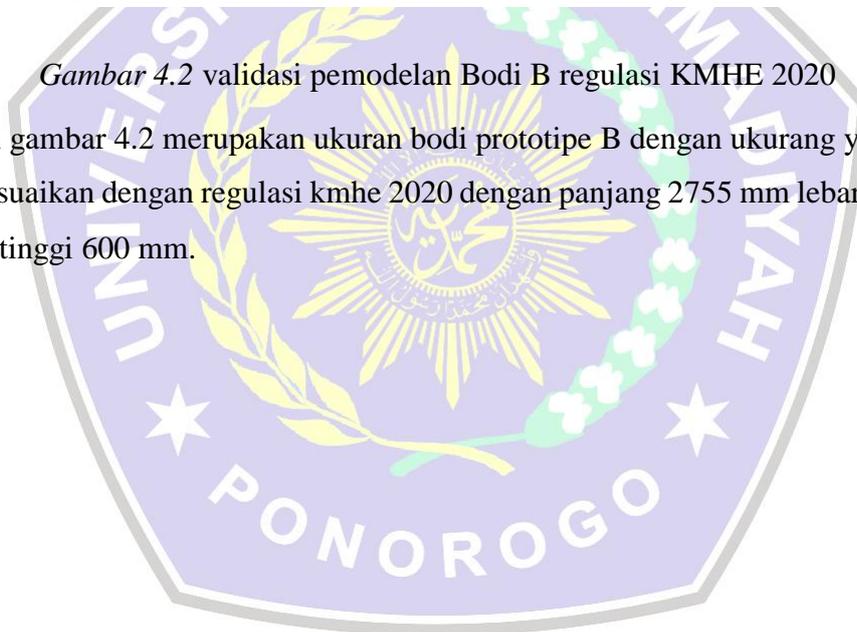


#### 4.2.2 Pemodelan 3D Bodi B

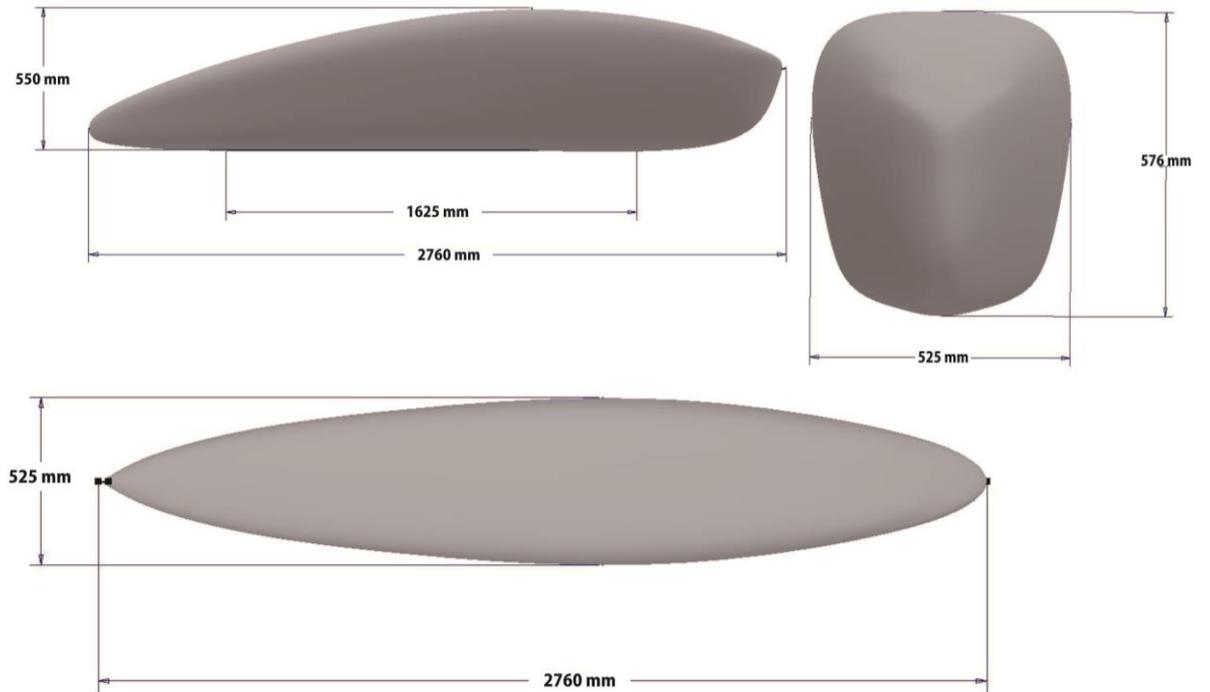


*Gambar 4.2* validasi pemodelan Bodi B regulasi KMHE 2020

Dari gambar 4.2 merupakan ukuran bodi prototipe B dengan ukurang yang sudah disesuaikan dengan regulasi kmhe 2020 dengan panjang 2755 mm lebar 4512 mm dan tinggi 600 mm.



### 4.2.3 Pemodelan 3D Bodi C



*Gambar 4.3* validasi pemodelan Bodi C regulasi KMHE 2020

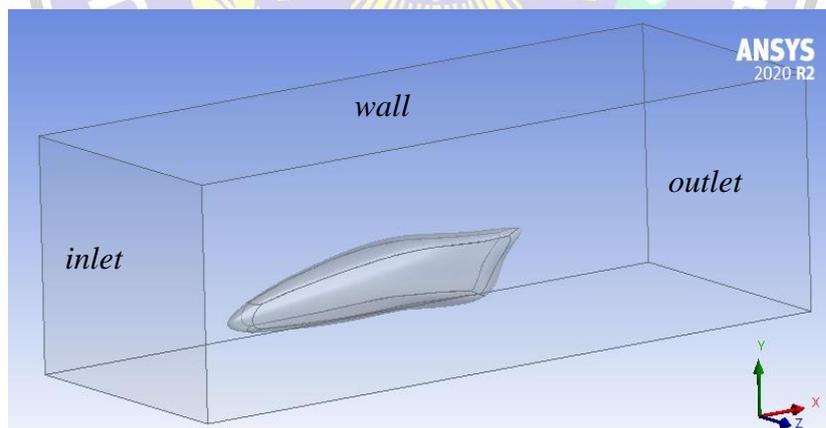
Dari gambar 4.3 merupakan ukuran bodi prototipe C dengan ukuran yang sudah disesuaikan dengan regulasi kmhe 2020 dengan panjang 2760 mm lebar 525 mm dan tinggi 576mm.



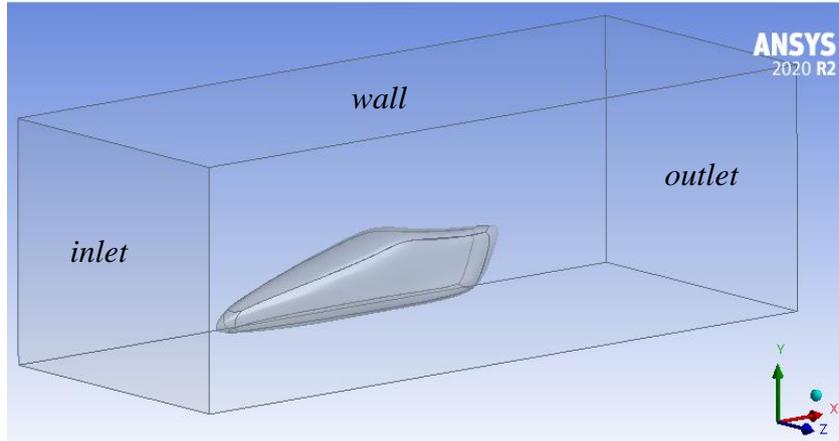
Setelah pembuatan bodi mobil 3D pada *autodesk inventor*, kemudian diekspor ke dalam *software ansys* untuk melakukan pembuatan domain simulasi pembuatan domain simulasi dilakukan pada project *design modeler* kemudian di *enclosure* akan muncul kotak atau wind tunel pada daerah bodi dan tinggal menentukan ukuran domain simulasi tersebut, sebagai contoh gambar 4.5 dibawah ini.

Details View	
Details of Enclosure1	
Enclosure	Enclosure1
Shape	Box
Number of Planes	0
Cushion	Non-Uniform
<input type="checkbox"/> FD1, Cushion +X value (>0)	2000 mm
<input type="checkbox"/> FD2, Cushion +Y value (>0)	1000 mm
<input type="checkbox"/> FD3, Cushion +Z value (>0)	900 mm
<input type="checkbox"/> FD4, Cushion -X value (>0)	1000 mm
<input type="checkbox"/> FD5, Cushion -Y value (>0)	250 mm
<input type="checkbox"/> FD6, Cushion -Z value (>0)	900 mm
Target Bodies	All Bodies
Export Enclosure	Yes

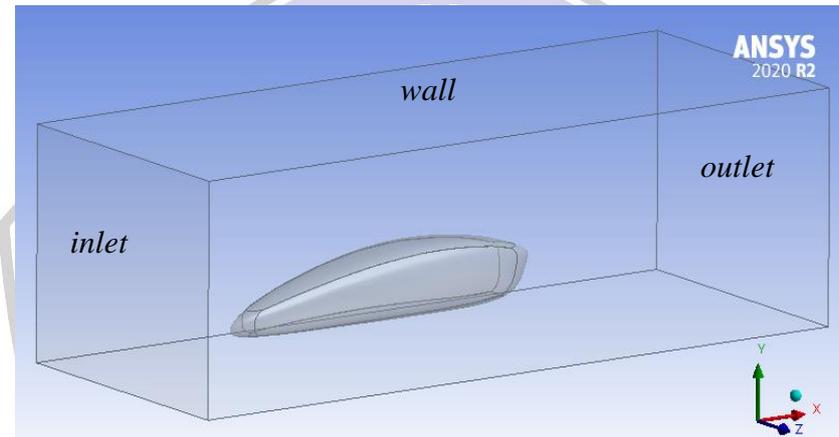
Gambar 4.4 detail Ukuran Domain Simulasi



Gambar 4.5 Domain Simulasi Bodi A



Gambar 4.6 domain simulasi bodi B



Gambar 4.7 domain simulasi bodi C

Pada gambar 4.4 merupakan ukuran dari domain simulasi A, B dan C kemudian gambar 4.7 merupakan domain simulasi pada daerah bodi. Dengan tiga bagian yaitu velocity inlet sebagai aliran masuknya fluida kemudian dinding wall merupakan batas dari aliran fluida atas, bawah, dan samping kemudian outlet sebagai keluarnya aliran fluida.

### 4.3 Simulasi Bodi Prototipe

Tabel 4.2 property material simulasi

<i>Property</i>	Nilai
<i>Velocity inlet</i>	16 m/s
<i>Pressure outlet</i>	0 Bar
<i>Density fluida</i>	1.225 kg/m <sup>3</sup>
Viskositas (Kg/ms <sup>3</sup> )	1.7894e-05 kg/ms
Models Turbulen	Viscous K-SST K-epsilon Realizable

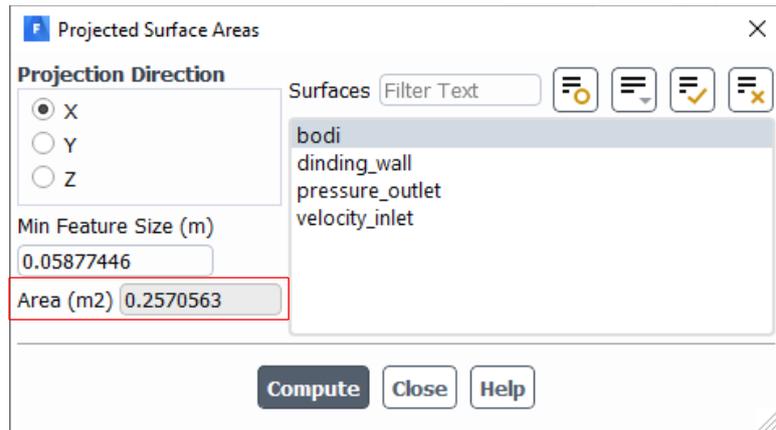
pada tabel 4.2. merupakan properti material yang digunakan untuk simulasi kali ini, model turbulen yang digunakan adalah model turbulen K-SST K-epsilon realizable karena itu K-epsilon cocok untuk digunakan pada permodelan fluida *internal condition* dan perhitungan yang akurat dan untuk turbulensi intensitas sebesar 5%. Kemudian untuk penentuan kondisi boundary dibagi menjadi tiga bagian yaitu: *inlet*, *outlet*, dan *wall*. Pada inlet sebagai masuknya aliran udara dengan kecepatan konstan 16 m/s atau 57.6 km/jam. diambil kecepatan 57.6 km/jam merupakan kecepatan maksimum dari mobil tersebut.

Tabel 4.3 properti mesh

<i>Metode</i>	<i>Element size</i>	Kualitas mesh	<i>Relevance</i>
<i>tetrahedrons</i>	0.3	Default(0.9000)	0

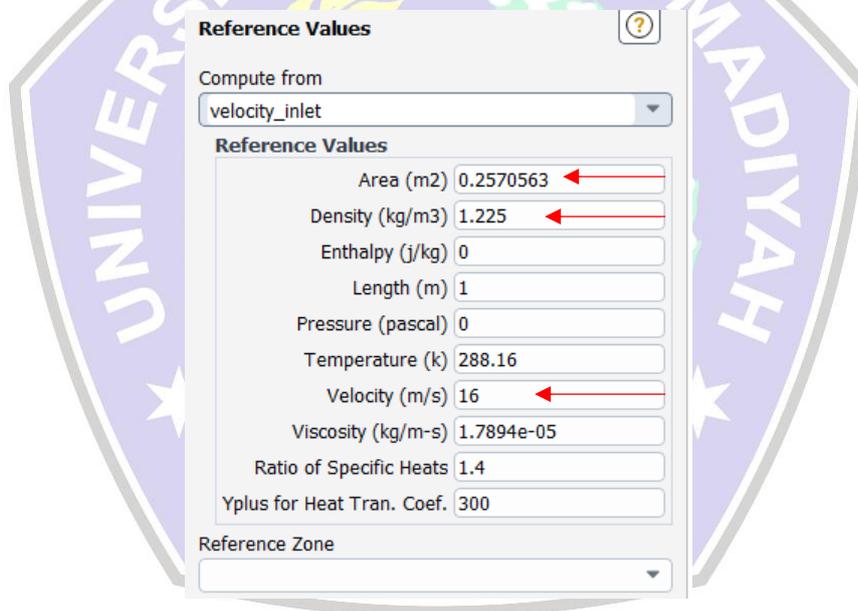
Tabel 4.3 merupakan properti yang digunakan dalam proses meshing dengan menggunakan tetrahedrons dengan element size sebesar 0.3 dengan target kualitas skewness default (0.9000).

### 4.3.1 proses simulasi Bodi A



Gambar 4.8 Frontal area bodi A

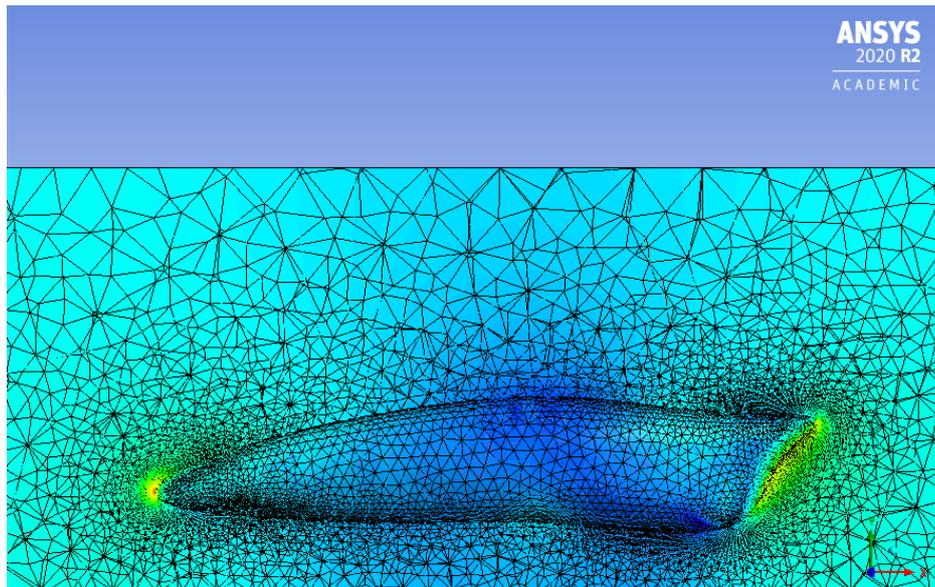
Gambar 4.8 merupakan luas area frontal area pada Bodi B bagian area depan bodi yang terkena tekanan udara dari depan atau velocity inlet.



Gambar 4.9 Reference Values

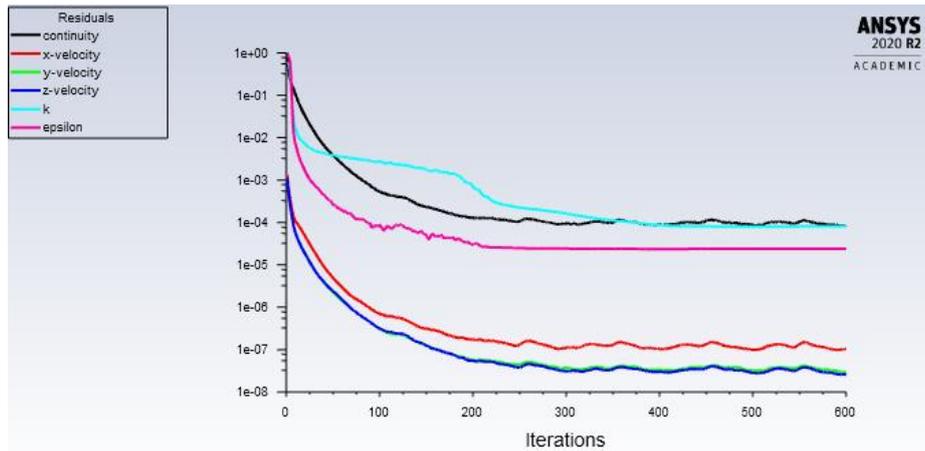
Gambar 4.9 diatas untuk menginput data simulasi berupa *frontal area*, *density* dan *velocity* sesuai dengan yang ditunjukkan oleh tanda panah warna merah ,karena bagian ketiga itulah nanti yang akan mempengaruhi hasil dari simulasi pada pencarian *coefficient drag*.

a. meshing bodi A



*Gambar 4. 10* Meshing Bodi Dan Daerah Domain Simulasi Bodi A

Pada *Gambar 4. 10* dapat diketahui hasil dari metode *tetrahedrons* mesh untuk bodi A tampak terdapat hasil mesh yang sedikit lebih besar ukurannya dengan target element mesh ukuran 0.3 m dan kalitas mesh skewness mode default (0.9000) menghasilkan 58004 *nodes* dan 319956 *elements* . dari mesh tersebut mesh skewness memiliki kualitas mesh yang bagus dan mesh tersebut dikatakan baik karena tidak ada eror pada saat mesh dan saat memasuki simulasi.



*gambar 4.11* Grafik Residuals Bodi A

Pada gambar 4.11 diatas merupakan proses iteratios dengan nilai input iterations sebanyak 10 itertions, kemudian untuk kriteria konvergensi mencapai 1e-08 untuk mencapai konvergensi dimulai pada iterasi 400 sampai 600 , dengan jumlah iterasi sebanyak 600 iterasi kemudian membuntuhkan waktu untuk proses *runing time* selama 45 menit untuk satu bodi prototipe.

fd		
	Drag	(n)
	bodi	2.5735152
cd		
	Cd	()
	bodi	0.063848734

*gambar 4.12* nilai *coefficient drag* dan *force drag* hasil simulasi bodi A

dari gambar 4.12 merupakan hasil dari prosesiterasi dengan jumlah iterasi sebanyak 600 pada akhir iterasi menghasilkan nilai *coefficient drag* dan *force drag* sesuai yang ditunjukkan pada gambar 4.12 kemudian dilakukan perhitungan manual menggunakan rumus untuk nilai *coefficient drag* dan *force drag*.

c. perhitungan *coefficient drag* Bodi A

Setelah melakukan simulasi kemudian untuk hasil *coefficient drag* dari simulasi dihitung kembali agar mengetahui validnya hasil dari simulasi tersebut

Perhitungan untuk *coefficient drag* bodi A

$$C_D = \frac{2Fd}{\rho V^2 A}$$

Dimana

$C_D$  : *coefficient drag*

$F_d$  : gaya hambat (*force drag*) (N)

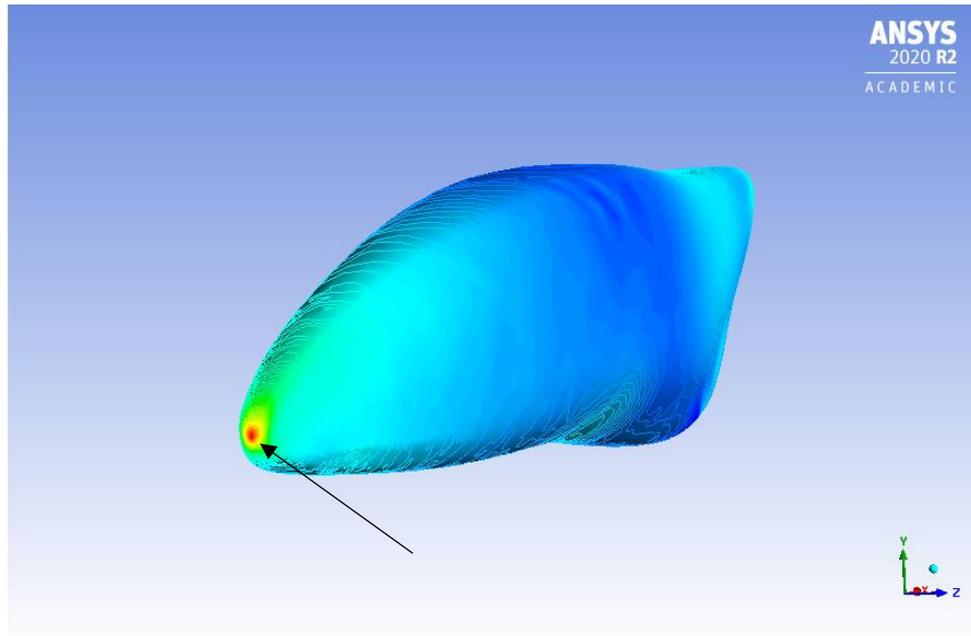
$\rho$  : massa jenis fluida udara ( $kg/m^3$ )

$V$  : kecepatan relatif (m/s)

$A$  : luas permukaan (*frontal area*) ( $m^2$ )

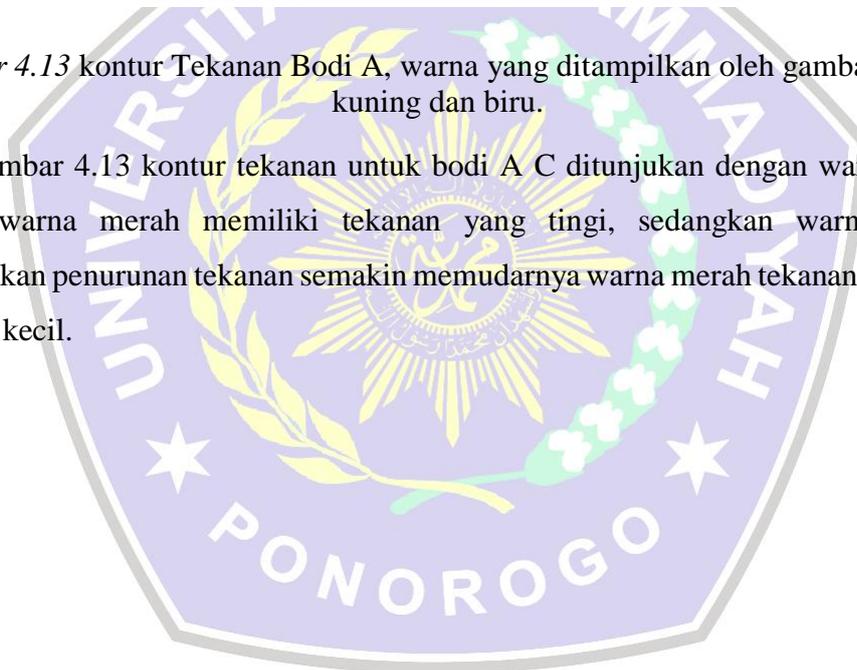
$$\begin{aligned} CD &= \frac{2 \times 2.5735152}{1.225 \times 16^2 \times 0.2570563} \\ &= \frac{5.1470304}{80.6128557} \\ &= 0,063848734 \end{aligned}$$

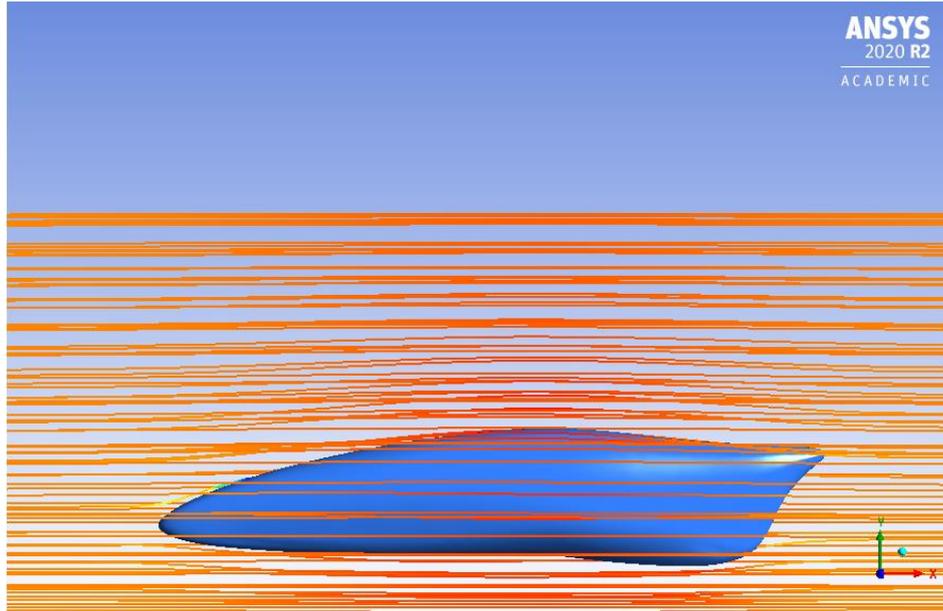
Setelah melakukan perhitungan dengan rumus untuk mencari *coefficient drag* mendapatkan hasil nilai *coefficient drag* dari Bodi A sebesar 0,063848734.



*Gambar 4.13* kontur Tekanan Bodi A, warna yang ditampilkan oleh gambar, merah kuning dan biru.

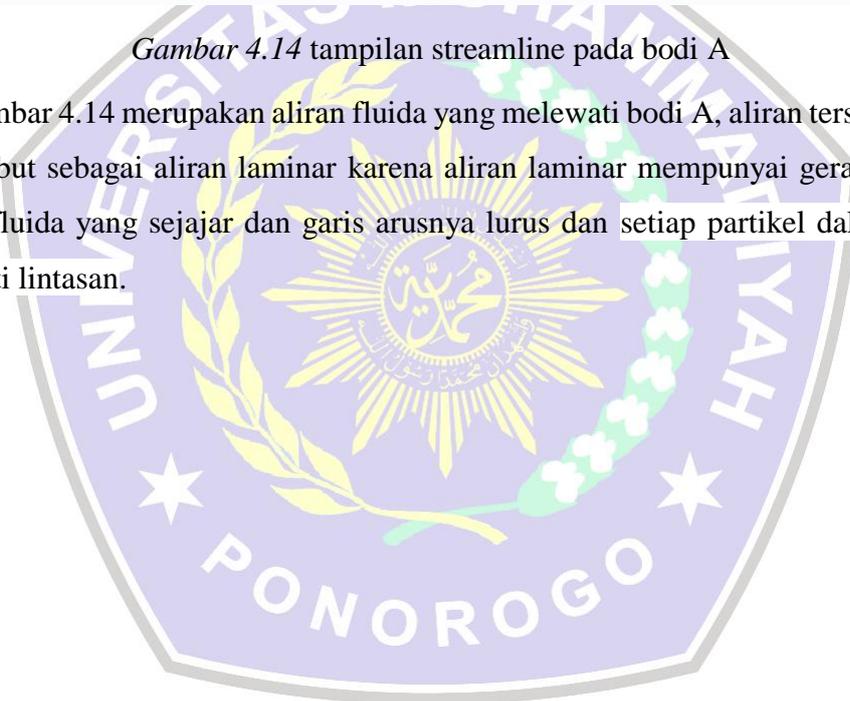
Pada Gambar 4.13 kontur tekanan untuk bodi A C ditunjukkan dengan warna merah artinya warna merah memiliki tekanan yang tinggi, sedangkan warna kuning menunjukkan penurunan tekanan semakin memudarnya warna merah tekanan pada bodi semakin kecil.



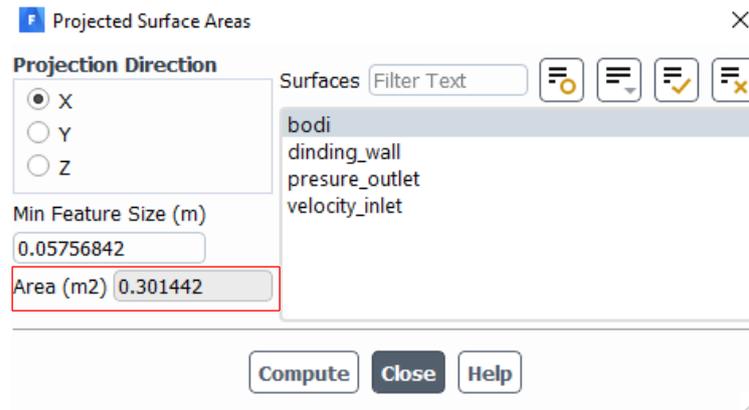


*Gambar 4.14* tampilan streamline pada bodi A

Pada Gambar 4.14 merupakan aliran fluida yang melewati bodi A, aliran tersebut lurus bisa disebut sebagai aliran laminar karena aliran laminar mempunyai gerak partikel partikel fluida yang sejajar dan garis arusnya lurus dan setiap partikel dalam fluida mengikuti lintasan.

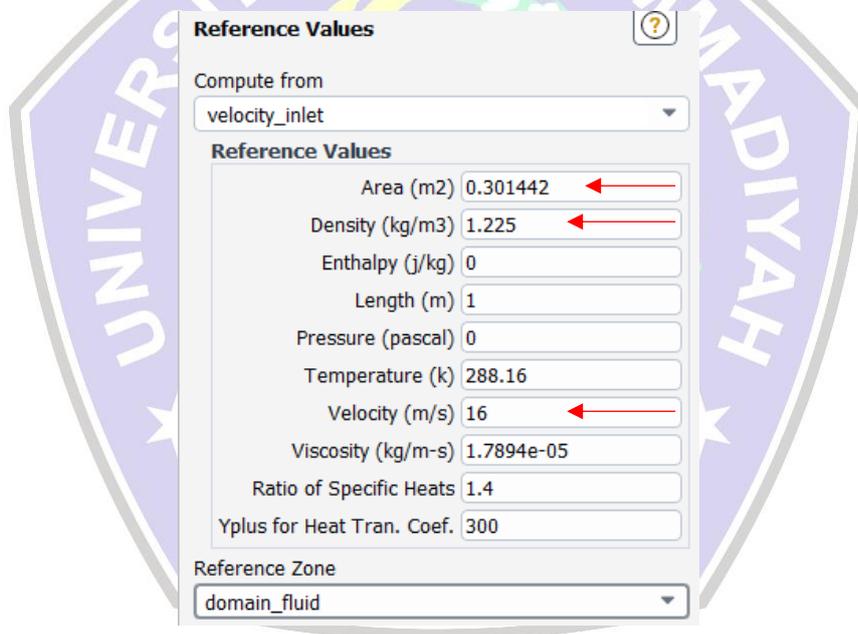


### 4.3.2 Proses simulasi Bodi B



Gambar 4. 15 Frontal area Bodi B

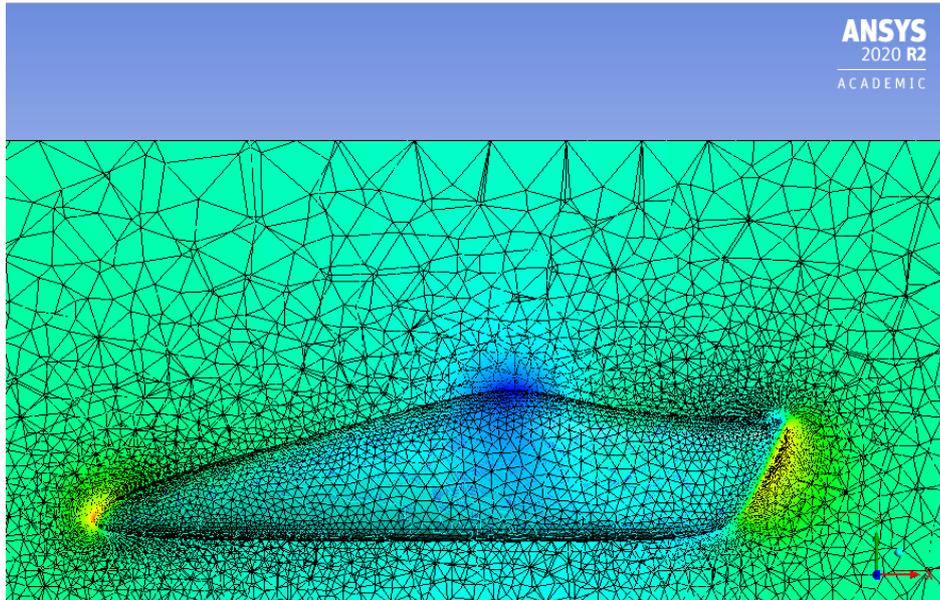
Gambar 4.15 merupakan luas area frontal area pada Bodi B bagian area depan bodi yang terkena tekanan udara dari depan atau velocity inlet.



Gambar 4.16 References values

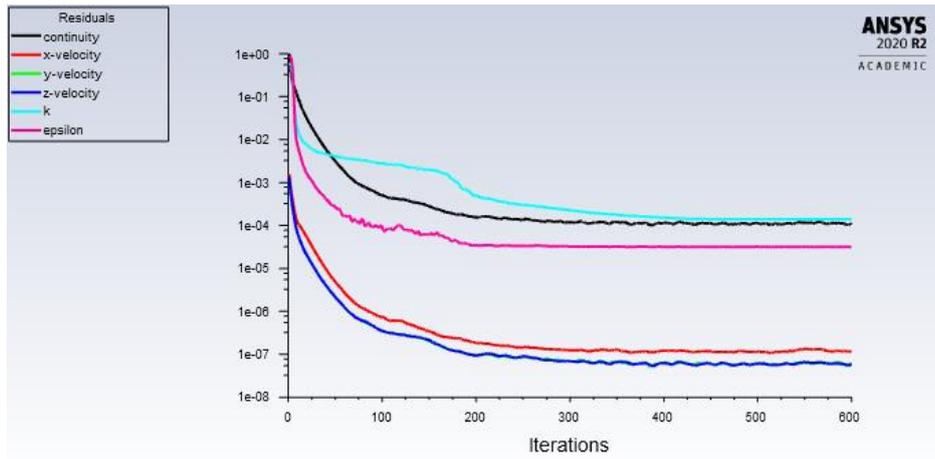
Gambar 4.16 diatas untuk menginput data simulasi berupa *frontal area*, *density* dan *velocity* sesuai dengan yang ditunjukkan oleh tanda panah warna merah ,karena bagian ketiga itulah nanti yang akan mempengaruhi hasil dari simulasi pada pencarian *coefficient drag*.

a. Meshing bodi B



Gambar 4.17 meshing bodi dan daerah domain simulasi bodi B

Pada Gambar 4.17 dapat diketahui hasil dari metode *tetrahedrons* mesh untuk bodi B tampak terdapat hasil mesh yang sedikit lebih besar ukurannya dengan target element mesh ukuran 0.3m dan kualitas mesh mode default (0.9000) menghasilkan 48059 *nodes* dan 264550 *elements* . dari mesh tersebut mesh skewness memiliki kualitas mesh yang bagus dan mesh tersebut dikatakan baik karena tidak ada eror pada saat mesh dan saat memasuki simulasi.



Gambar 4.18 grafik Residuals Bodi B

Dari gambar 4.18 diatas merupakan proses iteratis dengan nilai input iterations sebanyak 10 itertions, kemudian untuk kriteria konvergensi mencapai 1e-08 untuk mencapai konvergensi dimulai pada iterasi 400 sampai 600 , dengan jumlah iterasi sebanyak 600 iterasi kemudian membuntuhkan waktu untuk proses *runing time* selama 45 menit untuk satu bodi prototipe.

fd		
	Drag	(n)
	bodi	2.9201488
cd		
	Cd	()
	bodi	0.061781045

Gambar 4.19 nilai *coefficient drag* dan *force drag* hasil simulasi

dari gambar 4.19 merupakan hasil dari proses iterasi dengan jumlah iterasi sebanyak 600 pada akhir iterasi menghasilkan nilai *coefficient drag* dan *force drag* sesuai yang ditunjukkan pada gambar 4.19. kemudian dilakukan perhitungan manual menggunakan rumus untuk nilai *coefficient drag* dan *force drag*.

c. perhitungan *coefficient drag* Bodi B

Setelah melakukan simulasi kemudian untuk hasil *coefficient drag* dari simulasi dihitung kembali agar mengetahui validnya hasil dari simulasi tersebut.

Perhitungan untuk *coefficient drag* bodi B

$$C_D = \frac{2F_d}{\rho V^2 A}$$

Dimana

$C_D$  : *coefficient drag*

$F_d$  : gaya hambat (*force drag*) ( N )

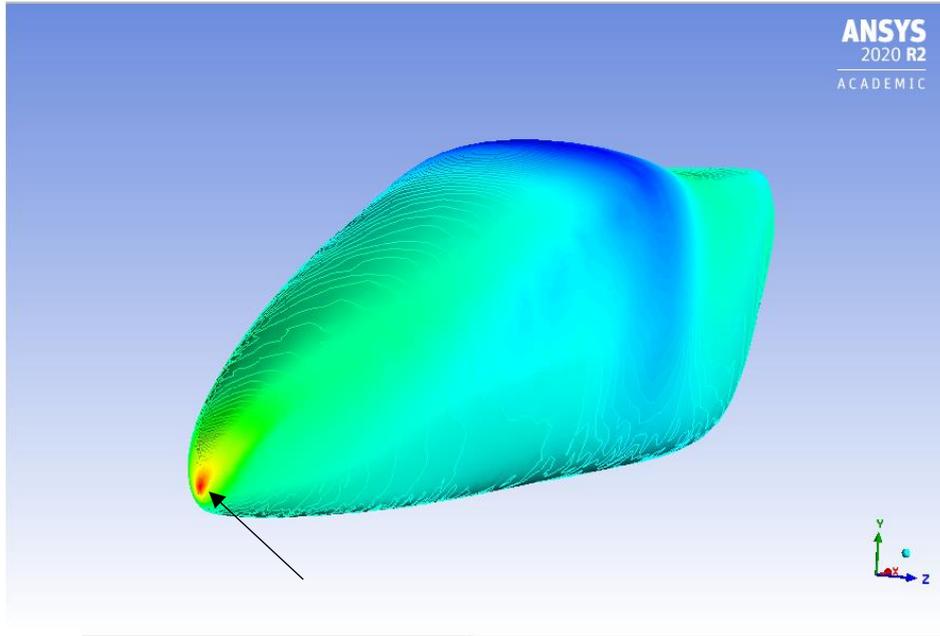
$\rho$  : massa jenis fluida udara (  $kg/m^3$  )

$V$  : kecepatan relatif (  $m/s$  )

$A$  : luas permukaan (*frontal area*) (  $m^2$  )

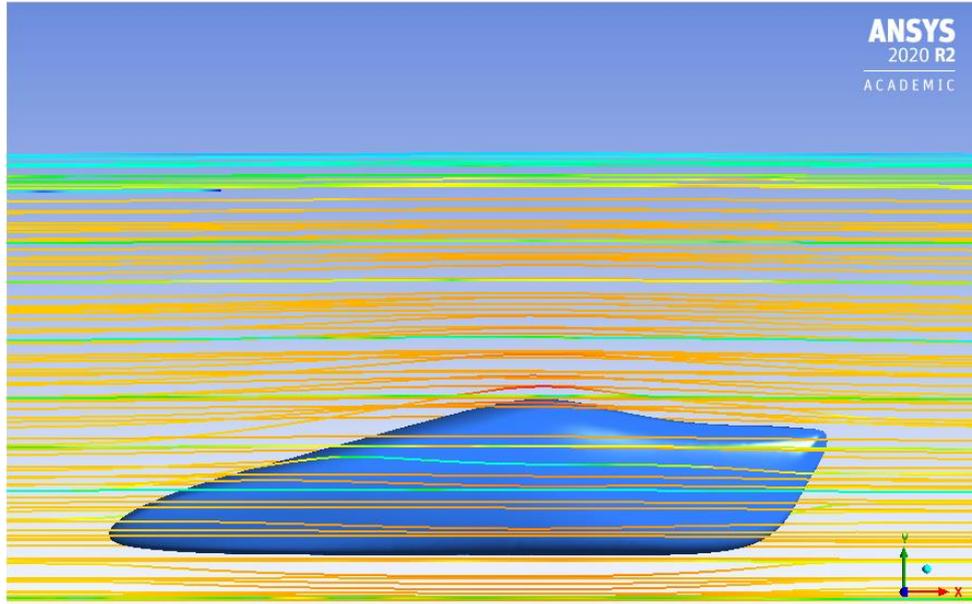
$$\begin{aligned} CD &= \frac{2 \times 2.9201488}{1.225 \times 16^2 \times 0.301442} \\ &= \frac{5.8402976}{94.5322112} \\ &= 0.06178103 \end{aligned}$$

Setelah melakukan perhitungan dengan rumus untuk mencari *coefficient drag* mendapatkan hasil nilai *coefficient drag* dari Bodi B sebesar 0.06178103



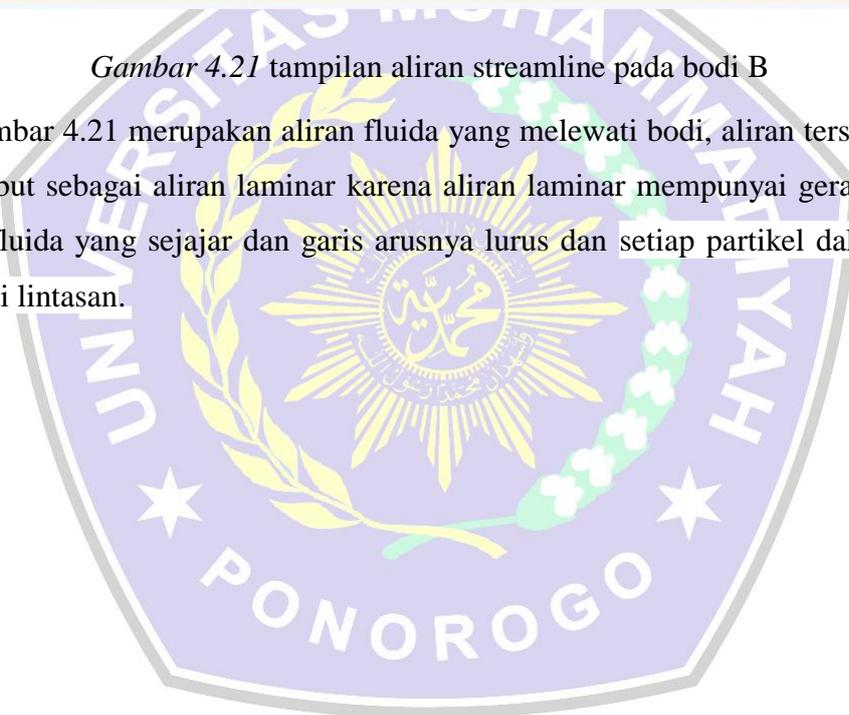
Gambar 4.20 kontur tekanan bodi B, warna yang ditampilkan oleh gambar, merah kuning dan biru

Pada Gambar 4.20 kontur tekanan untuk bodi B C ditunjukkan dengan warna merah artinya warna merah memiliki tekanan yang tinggi, sedangkan warna kuning menunjukkan penurunan tekanan semakin memudarnya warna merah tekanan pada bodi semakin kecil.

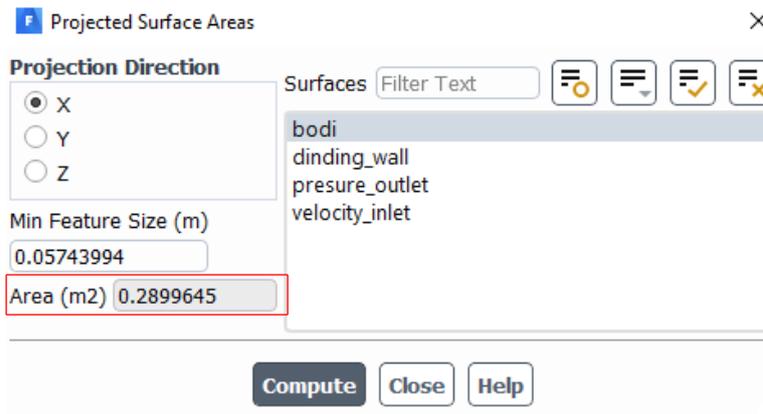


*Gambar 4.21* tampilan aliran streamline pada bodi B

Pada Gambar 4.21 merupakan aliran fluida yang melewati bodi, aliran tersebut lurus bisa disebut sebagai aliran laminar karena aliran laminar mempunyai gerak partikel partikel fluida yang sejajar dan garis arusnya lurus dan setiap partikel dalam fluida mengikuti lintasan.

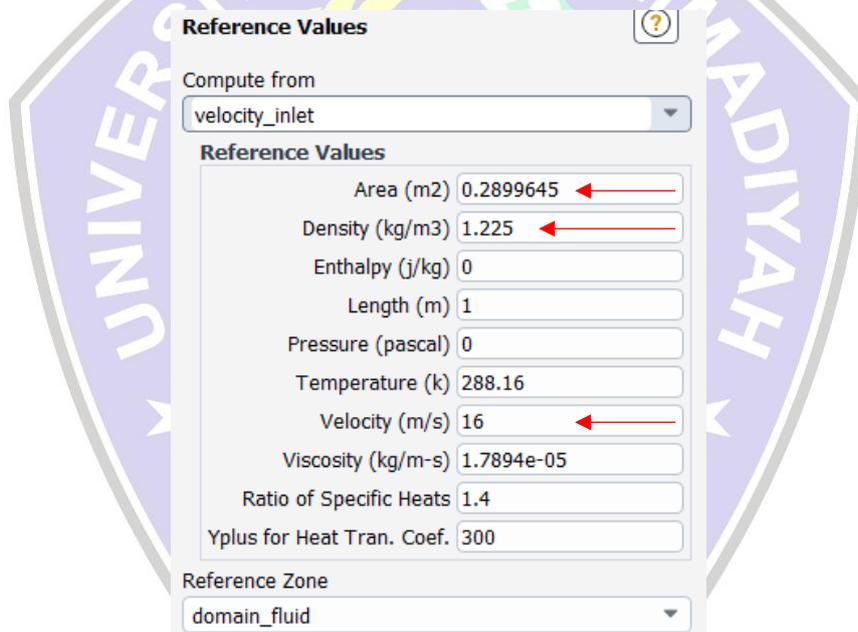


### 4.3.3 proses simulasi Bodi C



Gambar 4.22 Frontal Area bodi C

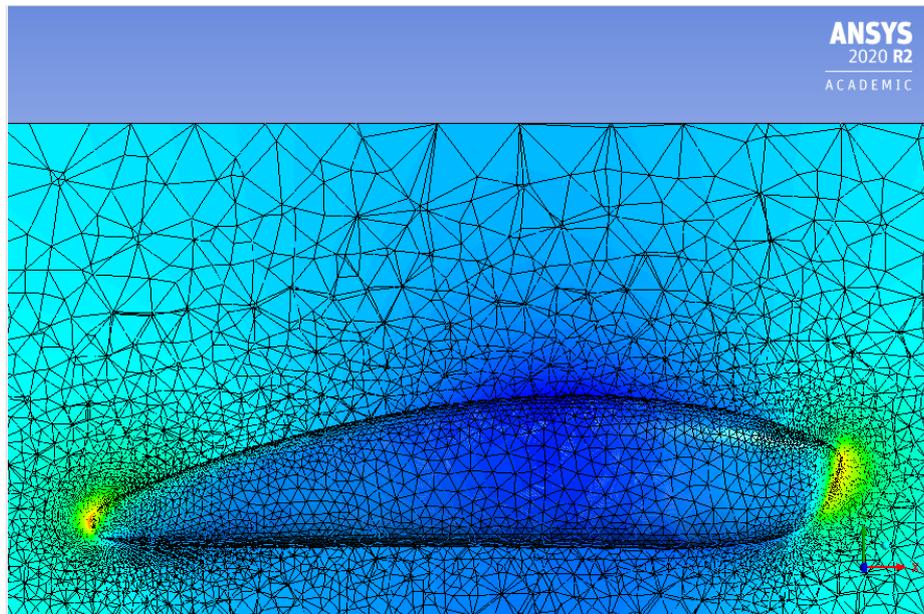
Gambar 4.22 merupakan luas area frontal area pada Bodi B bagian area depan bodi yang terkena tekanan udara dari depan atau velocity inlet.



Gambar 4.23 Referens Values

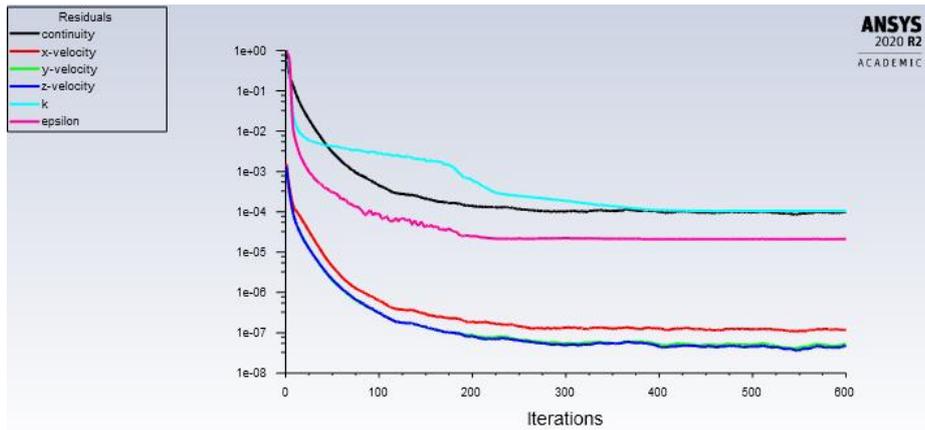
Gambar 4.23 untuk menginput data simulasi berupa *frontal area*, *density* dan *velocity* sesuai dengan yang ditunjukkan oleh tanda panah warna merah ,karena bagian ketiga itulah nanti yang akan mempengaruhi hasil dari simulasi pada pencarian *coefficient drag*.

a. meshing bodi C



Gambar 4.24 meshing bodi dan daerah domain simulasi bodi C

Pada Gambar 4.24 dapat diketahui hasil dari mesh metode *tetrahedrons* untuk bodi C tampak terdapat hasil mesh yang sedikit lebih besar ukurannya dengan target element mesh ukuran 0.3m dan kualitas mesh mode default (0.9000) menghasilkan 38042 *nodes* dan 209172 *elements* . dari mesh tersebut mesh *skewness* memiliki kualitas mesh yang bagus dan mesh tersebut dikatakan baik karena tidak ada eror pada saat mesh dan saat memasuki simulasi.



Gambar 4.25 grafik Residuals Bodi C

Dari gambar 4.25 diatas merupakan proses iteratis dengan nilai input iterations sebanyak 10 itertions, kemudian untuk kriteria konvergensi mencapai 1e-08 untuk mencapai konvergensi dimulai pada iterasi 400 sampai 600 , dengan jumlah iterasi sebanyak 600 iterasi kemudian membuntuhkan waktu untuk proses *runing time* selama 45 menit untuk satu bodi prototipe.

fd		
	Drag	(n)
bodi		2.7950664
cd		
	Cd	()
bodi		0.061475407

Gambar 4.26 nilai *coefficient drag* dan *force drag* hasil simulasi

dari gambar 4.26 merupakan hasil dari proses iterasi dengan jumlah iterasi sebanyak 600 pada akhir iterasi menghasilkan nilai *coefficient drag* dan *force drag* sesuai yang ditunjukkan pada gambar 4.26. kemudian dilakukan perhitungan manual menggunakan rumus untuk nilai *coefficient drag* dan *force drag*.

c. perhitungan *coefficient drag* bodi C

Setelah melakukan simulasi kemudian untuk hasil *coefficient drag* dari simulasi dihitung kembali agar mengetahui validnya hasil dari simulasi tersebut.

$$C_D = \frac{2Fd}{\rho V^2 A}$$

Dimana

$C_D$  : *coefficient drag*

Fd : gaya hambat (*force drag*) (N)

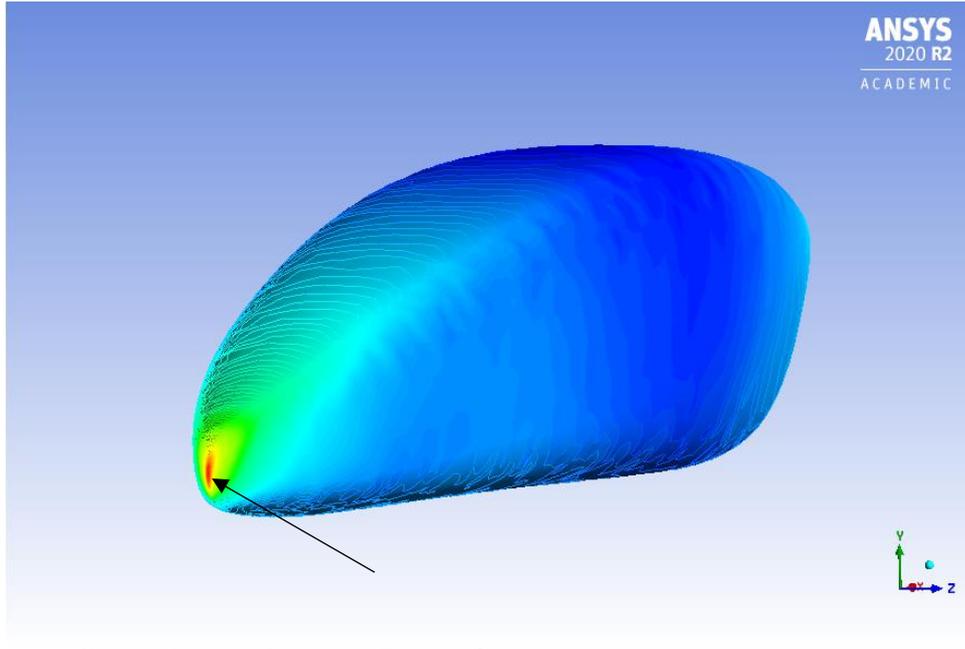
$\rho$  : massa jenis fluida udara ( $kg/m^3$ )

V : kecepatan relatif (m/s)

A : luas permukaan (*frontal area*) ( $m^2$ )

$$\begin{aligned} CD &= \frac{2 \times 2.7950664}{1.225 \times 16^2 \times 0.2899645} \\ &= \frac{5.5901328}{90.9328672} \\ &= 0.06140658 \end{aligned}$$

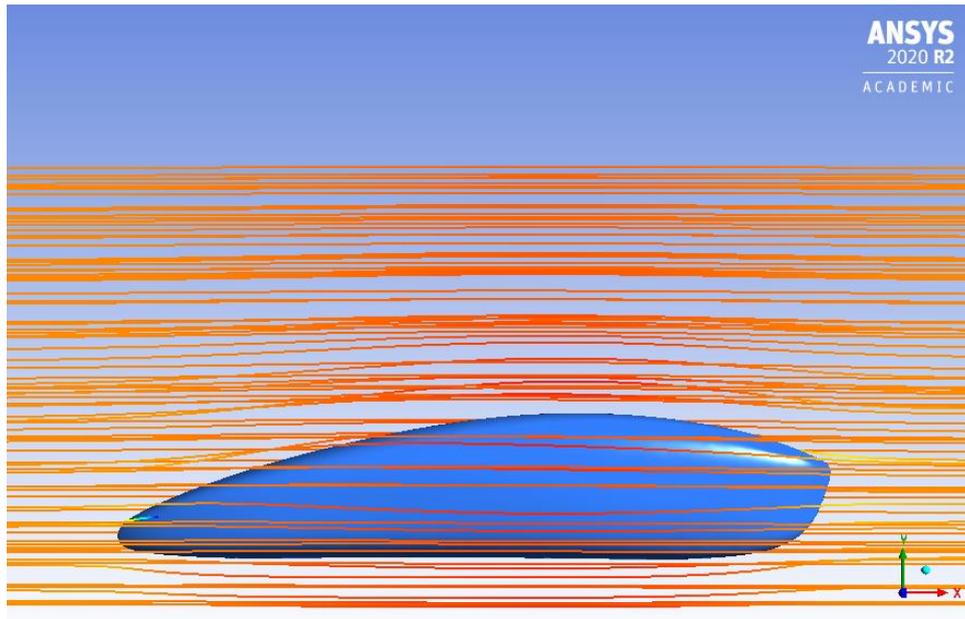
Setelah melakukan perhitungan dengan rumus untuk mencari *coefficient drag* mendapatkan hasil nilai *coefficient drag* dari Bodi C sebesar 0.06140658 perhitungan *force drag* Bodi C



Gambar 4.27 kontur tekanan bodi C, warna yang ditampilkan oleh gambar, merah kuning dan biru

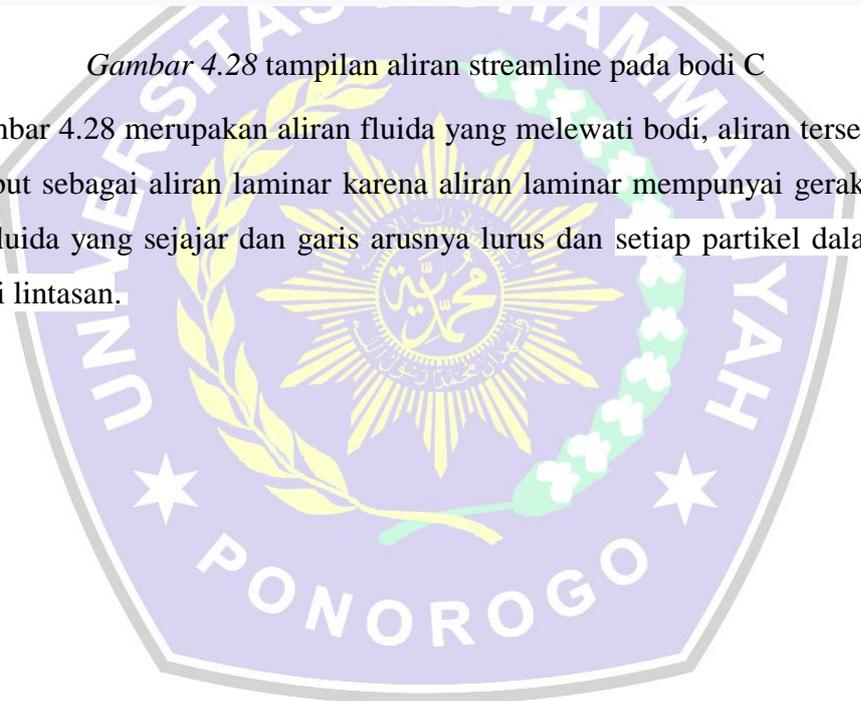
pada gambar 4.27 kontur tekanan untuk bodi C ditunjukkan dengan warna merah artinya warna merah memiliki tekanan yang tinggi, sedangkan warna kuning menunjukkan penurunan tekanan semakin memudarnya warna merah tekanan pada bodi semakin kecil.





*Gambar 4.28* tampilan aliran streamline pada bodi C

Pada Gambar 4.28 merupakan aliran fluida yang melewati bodi, aliran tersebut lurus bisa disebut sebagai aliran laminar karena aliran laminar mempunyai gerak partikel partikel fluida yang sejajar dan garis arusnya lurus dan setiap partikel dalam fluida mengikuti lintasan.

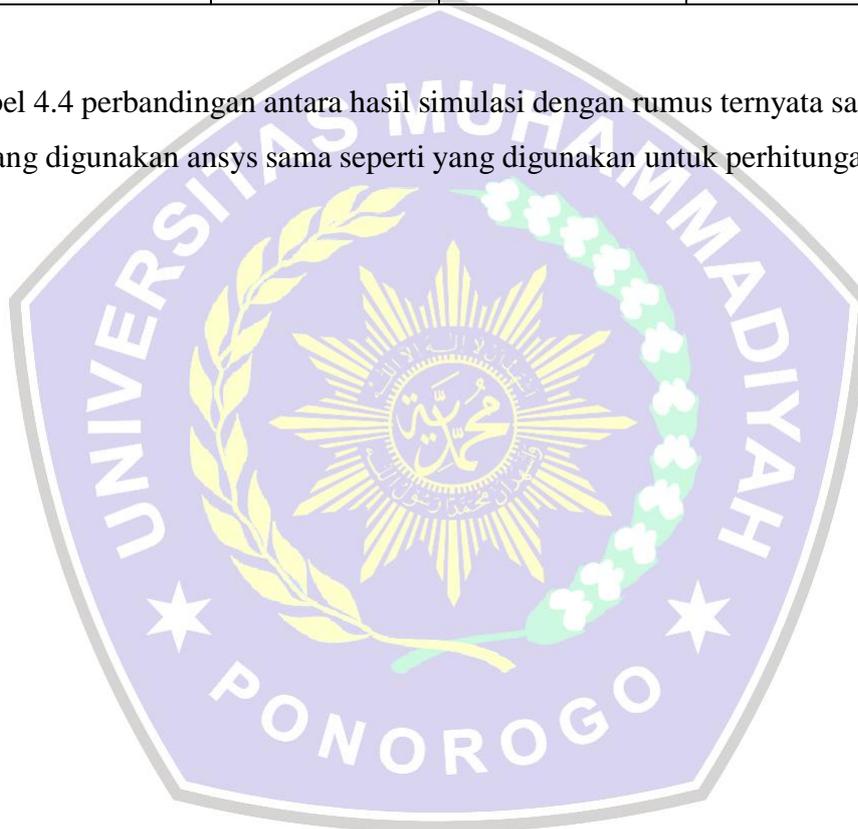


Dibawah ini merupakan tabel dari perbandingan dari hasil simulasi dan perhitungan menggunakan rumus

*Tabel 4.4* Tabel perbandingan simulasi dengan perhitungan rumus

Hasil Simulasi Ansys		Hasil Perhitungan Rumus	
Model	<i>CD</i>	Model	<i>CD</i>
Bodi A	0.063548734	Bodi A	0.06384875
Bodi B	0.061781045	Bodi B	0.06178103
Bodi C	0.061475407	Bodi C	0.06147538

Dari Tabel 4.4 perbandingan antara hasil simulasi dengan rumus ternyata sama berarti rumus yang digunakan ansys sama seperti yang digunakan untuk perhitungan manual.

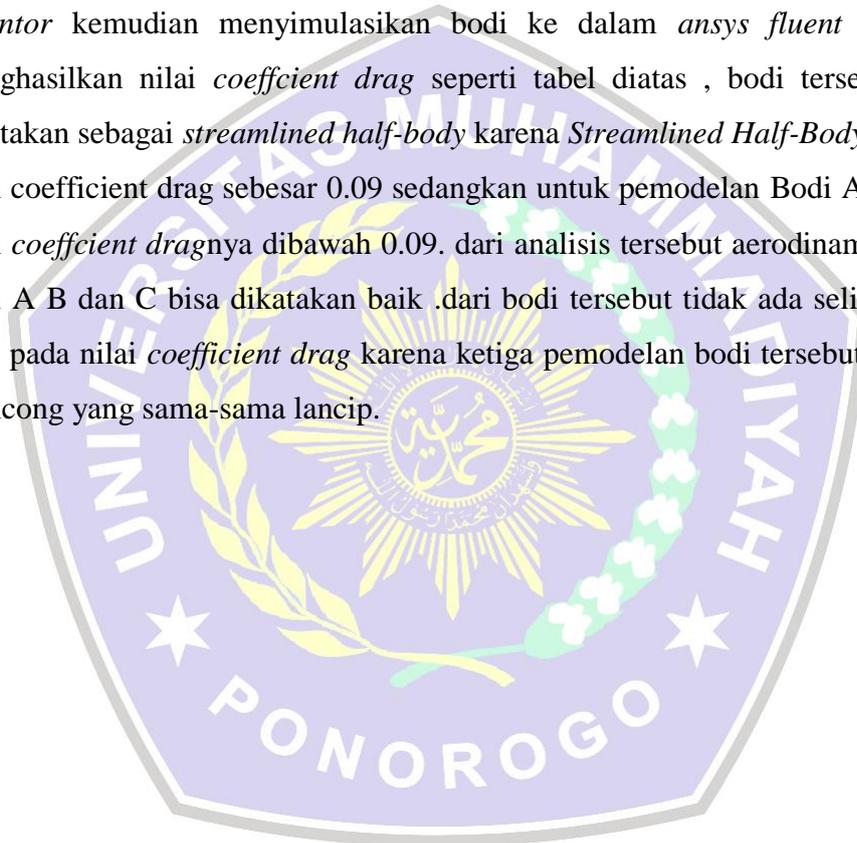


#### 4.4 Pembahasan Hasil Simulasi Bodi Prototipe

Tabel 4.5 nilai *coefficient drag*

Model	Kecepatan ( <i>km/jam</i> )	Nilai <i>coefficient drag</i>
Bodi A	57.6 <i>km/jam</i>	0.063858734
Bodi B	57.6 <i>km/jam</i>	0.061781045
Bodi C	57.6 <i>km/jam</i>	0.061475407

Dari tabel 4.5 hasil simulasi dengan model desain yang telah dibuat pada *autodesk inventor* kemudian menyimulasikan bodi ke dalam *ansys fluent* kemudian menghasilkan nilai *coefficient drag* seperti tabel diatas , bodi tersebut dapat dikatakan sebagai *streamlined half-body* karena *Streamlined Half-Body* memiliki nilai *coefficient drag* sebesar 0.09 sedangkan untuk pemodelan Bodi A, B dan C nilai *coefficient drag*nya dibawah 0.09. dari analisis tersebut aerodinamika untuk bodi A B dan C bisa dikatakan baik .dari bodi tersebut tidak ada selisih terlalu jauh pada nilai *coefficient drag* karena ketiga pemodelan bodi tersebut memiliki moncong yang sama-sama lancip.



#### 4.5 Perbandingan Hasil Simulasi Dengan Penelitian Sebelumnya

Analisis simulasi merupakan validasi dari hasil eksperimen penelitian ini dengan membandingkan hasil dari penelitian sebelumnya agar mendapatkan hasil akhir simulasi yang lebih akurat. Dengan membandingkan hasil data koefisien drag dengan penelitian sebelumnya dapat menentukan nilai koefisien drag yang lebih rendah.

Penelitian ini menggunakan perbandingan dari penelitian:

Penelitian 1 : Muhammad Fakhruddin, dkk (2021)

Judul : Optimasi Aerodinamika Bodi Mobil Hemat Energi Kendedes Electric Evo 3 Menggunakan Metode *Computational Fluid Dynamic (CFD)*.

Pada hasil penelitian tersebut menghasilkan nilai *coefficient drag* sebesar semula 0.37 kemudian menjadi 0.03 setelah melakukan permodelan bodi dan variasi model pada desain mobil kendedes electric evo 3.

Penelitian 2 : Rahman Hakim, dkk (2016)

Judul : Desain dan Analisa Aerodimanika Dengan menggunakan Pendekatan CFD Pada Model 3D Untuk Mobil Prototype “Engku Putri”

Hasil penelitian tersebut menghasilkan nilai *coefficient drag* pada desai bodi prototipe 1 sebesar 0.0804, bodi prototipe 2 sebesar 0.0272 dan nilai koefisien drag terkecil terjadi pada desain prototype engku putri dengan rata rata sebesar 0.02273.

Penelitian 3 : I gusti Gde Badrawada, dkk (2019)

Judul : Analisa Aerodinamika Bodi Kendaraan Mataram Proto Diesel dengan Ansys 15.0

Koefisien drag yang diperoleh saat simulasi pada mataram proto diesel adalah 0.17 sedangkan pada bodi proto modifikasi lebih kecil yaitu 0.06, hasil ini telah memenuhi target yang diinginkan yaitu dibawah 0.15.

Penelitian ini

Peneliti : Febbiyan Ardi Luxmana

Judul : Analisis *Coefficient Drag* Bodi Mobil Tipe Prototipe Menggunakan *Ansys Fluent Student Version*

Simulasi menggunakan *Ansys Fluent 2020 R2* dengan bodi mobil ptototipe bodi A B dan C karena bodi tersebut mempunyai bentuk bodi yang hampir sama, setelah melakukan simulasi menghasilkan nilai *coefficient drag* sebesar Bodi A 0.063858734, Bodi B 0. 061781045, dan Bodi C 0.061475407.

Nilai *coefficient drag* dari permodelan bodi prototipe dari ketiga jurnal perbandingan tersebut memiliki selisih nilai *coefficient drag* tidak terlalu besar karena memiliki moncong depan yang lancip.

Tabel 4.6 nilai *coefficient drag* dari jurnal referensi

Jurnal Referensi	
Model	<i>Coefficient drag</i>
Bodi Kendedes	0.03
Mataram Proto	0.02273
Bodi Engku Putri	0.06

Tabel 4.6 nilai *coefficient drag* dari penelitian terdahulu , sebagai perbandingan dari pemodelan bodi C, karena dari penelitian ini bodi yang memiliki nilai *coefficient drag* paling rendah adalah bodi C karena bodi C memiliki nilai *coefficient drag* sebesar 0.061475407 karena memiliki bentuk moncong depan yang lancip dan bodi bagian atas yang streamline dan bodi samping yang cukup ramping.

Setelah melakukan perbandingan data hasil referensi maka dapat disimpulkan pada bodi modil ken dedes electric evo 3 bisa menghasilkan nilai *coefficient drag* sebesar 0.03 karena bodi depan dan bagian atas memiliki bentuk streamline body , sedangkan

bodi mataram proto menghasilkan nilai *coefficient drag* sebesar 0.02273 karena pada bagian moncong depan memiliki bentuk yang lancip , dan untuk bodi prototipe engku putri memiliki nilai *coefficient drag* sebesar 0.06 karena bodi bagian atas memiliki moncong yang lancip pada bagian depan kemudian pada bagian atas memiliki permukaan yang kecil sehingga bodi membentuk streamline bodi.

