

## **BAB III**

### **METODE PENELITIAN**

#### **3.1 Alat Dan Bahan Penelitian**

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah tugas akhir Pratama (2016) yang telah terlampir. Dalam penelitian dibutuhkan beberapa alat untuk menunjang berjalannya unjuk kerja turbin air dengan menggunakan metode CFD.

##### **3.1.1 Alat**

Alat yang digunakan berupa *software* (perangkat lunak) dan *hardware* (perangkat keras).

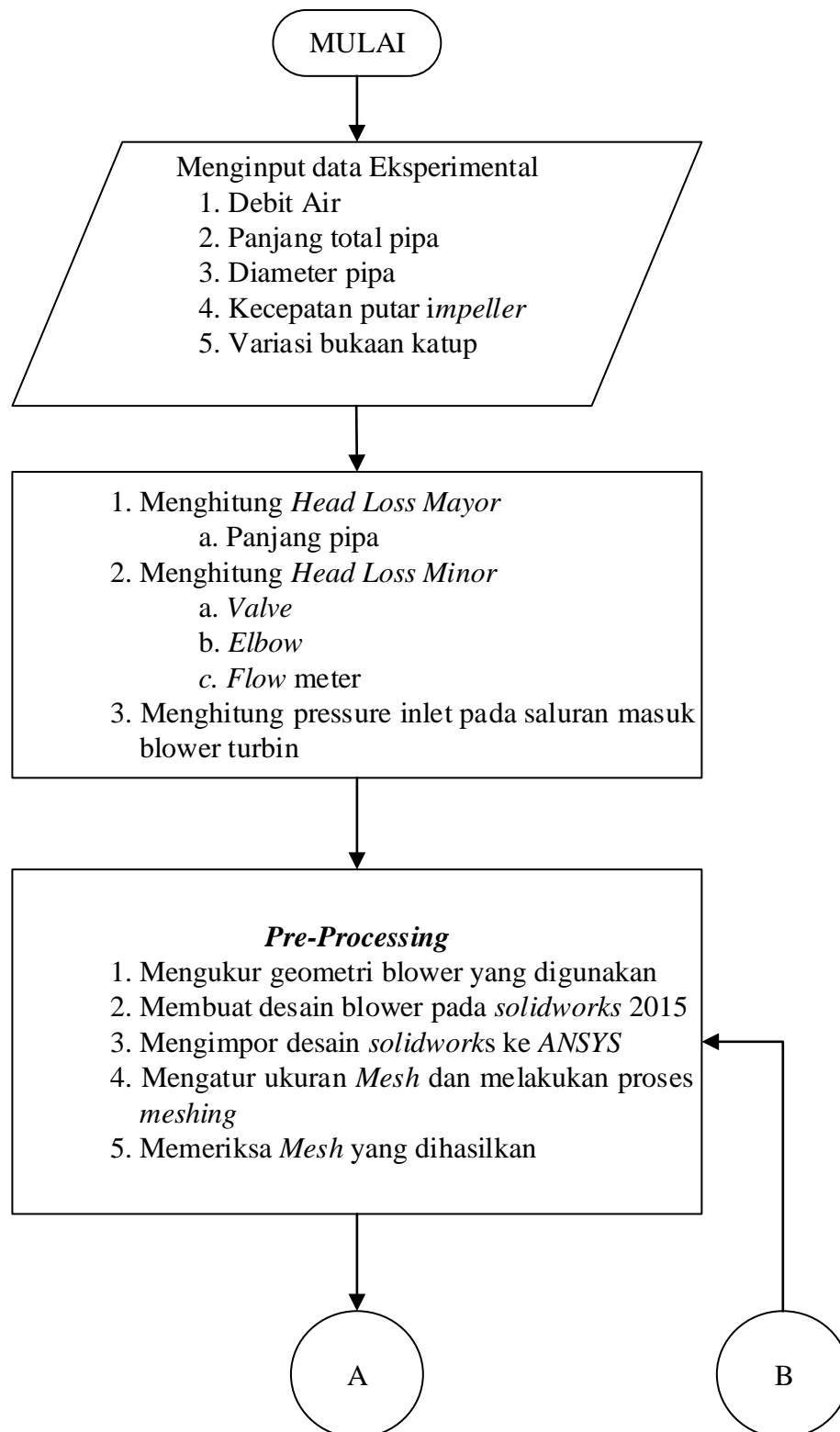
- a. *Software* (perangkat lunak)
  1. Solidworks 2015
  2. ANSYS Fluent 16.0
- b. *Hardware* (perangkat keras).
  1. Laptop

##### **3.1.2 Prosedur Penggunaan ANSYS 16.0**

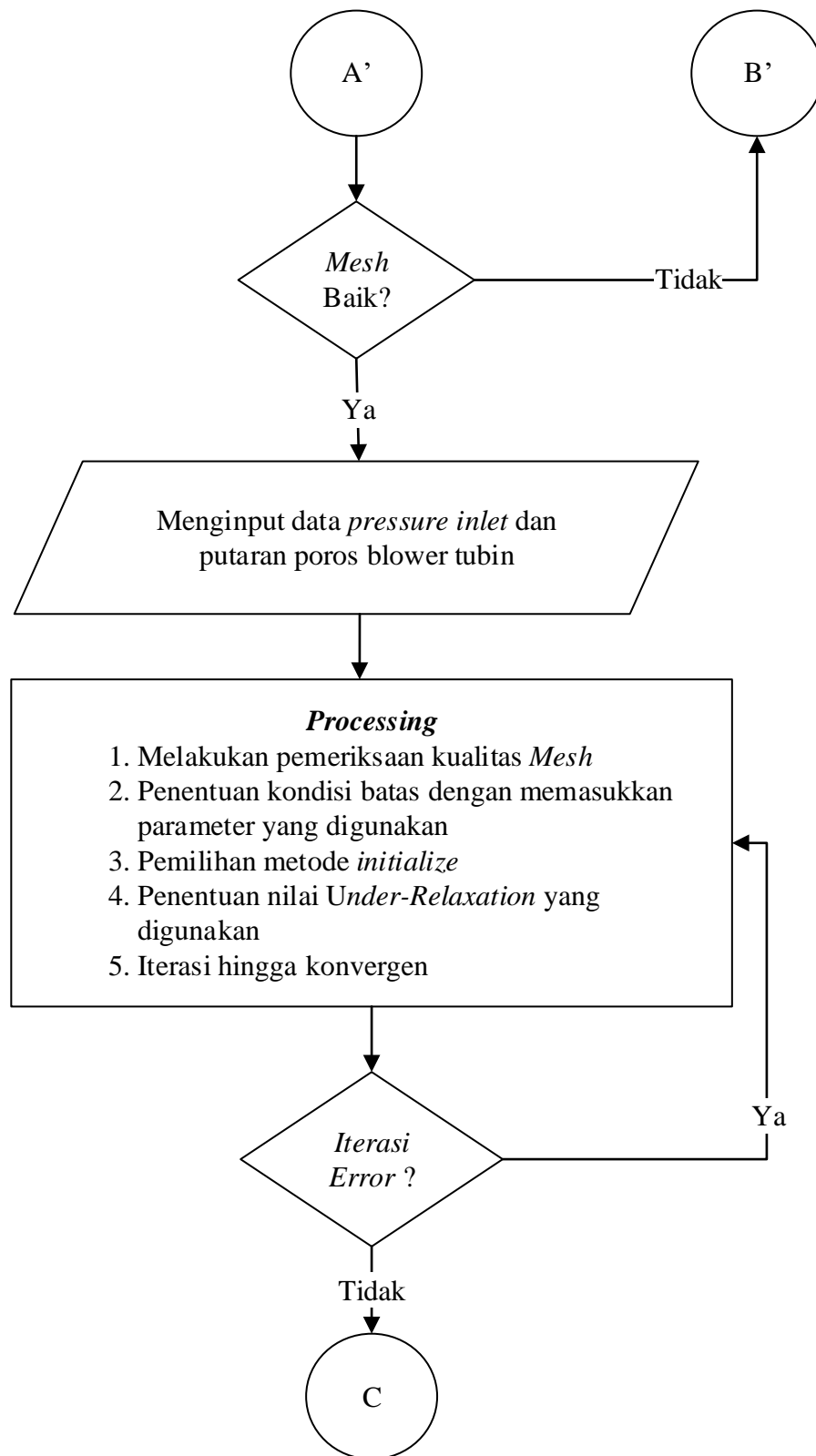
Setelah merencanakan analisis *CFD* pada suatu model, langkah-langkah yang digunakan penyelesaian analisis *CFD Fluent* sebagai berikut:

- a. Membuat geometri pada *Solidworks*
- b. Mengimpor geometri ke *ANSYS Fluent*
- c. Mengatur *sizing Mesh*
- d. *Improve Mesh*, untuk mendapatkan kualitas mesh yang lebih baik.
- e. Melakukan pemeriksaan pada *mesh* model
- f. Memilih formulasi *solver*
- g. Memilih persamaan dasar yang akan dipakai dalam analisis
- h. Menentukan material yang akan dipakai

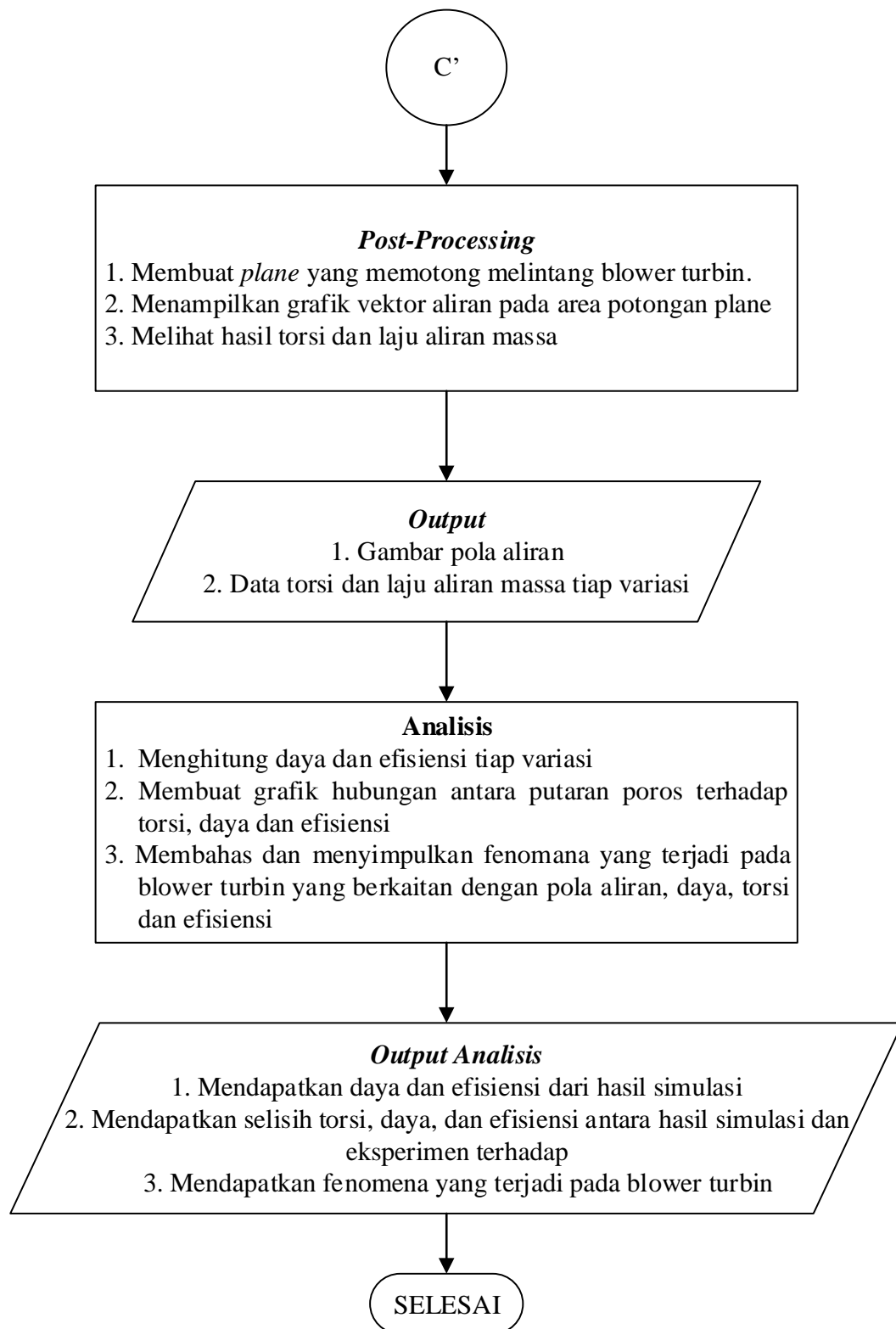
- i. Menentukan kondisi batas
- j. Mengatur parameter *control* solusi
- k. Menentukan *initialize* yang akan digunakan
- l. Melakukan perhitungan/iterasi
- m. Memeriksa hasil iterasi
- n. Menyimpan hasil iterasi



Gambar 3.1 Diagram Alir proses simulasi menggunakan *Ansys Fluent* 16.0

Gambar 3.1 Diagram Alir proses simulasi menggunakan *Ansys Fluent 16.0*

(Lanjutan)



Gambar 3.1 Diagram Alir proses simulasi menggunakan *Ansys Fluent 16.0*  
(Lanjutan)

## 3.2 Proses Simulasi

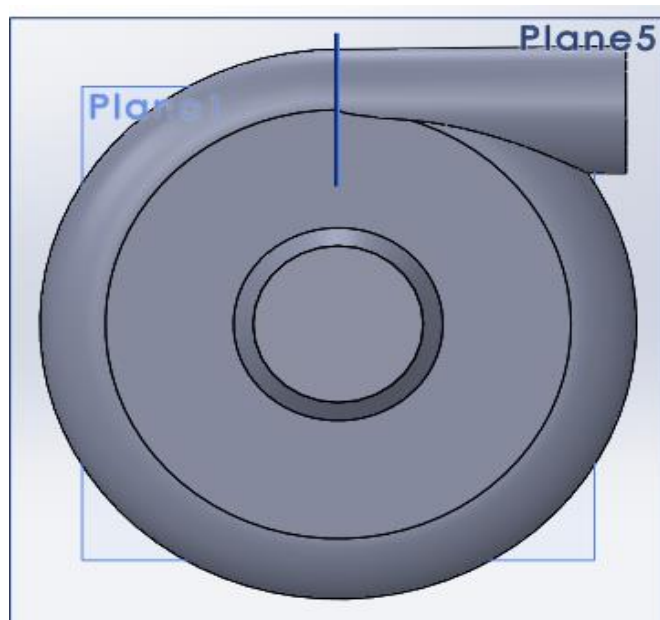
Proses CFD pada dasarnya dibagi menjadi 3 yaitu *Pre-Processing*, *Processing*, dan *Post-Processing*.

### 3.2.1 Pre-Processing

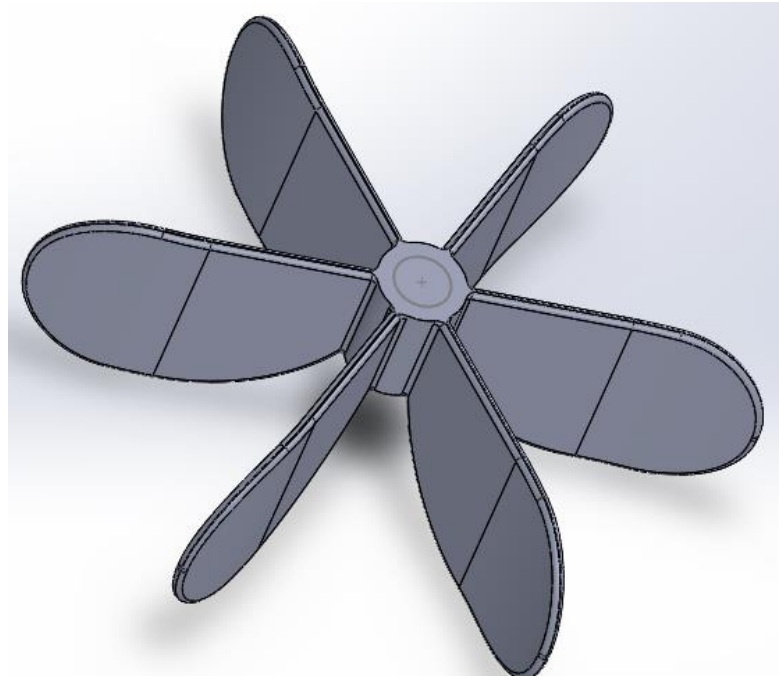
Pre-Processing adalah tahap pertama yang perlu dilakukan sebelum melakukan simulasi CFD seperti membuat *geometry*, *meshing*, mendefinisikan bidang batas pada *geometry*, dan melakukan pengecekan mesh.

#### a. Geometry

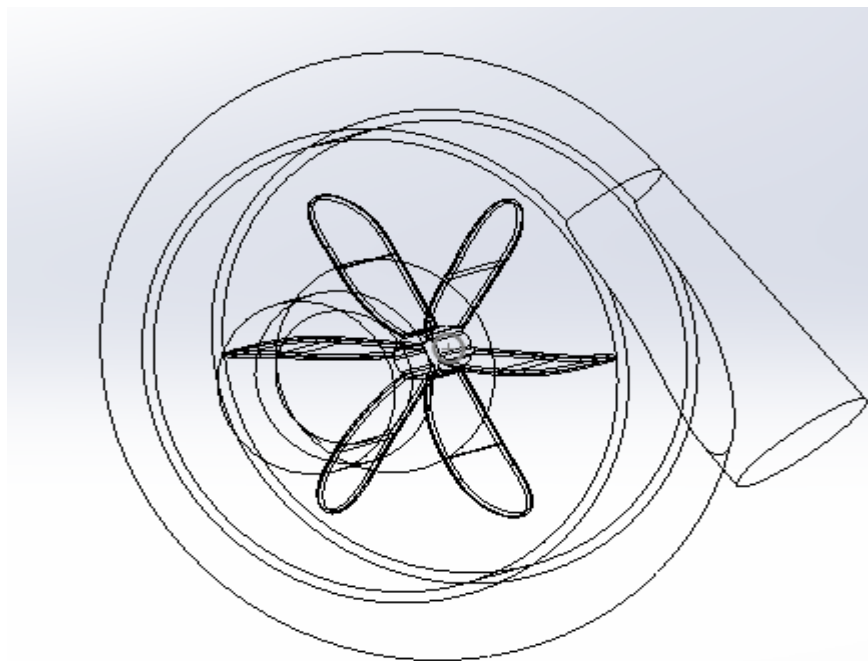
Pada proses ini bertujuan untuk membuat *geometry*. Aplikasi yang dapat digunakan dalam pembuatan *geometry* antara lain *Solidworks*, *AutoCad*, *Inventor*, dan lain-lain. Selanjutnya di *import* ke aplikasi *Ansys Fluent*. Pada penelitian ini *geometry* dibuat menggunakan aplikasi *Solidworks* 2015. *Geometry* pada penelitian ini berupa blower dan *impeller* 6 sudu seperti yang terlihat pada gambar 3.2 dan 3.3. Setelah semua komponen pada *unit* blower tersebut selesai di desain maka selanjutnya akan dilakukan *assembly* seperti gambar 3.4 kemudian di *import* ke *Ansys Fluent*.



Gambar 3.2 *Casing Blower*

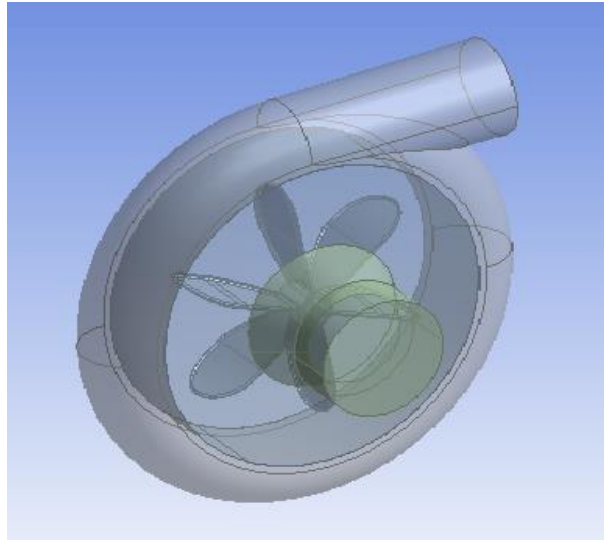


Gambar 3.3 *Impeller 6 sudu*



Gambar 3.4 Hasil *Assembly*

Setelah *assembly* dilakukan pada *Solidworks* kemudian gambar disimpan dalam format IGS agar dapat di *import* ke *geometry ANSYS Fluent*. Berikut ini hasil *import* dari *solidworks* ke *geometry ANSYS fluent* seperti gambar 3.5 berikut:



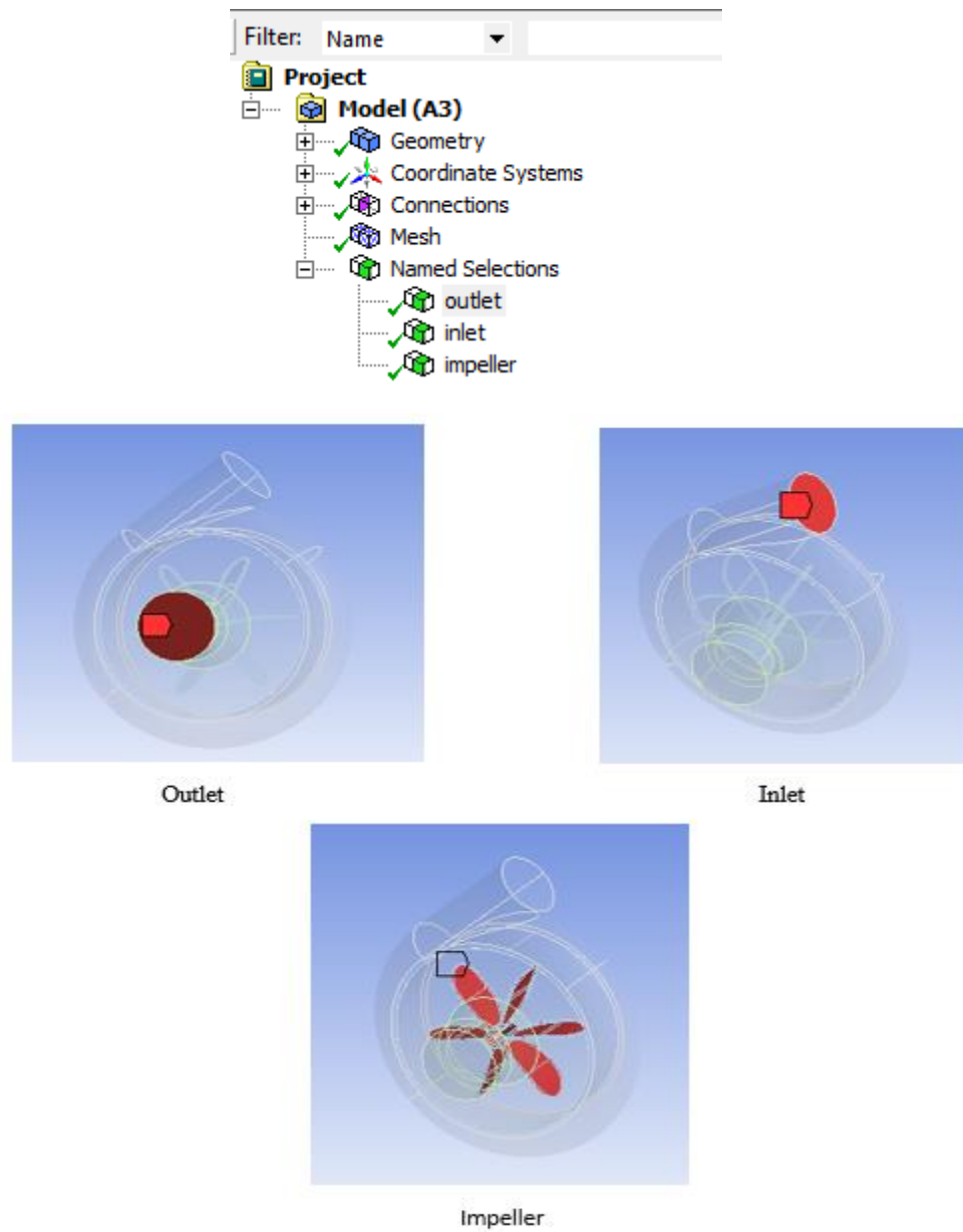
Gambar 3.5 Hasil *Import* dari *Solidworks*

*b. Mesh*

Setelah *geometry* selesai dibuat, perlu dilakukan proses *meshing* (membagi volume menjadi bagian-bagian kecil) agar dapat dianalisis pada program CFD. Ukuran *mesh* yang terdapat pada suatu obyek dapat mempengaruhi ketelitian dan daya komputasi analisis CFD. Semakin halus (semakin kecil) *mesh* maka hasil yang didapatkan akan semakin akurat sehingga membutuhkan proses komputasi yang lebih lama.

Sebelum *meshing* terlebih dahulu melakukan *sizing mesh* yang akan digunakan agar kualitas *mesh* baik yang terlihat pada gambar 3.7. Jika kualitas *mesh* kurang baik maka dapat diatur kembali di *sizing mesh*. Setelah itu pemberian nama pada setiap bagian-bagian blower seperti inlet, outlet, dan terakhir *impeller* sebagai bagian yang berputar seperti gambar 3.6.

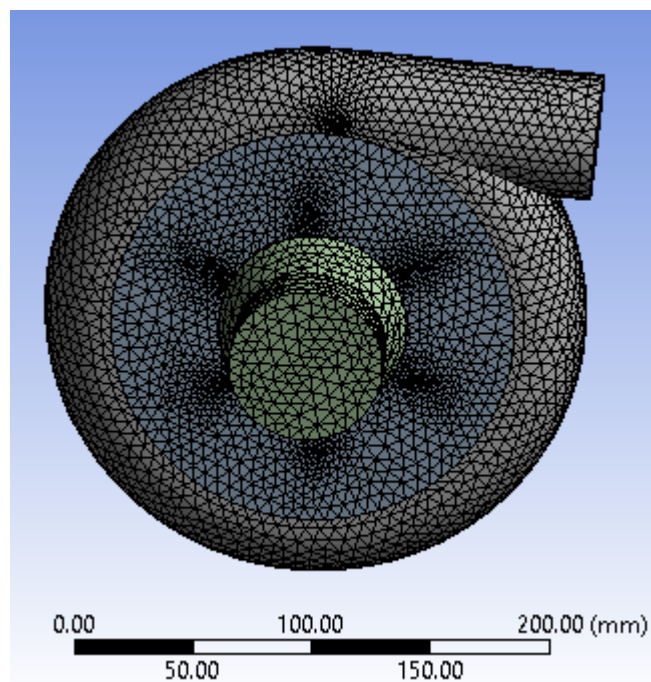




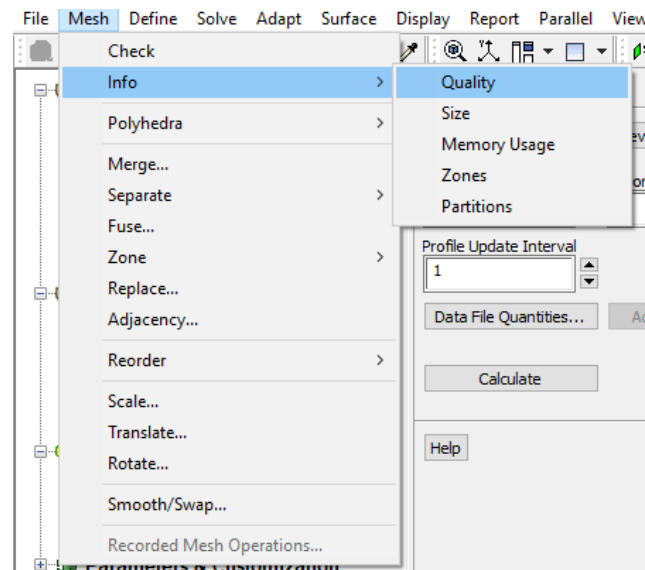
Gambar 3.6 Nama bagian blower

Bagian *Inlet* berfungsi sebagai saluran masuknya fluida, *Outlet* sebagai keluarnya fluida dan *Impeller* sebagai bagian yang berputar

Sizing	
Use Advanced Si...	On: Curvature
Relevance Center	Coarse
Initial Size Seed	Active Assembly
Smoothing	Medium
Transition	Slow
Span Angle Center	Fine
<input type="checkbox"/> Curvature Nor...	Default (18.0 °)
<input type="checkbox"/> Min Size	1.10 mm
<input type="checkbox"/> Max Face Size	6.10 mm
<input type="checkbox"/> Max Size	12.10 mm
<input type="checkbox"/> Growth Rate	Default (1.20)
Minimum Edge L...	8.2051e-002 mm

Gambar 3.7 *Sizing Mesh*Gambar 3.8 Hasil *Meshing*

Pada gambar 3.8 blower setelah *meshing* pada bagian *body* memiliki *element* sebanyak 467.648. Semakin kecil *sizing* maka semakin lama durasi proses simulasi karena tingkat ketelitian semakin tinggi.



#### Mesh Quality:

Minimum Orthogonal Quality =  $1.50768e-01$   
 (Orthogonal Quality ranges from 0 to 1, where values close to 0 correspond to low qua

Maximum Ortho Skew =  $7.77319e-01$   
 (Ortho Skew ranges from 0 to 1, where values close to 1 correspond to low quality.)

Gambar 3.9 Memeriksa *Mesh Quality*

Untuk memeriksa kualitas mesh baik atau buruk dapat dilihat pada gambar 3.9. jika nilai *Orthogonal Quality* mendekati nilai 0 maka kualitas mesh buruk. Jika nilai *Ortho Skew* mendekati nilai 1 maka kualitas *mesh* tersebut buruk.

Tabel 3.1 Skewness Ranges and Cell Quality

Value of Skewness	Cell Quality
1	Degenerate
$0,9 < 1$	Bad (sliver)
0,75 - 0,9	Poor
0,5 - 0,75	Fair
0,25 - 0,5	Good
$> 0 - 0,25$	Exellent
0	Equilateral

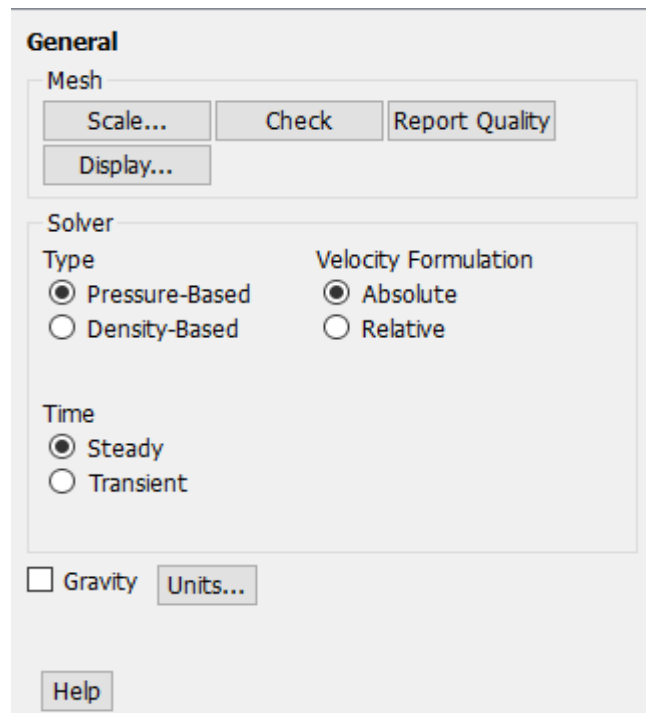
### 3.3.2 Processing

Pada tahap *processing* yang dilakukan kaitannya dengan penentuan kondisi batas dalam sebuah simulasi *CFD*. Proses ini merupakan bagian terpenting karena hampir semua parameter penelitian diproses dalam tahapan ini, seperti

*improve grid quality. general, models, materials, cell zone conditions, boundary conditions, mesh interfaces, dynamic mesh, references values, solution methods, solution controls, solution initialization, calculation activities, dan run calculation.*

a. *General*

Sebelum melakukan simulasi *mesh* terlebih dahulu dilakukan *improve* untuk mengetahui kualitas *Mesh*. Pada tahap ini *solver* menggunakan *type pressure-based* berdasarkan tekanan. Kemudian untuk *velocity formulation* menggunakan *absolute*. Aliran dalam *system* ini bersifat *steady* karena tidak memakai interval waktu seperti yang terlihat pada gambar 3.10.

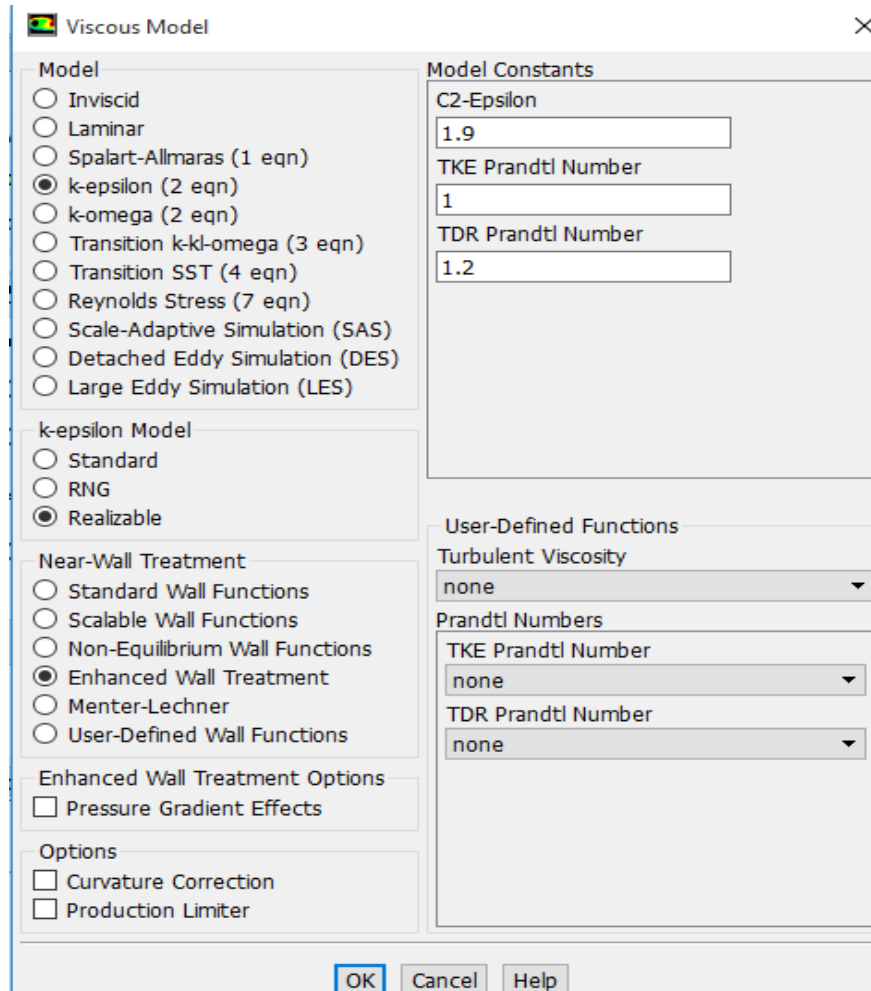


Gambar 3.10 *User Interface General Menu*

b. *Models*

Pada tahap ini *viscous* diatur menggunakan *k-epsilon* dengan model *realizable*. Pada pelaksanaan simulasi, *Realizable k-epsilon* dipilih karena memiliki tingkat akurasi yang baik untuk simulasi blower sentrifugal. Karena adanya gesekan pada *wall casing* maka pada simulasi ini

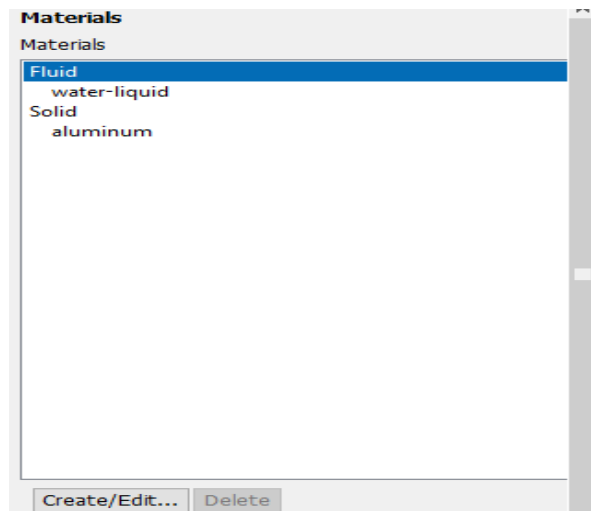
menggunakan *enhanced wall treatment* seperti yang terlihat pada gambar 3.11.



Gambar 3.11 *User Interface Menu Models*

c. *Materials*

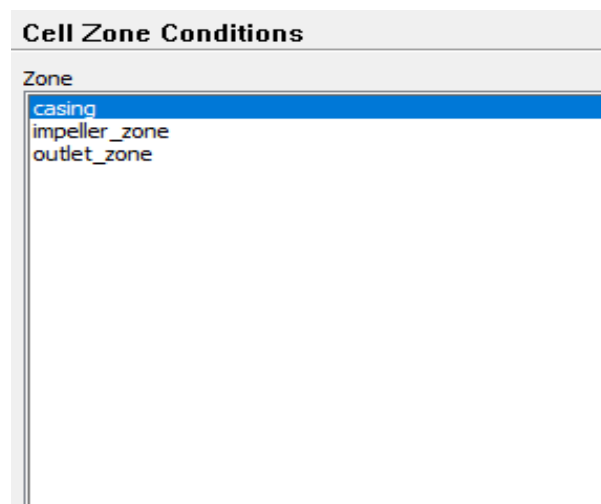
Material yang digunakan yaitu *fluid* jenis *Water-liquid*. Untuk material *solid* pada simulasi tidak digunakan/diabaikan.



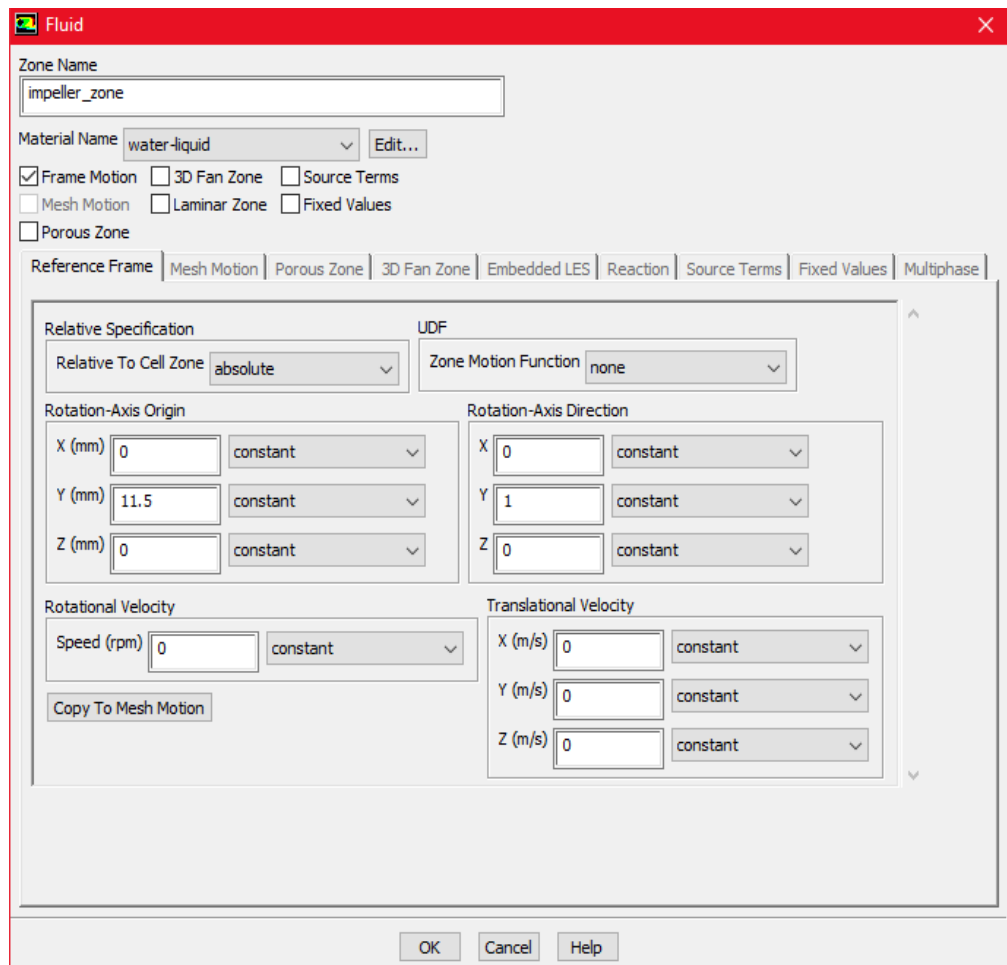
Gambar 3.12 *User Menu Materials*

d. *Cell Zone Conditions*

*Cell Zone Conditions* berisi daftar zona sel yang digunakan. Pada tahap ini masing-masing *zone* disesuaikan dengan nama dan jenisnya. Pada pengujian ini ada 3 *zone* yaitu *Casing*, *Impeller\_zone* dan *Outlet\_zone* seperti yang terlihat pada gambar 3.13 semua menggunakan *material water liquid*. Untuk bagian *Impeller\_zone* dipilih *frame motion* karena bagian ini yang berputar. Pada *frame motion* kecepatan putaran disesuaikan dengan pengujian yang akan dilakukan dan untuk *rotation axis origin* serta *rotation axis direction* disesuaikan dengan unit pengujian seperti yang terlihat pada gambar 3.14.



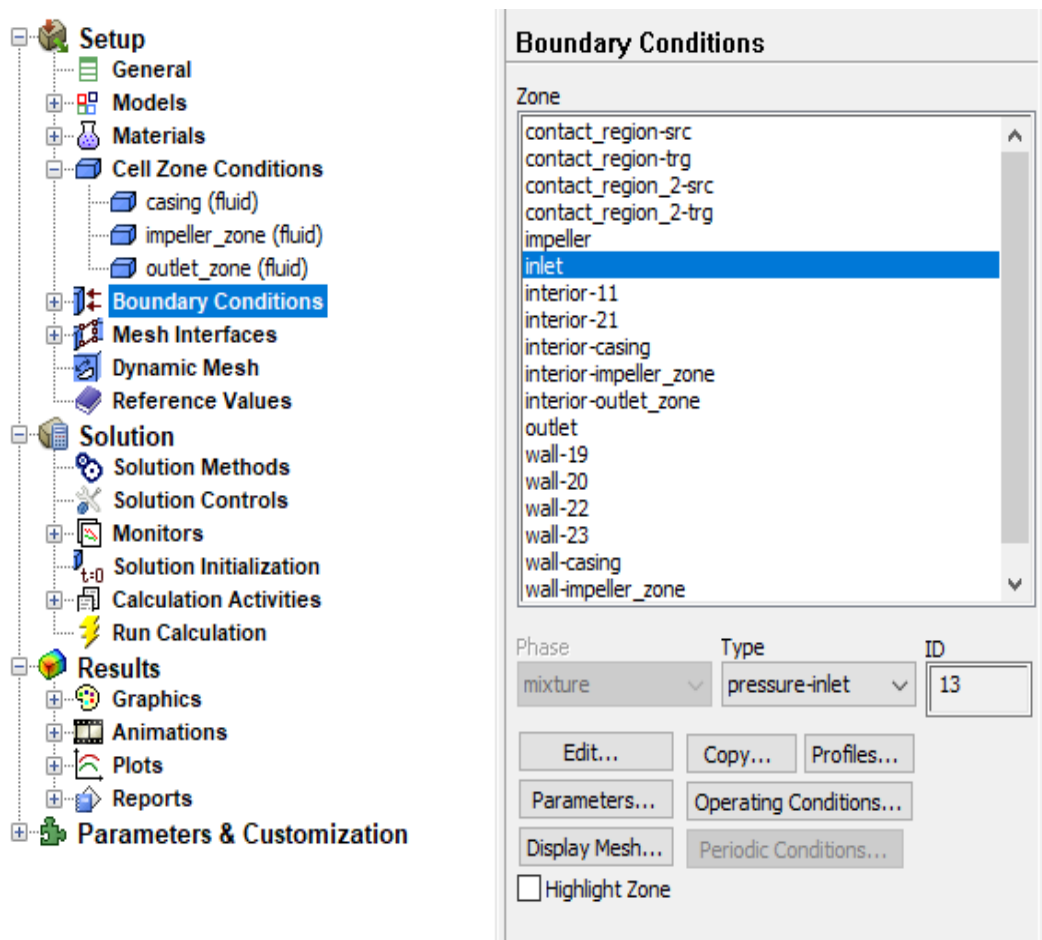
Gambar 3.13 *User Menu Cell Zone Conditions*



Gambar 3.14 User Menu Frame Motion

e. *Boundary Conditions*

Tahap ini merupakan proses untuk memberikan kondisi batas berupa data yang dibutuhkan pada simulasi ini. Data yang dimasukkan adalah data *pressure* pada *inlet*. *Type inlet* diubah menjadi *pressure inlet*. Setelah itu *specification method* diganti *Intensity and hydraulic diameter* untuk mengatur diameter *inlet* pada blower. Cara untuk mendapatkan nilai *pressure inlet* dengan menghitung *pressure drop mayor* dan *pressure drop minor* yang dialami fluida:



Gambar 3.15 User Menu Boundary Condition pada Inlet

### 1. $Re$ Aliran Turbulen

Nilai dari  $Re$  untuk mengetahui nilai *friction factor* dengan menggunakan diagram moody pada gambar 2.14.

$$Re = \frac{v \times d \times \rho}{\mu}$$

Diketahui:

$$\text{kecepatan } (v) = 0,8274 \text{ m/s}$$

$$\text{diameter } (d) = 0,0508 \text{ m}$$

$$\text{Densitas } (\rho) = 998 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Viskositas fluida } (\mu) = 0,001003$$

$$Re = \frac{0,8274 \text{ m/s} \times 0,0508 \text{ m} \times 998}{0,001003} = 41821,58$$



## 2. Head Loss Mayor

*Head loss mayor* dapat terjadi karena adanya gesekan antara aliran fluida yang mengalir dengan suatu dinding permukaan atau dengan fluida itu sendiri dalam pipa. Pada umumnya *head loss* dipengaruhi oleh panjang pipa (rumus 2.10).

$$H_f = f \frac{l}{D} x \frac{v^2}{2.g}$$

Diketahui:

$$\text{Kecepatan (v)} = 0,8274 \text{ m/s}$$

$$\text{Factor gesekan (f)} = 0,0239 \text{ (dari diagram moody)}$$

$$\text{Panjang pipa total (l)} = 4,2 \text{ m}$$

$$\text{Diameter dalam pipa (D)} = 0,0508 \text{ m}$$

$$\text{Gravitasi (g)} = 9,81 \text{ m/s}^2$$

$$H_f = 0,0239 \frac{4,2}{0,0508} x \frac{0,8274^2}{2x9,81} = 0,06895 \text{ m}$$

## 3. Head Loss Minor

*Head Loss minor* terbagi menjadi 3 bagian (rumus 2.11)

### a. Head Loss Elbow

$$H_m \text{ _ Elbow} = K \frac{v^2}{2.g}$$

Diketahui:

$$\text{Koefisien rugi aliran (K)} = 0,41 \text{ (didapat dari table)}$$

$$\text{Kecepatan (V)} = 0,8274 \text{ m/s}$$

$$\text{Gravitasi (g)} = 9,81 \text{ m/s}^2$$

$$H_m \text{ _ Elbow} = 0,41 x \frac{0,8274^2}{2x9,81} = 0,0143 \text{ m}$$

b. *Head Loss Valve*

$$H_m \text{ - Valve} = K \frac{V^2}{2 \cdot g}$$

Diketahui:

$$\text{Koefisien rugi aliran (K)} = 69,42 \text{ (trial \& error proses)}$$

$$\text{Kecepatan (V)} = 0,8274 \text{ m/s}$$

$$\text{Gravitasi (g)} = 9,81 \text{ m/s}^2$$

$$H_m \text{ - Elbow} = 69,42 \times \frac{0,8274^2}{2 \times 9,81} = 2,422 \text{ m}$$

c. *Head Loss Flow meter*

Nilai dari *Head Loss Flow meter* diasumsikan 0,23 m (Kinsey)

4. *Head Loss Total*

$$H_{Total} = H_f + (H_m \text{ - Elbow} \times 2) + H_m \text{ - Valve} + H_m \text{ - Flow meter}$$

$$H_{Total} = 0,06895 \text{ m} + (0,0143 \text{ m} \times 2) + 2,422 \text{ m} + 0,23 \text{ m}$$

$$= 2,749698969 \text{ m}$$

5. *Head Efektif*

$$\text{Head Efektif} = \text{Head Max} - H_{Total}$$

$$\text{Head Efektif} = 3 \text{ m} - 2,749698969 \text{ m}$$

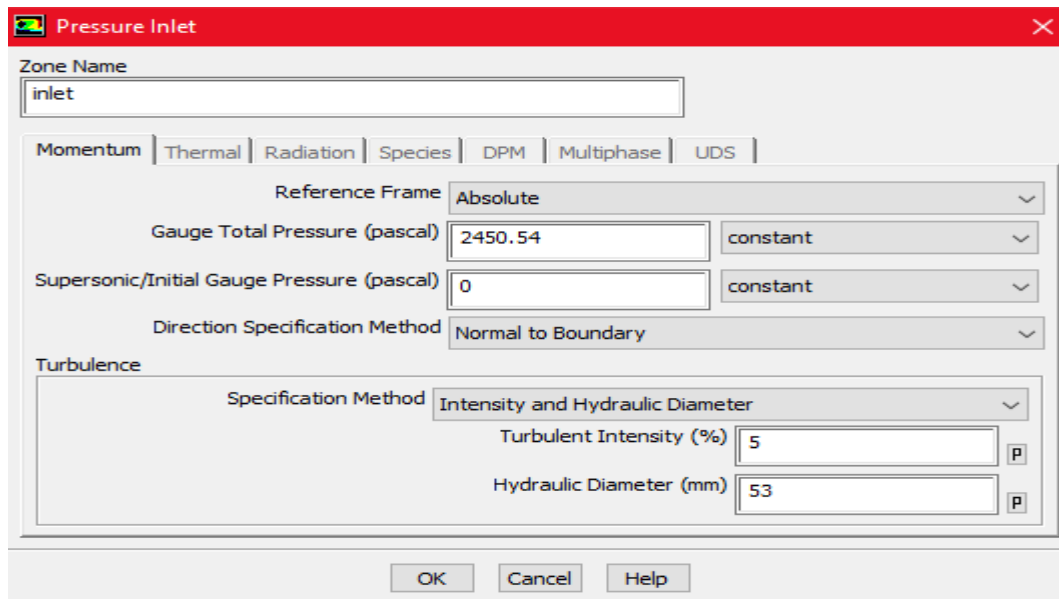
$$= 0,250301031 \text{ meter}$$

6. *Pressure inlet*

$$\text{Pressure in} = \rho \times g \times H_{efektif}$$

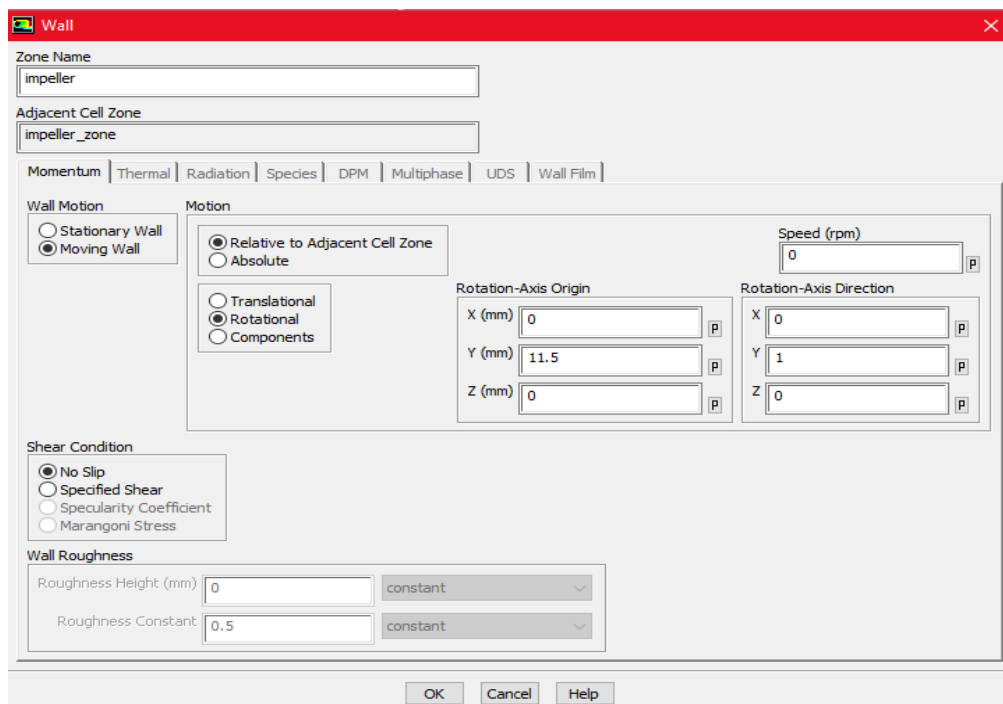
$$\text{Pressure in} = 998 \text{ kg/m}^3 \times 9,81 \text{ m/s}^2 \times 0,250301031 \text{ meter}$$

$$= 2450,54 \text{ Pa}$$



Gambar 3.16 User menu Pressure Inlet

Untuk *Impeller* di *Boundary Conditions* pada bagian wall motion diganti *moving wall*. Karena bagian ini adalah bagian dinding yang berputar dengan mengisi *rotation axis origin* dan *rotation axis direction*.

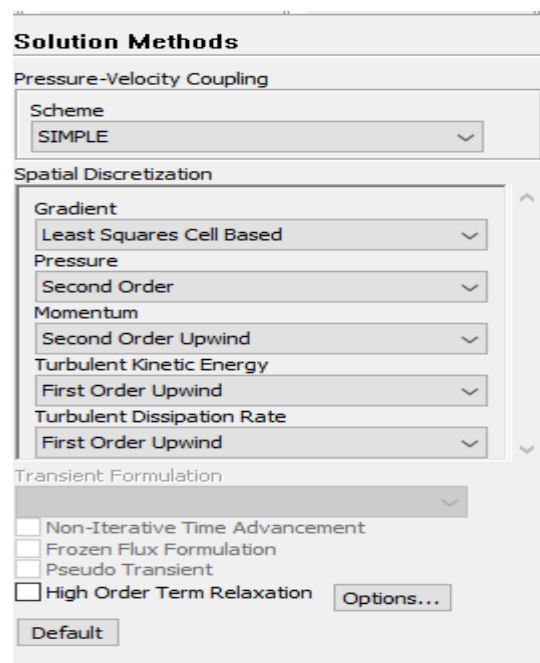


Gambar 3.17 User Menu Boundary Conditions Pada Impeller

f. *Solution Methods*

Simulasi ini menggunakan skema *SIMPLE*, persamaan yang digunakan untuk aliran *steady* atau untuk *mesh* yang mengandung *cells* dengan *skewness* yang lebih tinggi dari rata-rata. Metode ini didasarkan dari hubungan pendekatan antara faktor koreksi tekanan dan kecepatan pada tingkatan yang lebih tinggi.

Pada *Spatial Discretization*, untuk *Gradient* menggunakan *Least Squares Cell based*, *Pressure* menggunakan *second order*, *Momentum* menggunakan *second order upwind*, untuk *Turbulent Kinetic Energy* dan *Turbulent Dissipation Rate* menggunakan *First Order upwind* seperti yang terlihat pada gambar 3.18.

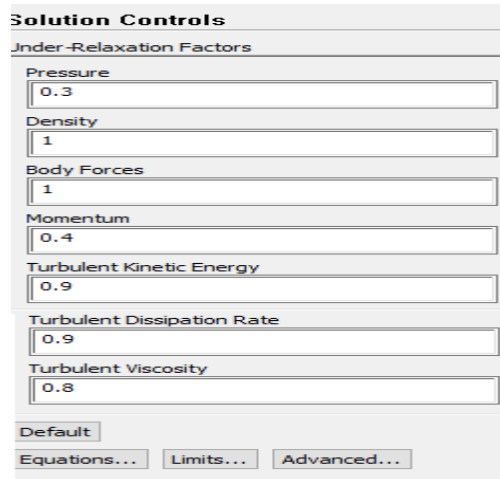


Gambar 3.18 *User Interface Solution Methods*

g. *Controls*

Jika simulasi tidak *converged* hingga batas iterasi yang telah ditentukan, maka *Under-Relaxation* yang terdapat pada *Solution Control* dapat diatur nilai pada bagian *Turbulent Kinetic Energy*, *Turbulent Dissipation Rate* dan *Turbulent Viscosity* jika  $k$ -epsilon yang tidak bisa *converged*, sedangkan untuk *Pressure*, *Density*, *Body Forces* dan

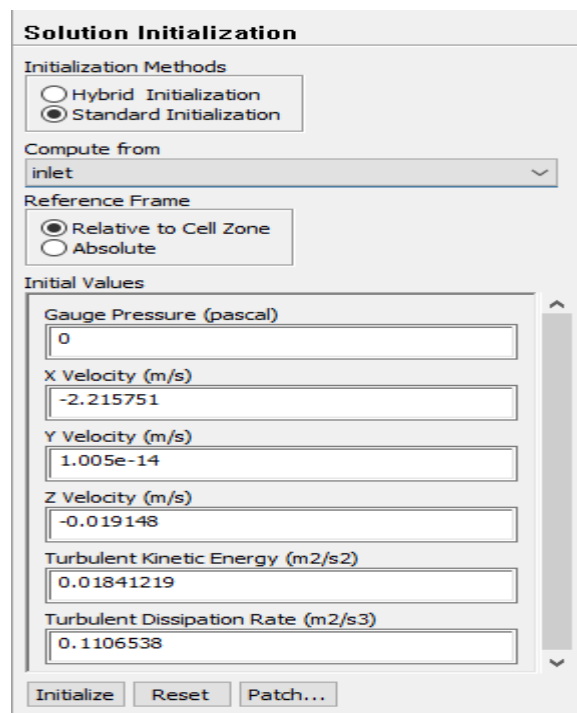
*Momentum* diturunkan jika *continuity* tidak bisa *converged* seperti yang terlihat pada gambar 3.19.



Gambar 3.19 *User Interface Solution Control*

#### h. *Solution Initialization*

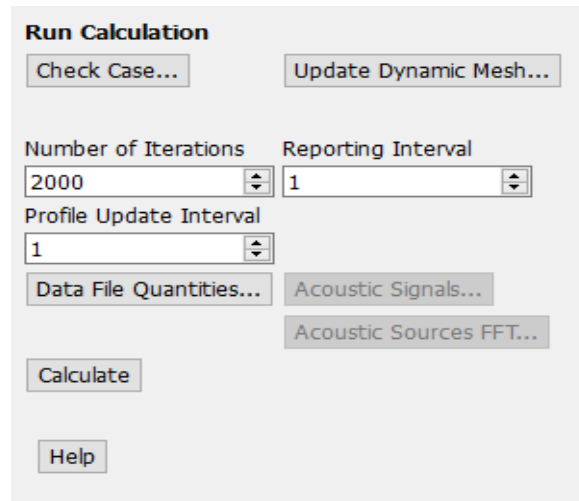
*Initialization methods* yang digunakan adalah *standard initialization* dan *compute from inlet* seperti yang terlihat pada gambar 3.20.



Gambar 3.20 *User Interface Solution Initalization*

i. *Run Calculation*

Run Calculation merupakan proses iterasi. *Number of iterations* adalah batasan iterasi yang ditentukan, Pada simulasi ini *Number of iterations* yang digunakan sampai 2000 untuk mencapai *converged* seperti yang terlihat pada gambar 3.21.



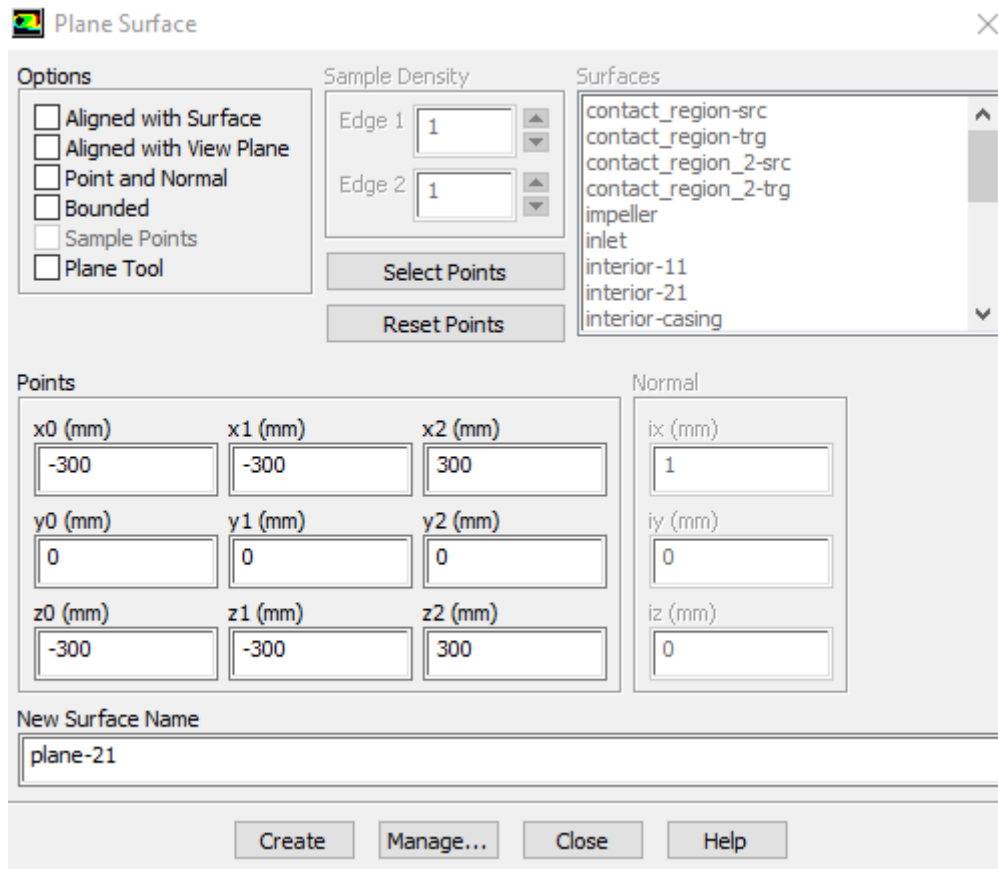
Gambar 3.21 *User Interface Run Calculation*

### 3.2.3 Post Processing

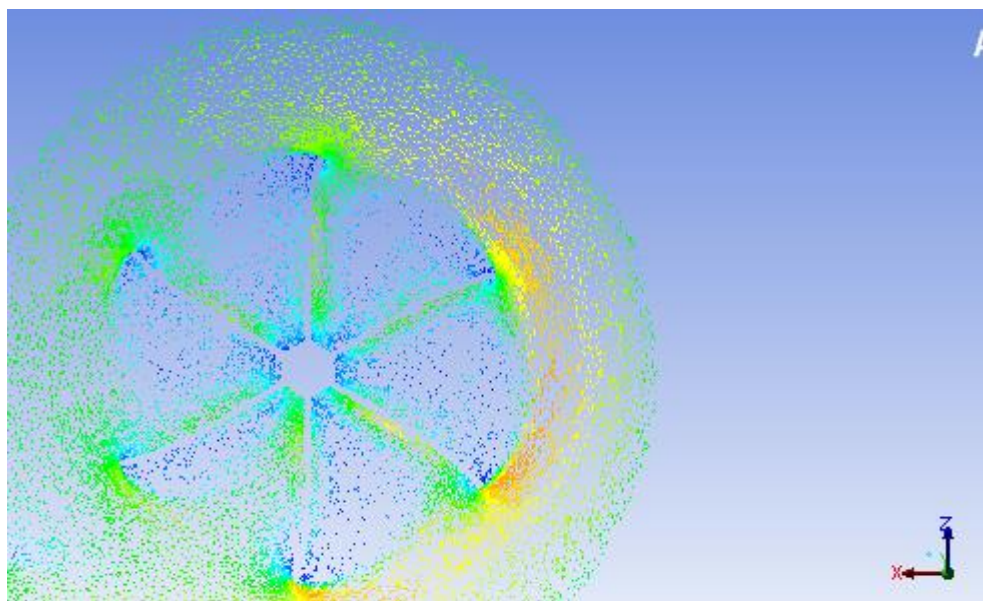
Setelah melakukan proses kalkulasi selanjutnya melihat hasil kalkulasi tersebut. Pada penelitian ini hasil yang dibutuhkan adalah *vectors* kondisi batas yang terbentuk dalam sistem akibat dari variasi pressure in, kecepatan putar impeller dan variasi sudu.

a. *Plane*

Tampilan yang digunakan untuk menampilkan gambar dalam bentuk 2D. Area tampilan dapat ditentukan dengan sumbu koordinat geometri seperti yang ditampilkan pada gambar 3.22.



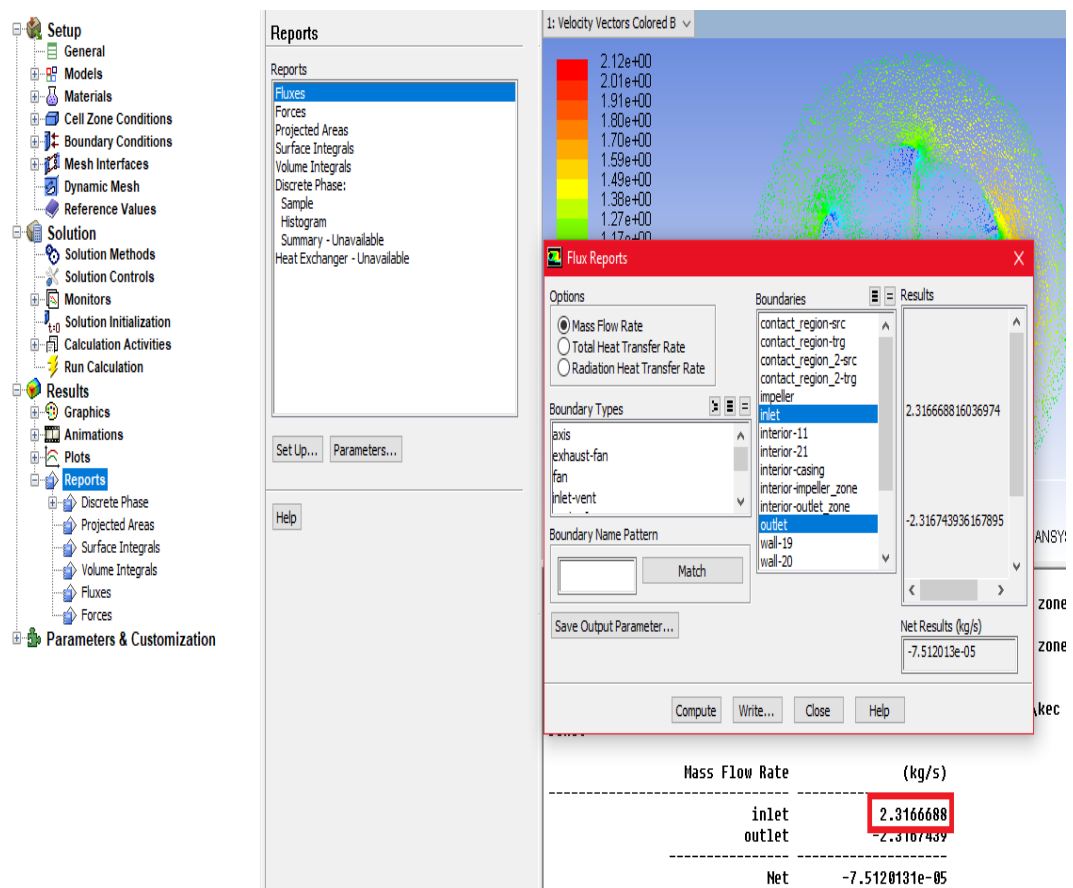
Gambar 3.22 Menu pembuatan *Plane*



Gambar 3.23 Tampilan *plane* pada 6 sudu

### b. Report

Untuk mengetahui hasil torsi dan laju aliran massa yang di hasilkan oleh turbin setelah simulasi dapat dilihat pada gambar 3.24 dan 3.25.



Gambar 3.24 User Interface Report Mass Flow Rate



The screenshot displays the ANSYS Fluent 16.0 interface. The 'Reports' panel on the left lists various report types, with 'Forces' selected. The 'Force Reports' dialog box is open, showing the following settings:

- Options:  Forces,  Moments,  Center of Pressure
- Moment Center: X (mm) = 0, Y (mm) = 11.5, Z (mm) = 0
- Moment Axis: X = 0, Y = 1, Z = 0
- Wall Zones: impeller, wall-19, wall-20, wall-22, wall-23, wall-casing, wall-impeller\_zone, wall-outlet\_zone

The output window shows the following data:

```

0 0.011500001 0)
Moments (n-n)
Pressure (-0.003007625 0.15900521 -0.018712761) Viscous (-7.3061993e-
(-0.003007625 0.15900521 -0.018712761) (-7.3061993e-
0 0.011500001 0) Moment Axis (0 1 0)
Moments (n-n)
Pressure Viscous Total Coefficient
0.15900521 0.00829766906 0.15930288 0.25960034
Net 0.15900521 0.00829766906 0.15930288 0.25960034

```

Gambar 3.25 User Interface Report Moment

Gambar 3.24 dan 3.25 memperlihatkan cara untuk melihat nilai torsi dan nilai laju