

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 METODE PENELITIAN

1. Eksperimen

Yaitu data diperoleh dengan melakukan pengujian dan eksperimen secara langsung di lapangan.

2. Matematis

Yaitu data diperoleh dengan melakukan perhitungan dan persamaan yang berkaitan dengan obyek penelitian untuk menyelesaikan masalah.

3. Simulasi

Yaitu membuat konstruksi model matematika secara numerik terhadap suatu proses dengan tujuan menduga karakteristik untuk menyelesaikan masalah.

3.2 JADWAL PELAKSANAAN

3.2.1 Tempat Pelaksanaan

Produksi dan Perakitan Turbin Tesla akan dikerjakan di workshop Sekolah Robot Indonesia dan Uji eksperimental dan analisa perbandingan sudut inlet *nozzle* akan dilaksanakan di Laboratorium Mesin, Teknik Mesin, Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surabaya. Pengukuran-pengukuran yang dilakukan terhadap penelitian ini meliputi pengukuran putaran (rpm) poros turbin tesla dengan menggunakan *Hand Tachometer*.

3.2.2 Jadwal Pelaksanaan

Tabel 3.1 Jadwal Pelaksanaan

Jenis Kegiatan	Bulan							
	Desember 2018				Januari 2019			
	1	2	3	4	1	2	3	4
Pembuatan Proposal	■							
Pengajuan Proposal		■						
Seminar			■					
Persiapan				■				
Pengerjaan					■	■		
Pembuatan Laporan							■	

3.3 VARIABEL PENELITIAN

Variabel yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari variable bebas, variable terikat dan variable terkontrol.

a. Variabel Bebas

Variabel bebas adalah variable yang ditentukan nilainya sebelum dilakukan penelitian, terdiri dari:

1. Desain *inlet nozzle*.
2. Maksimum *Flowrate* adalah 4 LPM.

b. Variabel Terikat

Variabel bebas adalah variable yang nilainya tergantung dari variable bebas dan merupakan hasil penelitian, terdiri dari:

1. Efisiensi Turbin.
2. Daya Turbin.

c. Variabel Terkontrol

Variabel terkontrol adalah variable yang nilainya dibatasi, terdiri dari:

1. 19 keping cakram, diameter 95 mm, *thickness* 1,28 mm dan *spacing* 0,6 mm.
2. Variasi inlet dengan sudut 10°, 20° dan 30°.

3. Medium yang digunakan adalah air.

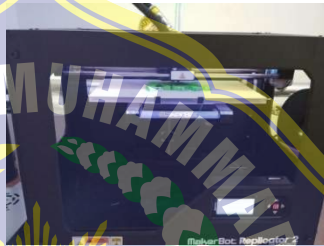
4. Tekanan Kerja adalah 5 Psi

3.4 BAHAN DAN PERALATAN PENELITIAN

3.4.1 Bahan dan Peralatan Penelitian Metode Eksperimen

Berikut ini peralatan dan bahan yang digunakan:

1. Mesin 3D *Printing*



Gambar 3.1 Mesin 3D *Printing*

Sumber: Dokumentasi Pribadi

2. PLA (Polylactic Acid)



Gambar 3.2 Bahan PLA

Sumber:

https://www.researchgate.net/figure/Polylactic-Acid-Filament-used-in-3D-printers-comes-in-a-variety-of-colors-Photo_fig3_308601635

3. Flashdisk



Gambar 3.3 Flashdisk Toshiba

Sumber: <https://www.toshiba-memory.com/products/toshiba-usb-flash-drives-transmemory-u202/>

Prototipe Turbin akan di produksi dengan metode *Rapid Prototyping* yaitu proses pembuatan produk dengan cara solidifikasi material secara *layer by layer*. Prinsipnya adalah dengan melakukan penambahan raw material setiap *layer* dimulai dari *layer* pertama/terbawah sampai dengan terakhir secara berturut-turut sampai terbentuk produk yang diinginkan. Bahan yang digunakan untuk produksi adalah PLA (*Polylactic Acid*) dengan spesifikasinya dapat dilihat pada Tabel 3.2.

Tabel 3.2 Material Data

<i>Technical Name</i>	Polylactic Acid (PLA)
<i>Chemical Formula</i>	(C ₃ H ₄ O ₂) _n
<i>Melt Temperature</i>	150 - 170 °C (315 - 338 °F)
<i>Typical Injection Molding Temperature</i>	178 - 240 °C (353 - 464 °F)
<i>Heat Deflection Temperature (HDT)</i>	49 - 52 °C (121 - 126 °F) at 0.46 MPa (66 PSI)
<i>Tensile Strength</i>	61 - 66 MPa (8840 - 9500 PSI)
<i>Flexural Strength</i>	48 - 110 MPa (6950 - 16000 PSI)
<i>Specific Gravity</i>	.24
<i>Shrink Rate</i>	0.37 - 0.41 % (0.0037 - 0.0041 in/in)

Sumber: <http://www.farnell.com/datasheets/2310522.pdf>

Pembuatan model 3D dikerjakan dengan solidworks 2017 dan di export ke dalam file .STL agar dapat dibaca oleh aplikasi 3D *print*. Berikut ini adalah hasil dari *Printing* 3D:

1. Cakram Turbin (*Disc*) dan Spacer



Gambar 3.4 Cakram Turbin dan Spacer
Sumber: Dokumentasi Pribadi

2. Poros (*Shaft*)



Gambar 3.5 Poros (*Shaft*) dan Bearing
Sumber: Dokumentasi Pribadi

3. Rumah Turbin



Gambar 3.6 Rumah Turbin
Sumber: Dokumentasi Pribadi

4. *Nozzle*, Pipa dan Flange



Gambar 3.7 *Nozzle*, Pipa dan Flange
Sumber: Dokumentasi Pribadi

5. *Stand Turbin dan End Cap Exhaust*



Gambar 3.8 Stand Turbin dan End Cap Exhaust

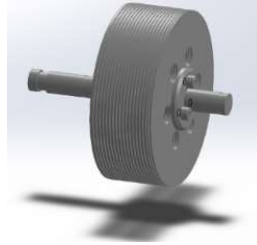
Sumber: Dokumentasi Pribadi

3.4.2 Bahan dan Peralatan Penelitian Metode Simulasi

Model akan di desain menggunakan software Solidworks 2017 dan simulasi menggunakan *Add in* Solidworks Flow Simulation 2017.

1. Cakram turbin (*Disc*)

Cakram turbin pada turbin tesla merupakan piringan bulat yang disusun bertumpuk pada satu sumbu poros. Pada satu cakram terdapat lubang tempat keluarnya fluida saat turbin beroperasi. Jumlah dan bentuknya lubang bermacam-macam sesuai keinginan atau kebutuhan sehingga jika fluidanya berupa air keluarannya menjadi teratur. Kendala yang dihadapi dalam pembuatan cakram turbin tesla adalah bagaimana membuat cakram yang benar-benar bulat dan presisi serta bahannya yang tidak dapat ditentukan jenisnya, hal inilah yang menyebabkan biaya produksinya tinggi.



Gambar 3.9 Cakram Turbin
Sumber: Dokumentasi Pribadi

2. Celah (*spacer*)
Celah (*spacer*) merupakan jarak antar cakram dari turbin. Pada turbin tesla biasanya besar celah dibuat sekecil mungkin dan susunan cakram dibuat serapat mungkin. Celah ini merupakan tempat lajunya air sehingga cakram dan poros turbin berputar.

Gambar 3.10 Spacer
Sumber: Dokumentasi Pribadi

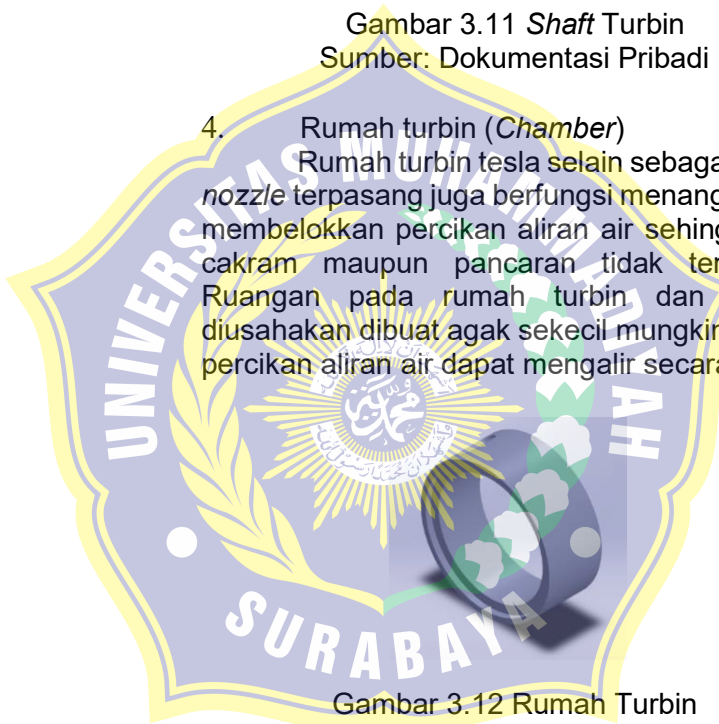
3. Poros (*shaft*)
Poros turbin tesla merupakan inti dari rangkaian turbin tesla yang tersusun dari beberapa cakram dan celah, ukurannya disesuaikan pada pusat cakram dan celah. Kekuatan poros turbin harus lebih besar dari beratnya jumlah cakram dan celah sehingga pemakaiannya dapat bertahan lama.



Gambar 3.11 *Shaft* Turbin
Sumber: Dokumentasi Pribadi

4. Rumah turbin (*Chamber*)

Rumah turbin tesla selain sebagai tempat *nozzle* terpasang juga berfungsi menangkap dan membelokkan percikan aliran air sehingga baik cakram maupun pancaran tidak terganggu. Ruang pada rumah turbin dan cakram diusahakan dibuat agak sekecil mungkin supaya percikan aliran air dapat mengalir secara baik.

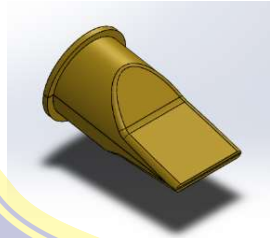


Gambar 3.12 Rumah Turbin
Sumber: Dokumentasi Pribadi

5. *Nozzle* Turbin

Nozzle memiliki fungsi untuk mengarahkan aliran fluida ke celah spasi antar disk dengan tekanan tertentu sehingga disk dapat berputar. *Nozzle* di desain sedemikian rupa sehingga terjadi perubahan tekanan dan

velocity antara *inlet* dan *outlet*nya.



Gambar 3.13 *Nozzle*
Sumber: Dokumentasi Pribadi

3.4.3 Peralatan Bantu

3.4.3.1 Peralatan Bantu Metode Eksperimen

1. *Hand Tachometer*

Alat ini digunakan untuk mengukur putaran (rpm) poros turbin tesla. Dalam uji eksperimental turbin tesla ini *hand tachometer* yang digunakan adalah dengan spesifikasi:

Ketelitian (akurasi) : $\pm 0,05\% + 1$ digit
Test Range : 2.5 to 99.999 RPM
 (r/min)



Gambar 3.14 *Hand Tachometer* Dekko DT 2234L

Sumber:

<http://indoteknik.com/shop/product/dekko-dt-2234l-laser-tachometer-30556>

2. *Water Pump*

Pompa mini pada uji eksperimental turbin tesla ini digunakan untuk melakukan transfer fluida dari bak penampung ke turbin. Dengan spesifikasi sebagai berikut:

Max Flow	: 4 L/MIN
Inlet and Outlet Diameter	: 9 mm/17 mm
Voltage	: DC12V
Current	: 3,5 A
Power	: 60-65W
Pressure	: 0,5 MPA
Dimensi	: 16 cm x 9,5 cm x 6 cm



Gambar 3.15 DP-537 *Water Pump*

Sumber: <https://www.ebay.com/itm/Electric-Caravan-High-Pressure-Self-Priming-Water-Pump-12V-4L-Min-PN-DP-537-/113410370990>

3.4.3.2 Peralatan Bantu Metode Simulasi

1. Solidworks 2017

SolidWorks adalah apa yang kita sebut “parametrik” modelling yang solid yang diperuntukan untuk pemodelan desain 3-D. Parametrik sendiri itu berarti bahwa dimensi dapat memiliki hubungan antara satu dengan yang lainnya dan dapat diubah pada saat proses

desain dan secara otomatis mengubah part solid dan dokumentasi terkait (blueprint).

SolidWorks sendiri adalah software program mekanikal 3D CAD (*computer aided design*) yang berjalan pada Microsoft Windows. file SolidWorks menggunakan penyimpanan file format Microsoft yang terstruktur. Ini berarti bahwa ada berbagai file tertanam dalam setiap SLDDRW (file gambar), SLDPRT (part file), SLDASM (file assembly), dengan bitmap preview dan metadata sub-file.

Berbagai macam *tools* dapat digunakan untuk mengekstrak sub-file, meskipun sub-file dalam banyak kasus menggunakan format file biner. SolidWorks adalah parasolid yang berbasis *solid modelling*, dan menggunakan pendekatan berbasis fitur-parametrik untuk membuat model dan *assembly* atau perakitan. Parameter mengacu pada pembatasan yang bernilai menentukan bentuk atau geometri dari model.

Parameter dapat berupa numerik, seperti panjang garis atau diameter lingkaran, atau geometris, seperti tangen, paralel, konsentris, horizontal atau vertikal. parameter numerik dapat dikaitkan dengan satu sama lain melalui penggunaan hubungan, yang memungkinkan mereka untuk menangkap maksud dari desain (www.arismadata.com, 2018).



Gambar 3.16 Solidworks 2017

Sumber: <https://plmgroup.eu/solidworks-campaign-plm/>

2. *Notebook*
Notebook yang digunakan untuk menjalankan *software* Solidworks Flow Simulation adalah Dell Inspiron 5000 series dengan spesifikasi sebagai berikut:
 - a. 8GB DDR3L RAM @1600MHz
 - b. Intel® HD Graphics 5500
 - c. NVIDIA® GeForce® 920M 2 GB DDR3
 - d. 5th Gen Intel® Core™ i3-5005U Processor (3M Cache, 2.00 GHz)

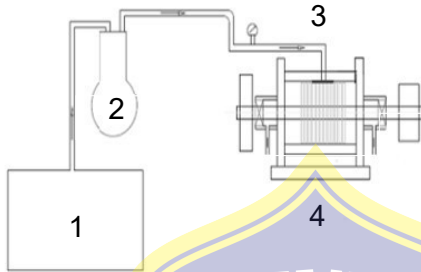


Gambar 3.17 *Notebook* Dell Inspiron 5000 Series

Sumber: <https://www.dell.com/id/p/inspiron-14-5000-series/pd>

3.5 DIAGRAM PENELITIAN

3.5.1 Diagram Skematik Eksperimen



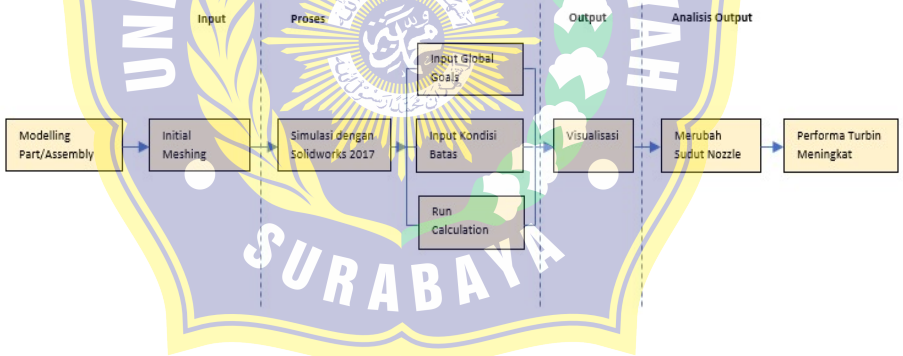
Keterangan:

1. Tempat penampung air
2. Pompa air
3. *Nozzle*
4. Turbin tesla

Gambar 3.18 Instalasi Penelitian

Sumber: (IJARME) ISSN 2231 – 5950 (2012)

3.5.2 Diagram Alir Simulasi



Gambar 3.19 Diagram Alir Simulasi

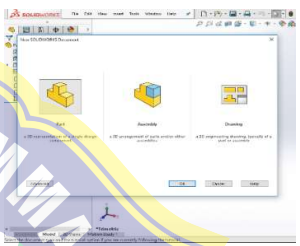
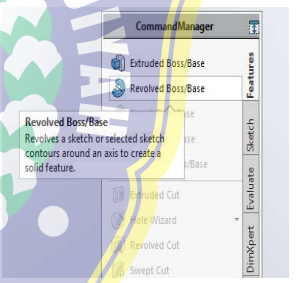
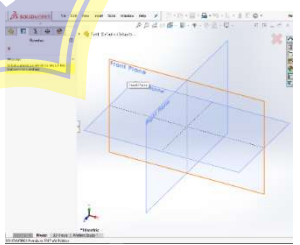
Sumber: Dokumentasi pribadi

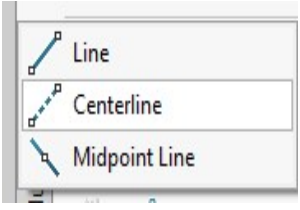
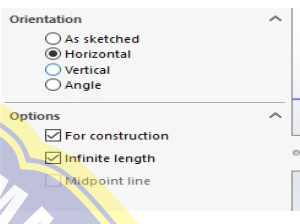
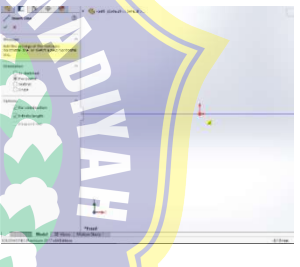
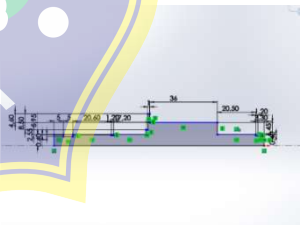
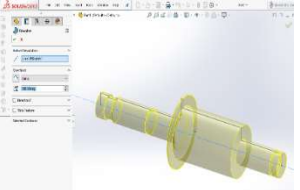
3.6 PROSEDUR PEMODELAN, EKSPERIMEN DAN SIMULASI

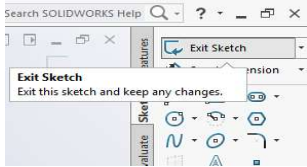
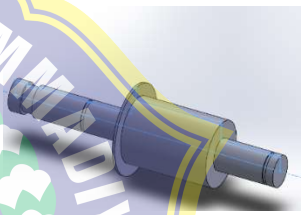
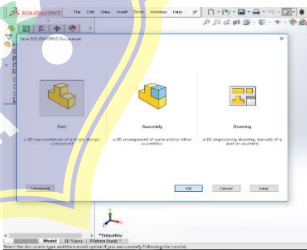
3.6.1 Prosedur Pemodelan

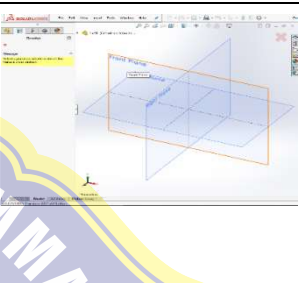
Pada penelitian ini pemodelan dikerjakan dengan menggunakan software solidworks 2017, dengan tahapan sebagai berikut:

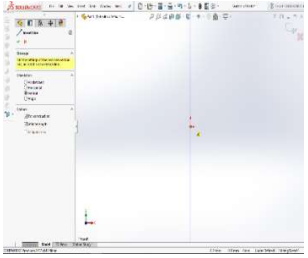
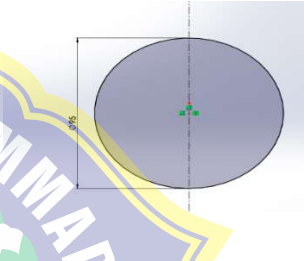
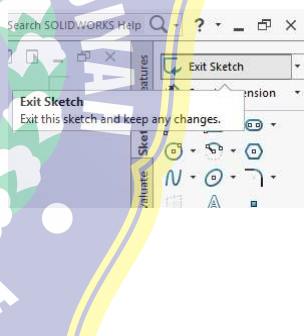
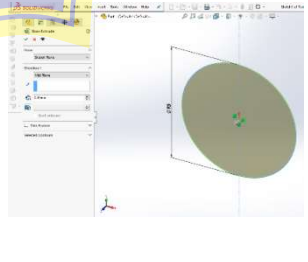
A. Pemodelan Shaft

1.	Untuk membuat dokumen Baru pilih File kemudian pilih New .	
2.	Untuk memulai pemodelan pilih Features kemudian pilih Revolve .	
3.	Dalam area kerja, pilih Front Plane untuk menjadikannya bidang kerja/workplane aktif.	

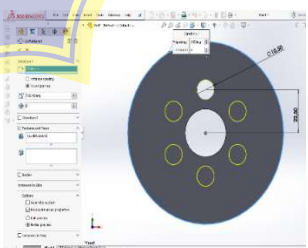
4.	Selanjutnya pilih untuk membuat garis sumbu sebagai acuan perputaran.	
5.	Pada property manager, aktifkan pilihan Horizontal dan Infinite Length .	
6.	Dalam area gambar Klik tepat pada titik Origin seperti gambar.	
7.	Kemudian Klik Line dan desain penampang tertutup seperti pada gambar.	
8.	Klik tombol Exit Sketch , untuk keluar dari mode Sketch.	

9.	Beralih ke design tree, pastikan axis of revolution adalah centerline yang telah dibuat sebelumnya dan isikan perputaran sebesar 360 derajat, maka akan tampak preview gambar yang akan dihasilkan.	
10.	Klik OK , dan berikut gambar Shaft yang dihasilkan.	
B. Pemodelan Disk		
1.	Untuk membuat dokumen Baru pilih File kemudian pilih New .	

2.	Untuk memulai pemodelan pilih Features kemudian pilih Extrude .	
3.	Dalam area kerja, pilih Front Plane untuk menjadikannya bidang kerja/workplane aktif.	
4.	Selanjutnya pilih Centerline untuk membuat garis sumbu sebagai acuan perputaran.	
5.	Pada property manager, pilih Vertical dan Infinite Length .	


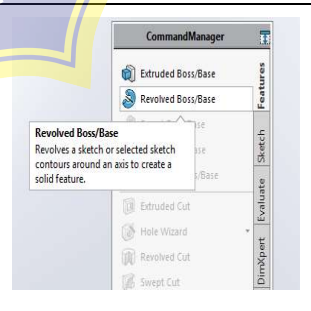
6.	<p>Dalam area gambar Klik tepat pada titik Origin seperti gambar.</p>	
7.	<p>Kemudian Klik Circle dan desain lingkaran seperti pada gambar.</p>	
8.	<p>Klik tombol Exit Sketch, untuk keluar dari mode Sketch.</p>	
9.	<p>Dalam property manager atur settingan seperti pada gambar. Direction Mid plane dan D1= 0,80 mm.</p>	

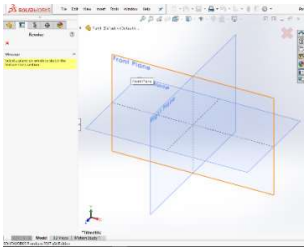
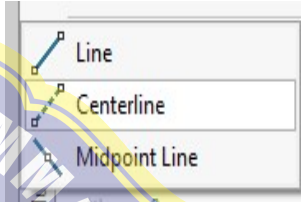
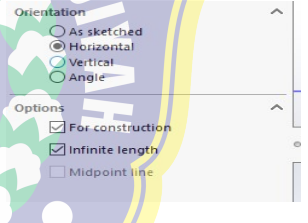
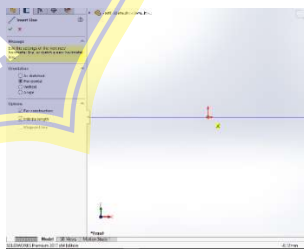
10.	Kemudian Klik Circle dan desain lingkaran seperti pada gambar.	
11.	Ulangi seperti pada poin 10. Untuk menggambar lingkaran seperti pada gambar.	
12.	Setelah Klik Exit Sketch seperti pada poin 8. Klik Extrude-Cut untuk membuat lubang.	
13.	Pilih Lingkaran yang akan di cut kemudian pada setingan pilih Through All .	

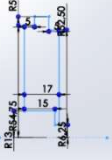
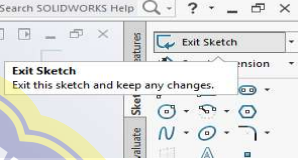
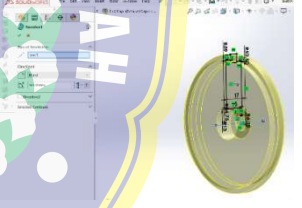
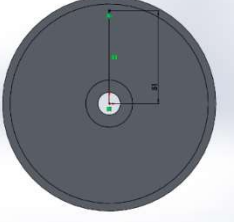
14.	Klik OK , Maka akan menghasilkan gambar seperti berikut.	
15.	Kemudian ulangi seperti pada poin 13 untuk menghasilkan gambar seperti berikut.	
16.	Untuk membuat lubang berikutnya Klik Circular Pattern	
17.	Pilih Equal Spacing dengan sudut 360 derajat dan pada number of instances ketik 6.	

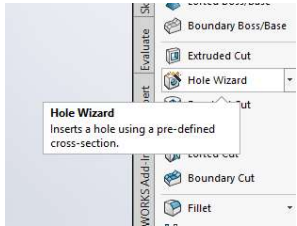
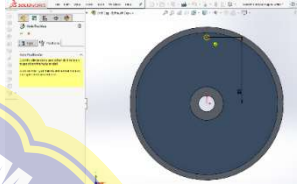
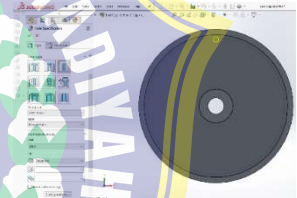
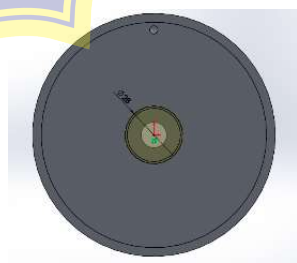
18.	Klik OK , untuk menghasilkan gambar seperti berikut.	
-----	---	--

C. Pemodelan *End Cap*

1.	Untuk membuat dokumen Baru pilih File kemudian pilih New .	
2.	Untuk memulai pemodelan pilih Features kemudian pilih Revolve .	

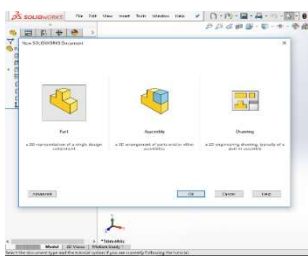
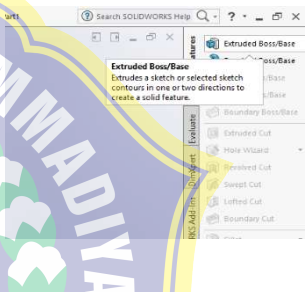
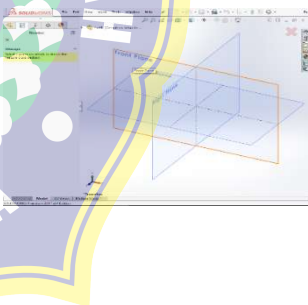
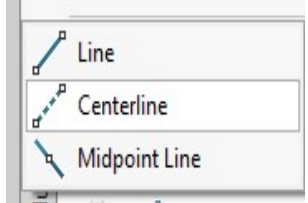
3.	<p>Dalam area kerja, pilih Front Plane untuk menjadikannya bidang kerja/workplane aktif.</p>	
4.	<p>Selanjutnya pilih Centerline untuk membuat garis sumbu sebagai acuan perputaran.</p>	
5.	<p>Pada property manager, aktifkan pilihan Horizontal dan Infinite Length.</p>	
6.	<p>Dalam area gambar Klik tepat pada titik Origin seperti gambar.</p>	

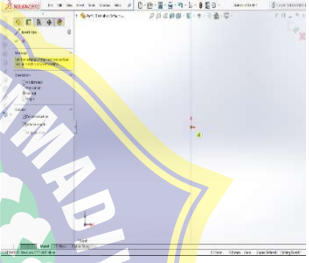
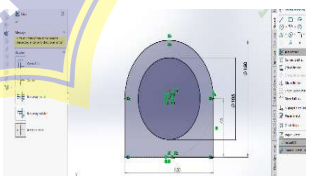
7.	Kemudian Klik Line dan desain penampang tertutup seperti pada gambar.	
8.	Klik tombol Exit Sketch , untuk keluar dari mode Sketch.	
9.	Pastikan axis of revolution adalah centerline yang telah dibuat sebelumnya dan isikan perputaran sebesar 360 derajat, maka akan tampak preview gambar yang akan dihasilkan.	
10.	Klik OK , dan setelah muncul gambar berikut buat garis bantu untuk membuat lubang ulir dari center lingkaran, kemudian Exit Sketch .	

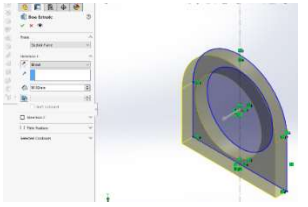
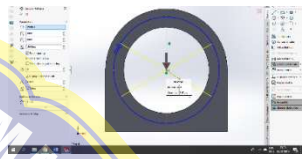
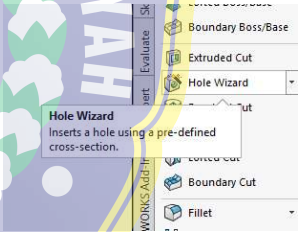
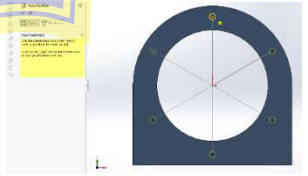
11.	Kemudian klik Hole Wizard	
12.	Klik Positions dan tempatkan lubang pada titik referensi yang telah dibuat.	
13.	Pilih Dowel Holes dengan diameter 4 dan kedalaman ulir 5 mm, kemudian klik OK .	
14.	Kemudian Klik Circle dan desain lingkaran seperti pada gambar, kemudian Exit Sketch .	

15.	Klik Extrude-Cut untuk membuat lubang, masukkan nilai 4,5 mm, kemudian klik OK .	
16.	Buat Lingkaran seperti pada gambar kemudian Klik Circular Pattern . Pilih Equal Spacing dengan sudut 360 derajat dan pada number of instances ketik 6.	
17.	Klik Extrude-Cut untuk membuat lubang, Pilih Direction Up to Next , pada contours pilih semua lingkaran yang telah dibuat, kemudian Klik OK .	
18.	Berikut hasil dari gambar End Cap.	

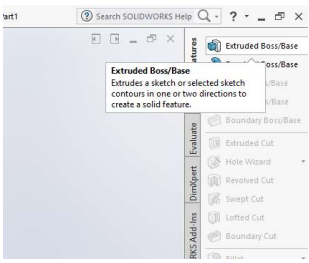
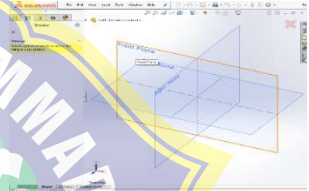
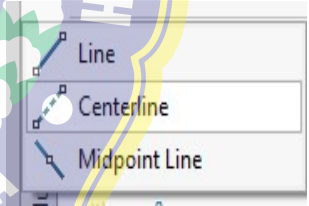
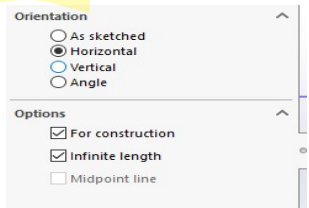
D. Pemodelan *End Clamp*

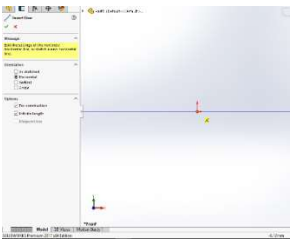
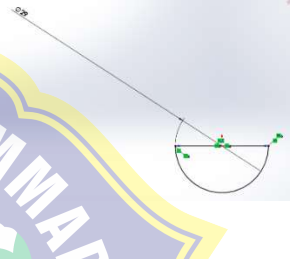
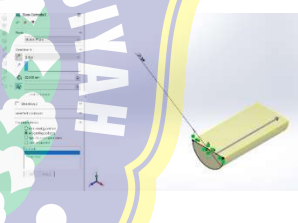
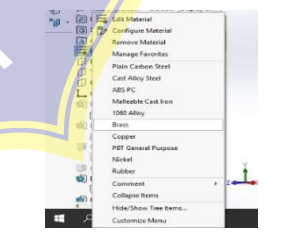
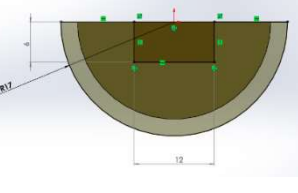
1.	Untuk membuat dokumen Baru pilih File kemudian pilih New .	
2.	Untuk memulai pemodelan pilih Features kemudian pilih Extrude .	
3.	Dalam area kerja, pilih Front Plane untuk menjadikannya bidang kerja/workplane aktif.	
4.	Selanjutnya pilih Centerline untuk membuat garis sumbu sebagai acuan perputaran.	

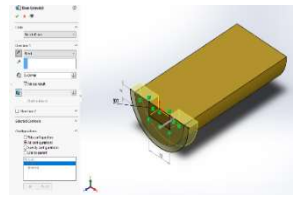
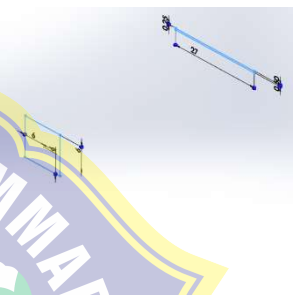
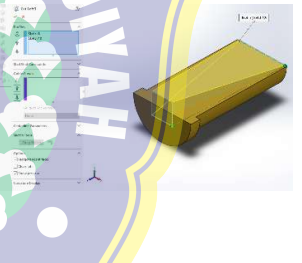
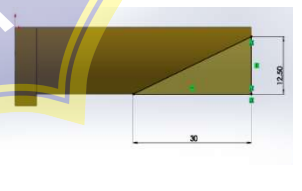
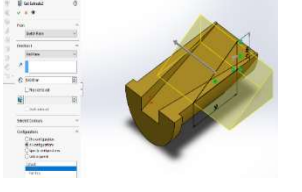
5.	Pada property manager, aktifkan pilihan Vertical dan Infinite Length .	
6.	Dalam area gambar Klik tepat pada titik Origin seperti gambar.	
7.	Kemudian Klik Circle dan desain lingkaran seperti pada gambar dan sebuah persegi panjang yang bersinggungan.	
8.	Kemudian Klik Trim Entities dan pilih trim to closest. Klik pada garis lingkaran terluar yang ada di dalam persegi panjang untuk di hilangkan. Klik OK dan Klik Exit Sketch .	

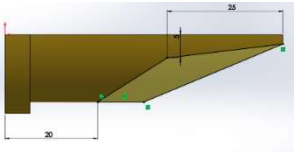
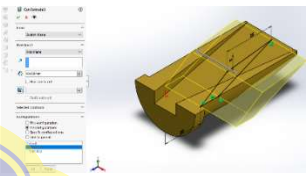
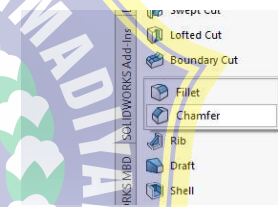
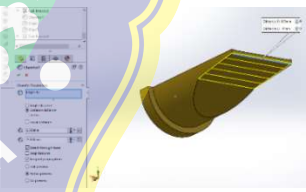
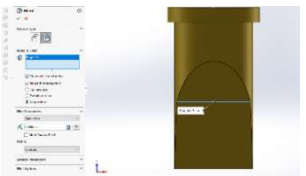
9.	<p>Dalam property manager atur settingan seperti pada gambar. Direction Mid plane dan D1= 18 mm. Klik OK.</p>	
10.	<p>Buat Garis bantu 65 mm dari center lingkaran, kemudian Klik Circular Pattern dan ketik 6 pada number of instances. Klik OK dan Exit Sketch.</p>	
11.	<p>Kemudian klik Hole Wizard.</p>	
12.	<p>Klik Positions dan tempatkan lubang pada titik referensi yang telah dibuat.</p>	

13.	Pilih Dowel Holes dengan diameter 6 dan Pilih Through All, kemudian klik OK .	
14.	Berikut hasil gambar dari End Clamp.	
E. Pemodelan Nozzle		
1.	Untuk membuat dokumen Baru pilih File kemudian pilih New .	

2.	Untuk memulai pemodelan Features pilih Extrude .	
3.	Dalam area kerja, pilih Front Plane untuk menjadikannya bidang kerja/workplane aktif.	
4.	Selanjutnya pilih Centerline untuk membuat garis sumbu sebagai acuan perputaran.	
5.	Pada property manager, aktifkan pilihan Horizontal dan Infinite Length .	

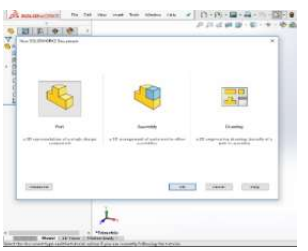
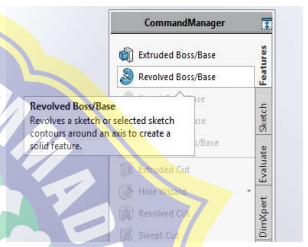
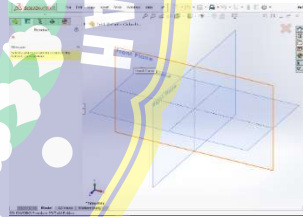
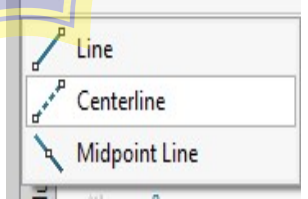
6.	<p>Dalam area gambar Klik tepat pada titik Origin seperti gambar.</p>	
7.	<p>Kemudian Klik Circle dan desain lingkaran kemudian bagi dua lingkaran dengan Trim Entities seperti pada gambar. Klik Exit Sketch.</p>	
8.	<p>Pada property manager direction pilih blind dengan nilai $D1 = 60$ mm. Klik OK. Kemudian pada material pilih Brass.</p>	
9.	<p>Kemudian pada material pilih Brass.</p>	
10.	<p>Pilih Extrude kemudian desain penampang tertutup seperti pada gambar. Kemudian Exit Sketch.</p>	

11.	Kemudian pada property manager, masukkan direction blind dan D1= 5,434 mm. Cetang pilihan Merge Result .	
12.	Buat Sketch dua buah persegi panjang pada kedua sisi penampang nozzle dengan ukuran seperti pada gambar. Kemudian pada features Klik Lofted Cut .	
13.	Pada profile pilih sketch yang sudah dibuat kemudian Klik OK .	
14.	Kemudian buat penampang segitiga tertutup seperti pada gambar, kemudian Exit Sketch .	
15.	Klik Extrude-Cut untuk membuat potongan, masukkan direction Mid-Plane dengan nilai D1= 50 mm, kemudian klik OK .	

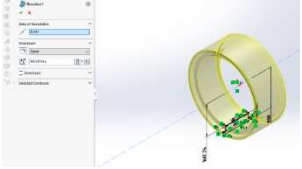
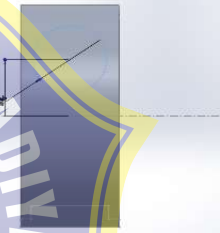

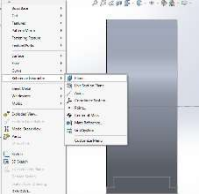
16.	Kemudian ulangi buat Sketch penampang tertutup seperti pada gambar, kemudian Exit Sketch	
17.	Klik Extrude-Cut untuk membuat potongan, masukkan direction Mid-Plane dengan nilai D1= 40 mm, kemudian klik OK .	
18.	Pada Feature Klik Chamfer .	
19.	Pada parameters pilih distance distance, dengan nilai D1= 0,5 mm dan D2= 25 mm, kemudian pilih through face dan tangent propagation. Klik OK .	
20.	Pada Feature Klik Fillet . Pilih item yang akan di fillet, masukkan nilai 5 mm symmetric dengan profile circular. Klik OK .	

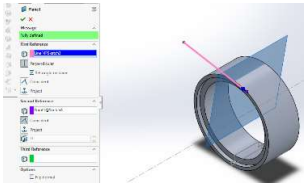
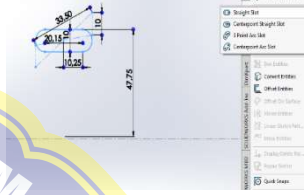
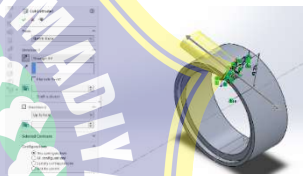
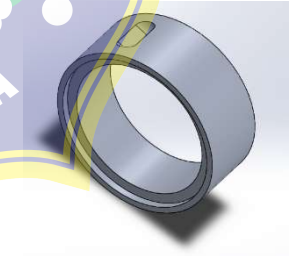
21.	<p>Pada Feature Klik Fillet. Pilih item yang akan di fillet, masukkan nilai 2 mm symmetric dengan profile circular. Klik OK.</p>	
22.	<p>Kemudian ulangi buat Sketch penampang tertutup seperti pada gambar, kemudian Exit Sketch.</p>	
23.	<p>Klik Extrude-Cut untuk membuat potongan, masukkan direction Mid-Plane dengan nilai D1= 50 mm, kemudian klik OK.</p>	
24.	<p>Gambar nozzle yang dihasilkan.</p>	

F. Pemodelan Housing

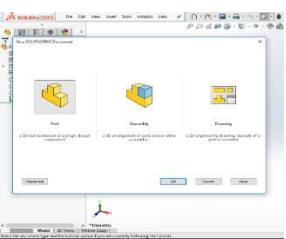
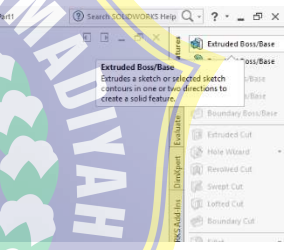
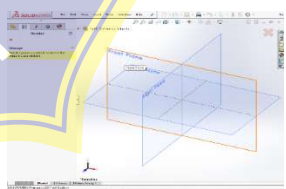
1.	Untuk membuat dokumen Baru pilih File kemudian pilih New .	
2.	Untuk memulai pemodelan pilih Features kemudian pilih Revolve .	
3.	Dalam area kerja, pilih Front Plane untuk menjadikannya bidang kerja/workplane aktif.	
4.	Selanjutnya pilih Centerline untuk membuat garis sumbu sebagai acuan perputaran.	

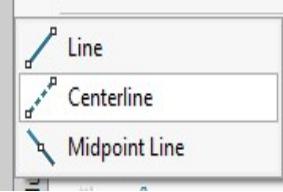
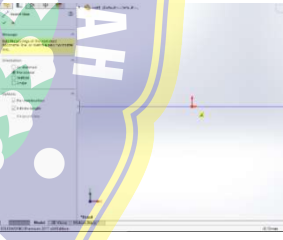
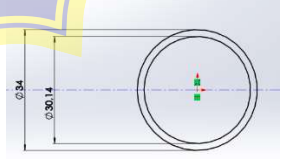
5.	Pada property manager, aktifkan pilihan Horizontal dan Infinite Length .	
6.	Dalam area gambar Klik tepat pada titik Origin seperti gambar.	
7.	Kemudian Klik Line dan desain penampang tertutup seperti pada gambar.	
8.	Klik tombol Exit Sketch , untuk keluar dari mode Sketch.	

9.	<p>Beralih ke design tree, pastikan axis of revolution adalah centerline yang telah dibuat sebelumnya dan isikan perputaran sebesar 360 derajat, maka akan tampak preview gambar yang akan dihasilkan.</p>	
10.	<p>Buat Sketch Circle sebagai obyek bantu seperti pada gambar.</p>	
11.	<p>Kemudian buat Line sebagai garis bantu dengan sudut 10 derajat. Note: untuk housing sudut 20 & 30 derajat mengikuti metode yang sama.</p>	
12.	<p>Buat Plane baru dengan cara Klik Insert, kemudian Reference Geometry, Klik Plane.</p>	

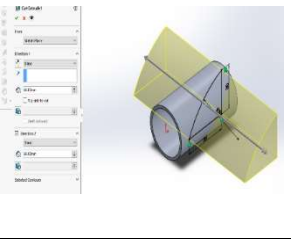

13.	Pilih perpendicular, set origin on curve dengan first reference dan second reference pada garis bantu yang sebelumnya dibuat.	
14.	Buat Sketch Straight Slot pada plane baru seperti pada gambar.	
15.	Klik Extrude-Cut untuk membuat potongan, masukkan direction 1 Through All dan direction 2 Up to Next, kemudian klik OK .	
16.	Berikut gambar housing yang dihasilkan untuk sudut 10 derajat. Note: untuk sudut 20 dan 30 derajat mengikuti metode yang sama.	

G. Pemodelan Pipa

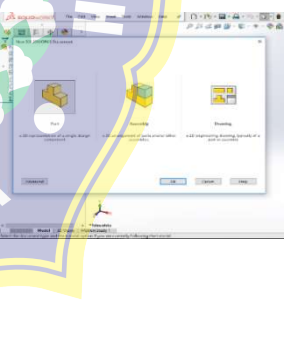
1.	Untuk membuat dokumen Baru pilih File kemudian pilih New .	
2.	Untuk memulai pemodelan pilih Features kemudian pilih Extrude .	
3.	Dalam area kerja, pilih Front Plane untuk menjadikannya bidang kerja/workplane aktif.	

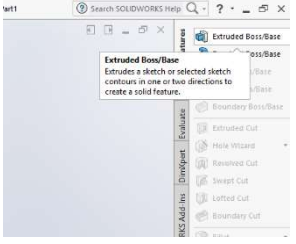
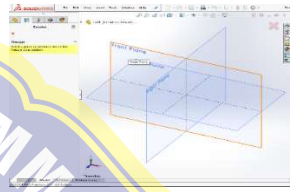
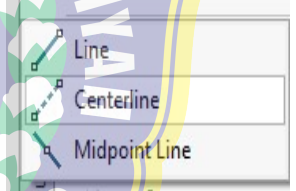
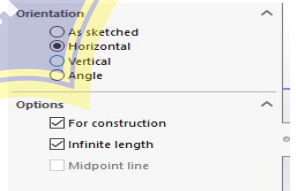
4.	Selanjutnya pilih untuk membuat garis sumbu sebagai acuan perputaran.	
5.	Pada property manager, aktifkan pilihan Horizontal dan Infinite Length .	
6.	Dalam area gambar Klik tepat pada titik Origin seperti gambar.	
7.	Kemudian Klik Circle dan desain lingkaran seperti pada gambar. Klik tombol Exit Sketch , untuk keluar dari mode Sketch.	


8.	<p>Dalam property manager atur settingan seperti pada gambar. Direction Blind dan D1= 80 mm.</p>	
9.	<p>Untuk sudut 10 derajat buat potongan seperti pada gambar.</p>	
10.	<p>Untuk Sudut 20 derajat buat potongan seperti pada gambar.</p>	
11.	<p>Untuk Sudut 30 derajat buat potongan seperti pada gambar.</p>	

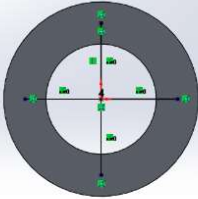
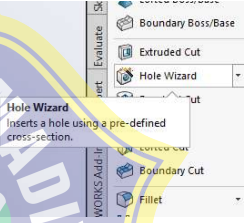
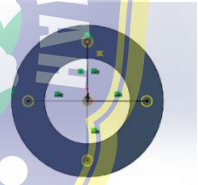
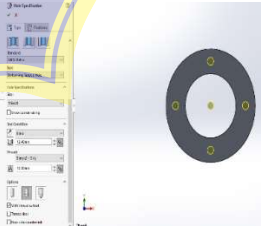
12.	Klik Extrude-Cut untuk membuat potongan, masukkan direction Blind dengan nilai D1= 50 mm, kemudian klik OK .	
13.	Berikut hasil pipa yang dihasilkan.	

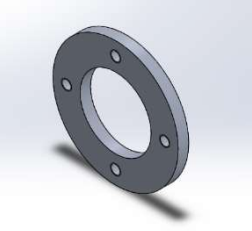
H. Pemodelan Flange A

1.	Untuk membuat dokumen Baru pilih File kemudian pilih New .	
----	--	---

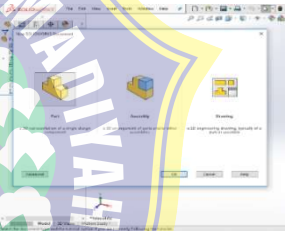
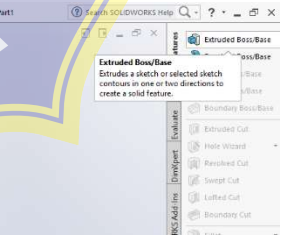
2.	Untuk memulai pemodelan Features pilih Extrude .	
3.	Dalam area kerja, pilih Front Plane untuk menjadikannya bidang kerja/workplane aktif.	
4.	Selanjutnya pilih Centerline untuk membuat garis sumbu sebagai acuan perputaran.	
5.	Pada property manager, aktifkan pilihan Horizontal dan Infinite Length .	

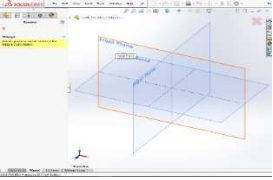
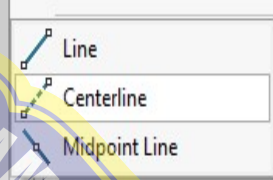
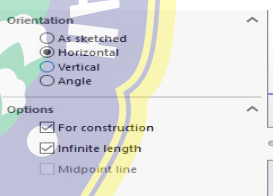
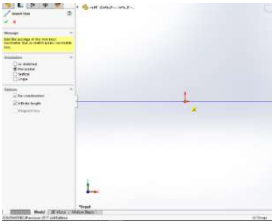
6.	<p>Dalam area gambar Klik tepat pada titik Origin seperti gambar.</p>	
7.	<p>Kemudian Klik Circle dan desain lingkaran seperti pada gambar. Klik tombol Exit Sketch, untuk keluar dari mode Sketch.</p>	
8.	<p>Dalam property manager atur settingan seperti pada gambar. Direction Blind dan D1= 5 mm.</p>	
9.	<p>Klik Circle dan desain lingkaran seperti pada gambar.</p>	

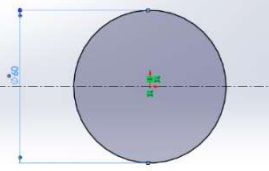
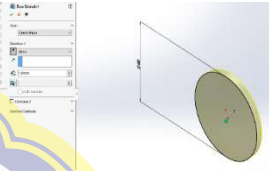
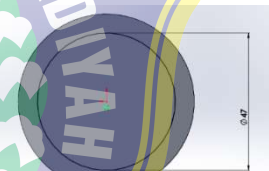
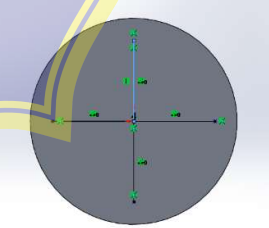
10.	Buat Garis bantu 23,5 mm dari center lingkaran, kemudian Klik Circular Pattern dan ketik 4 pada number of instances. Klik OK dan Exit Sketch	
11.	Kemudian klik Hole Wizard .	
12.	Klik Positions dan tempatkan lubang pada titik referensi yang telah dibuat.	
13.	Pilih Bottoming Tapped Holes , dengan ukuran M5x0,8, kemudian end condition Blind ketik 12,40 mm dan Blind 2 ketik 10 mm. Klik OK .	

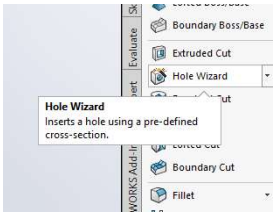
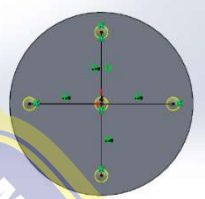

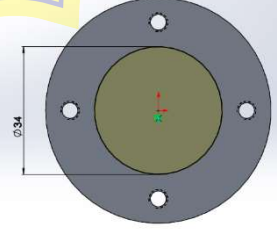
14.	Hasil gambar Flange.	
-----	----------------------	---

I. Pemodelan Flange B

1.	Untuk membuat dokumen Baru pilih File kemudian pilih New .	
2.	Untuk memulai pemodelan pilih Features kemudian pilih Extrude .	

3.	<p>Dalam area kerja, pilih Front Plane untuk menjadikannya bidang kerja/workplane aktif.</p>	
4.	<p>Selanjutnya pilih Centerline untuk membuat garis sumbu sebagai acuan perputaran.</p>	
5.	<p>Pada property manager, aktifkan pilihan Horizontal dan Infinite Length.</p>	
6.	<p>Dalam area gambar Klik tepat pada titik Origin seperti gambar.</p>	

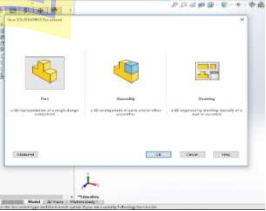
7.	Kemudian Klik Circle dan desain lingkaran seperti pada gambar. Klik tombol Exit Sketch , untuk keluar dari mode Sketch.	
8.	Dalam property manager atur settingan seperti pada gambar. Direction Blind dan D1= 5 mm.	
9.	Klik Circle dan desain lingkaran seperti pada gambar.	
10.	Buat Garis bantu 23,5 mm dari center lingkaran, kemudian Klik Circular Pattern dan ketik 4 pada number of instances. Klik OK dan Exit Sketch .	

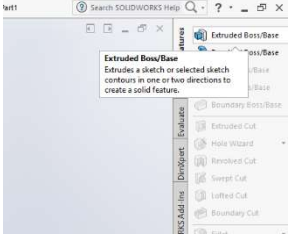
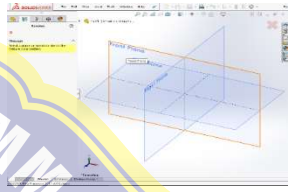
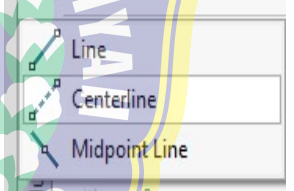
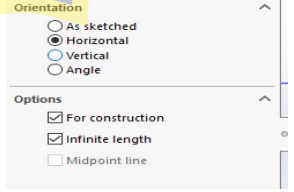
11.	Kemudian klik Hole Wizard .	
12.	Klik Positions dan tempatkan lubang pada titik referensi yang telah dibuat.	
13.	Pilih Bottoming Tapped Holes , dengan ukuran M5x0,8, kemudian end condition Blind ketik 12,40 mm dan Blind 2 ketik 10 mm. Klik OK .	
14.	Klik Circle dan desain lingkaran seperti pada gambar.	

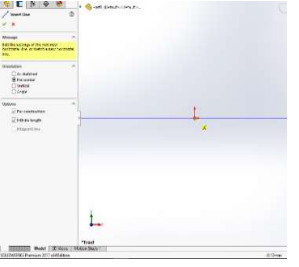
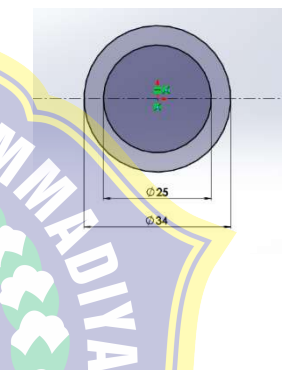
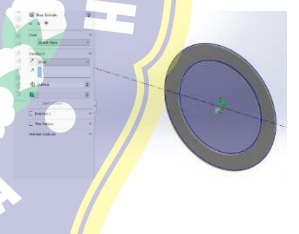
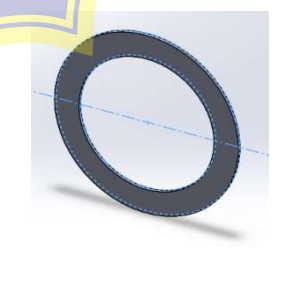
15.	Klik Extrude-Cut untuk membuat potongan, masukkan direction Blind dengan nilai D1= 2 mm, kemudian klik OK .	
16.	Klik Circle dan desain lingkaran seperti pada gambar.	
17.	Kemudian klik Hole Wizard .	
18.	Klik Positions dan tempatkan lubang pada titik referensi yang telah dibuat.	

19.	Pilih Bottoming Tapped Holes , dengan ukuran M10x1, kemudian end condition Blind ketik 23 mm dan Blind 2 ketik 20 mm. Klik OK .	
20.	Klik Extrude pada lingkaran yang sudah di buat lubang, Dalam property manager atur settingan seperti pada gambar. Direction Blind dan D1= 32 mm.	
21.	Berikut gambar flange B yang dihasilkan	

J. Pemodelan Spacer

1.	Untuk membuat dokumen Baru pilih File kemudian pilih New .	
----	--	---

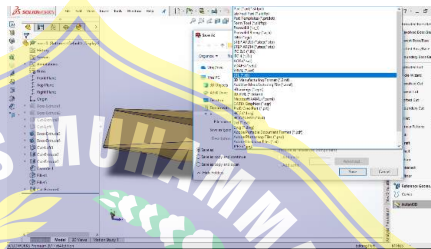
2.	Untuk memulai pemodelan pilih Features kemudian pilih Extrude .	
3.	Dalam area kerja, pilih Front Plane untuk menjadikannya bidang kerja/workplane aktif.	
4.	Selanjutnya pilih Centerline untuk membuat garis sumbu sebagai acuan perputaran.	
5.	Pada property manager, aktifkan pilihan Horizontal dan Infinite Length .	

6.	<p>Dalam area gambar Klik tepat pada titik Origin seperti gambar.</p>	
7.	<p>Kemudian Klik Circle dan desain lingkaran seperti pada gambar. Klik tombol Exit Sketch, untuk keluar dari mode Sketch.</p>	
8.	<p>Dalam property manager atur setingan seperti pada gambar. Direction Blind dan D1= 0,60 mm.</p>	
9.	<p>Berikut hasil gambar dari spacer.</p>	

3.6.2 Prosedur Eksperimen

A. *Export File*

Setelah model 3D selesai di desain dengan software Solidworks 2017 kemudian file di export dan di simpan dalam bentuk Stereolitho (STL) file ke dalam media penyimpanan seperti Flashdisk.

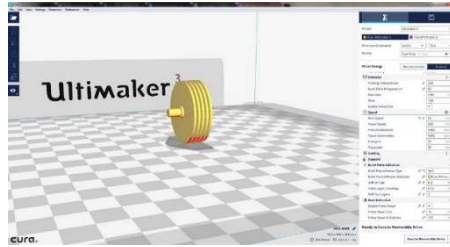


Gambar 3.20 Ilustrasi Sldprt ke STL File

Sumber: Dokumentasi pribadi

B. *Pengolahan Data/Slicer*

File STL kemudian dapat di impor ke perangkat lunak *licer* di mana ia di iris dan di keluarkan sebagai G-Code. G-Code ini pada intinya hanya dokumen teks dengan daftar perintah untuk printer 3D untuk membaca dan mengikuti seperti suhu panas-akhir, pindah ke kiri atau ke kanan dengan nilai tertentu dan yang lainnya. Contoh software slicer ini antara lain : *Ultimaker Cura*. Setelah proses coding selesai, simpan hasil dalam penyimpanan Flashdisk.



Gambar 3.21 Cura Software

Sumber:

<https://www.instructables.com/id/Building-and-Evaluation-of-a-3D-Printable-Tesla-Tu/>

C. Proses printing atau cetak

Insert Flashdisk ke dalam mesin printer, kemudian mulai proses pencetakan prototype. Printer yang digunakan adalah Anycubic i3 Mega milik Sekolah Robot Indonesia, printer ini menggunakan prinsip dasar Additive Layer dengan rangkaian proses mesin membaca rancangan tiga dimensi dan mulai menyusun lapisan secara berturut turut untuk membangun model dalam serangkaian proses lengkap. Lapisan-lapisan ini yang dihubungkan oleh model virtual (3d model) di gabungan secara otomatis untuk membentuk susunan lengkap yang utuh.



Gambar 3.22 Proses Printing

Sumber: Dokumentasi pribadi

D. *Finishing*

Dilakukan secara manual untuk menyempurnakan bagian-bagian kompleks yang mungkin disebabkan oleh *off sized* atau ukuran yang berbeda dari yang diinginkan. Teknik tambahan untuk menyempurnakan proses ini dapat pula menggunakan tehnik *multiple material* atau material berbeda, *multiple color* atau kombinasi warna.



Gambar 3.23 Hasil Printing

Sumber: Dokumentasi pribadi

E. Pengujian

Pengukuran-pengukuran yang dilakukan terhadap penelitian ini meliputi pengukuran putaran (rpm) poros turbin tesla dengan menggunakan Hand *Tachometer* selanjutnya secara teoritis dihitung kapasitas, torsi, daya dan efisiensi turbin. Sebelum dilakukan pengujian turbin tesla dan pengambilan data, terlebih dahulu dilakukan pemeriksaan (*checking*) terhadap beberapa instalasi dan peralatan, yang meliputi:

1. Pemeriksaan debit air di dalam tempat penampungan.
2. Pemeriksaan hose penghubung pada setiap peralatan.

3. Pemeriksaan katup pada turbin tesla.
4. Pemeriksaan poros turbin tesla.

Setelah prosedur pemeriksaan terhadap beberapa instalasi dan peralatan di atas selesai dilakukan dan pemeriksaan dipastikan dalam kondisi *standby*, maka prosedur pengujian pun dapat dimulai. Adapun prosedur pengujian uji eksperimental turbin tesla ini adalah sebagai berikut:

1. Pengujian pertama dilakukan untuk sudut inlet *nozzle* 10° .
2. Pastikan sisi hisap pompa tidak lebih tinggi dari level fluida.
3. Dilakukan *monitoring* terhadap aliran pompa dengan tekanan kerja 5 Psi.
4. Setelah aliran air konstan, maka dilakukan pengujian serta pengambilan data terhadap putaran (rpm) pada poros turbin tesla dengan *Hand Tachometer*.
5. Pengujian kedua dilakukan untuk sudut inlet *nozzle* 20° .
6. Pengujian ketiga dilakukan untuk sudut inlet *nozzle* 30° .
7. Melakukan kembali pengukuran seperti prosedur pengujian sebelumnya berulang-ulang sebanyak tiga kali untuk mendapatkan data pengujian yang lebih akurat.



Gambar 3.24 Turbin Tesla Prototype

Sumber: Dokumentasi pribadi



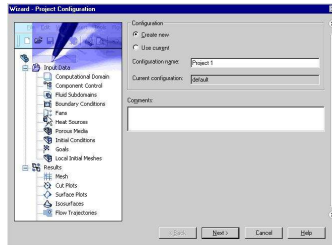
Gambar 3.25 Valve, Pressure Gauge, Pompa

Sumber: Dokumentasi pribadi

3.6.3 Prosedur Simulasi

A. Opening Solidworks

1. Pada menu tampilan utama Klik **Flow Simulation**, **Project**, kemudian **Wizard**.
2. Setelah di dalam **Wizard**, pilih **Create new** untuk membuat konfigurasi baru dan beri nama *project 1*. Kemudian Klik **Next**.



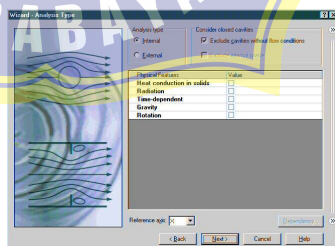
Gambar 3.26. *Project Configuration*
Sumber: Dokumentasi Pribadi

- Pilih Sistem Unit SI. Sistem unit ini dapat di ubah dengan cara **Klik Flow Simulation, Unit**. Kemudian Klik **Next**.



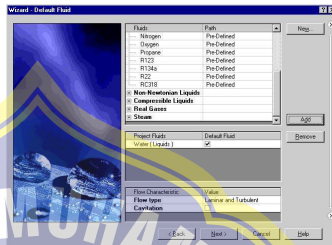
Gambar 3.27. *System Unit*
Sumber: Dokumentasi Pribadi

- Pilih default *Internal Analysis Type*. Untuk *Physical Feature* tidak perlu dicentang.



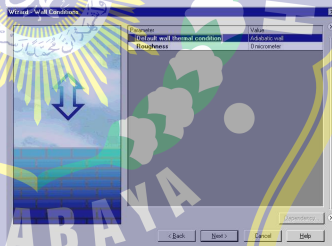
Gambar 3.28. *Analysis Type*
Sumber: Dokumentasi Pribadi

5. Pada **Fluids Tree** expand **Liquid** item dan pilih **water** sebagai fluida kerjanya dengan cara Klik 2 kali atau bisa melalui **Tree** kemudian Klik **Add**. Kemudian Klik **Next**.



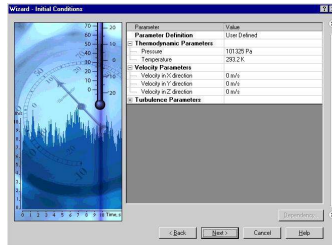
Gambar 3.29. **Fluids Tree**
Sumber: Dokumentasi Pribadi

6. Kemudian untuk **wall conditions** ditetapkan sesuai settingan **default**-nya. Klik **Next**.



Gambar 3.30. **Wall Conditions**
Sumber: Dokumentasi Pribadi

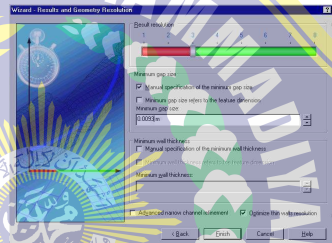
7. Untuk **intial conditions** juga ditetapkan sesuai settingan **default**-nya. Klik **Next**.



Gambar 3.31. *Initial Conditions*

Sumber: Dokumentasi Pribadi

8. Klik **Accept** pada **result resolution** dengan settingan **default**.

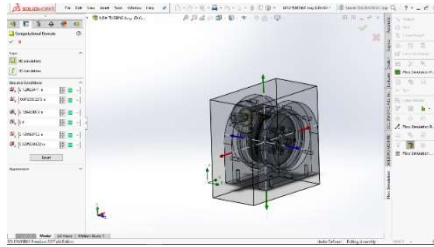


Gambar 3.32. *Result Resolution*

Sumber: Dokumentasi Pribadi

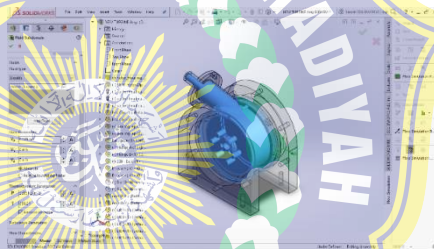
B. *Specifying Boundary Condition*

1. Pada menu tampilan utama dibawah input data Klik Kanan **Computational Domain** kemudian **Edit Definition**. Pastikan turbin berada di dalam area/domain. Pilih **3D simulation** kemudian sesuaikan koordinatnya. Klik **OK**.



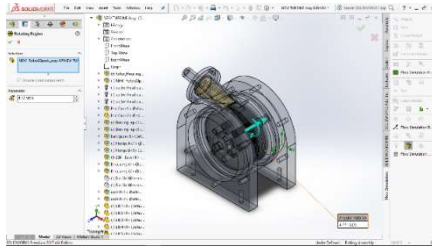
Gambar 3.33. *Computational Domain*
Sumber: Dokumentasi Pribadi

2. Klik Kanan **Fluid Subdomain**, kemudian **insert**. Pada **Flow Parameter selection** klik rotor housing kemudian isikan pada V_x (*Velocity* arah x) 5,07 m/s dan *Pressure* 23118 Pa. Klik **OK**.



Gambar 3.34. *Fluid Subdomain*
Sumber: Dokumentasi Pribadi

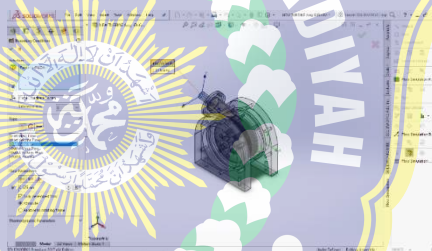
3. Klik Kanan **Rotating Region**, kemudian **insert**. Pada **selection** klik rotor pack kemudian pada **parameter** isikan untuk sudut 10° 8,73 rad/s, sudut 20° 4,76 rad/s dan sudut 30° 3,97 rad/s. Klik **OK**.



Gambar 3.35. *Rotating Region*

Sumber: Dokumentasi Pribadi

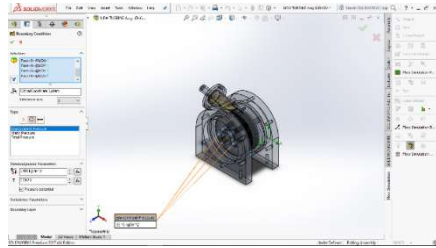
4. Klik Kanan **Boundary Condition**, kemudian **insert**. Pada selection pilih **Face<1>@LID1-1** dan pada **Flow Opening** Klik **Inlet Velocity** kemudian pada **parameter** pilih **Normal to Face** dan isikan 1,73 m/s. Klik **OK**.



Gambar 3.36. *Inlet Velocity*

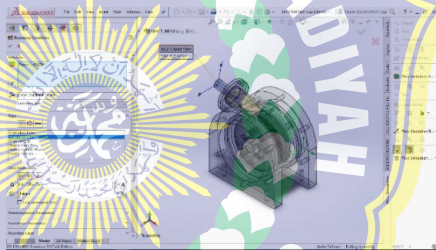
Sumber: Dokumentasi Pribadi

5. Klik Kanan **Boundary Condition**, kemudian **insert**. Pada selection pilih **Face<1>** sampai dengan **Face<6>** dan pada **Pressure Opening** Klik **Environment Pressure** kemudian pada **parameter** isikan 23118 Pa. Klik **OK**.



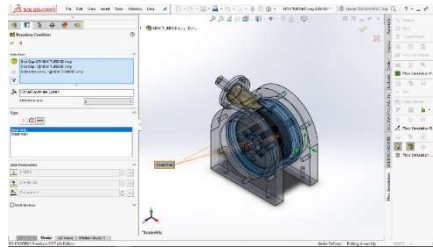
Gambar 3.37. *Environment Pressure*
Sumber: Dokumentasi Pribadi

6. Klik Kanan **Boundary Condition**, kemudian **insert**. Pada *selection* pilih **Face<1>@LID1-1** dan pada **Flow Opening** Klik **Inlet Volume Flow** kemudian pada *parameter* isikan 0,00006 m³/s dengan *inlet profile uniform*. Klik **OK**.



Gambar 3.38. *Inlet Volume Flow*
Sumber: Dokumentasi Pribadi

7. Klik Kanan **Boundary Condition**, kemudian **insert**. Pada *selection* pilih **End-Cap2**, **End-Cap1** dan **Rotor_Housing-1** pada **Wall** Klik **Real Wall**. Klik **OK**.



Gambar 3.39. Real Wall
Sumber: Dokumentasi Pribadi

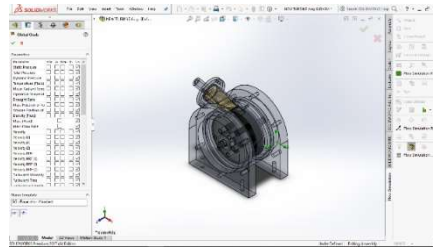
C. *Specifying Engineering Goal*

1. Klik Kanan pada *flow simulation tree icon Goals* dan pilih *Insert Global Goals*.



Gambar 3.40. Insert Global Goals
Sumber: Dokumentasi Pribadi

2. Pada *Parameter table*, pilih **Av** check box pada baris **Min Av Max Velocity (X) 1, Use for Conv.** Tetap tercentang yang artinya bahwa *goals* di desain untuk kontrol *convergence*. Kemudian Klik **OK**.



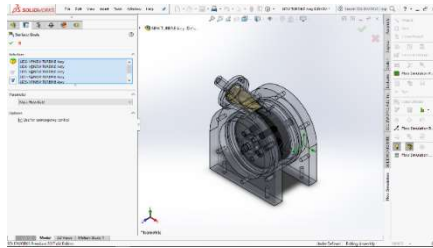
Gambar 3.41. *Global Goals*
Sumber: Dokumentasi Pribadi

3. Klik Kanan pada *flow simulation tree icon Goals* dan pilih **Insert Surface Goals**.



Gambar 3.42. *Insert Surface Goals*
Sumber: Dokumentasi Pribadi

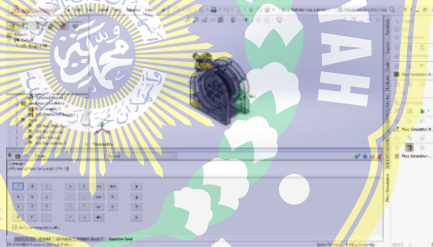
4. Pada **Parameter table**, pilih **Av** check box pada baris **Av Static Pressure 1**, **Mass Flowrate 1** dan **2**. Pada **Av Static Pressure** dan **Mass Flowrate 1 selection** pilih LID1-1, untuk **Mass Flowrate 2** pilih LID2-1 sampai dengan LID7-1. **Use for Conv.** tercentang yang artinya bahwa *goals* di desain untuk kontrol convergence. Kemudian Klik **OK**.



Gambar 3.43. *Surface Goals Selection*

Sumber: Dokumentasi Pribadi

5. Klik Kanan pada *flow simulation tree icon Goals* dan pilih **Insert Equation Goals**. Kemudian pada halaman isikan formula untuk mengetahui Daya dan Efisiensi turbin, apabila sudah ada *parameter* yang diketahui bisa menggunakan fitur *Add Goals* atau *Add Parameters* dan dengan cara manual. Kemudian Klik **OK**.



Gambar 3.44. *Equation Goals*

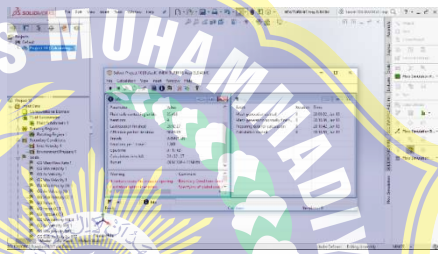
Sumber: Dokumentasi Pribadi

- D. **Running Calculation**
 1. Klik Kanan **Project 10**, kemudian **Run**.
 2. Pada startup pilih **Solve**, kemudian **New Calculation**. Klik **Run**.



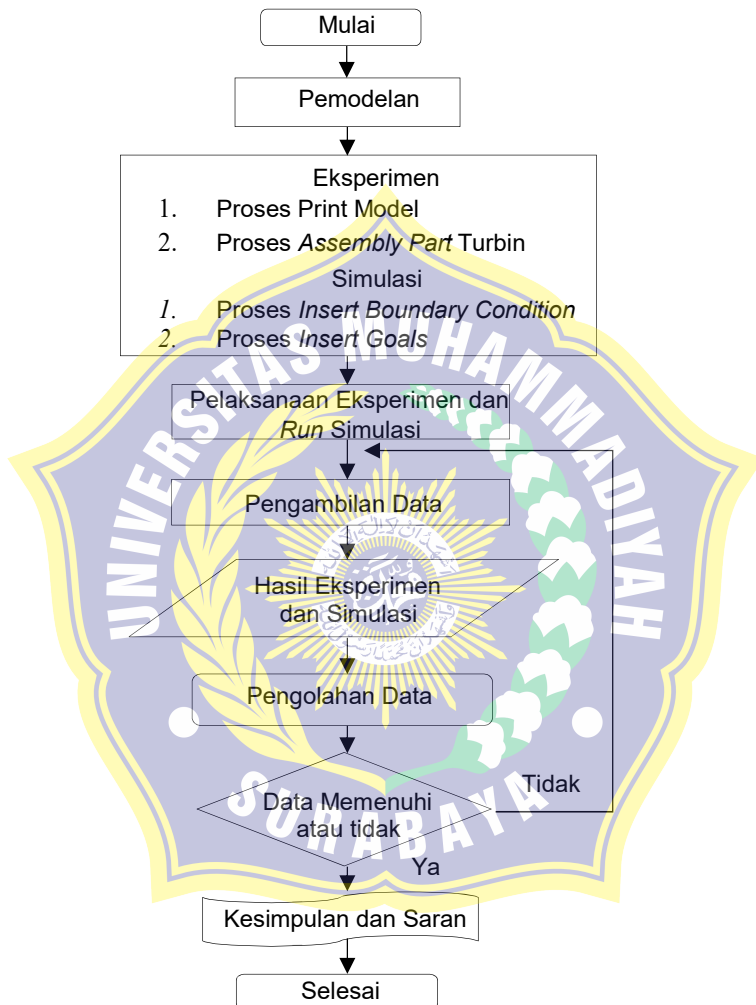
Gambar 3.45. *Run Calculation*
Sumber: Dokumentasi Pribadi

3. *Monitoring Solver.*



Gambar 3.46. *Iteration Process*
Sumber: Dokumentasi Pribadi

3.7 FLOWCHART PENELITIAN



Gambar 3.47 Flowchart Penelitian
Sumber: Dokumentasi Pribadi