



TUGAS AKHIR - ME184834

**MODIFIKASI IMPELLER POMPA SENTRIFUGAL
TORISHIMA TIPE CEN 100x80 - 250 GUNA
MENINGKATKAN EFISIENSI DENGAN
MENGUNAKAN METODE CFD**

**AHMAT TAHER
NRP 04211746000032**

DOSEN PEMBIMBING
Sutopo Purwono Fitri, S.T., M.Eng., Ph.D.
Ir. Agoes Santoso, M.Phil., M.Sc.

Departemen Teknik Sistem Perkapalan
Fakultas Teknologi Kelautan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya
2020



TUGAS AKHIR – ME184841

**MODIFIKASI IMPELLER POMPA SENTRIFUGAL
TORISHIMA**

**TIPE CEN 100x80 – 250 GUNA MENINGKATKAN
EFISIENSI DENGAN MENGGUNAKAN METODE CFD**

AHMAT TAHER

NRP. 04211746000032

Dosen Pembimbing :

Sutopo Purwono Fitri, S.T., M.Eng., Ph.D.

Ir. Agoes Santoso, M.Phil., M.Sc.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BACHELOR THESIS – ME184841

**CFD SIMULATION FOR IMPELLER MODIFICATION
OF TORISHIMA CENTRIFUGAL PUMP TYPE CEN
100x80 – 250
TO IMPROVE THE EFFICIENCY**

AHMAT TAHER

NRP. 04211746000032

Supervisor :

Sutopo Purwono Fitri, S.T., M.Eng., Ph.D.

Ir. Agoes Santoso, M.Phil., M.Sc.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

LEMBAR PENGESAHAN

MODIFIKASI IMPELLER POMPA SENTRIFUGAL TORISHIMA TIPE CEN 100x80 – 250 GUNA MENINGKATKAN EFISIENSI DENGAN MENGUNAKAN METODE CFD

TUGAS AKHIR

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik

Pada

Bidang Studi *Marine Machinery Fluid and System (MMS)*

Program S-1 Departemen Teknik Sistem Perkapalan

Fakultas Teknologi Kelautan

Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh :

Ahmat Taher

NRP 0421174600032

Disetujui oleh Pembimbing Tugas Akhir:

1. Sutopo Purwono Fitri, S.T., M.Eng., Ph.D.

(



2. Ir. Agoes Santoso, M.Sc., M.Phil.

(



“Halaman ini sengaja dikosongkan”

LEMBAR PENGESAHAN

MODIFIKASI IMPELLER POMPA SENTRIFUGAL TORISHIMA TIPE CEN 100x80 – 250 GUNA MENINGKATKAN EFISIENSI DENGAN MENGUNAKAN METODE CFD

TUGAS AKHIR

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
Pada

Bidang Studi *Marine Machinery Fluid and System (MMS)*
Program S-1 Departemen Teknik Sistem Perkapalan
Fakultas Teknologi Kelautan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh :

Ahmat Taher
NRP 0421174600032

Disetujui Oleh,
Kepala Departemen Teknik Sistem Perkapalan :



Behy Cahyono, ST, MT, Ph.D.
NIP 197903192008011008

SURABAYA
AGUSTUS 2020

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadiran Tuhan Yang Maha Esa, yang telah memberikan berkat dan anugerah-Nya, sehingga penulis mampu menyelesaikan Tugas Akhir dengan judul **Modifikasi Impeller Pompa Sentrifugal Torishima Tipe CEN 100x80 – 250 guna Meningkatkan Efisiensi dengan Metode CFD** dengan baik. Tugas Akhir ini diajukan sebagai salah satu persyaratan kelulusan program studi sarjana Departemen Teknik Sistem Perkapalan, Fakultas Teknologi Kelautan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.

Dalam proses pengerjaan Tugas Akhir dan keberhasilan menempuh program studi sarjana, tentu tidak lepas dari bantuan dan dukungan dari berbagai pihak. Oleh karena itu penulis menyampaikan rasa terima kasih kepada pihak-pihak di bawah ini, karena telah membantu penulis sepanjang proses studi, yaitu :

1. Tuhan Yang Maha Esa, yang telah memberikan Rahmat dan Hidayah-Nya sehingga saya bisa menyelesaikan tugas akhir ini dengan lancar.
2. Orang tua dan Keluarga yang telah memberikan support moral kepada saya, sehingga tetap semangat dalam mengerjakan Tugas Akhir.
3. Bapak Beny Cahyono, S.T., M.T., Ph. D selaku Ketua Departemen Teknik Sistem Perkapalan, yang telah membantu saya dalam proses penyelesaian semester terakhir.
4. Bapak Sutopo Purwono Fitri, S.T., M.Eng., Ph.D. selaku Dosen pembimbing I yang selalu sabar membimbing saya, mengajarkan ilmu beliau kepada saya, sehingga saya bisa menyelesaikan tugas akhir saya dengan lancar dan benar.
5. Bapak Ir. Agoes Santoso, M.Phil., M.Sc. selaku Dosen Pembimbing II yang telah memerikan saran dan masukan demi kelancaran penyelesaian Tugas Akhir saya.

6. Bapak Muhammad Tsani dan Bapak Deni, Engineering Division PT. Torishima Guna Pump Indonesia yang telah membantu saya dalam mendapatkan Data untuk Tugas_Akhir.
7. Seluruh Bapak dan Ibu dosen yang telah mengajarkan banyak ilmu selama penulis menempuh pendidikan di Jurusan Teknik Sistem Perkapalan.
8. Teman satu Angkatan Lintas Jalur 2017 Genap yang telah memberikan semangat kepada saya walaupun mereka semua telah lulus mendahului saya.

Penulis menyadari bahwa penelitian yang dilakukan dalam tugas akhir ini jauh dari sebuah kesempurnaan, oleh karenanya kritik dan saran sangat terbuka untuk menjadikan karya yang lebih baik dan memberikan kebermanfaatan. Penulis berharap bahwa karya tugas akhir ini dapat bermanfaat bagi penulis dan bagi seluruh pembaca di kemudian hari.

Surabaya, 12 Juli 2020

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR ISI

DAFTAR ISI	i
DAFTAR GAMBAR	iii
DAFTAR TABEL.....	iv
ABSTRAK.....	1
BAB I PENDAHULUAN.....	5
1.1 Latar Belakang.....	5
1.2 Rumusan Masalah.....	6
1.3 Batasan Masalah.....	6
1.4 Tujuan.....	6
1.5 Manfaat.....	6
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	7
2.1 Pompa Sentrifugal.....	7
2.2 Karakteristik Pompa.....	8
2.3 <i>Impeller</i>	10
2.4 Perhitungan Pompa.....	15
2.5 Dimensi Utama <i>Impeller</i>	18
2.6 <i>Solidworks</i>	22
2.7 <i>Computational Fluid Dynamics</i>	23
BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....	27
3.1 Diagram Alur Metodologi Penelitian.....	27
3.2 Identifikasi dan Perumusan Masalah.....	29
3.3 Studi Literatur.....	29
3.4 Perhitungan Desain <i>Impeller</i>	29
3.5 Penggambaran dan Simulasi Model <i>Impeller</i>	30
3.6 Analisa Hasil dan Simulasi CFD.....	30

3.7 Modifikasi Impeller dan Simulasi.....	31
3.8 Analisa Data dan Pembahasan	31
3.9 Kesimpulan dan Saran.....	31
BAB IV ANALISA DAN PEMBAHASAN.....	23
4.1 Umum.....	33
4.2 Data Utama Pompa Torishima.....	33
4.3 Penggambaran Model <i>Impeller</i> dengan <i>Solidworks</i>	34
4.4 Penggambaran Model <i>Volute Casing</i> dengan <i>Solidworks</i>	35
4.5 <i>Assembly Impeller</i> dan <i>Volute Casing</i>	39
4.6 <i>Solidwork Flow Simulation</i>	40
4.7 Hasil Simulasi	47
4.8 Rangkuman Hasil Simulasi <i>Pressure</i> dan <i>Velocity</i>	65
4.9 Hasil akhir perbandingan Jumlah <i>Blade</i>	68
4.10 Menghitung Kapasitas Pompa	69
LAMPIRAN.....	75
DAFTAR PUSTAKA.....	85
Biodata Penulis	87

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Pompa Sentrifugal.....	5
Gambar 2.2 Model <i>Impeller</i> berdasarkan kecepatan spesifik	6
Gambar 2.3 <i>Impeller</i> Tertutup.....	8
Gambar 2.4 <i>Impeller</i> Terbuka.....	8
Gambar 2.5 <i>Impeller</i> Semi-terbuka.....	9
Gambar 2.6 <i>Impeller</i> aliran radial.....	9
Gambar 2.7 <i>Impeller</i> aliran aksial	10
Gambar 2.8 <i>Impeller</i> kombinasi aksial dan radial terbuka.....	10
Gambar 2.9 <i>Impeller</i> single suction.....	11
Gambar 2.10 <i>Impeller</i> double suction.....	11
Gambar 2.11 Dimensi Utama <i>Impeller</i>	14
Gambar 4.1 Dimensi Utama <i>Impeller</i>	23
Gambar 4.2 Sketsa 2D <i>Impeller</i>	24
Gambar 4.3 Revolve <i>Impeller</i>	24
Gambar 4.4 Sketsa Diameter <i>Volute Casing</i>	25
Gambar 4.5 Penggambaran <i>Discharge Volute</i>	26
Gambar 4.6 Penggambaran <i>Casing</i>	26
Gambar 4.7 <i>Cutting</i> untuk Alur Fluida pada <i>Casing</i>	27
Gambar 4.8 Pembuatan <i>Discharge Flange</i>	27
Gambar 4.9 Sketsa <i>Suction Volute</i>	28
Gambar 4.10 <i>Assembly Volute Casing and Impeller</i>	29
Gambar 4.11 Menambahkan <i>LID</i> pada <i>Solidworks Simulation</i>	29
Gambar 4.12 <i>Meshing</i> Pompa	30

Gambar 4.13	<i>Boundary Condition</i>	30
Gambar 4.14	<i>Cut Plot Impeller</i>	31
Gambar 4.15	<i>Meshing Pompa</i>	31
Gambar 4.16	<i>Rotating Region</i>	32
Gambar 4.17	<i>Penentuan Goals</i>	32
Gambar 4.18	<i>Run</i>	33
Gambar 4.19	<i>Solver Pressure dan Velocity Blade 10 RPM 1500</i>	33
Gambar 4.20	<i>Solver Pressure dan Velocity Blade 10 RPM 3000</i>	35
Gambar 4.21	<i>Solver Pressure dan Velocity Blade 11 RPM 1500</i>	36
Gambar 4.22	<i>Solver Pressure dan Velocity Blade 11 RPM 3000</i>	37
Gambar 4.23	<i>Solver Pressure dan Velocity Blade 12 RPM 1500</i>	38
Gambar 4.24	<i>Solver Pressure dan Velocity Blade 12 RPM 3000</i>	39
Gambar 4.25	<i>Solver Pressure dan Velocity Blade 11 RPM 3000</i>	37
Gambar 4.26	<i>Solver Pressure dan Velocity Blade 11 RPM 3000</i>	37
Gambar 4.27	<i>Solver Pressure dan Velocity Blade 11 RPM 3000</i>	37

DAFTAR TABEL

Gambar 4.1 Keterangan <i>solver Velocity Blade</i> 10 RPM 1500	34
Gambar 4.1 Keterangan <i>solver Velocity Blade</i> 10 RPM 3000	35
Gambar 4.1 Keterangan <i>solver Velocity Blade</i> 11 RPM 1500	36
Gambar 4.1 Keterangan <i>solver Velocity Blade</i> 11 RPM 3000	37
Gambar 4.1 Keterangan <i>solver Velocity Blade</i> 12 RPM 1500	39
Gambar 4.1 Keterangan <i>solver Velocity Blade</i> 12 RPM 3000	40
Gambar 4.1 Rangkuman hasil simulasi <i>Pressure</i> RPM 1500.....	40
Gambar 4.1 Rangkuman hasil simulasi <i>Pressure</i> RPM 3000.....	41
Gambar 4.1 Rangkuman hasil simulasi <i>Velocity</i> RPM 1500.....	41
Gambar 4.1 Rangkuman hasil simulasi <i>Velocity</i> RPM 3000.....	41

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

Modifikasi Impeller Pompa Sentrifugal Torishima Tipe CEN 100x80 – 250 guna Meningkatkan Efisiensi dengan Metode CFD

Nama Mahasiswa : Ahmat Taher
NRP : 04211746000032
Departemen : Teknik Sistem Perkapalan ITS
Dosen Pembimbing : Sutopo Purwono Fitri, S.T., M.Eng., Ph.D.
Ir. Agoes Santoso, M.Phil., M.Sc.

ABSTRAK

Dalam dunia industri, diperlukan perencanaan yang baik saat akan memilih atau memproduksi pompa. Hal ini berfungsi untuk menentukan performa terbaik terhadap pompa yang akan digunakan. Proses desain Pompa menggunakan aplikasi *Solidworks*, dan melakukan simulasi dengan *software Computational Fluid Dynamics (CFD)*. Setelah proses desain dan simulasi dilakukan, maka akan dilakukan modifikasi dengan melakukan penambahan blade pada Impeller. Modifikasi inilah yang akan menjadi pertimbangan bagi perusahaan apakah pompa yang digunakan oleh tipe tersebut sudah pada efisiensi yang tinggi, atau perlu dilakukan modifikasi. Modifikasi dilakukan hanya pada blade impeller, yakni menambahkan variasi pada blade impeller. Variasi tersebut adalah blade 10, 11, dan 12. Simulasi dilakukan 2 kali dengan RPM 1500 dan 3000. Hasil akhir yang didapatkan berupa tekanan dan kecepatan, yang kemudian akan dihitung untuk mendapatkan kapasitas. Hasil dengan performa terbaik didapatkan dari impeller dengan 10 blade, RPM 1500 yakni dengan nilai tekanan Min. -3.2 atm, Max. 2.42 atm. Kecepatan Min. 0 m/s, Max 21.118 m/s. kemudian pada RPM 3000 dengan nilai tekanan Min. -3.2 atm, Max. 6.31 atm. Kecepatan Min. 0 m/s, Max. 42.603

Keywords : Pompa ; Efisiensi ; Performa ; *Solidworks* ; *Impeller* ; *CFD* ; Tekanan ; Kecepatan.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

CFD Simulation for Impeller Modification of Torishima Centrifugal Pump Type CEN 100x80 – 250 to Improve the Efficiency

Nama of Student : Ahmat Taher
NRP : 04211746000032
Department : Teknik Sistem Perkapalan ITS
Supervisor : Sutopo Purwono Fitri, S.T., M.Eng., Ph.D.
Ir. Agoes Santoso, M.Phil., M.Sc.

ABSTRACT

In the industrial world, good planning is needed when choosing or producing pumps. This serves to determine the best performance of the pump to be used. The pump design process uses the Solidworks application, and performs simulations with Computational Fluid Dynamics (CFD) software. After the design and simulation process is carried out, modifications will be made by evaluating the blade on the Impeller. This modification will be a consideration for the company whether the pump used by this type is at a high level of efficiency, or needs modification. Modifications are made only to the impeller blade, i.e. add variations to the impeller blade. These variations are blade 10, 11, and 12. The simulation is done 2 times with RPM 1500 and 3000. The final results obtained are pressure and speed, which will then be calculated to get the capacity. The results with the best performance were obtained from an impeller with 10 blades, RPM 1500, namely with a pressure value of Min. -3.2 atm, max. 2.42 atm. Min Speed 0 m / s, Max 21,118 m / s. then at RPM 3000 with a pressure value of Min. -3.2 atm, max. 6.31 atm. Min Speed 0 m / s, Max 42,603

Keywords : Pump ; Efficiency ; Performance ; *Solidworks* ; *Impeller* ; *CFD* ; *Pressure* ; *Velocity*

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pompa adalah suatu alat yang digunakan untuk memindahkan cairan dari suatu tempat yang rendah ke tempat yang tinggi, atau dari tekanan rendah ke tekanan yang tinggi, melalui suatu media perpipaan dengan cara menambahkan energi pada cairan yang dipindahkan dan berlangsung secara terus menerus. Salah satu jenis pompa yang memiliki efisiensi yang tinggi adalah pompa sentrifugal. Prinsip kerja Pompa ini adalah dengan mengubah energi kinetis (kecepatan) cairan menjadi energi potensial (dinamis) melalui suatu impeller yang berputar dalam casing.

Salah satu komponen yang paling penting pada pompa adalah Impeller. Impeller ini berfungsi untuk mengubah energi dari motor pompa dengan mempercepat fluid keluar dari volute. Perbedaan dimensi, jumlah, dan bentuk impeller akan sangat mempengaruhi performa pada pompa. Sehingga perlu digunakan impeller yang paling sesuai dengan kebutuhan industri.

Proses produksi suatu pompa diperlukan simulasi sebagai test uji coba untuk mengetahui performa pompa yang telah dirancang sebelum dilakukan proses manufacturing. Hal inilah yang melatarbelakangi saya melakukan simulasi terhadap pompa Torishima tipe CEN 100x80 – 250 untuk mengetahui performa pompa melalui sistem Computational Fluid Dynamics (CFD)

Proses desain Pompa menggunakan aplikasi *Solidworks*, dan melakukan simulasi dengan *software Computational Fluid Dynamics (CFD)*. Setelah proses desain dan simulasi dilakukan, maka akan dilakukan modifikasi dengan melakukan penambahan blade pada Impeller. Modifikasi inilah yang akan menjadi pertimbangan bagi perusahaan apakah pompa yang digunakan oleh tipe tersebut sudah pada efisiensi yang tinggi, atau perlu dilakukan modifikasi.

1.2 Rumusan Masalah

Dari uraian di atas, maka permasalahan utama yang akan dibahas adalah sebagai berikut :

1. Bagaimana proses desain dan simulasi Pompa Torishima tipe CEN 100x80 – 250 ?
2. Bagaimana proses hasil perbandingan dari modifikasi Impeller ?

1.3 Batasan Masalah

Batasan Masalah pada Skripsi ini adalah :

1. Desain Pompa menggunakan *Software Solidworks*
2. Simulasi Pompa menggunakan *Computational Fluid Dynamics (CFD)*
3. Pompa yang dianalisa adalah Pompa *Medium-Pressure* produksi PT. Torishima Guna Indonesia dengan tipe CEN 100x80 - 250
4. *Prototype* desain Pompa yang sudah didesain tidak akan dibuat

1.4 Tujuan

Penelitian ini bertujuan untuk merancang desain Pompa terbaik pada Pompa *Medium-Pressure* produksi PT. Torishima Guna Indonesia dengan tipe CEN 100x80 – 250 mendapatkan pompa dengan efisiensi terbaik.

1. Proses desain dan Simulasi Pompa tipe CEN 100x80 – 250 *Medium-Pressure Pump*
2. Proses modifikasi *Impeller* dan melakukan perbandingan performa.

1.5 Manfaat

Manfaat yang dapat diperoleh pada skripsi ini adalah :

1. Mengetahui proses desain Pompa menggunakan *Solidworks*
2. Mengetahui proses simulasi Pompa dengan sistem *Computational Fluid Dynamics (CFD)* pada *Solidworks Flow Simulation*
3. Mengetahui proses modifikasi *Impeller* pada pompa dan melakukan perbandingan untuk mendapatkan performa terbaik.
4. Mengetahui alur pemilihan pompa pada industri melalui sistem simulasi CFD

BAB II

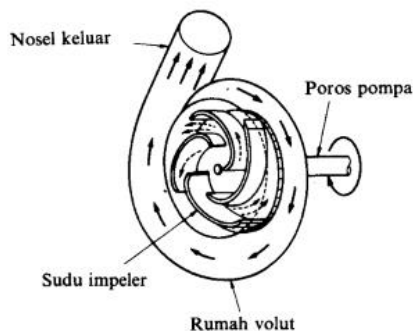
TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pompa Sentrifugal

Pompa adalah suatu alat yang digunakan untuk memindahkan cairan dari suatu tempat yang rendah ke tempat yang tinggi, atau dari tekanan rendah ke tekanan yang tinggi, melalui suatu media perpipaan dengan cara menambahkan energi pada cairan yang dipindahkan dan berlangsung secara terus menerus.

Salah satu jenis pompa pemindah non positif adalah pompa sentrifugal yang prinsip kerjanya mengubah energi kinetis (kecepatan) cairan menjadi energi potensial (dinamis) melalui suatu impeller yang berputar dalam casing.

Pompa Sentrifugal memiliki *Impeller* yang akan memberikan daya pada fluidanya. Poros pompa akan memutar *Impeller*, sehingga fluida yang ada di dalam *Impeller* akan terdorong dan berputar melalui sudu-sudu. Hal inilah yang menimbulkan gaya sentrifugal yang mengakibatkan tekanan dan kecepatan pada fluida menjadi meningkat. Fluida akan masuk melalui volute chamber, dan dikeluarkan melalui nozzle dalam suatu rangkaian pompa. Namun pada nozel keluaran pompa, kecepatan fluida akan berkurang untuk meningkatkan tekanannya.



Gambar 2.1 Pompa Sentrifugal

Sumber : <https://www.maritimeworld.web.id/2014/04/pompacentrifugal.html>

2.2 Karakteristik Pompa

Head total pemompaan adalah sama dengan pertambahan energi fluida antara sisi masuk (*inlet*) dan ujung sisi keluar (*outlet*). *Head* adalah ukuran kemampuan pompa untuk mendorong fluida mengalir melalui sistem. Pada dasarnya *head* total adalah dari dua *head* yaitu *head* statis dan *head* dinamis.

- a. *Head* Statis adalah *Head* yang besarnya tidak terpengaruh oleh besarnya kecepatan aliran (debit).
- b. *Head* Dinamis adalah *Head* yang dipengaruhi oleh kecepatan aliran.

Head total pompa yang harus disediakan untuk mengalirkan jumlah cairan seperti direncanakan, dapat ditentukan dari kondisi instalasi yang akan dilayani oleh pompa. *Head* total pompa dapat dicari dengan persamaan sebagai berikut (Sularso, 2004):

$$H = H_s + \Delta H_p + H_l + \frac{V^2}{2g} \dots \dots \dots (1)$$

Keterangan :

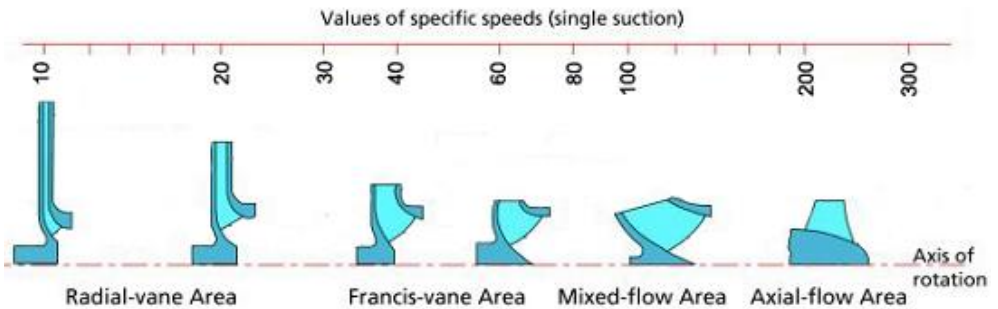
- H = *Head* total pemompaan [m]
- hst = *Head* statis total [m]
- Δh_p = Perbedaan *head* tekanan pada permukaan fluida [0 m]
- hl = *Head* kerugian total [m]
- $V^2/2.g$ = *Head* kecepatan keluar [m]
- g = Percepatan gravitasi [m/s²]

Spesifikasi pompa dari perhitungan *head* total pompa dan kapasitas pemompaan dapat digunakan dalam pemilihan jenis pompa yang akan digunakan. Hal yang perlu di perhitungkan dalam pompa adalah kecepatan spesifik, karena akan menentukan jenis dari *impeller*. Pompa-pompa yang sebangun memiliki bentuk *impeller* yang sama maka akan memiliki kecepatan spesifik yang sama meskipun ukuran dan putarannya berbeda. Kecepatan spesifik dapat dicari dengan persamaan sebagai berikut:

$$n_s = \frac{n\sqrt{Q}}{H^{\frac{3}{4}}} \dots \dots \dots (2)$$

Dengan:

- ns = Kecepatan spesifik [rpm]
- n = Putaran poros pompa [rpm]
- Q = Kapasitas pemompaan [m³/s]
- H = *Head* total pompa [m]



Gambar 2.2 Model *Impeller* berdasarkan kecepatan spesifik

Sumber : <https://www.researchgate.net/figure/Mesh-of-the-pump-impeller-model-fig2-326869140>

Putaran dapat ditentukan berdasarkan penggerak mulanya. Dalam perencanaan ini penggerak mulanya direncanakan menggunakan motor *syncron*, dan dapat ditentukan dengan menggunakan persamaan sebagai berikut (Igor J. Karassik, 1976):

$$n = \frac{120f}{P} \dots\dots(3)$$

Dengan:

- n = Putaran standart motor *syncron* [rpm]
- f = Frekuensi listrik [50 Hz]
- P = Jumlah kutup, diambil [2 pole]

Dengan memperhatikan dan memperhitungkan adanya faktor *slip* dari motor listrik sebesar 1 % – 2 % dari putaran pompa, maka putaran pompa menjadi lebih rendah. sehingga putaran pompa menjadi:

$$n_p = n_{syn} - \text{kerugian slip} \dots\dots(4)$$

Dengan :

n_p = Putaran pompa [rpm]

n_{syn} = Putaran standar motor *syncron* [3000 rpm]

2.3 *Impeller*

Impeller adalah komponen yang berputar dari pompa sentrifugal, biasanya terbuat dari besi, baja, perunggu, kuningan, aluminium atau plastik, yang memindahkan energi dari motor yang menggerakkan pompa yang dipompa dengan mempercepat cairan keluar dari pusat rotasi. Kecepatan yang dicapai oleh transfer *impeller* ke tekanan saat gerakan luar cairan yang dibatasi oleh *casing* pompa. *Impeller* biasanya silinder pendek dengan *inlet* terbuka (disebut mata) untuk menerima cairan yang masuk, baling-baling untuk mendorong cairan radial, dan *splined*. *Impeller* terbuat dari bahan cor, dalam banyak kasus dapat disebut *rotor* juga.

2.3.1 Jenis-jenis *Impeller*

2.3.1.1 Jenis *Impeller* Berdasarkan Konstruksinya

1. *Impeller* Tertutup (Closed *Impeller*)

Impeller Tertutup merupakan *impeller* yang memiliki baling-baling yang ditutupi oleh mantel (penutup) pada kedua sisinya. Biasanya digunakan untuk pompa air, dimana baling-baling seluruhnya mengurung air. Hal ini mencegah perpindahan air dari sisi pengiriman ke sisi penghisapan, yang akan mengurangi efisiensi pompa. Dalam rangka untuk memisahkan ruang pembuangan dari ruang penghisapan, diperlukan sebuah sambungan yang bergerak diantara impeller dan wadah pompa. Digunakan untuk fluida cair yang memiliki viskositas rendah dan memiliki efisiensi tinggi.



Gambar 2.3 *Impeller* Tertutup

Sumber : www.engineersedge.com

2. *Impeller* Terbuka (Open *Impeller*)

Impeller Terbuka merupakan *Impeller* yang memiliki baling-baling yang tidak ditutupi oleh mantel (cover plate) pada kedua sisinya. Impeler terbuka kemungkinan tersumbatnya kecil. Akan tetapi untuk menghindari terjadinya penyumbatan melalui resirkulasi internal, volute atau back-plate pompa harus diatur secara manual untuk mendapatkan setelan impeler yang benar. Digunakan untuk fluida cair yang memiliki viskositas tinggi.



Gambar 2.4 *Impeller* Terbuka

Sumber : www.engineersedge.com

3. *Impeller* Semi-terbuka (Semi-Open *Impeller*)

Impeller Semi-terbuka merupakan *Impeller* yang dibangun dengan pelat bundar (web) yang melekat pada satu sisi dari pisau (blade). *Impeller* telah terpasang pada pelat melingkar kedua sisi dari pisau. *Impeller* ini memiliki resiko penyumbatan yang kecil dan menghasilkan efisiensi yang cukup baik, walaupun tidak sebaik *impeller* tertutup. Dan *impeller* jenis ini memiliki harga yang lebih murah bila dibandingkan dengan *impeller* tertutup.

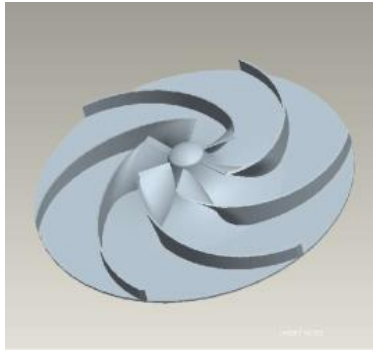


Gambar 2.5 *Impeller* Semi-terbuka
Sumber : www.engineersedge.com

2.3.1.2 Jenis *Impeller* Berdasarkan Arah Aliran

1. *Impeller* Aliran Radial

Impeller aliran radial merupakan *impeller* yang fluidanya mengalir melalui sudu *impeller* akan dipindahkan secara radial. *Impeller* ini digunakan untuk memompakan cairan dengan kapasitas besar dengan total head yang relatif rendah.



Gambar 2.6 *Impeller* aliran radial
Sumber : www.bqce.de

2. *Impeller* Aliran Aksial

Impeller aliran aksial merupakan *impeller* yang menggerakkan fluida sepanjang permukaan silinder ke luar. *Impeller* ini digunakan untuk memompakan cairan dengan kapasitas besar dengan total head yang relatif tinggi.



Gambar 2.7 *Impeller* aliran aksial
Sumber : news.thomasnet.com

3. *Impeller* Kombinasi Aksial dan Radial

Impeller ini merupakan *impeller* kombinasi antara *impeller* aliran radial dan aksial, *impeller* jenis ini memiliki konstruksi terbuka dan tertutup. *Impeller* ini digunakan untuk memompakan cairan dengan kapasitas besar dengan total head yang relatif rendah dibandingkan dengan radial *impeller* tapi lebih tinggi daripada aksial *impeller*. *Impeller* ini dapat terbuka dan tertutup.



Gambar 2.8 *Impeller* kombinasi aksial dan radial terbuka

Sumber : www.indiamart.com

2.3.1.3 Jenis *impeller* berdasarkan isapannya

1. Isapan tunggal

Impeller isapan tunggal merupakan *impeller* fluida cairnya memasuki pusat baling-baling hanya dari satu arah. *Impeller* ini digunakan untuk pompa dengan konstruksi yang sederhana. Memiliki satu lubang suction saja, sehingga kapasitas air yang masuk lebih kecil bila dibandingkan dengan isapan ganda dengan ukuran yang sama.



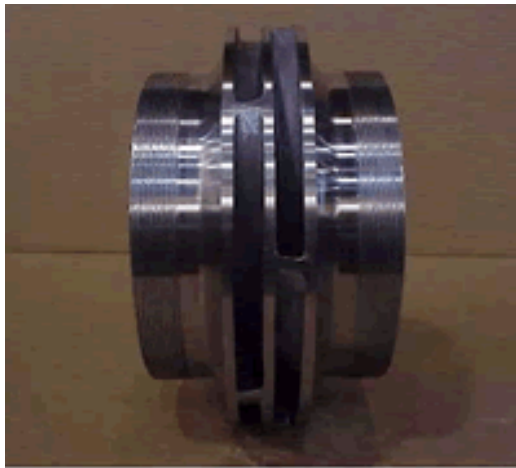
Gambar 2.9 *Impeller* single suction

Sumber : www.shinkohir.co.jp

2. Isapan ganda

Impeller isapan ganda merupakan *impeller* yang fluida cairnya masuk ke tengah *impeller* blades dari kedua belah pihak secara bersamaan. Memiliki 2 buah *impeller* yang dipasang secara sejajar.

Impeller ini memiliki poros yang lebih panjang bila dibandingkan dengan *impeller* isapan tunggal dan untuk ukuran yang sama memiliki kapasitas air yang masuk lebih besar.



Gambar 2.10 *Impeller* double suction

Sumber : www.manciniconsulting.com

2.4 Perhitungan Pompa

Perhitungan Pompa sangat dibutuhkan untuk mendapatkan data riil mengenai performance yang ada di lapangan. Sebelum melakukan perencanaan dimensi *impeller*, maka perhitungan ini sangat dibutuhkan untuk merencanakan *Impeller* guna mendapatkan efisiensi yang lebih baik. Adapun perhitungan yang dibutuhkan adalah sbb.

1. Kecepatan Spesifik Pompa

$$n_s = \frac{n\sqrt{Q}}{H^{3/4}} \dots\dots\dots(5)$$

Keterangan :

- n_s : Putaran Pompa (rpm)
- Q : Kapasitas Aliran Pompa (m^3/s)
- H : head total pompa (m)

2. Head Total Pompa

$$H = h_a + \Delta h_p + h_f + \frac{v^2}{2g} \dots\dots\dots(6)$$

Keterangan :

- h_a : Head Statis total (m)
- h_f : Head loss pada pipa, valve, dll. (m)
- Δh_p : Perbedaan head pada kedua permukaan air
: $h_{p2} - h_{p1}$
- g : Percepatan gravitasi (m/s^2)
- V : Kecepatan aliran pipa (m/s)

3. Head Loss

3.1 Head Loss pada Pipa

$$Hf_g = \lambda \times \frac{L}{D} \times \frac{v^2}{2g} \dots\dots\dots(7)$$

Keterangan :

- Hf_g : Head Loss gesek pada pipa (m)
- v : Kecepatan aliran pipa (m/s)
- λ : Koefisien gesek
- g : percepatan gravitasi (m/s^2)
- L : Panjang pipa (m)
- d : diameter dalam pipa (m)

1.2. Head Loss pada Valve

$$Hf_k = f_k \times \frac{v^2}{2g} \dots\dots(8)$$

Keterangan :

Hf_k : Head Loss gesek pada valve (m)

f_k : Koefisien Kerugian valve\

g : percepatan gravitasi (m/s^2)

v : Kecepatan aliran pipa (m/s)

1.3. Head Loss cairan

$$Re = \frac{v \times D}{\delta} \dots\dots(9)$$

Keterangan :

Re : Bilangan Reynolds

v : Kecepatan aliran pipa (m/s)

D : Diameter dalam pipa (m)

δ : Viskositas Kinematik Zat Cair

Pada $Re < 2300$, aliran bersifat laminar dan $Re > 4000$, aliran bersifat turbulen dan jika $Re = 2300- 4000$ terdapat aliran transisi dari bilangan Reynolds yang diperoleh dengan cara perhitungan tersebut di atas, maka koefisien kerugian gesek dapat ditentukan sebagai berikut:

- Untuk aliran laminar ($Re < 2300$), nilai λ dapat dihitung dengan persamaan :

$$\lambda = \frac{64}{Re} \dots\dots(10)$$

- Untuk aliran turbulen ($Re > 4000$), nilai λ dapat dihitung dengan persamaan :

$$\lambda = 0,20 + \frac{0,0005}{D} \dots\dots(11)$$

4. Daya Poros

$$P = \frac{P_w}{\eta_p} \dots \dots \dots (12)$$

Keterangan :

- P : Daya Poros
- P_w : Daya air (kW)
- η_p : Efisiensi Pompa

Dimana daya air didapatkan dari :

$$P_w = \rho \times g \times Q \times H \dots \dots \dots (13)$$

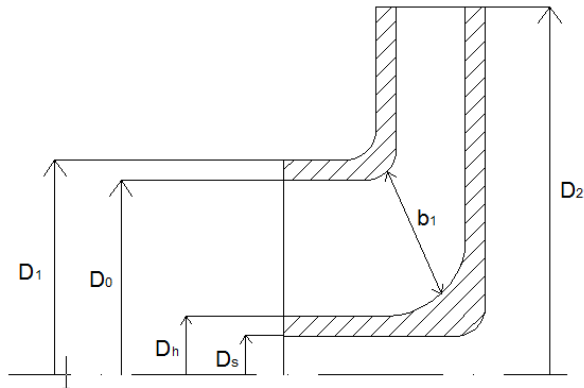
Keterangan :

- H : Head Total (m)
- Q : Kapasitas Fluida ($\frac{kg}{m^2}$)
- ρ : Massa jenis fluida ($\frac{m^3}{s}$)

2.5 Dimensi Utama *Impeller*

Merencanakan Dimensi utama *Impeller* merupakan hal yang sangat penting dan harus diperhatikan. Dalam perencanaan *Impeller*, tentu diperlukan perhitungan beberapa factor untuk memperoleh ukuran utama pada *Impeller* sebelum melakukan penggambaran di Solidworks. Factor tersebut sebagai dimensi utama adalah :

1. Diameter Poros *Impeller* (*Impeller Shaft*)
2. Diameter leher poros *Impeller*
3. Diameter Mata *Impeller*
4. Sudut Masuk *Impeller*
5. Diameter Luar *Impeller*
6. Jumlah Sudu *Impeller*
7. Lebar Haluan Masuk *Impeller*
8. Pelukisan Sudu *Impeller*



Gambar 2.11 Dimensi Utama *Impeller*

Sumber : https://www.researchgate.net/figure/fig310-Centrifugal-Pump-Impeller-Full-Dimensions_fig23_293806626

Perhitungan Desain *Impeller* adalah sebagai berikut :

1. Diameter Poros *Impeller* (*Shaft*)

$$D_s = \sqrt[3]{\frac{5.1}{\tau_a} \times K_t \times C_b \times T} \dots\dots(14)$$

Keterangan :

- D_s : Diameter Poros *Impeller* (*Shaft*) [mm]
- K_t : Faktor Kejutan (1,5 - 3)
- C_b : Faktor Lenturan (1,2 – 2,3)
- T : Momen Puntir [kg/mm]
- τ_a : Tegangan Geser yang diijinkan [kg/mm²]

2. Diameter leher poros *Impeller*

$$D_h = (1,3-1,4) \times D_s \dots\dots(15)$$

Keterangan :

- D_h : Diameter Leher *Impeller* [m]
- D_s : Diameter Poros *Impeller* [m]

3. Diameter Mata *Impeller*

$$D_0 = 4,5 x \sqrt[3]{\frac{Q}{n}} \dots\dots(16)$$

Keterangan :

D_0 : Diameter Mata *Impeller* [m]

Q : Kapasitas Pompa [m³/s]

n : Putaran [rpm]

4. Sudut Masuk *Impeller*

$$\tan\beta_1 = \frac{V_1}{U_1} \dots\dots(17)$$

Keterangan :

β_1 : Sudut Masuk *Impeller*

V_1 : Kecepatan Absolut Fluida [m/s]

U_1 : Kecepatan Keliling Masuk Fluida [m/s]

5. Diameter Luar *Impeller*

$$D_2 = \frac{60 x U_2}{\pi x n} \dots\dots(18)$$

Keterangan :

U_2 : Kecepatan Keliling Keluar *Impeller*

n : Putaran Poros Pompa

6. Kecepatan Relatif pada Sisi Masuk

$$V_{r1}^2 = V_1^2 + U_1^2 \dots\dots(19)$$

Dengan :

V_{r1} = Kecepatan Relatif Fluida pada Sisi Masuk [m/s]

V_1 = Kecepatan Absolut Fluida [m/s]

U_1 = Kecepatan Keliling masuk Fluida [m/s]

7. Kecepatan Keliling Masuk Fluida pada *Impeller*

$$U_1 = \frac{\pi \times D_1 \times n}{60} \dots\dots\dots(20)$$

Keterangan :

- U_1 : Kecepatan Keliling Masuk Fluida [m/s]
- D_1 : Diameter Sisi Masuk *Impeller* [m]
- n : Putaran [m]

8. Kecepatan Keliling Keluar *Impeller*

$$U_2 = \frac{\pi \times D_2 \times n}{60} \dots\dots\dots(21)$$

Dengan :

- U_2 = Kecepatan Keliling Keluar Fluida [m/s]
- D_2 = Diameter Sisi Keluar *Impeller* [m]
- n = Putaran [m]

9. Jumlah Sudu *Impeller*

$$z = 6,5 \times \frac{D_2 + D_1}{D_2 - D_1} \times \sin \frac{(\beta_1 + \beta_2)}{2} \dots\dots\dots(22)$$

Keterangan :

- z : Jumlah Sudu
- β_1 : Sudut Masuk *Impeller*
- D_1 : Diameter Sisi Masuk *Impeller* [m]
- β_2 : Sudut Keluar *Impeller*
- D_2 : Diameter Sisi Keluar *Impeller* [m]

10. Lebar Haluan Masuk *Impeller*

$$b_1 = \frac{Q}{\pi \times D_1 \times V_1} \dots\dots\dots(23)$$

Keterangan :

- b_1 : Lebar Haluan Sisi Masuk *Impeller* [m]
- Q : Kapasitas Pompa [m³/s]
- D_1 : Diameter Sisi Masuk *Impeller* [m]
- V_1 : Kecepatan Absolut Fluida [m/s]

11. Bentuk Sudu *Impeller*

$$p = \frac{R_b^2 - R_a^2}{2 (R_b \times \cos \beta_b - R_a \times \cos \beta_a)} \dots\dots\dots (24)$$

Keterangan :

- p : Jari – jari busur bentuk sudu *Impeller*
- R_a : Jari – jari lingkaran konsentrasi awal
- R_b : Jari – jari lingkaran konsentrasi berikutnya
- β_a : Sudut kemiringan sudu pada R_a
- β_b : Sudut kemiringan sudu pada R_b

2.6 Solidworks

SolidWorks merupakan software CAD 3D yang digunakan untuk membuat desain produk dari yang sederhana sampai yang kompleks seperti roda gigi, casing, mesin mobil, dan lain sebagainya. Software ini merupakan salah satu opsi diantara design software lainnya antara lain : catia, inventor, Autocad, dll. Software ini memiliki kelebihan prosesnya lebih cepat daripada harus menggunakan autocad. File dari solidwork ini bisa di ekspor ke software analisis semisal Ansys, FLOVENT, dll. desain kita juga bisa disimulasikan, dianalisis kekuatan dari desain secara sederhana, maupun dibuat animasinya.

SolidWorks dalam penggambaran / pembuatan model 3D menyediakan feature-based, parametric solid modeling. Feature- based dan parametric ini yang akan sangat mempermudah bagi usernya dalam membuat model 3D. karena hal ini akan membuat kita sebagai user bisa membuat model sesuai dengan intuisi kita.

SolidWorks menyediakan 3 templates utama yaitu:

1. Part
Adalah sebuah object 3D yang terbentuk dari feature – feature. Sebuah part bisa menjadi sebuah komponen pada suatu assembly, dan juga bisa digambarkan dalam bentukan 2D pada sebuah drawing. Feature adalah bentukan dan operasi – operasi yang

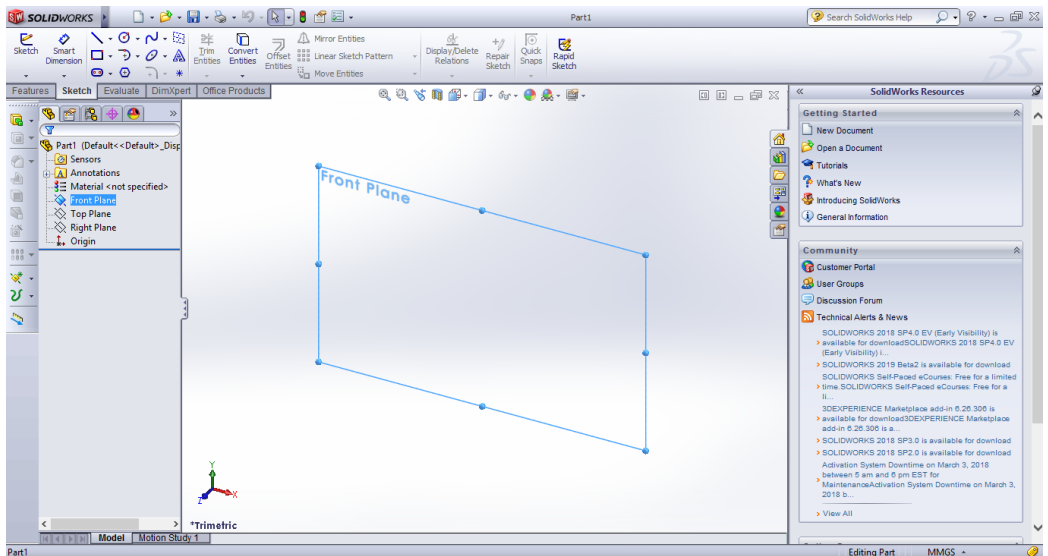
membentuk part. Base feature merupakan feature yang pertama kali dibuat. Extension file untuk part SolidWorks adalah .SLDPRT.

2. Assembly

Adalah sebuah document dimana parts, feature dan assembly lain(Sub Assembly) dipasangkan/ disatukan bersama. Extension file untuk SolidWorks Assembly adalah .SLDASM.

3. Drawing

Adalah tempates yang digunakan untuk membuat gambar kerja 2D/2D engineering Drawing dari single component (part) maupun Assembly yang sudah kita buat. Extension file Untuk SolidWorks Drawing adalah .SLDDRW.



Gambar 2.12 Tampilan Solidwork

2.7 Computational Fluid Dynamics

CFD merupakan analisa sistem yang melibatkan aliran fluida, perpindahan panas, dan fenomena yang terkait lainnya seperti reaksi kimia dengan menggunakan simulasi komputer. Metode ini meliputi fenomena yang berhubungan dengan aliran fluida seperti sistem *liquid* dua fase, perpindahan massa dan panas, reaksi kimia, dispersi gas atau pergerakan partikel tersuspensi.

Secara umum kerangka kerja CFD meliputi formulasi persamaan-persamaan *transport* yang berlaku, formulasi kondisi batas yang sesuai, pemilihan atau pengembangan kode-kode komputasi untuk mengimplementasikan teknik numerik yang digunakan. Suatu kode CFD terdiri dari tiga elemen utama yaitu *pre-processor*, *solver* dan *post processor*.

1. *Pre-processor*

Pre-processor meliputi masukan dari permasalahan aliran ke suatu program CFD dan transformasi dari masukan tersebut ke bentuk yang cocok digunakan oleh *solver*. Langkah-langkah dalam tahap ini adalah sebagai berikut :

- Pendefinisian geometri yang dianalisa
- *Mesh generation*, yaitu pembagian daerah *domain* menjadi bagian-bagian lebih kecil yang tidak tumpang tindih
- Seleksi fenomena fisik dan kimia yang perlu dimodelkan
- Pendefinisian properti fluida
- Pemilihan *boundary condition* (kondisi batas) pada kontrol *volume* atau sel yang berhimpit dengan batas *domain*
- Penyelesaian permasalahan aliran (kecepatan, tekanan, temperatur dan sebagainya) yang didefinisikan pada titik nodal dalam setiap sel. Keakuratan penyelesaian CFD ditentukan oleh jumlah sel dalam *grid*.

2. *Solver*

Solver dapat dibedakan menjadi tiga jenis yaitu *finite difference*, *finite element* dan *metode spectral*. Secara umum metode *numeric solver* tersebut terdiri dari langkah-langkah sebagai berikut:

- Prediksi variabel aliran yang tidak diketahui dengan menggunakan fungsi sederhana
- Diskretisasi dengan substitusi prediksi-prediksi tersebut menjadi persamaan-persamaan aliran utama yang berlaku dan kemudian melakukan manipulasi matematis
- Penyelesaian persamaan aljabar. Pada proses *solver*, terdapat 3 persamaan atur aliran fluida yang menyatakan hukum kekekalan fisika, yaitu : 1) massa fluida kekal; 2) laju perubahan momentum sama dengan resultansi gaya pada partikel fluida (Hukum II Newton); 3) laju perubahan energi sama dengan resultansi laju

panas yang ditambahkan dan laju kerja yang diberikan pada partikel fluida (Hukum I Termodinamika).

3. *Post-Processor*

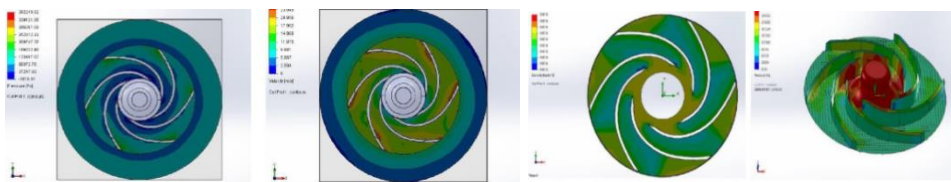
Post processing merupakan tahap visualisasi dari tahapan sebelumnya. *Post processor* semakin berkembang dengan majunya *engineering workstation* yang mempunyai kemampuan grafik dan visualisasi cukup besar. Alat visualisasi tersebut antara lain:

- *Domain geometri dan display*
- *Plot vector*
- *Plot contour*
- *Plot 2D dan 3D surface*
- *Particle tracking*
- Manipulasi tampilan (translasi, skala dan sebagainya)
- Animasi *display* hasil dinamik

Dalam simulasi, model-model yang digunakan didiskretisasi dengan metode formulasi dan diselesaikan dengan menggunakan bermacam-macam algoritma numerik. Metode diskretisasi dan algoritma yang terbaik digunakan tergantung dari tipe masalah dan tingkat kedetailan yang dibutuhkan.

2.7 Penelitian yang pernah dilakukan

Mohammad Hazeri Ismail, merupakan mahasiswa University Malaysia Pahang yang telah mengerjakan penelitian yang serupa, yakni melakukan simulasi terhadap Impeller dan melakukan Analisa performa.



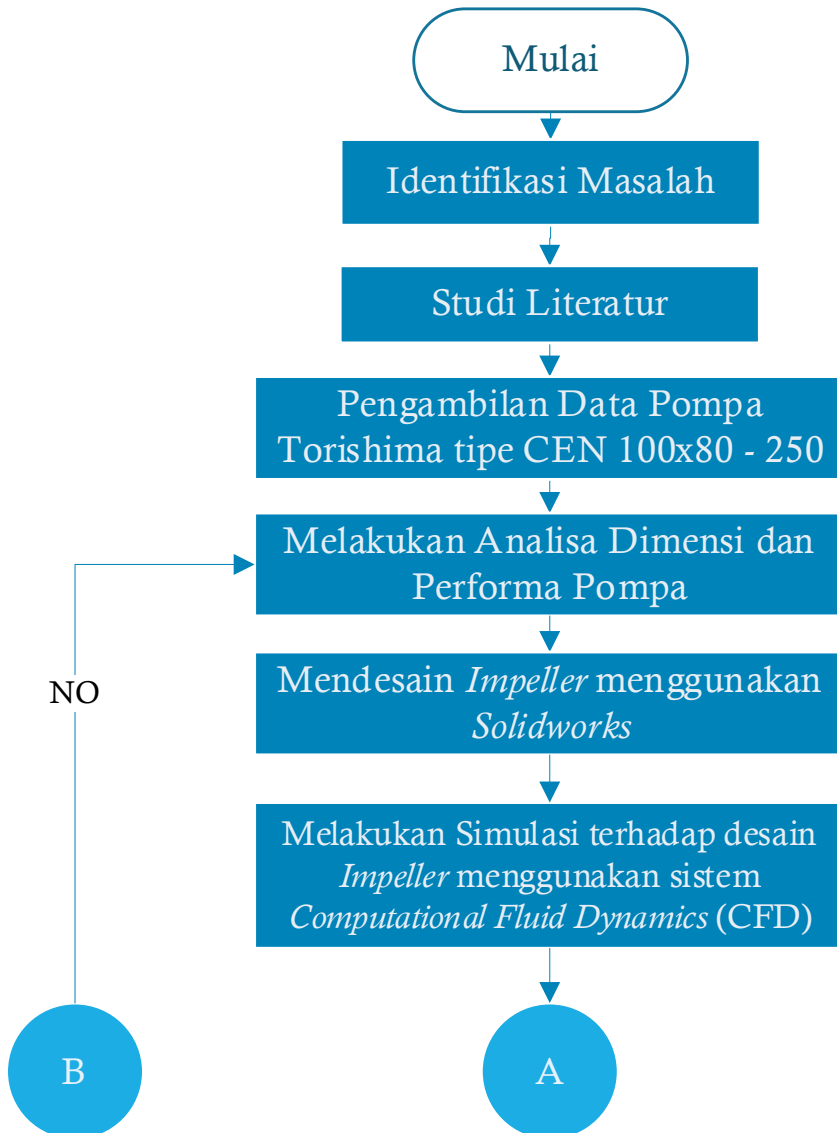
Gambar 2.13 Hasil Analisa yang pernah dilakukan

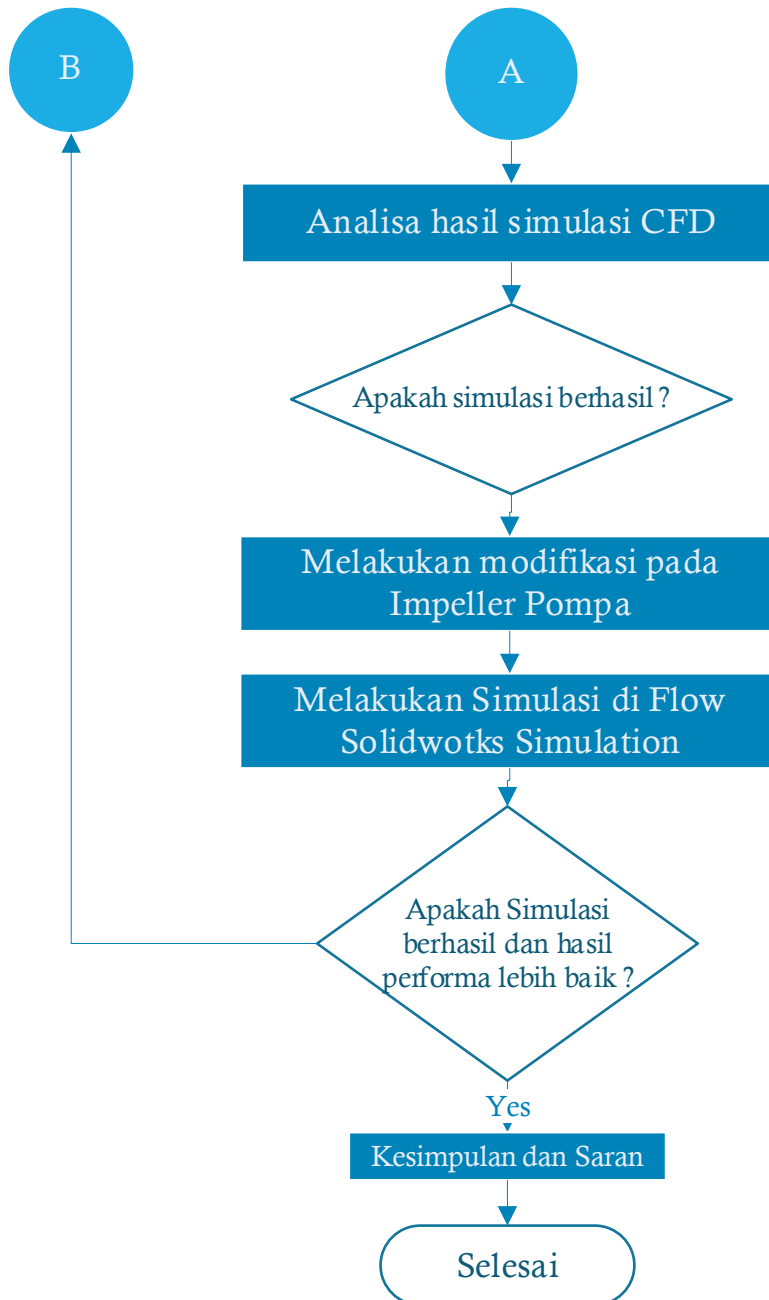
“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

3.1. Diagram Alur Metode Penelitian

Tahapan pengerjaan tugas akhir ini akan dirangkum dalam flow chat sebagai berikut :





3.2. Identifikasi dan Perumusan Masalah

Menentukan permasalahan yang akan menjadi bahan analisa sesuai dengan tujuan dilakukannya penelitian. Untuk lebih memfokuskan pada tujuan penelitian, maka dalam identifikasi perumusan masalah ini ditentukan batasan-batasan permasalahan.

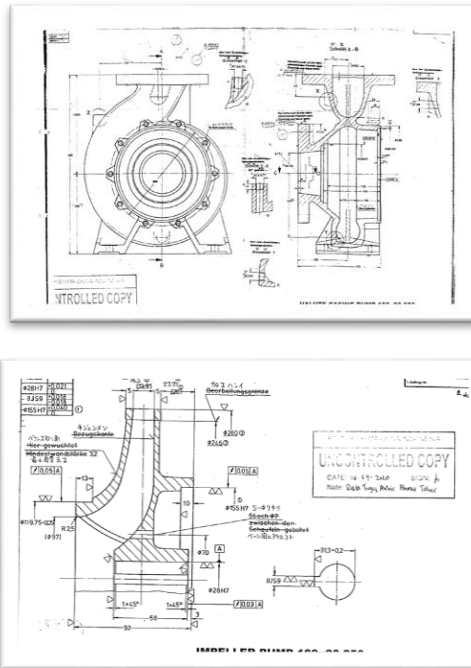
Pada proses ini dilakukan suatu identifikasi dan perumusan masalah yaitu bagaimana merencanakan sebuah *impeller High-Pressure Pump* pada sistem *Reverse Osmosis* agar mendapatkan efisiensi yang lebih baik. Setelah mengetahui rumusan masalah yang akan dibahas, maka selanjutnya adalah menentukan metode penyelesaian yang akan digunakan.

3.3. Studi Literatur

Tahapan selanjutnya adalah melakukan studi literatur dengan tujuan untuk merangkum teori, acuan secara umum dan khusus serta memperoleh berbagai informasi pendukung lainnya yang berhubungan dengan pengerjaan tugas akhir ini. Studi literatur dapat diperoleh dari buku, tugas akhir, jurnal, atau dari internet yang mendukung dalam bahasan pengerjaan tugas akhir. Selain itu juga bisa dilakukan melalui tanya jawab dengan pihak yang berkepentingan dan berkompeten dalam bidang ini.

3.4. Pengambilan data Pompa Torishima CEN 100x80 - 250

Data Tugas Akhir ini diambil dari Perusahaan Torishima dengan Pompa Tipe CEN 100x80 – 250. Data pompa yang didapatkan berupa dimensi gambar dan performa dari pompa tersebut. Kemudian dilakukan desain ulang pada solidworks.

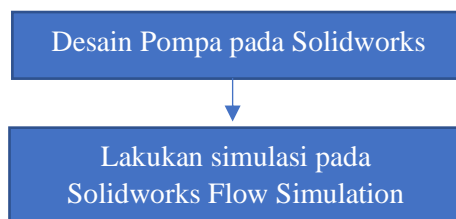


Gambar 3.1 Desain Pompa Torishima CEN 100x80 - 250

3.5. Penggambaran dan Simulasi Model *Impeller*

Dari data-data hasil perhitungan *impeller* yang berupa dimensi utama dari *impeller*, kemudian dilakukan penggambaran model *Impeller*. Model *impeller* digambar dengan menggunakan software *Solidwork*. Setelah mendapatkan desain *Impeller* menggunakan *Solidworks*, akan dilakukan simulasi menggunakan CFD guna mengetahui performa dari rancangan *Impeller* yang sudah dihitung sebelumnya. Hasil dari simulasi akan menjadi pokok pembahasan pada skripsi kali ini. Parameter yang dibutuhkan adalah :

1. Dimensi Utama *Impeller* dan *Volute*
2. Spesifikasi Pompa (*Pump Temperature, Density, Capacity*, dsb.)



3.6. Analisa Hasil Simulasi CFD

Simulasi CFD yang dilakukan akan dianalisa untuk mengetahui performa. Untuk meningkatkan performa, dimensi pada impeller akan dilakukan modifikasi agar mendapatkan efisiensi yang lebih baik. Parameter yang dianalisa adalah :

1. Tekanan *Suction*, Tekanan pada *Volute*, dan Tekanan *Discharge*
2. Kecepatan *Suction*, Kecepatan pada *Volute*, dan Kecepatan *Discharge*

3.7. Modifikasi Impeller dan melakukan simulasi

Melakukan modifikasi pada Impeller. Proses ini dibutuhkan untuk melakukan perbandingan terhadap pompa yang sudah ada di perusahaan, dengan pompa yang kita rencanakan. Modifikasi yang dilakukan adalah dengan menambahkan *blade*, yakni *Blade 10*, *Blade 11*, dan *Blade 12*, dengan variasi RPM 1500 dan 3000.

3.8. Analisa Data dan Pembahasan

Setelah perhitungan dan penggambaran model *impeller* selesai dan simulasi telah dilakukan, selanjutnya adalah analisa data dan pembahasan yaitu dengan memaparkan hasil dari perhitungan desain *impeller* dan juga simulasi *impeller*. Hasil simulasi pada variasi impeller tersebut akan ditentukan nilai kapasitas dari pompa. Nilai kapasitas tersebut yang kemudian akan dibandingkan dengan grafik yang sudah ada di perusahaan. Analisa data dan pembahasan ini bertujuan untuk menentukan proses pengambilan keputusan apakah perhitungan desain *impeller* ini mampu memberikan performa yang lebih baik di lapangan.

3.9. Kesimpulan dan Saran

Setelah dilakukan analisa data dan pembahasan selanjutnya adalah menarik kesimpulan dari analisa data yang sudah dilakukan dan memberikan saran atau rekomendasi yang relevan sebagai pertimbangan di waktu yang akan datang.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB IV ANALISA DAN PEMBAHASAN

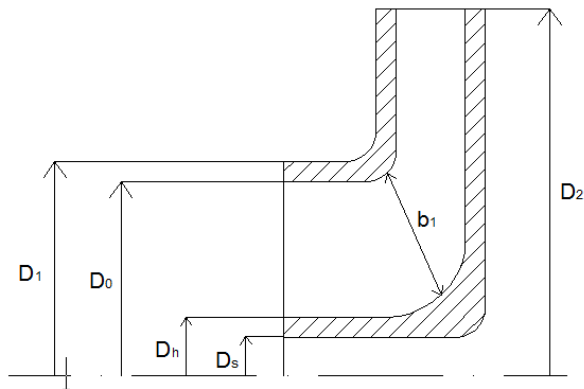
4.1 Umum

Dalam bab berikut ini akan dibahas perhitungan dimensi utama dari impeller dan juga tahapan dalam penggambaran model dari impeller dengan *solidwork*. Dimensi utama yang diperoleh akan digunakan sebagai acuan dalam proses penggambaran model *impeller* pada *software solidwork* antara lain : diameter poros impeller, diameter leher impeller, diameter mata impeller, diameter sisi masuk impeller, sudut masuk impeller, lebar haluan sisi masuk impeller, diameter sisi keluar impeller, sudut keluar impeller, dan jumlah sudu.

Tahap analisa data berupa perhitungan dan proses pemodelan *impeller* diuraikan sebagai berikut.

4.2 Data Pompa Torishima

Dalam Perhitungan Desain Impeller ini parameter yang digunakan adalah Dimensi dan Performa Pompa yang ada pada perusahaan. Torishima Pump merupakan salah satu perusahaan yang memproduksi pompa untuk kebutuhan Industri. Pompa yang digunakan pada tugas akhir ini adalah Pompa dengan Tipe CEN dengan spesifikasi 100x80 – 250.



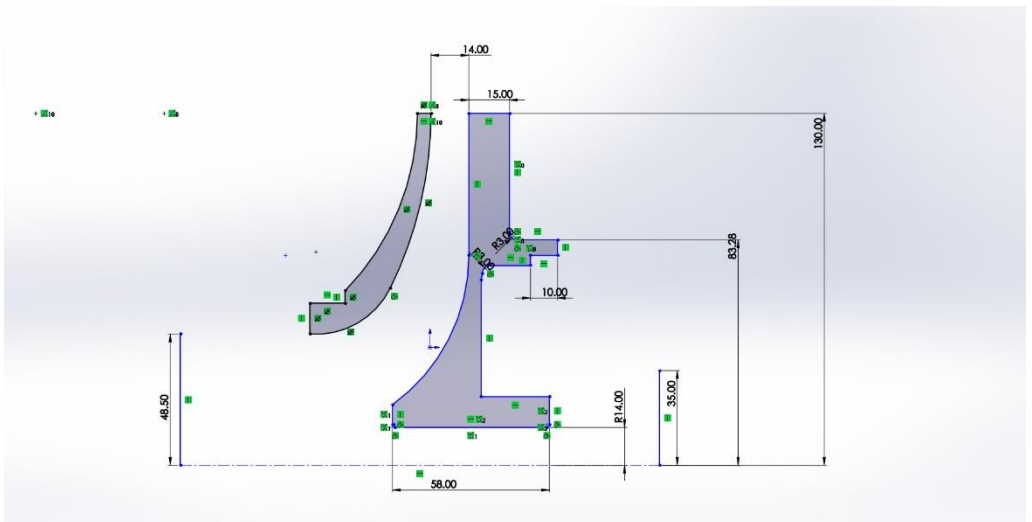
Gambar 4.1 Dimensi Utama Impeller

Pada spesifikasi pompa tersebut, angka 100 menunjukkan dimensi Suction, angka 80 adalah dimensi *Discharge*, dan 250 adalah Diameter

Impeller pada pompa. Berikut adalah spesifikasi lengkap Pompa *Torishima* CEN 100x80 – 250.

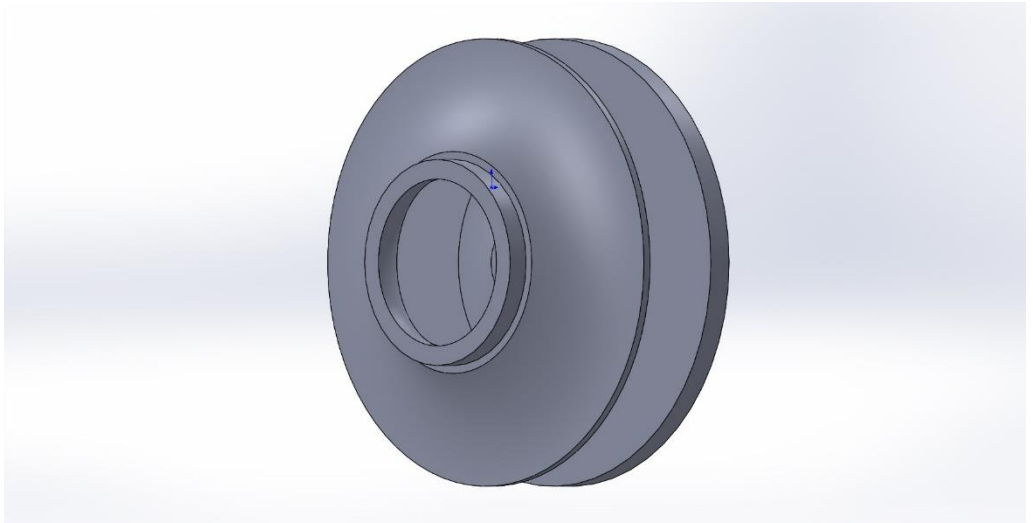
<i>Suction</i>	: 100 mm
<i>Discharge</i>	: 80 mm
<i>Diameter Overall</i>	: 300 mm
<i>Pumping Temp</i>	: 32° C
<i>Density</i>	: 1025 Kg/m ³
<i>Capacity</i>	: 15 m ³ /h
<i>Total Head</i>	: 92 m
<i>Type</i>	: Single Closed Impeller
<i>Speed</i>	: 2940 min ⁻¹
<i>Efficiency</i>	: 17 %
<i>Shaft Power</i>	: 22.6 kW
<i>Driver Output</i>	: 30 kW

4.3 Penggambaran Model *Impeller* dengan *Solidwork*



Gambar 4.2 Sketsa 2D *Impeller*

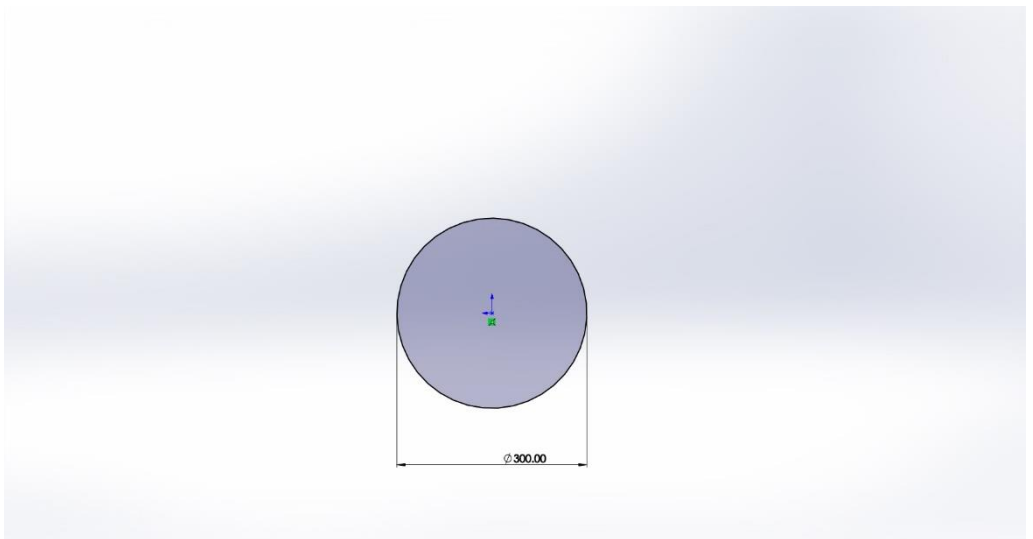
Sketsa 2D dilakukan untuk memasukkan data dimensi pada *impeller*. Diketahui pada data, diameter *Impeller* adalah 260 mm.



Gambar 4.3 Revolve Impeller

Setelah Sketsa 2D dilakukan, maka *revolve* untuk mendapatkan bentuk 3D pada *Impeller*.

4.4 Penggambaran Model *Volute Casing* dengan *Solidwork*



Gambar 4.4 Sketsa Diameter *Volute Casing*

Sketsa 2D dilakukan untuk memasukkan data dimensi pada *Volute*. Diketahui pada data, diameter *Volute* adalah 300 mm.



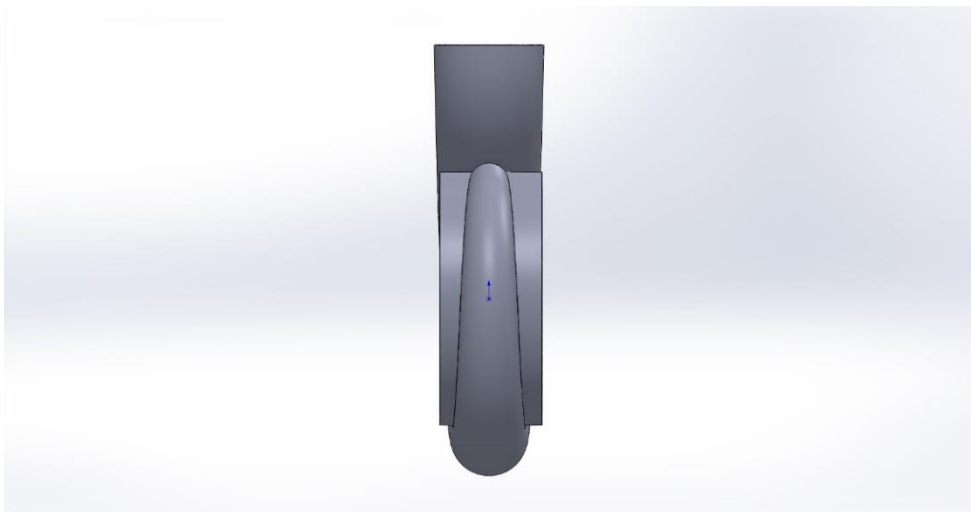
Gambar 4.5 *Lofted Boss Volute*

Setelah dilakukan sketsa, proses selanjutnya adalah Lofted Boss *Volute*, yakni membuat bentuk alur untuk Fluida agar dapat memberikan arah dan tekanan pada Fluida pada *Suction* dan sebelum keluar pada *Discharge*



Gambar 4.6 Penggambaran *Discharge Volute*

Discharge volute harus dibentuk sedemikian rupa agar tekanan yang dihasilkan lebih tinggi. Bentuk ini juga mengikuti bentuk lingkaran.



Gambar 4.7 Penggambaran *Casing*

Casing adalah tempat dudukan *Impeller*. casing harus dibentuk seperti diatas agar dapat menutupi *impeller* sepenuhnya.



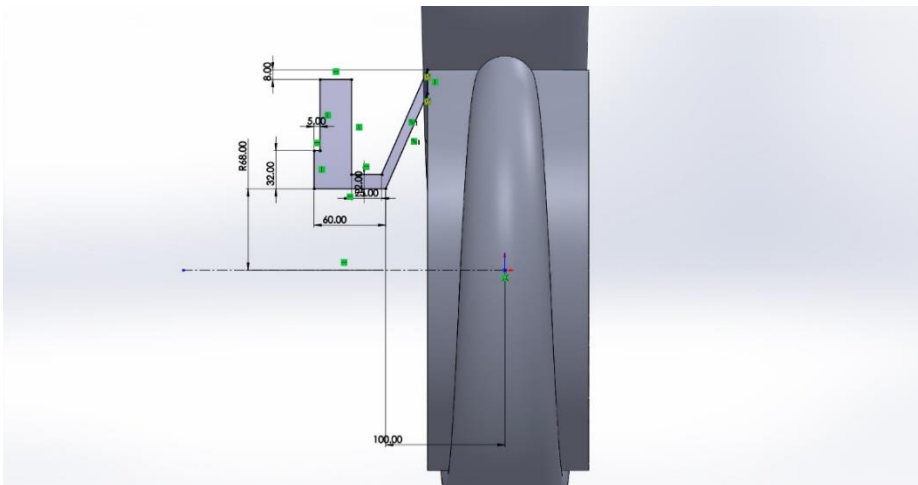
Gambar 4.8 *Cutting* untuk Alur Fluida pada *Casing*

Cutting alur pada *Casing* sangat diperlukan sebagai arah fluida akan dialirkan setelah masuk dari sisi *Suction*. Diameter juga dibuat sedemikian rupa dan berbeda agar dapat menghasilkan tekanan dan kecepatan yang diinginkan



Gambar 4.9 Pembuatan *Discharge Flange*

Discharge Flange digunakan untuk mengikat *Volute Casing* pada part lainnya. *Flange* ini juga akan mengalirkan fluida.



Gambar 4.10 Sketsa *Suction Volute*

Gambar diatas merupakan proses pembuatan sketsa pada *Suction Volute*. Diketahui pada data bahwa Panjang *suction* adalah 100 mm.



Gambar 4.11 Tampilan *Volute Casing*

Setelah dilakukan penggambaran pada sisi *Suction*, maka *Volute Casing* sudah jadi dan siap untuk dilakukan *assembly* dengan *Impeller*.

4.5 Assembly *Impeller* dan *Volute Casing*

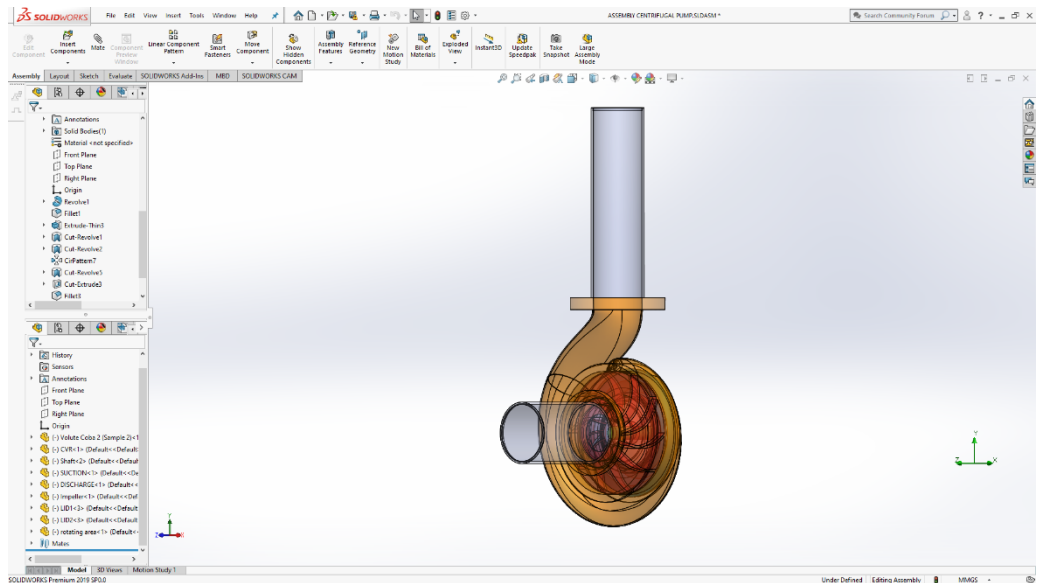


Gambar 4.12 *Assembly Volute Casing and Impeller*

Setelah proses penggambaran 3D *Impeller* dan *Volute Casing* dilakukan, Partisi tersebut digabungkan dengan proses *Assembly* pada *Solidworks*. Penggabungan ini adalah proses *Finishing* pada penggambaran sebelum Simulasi.

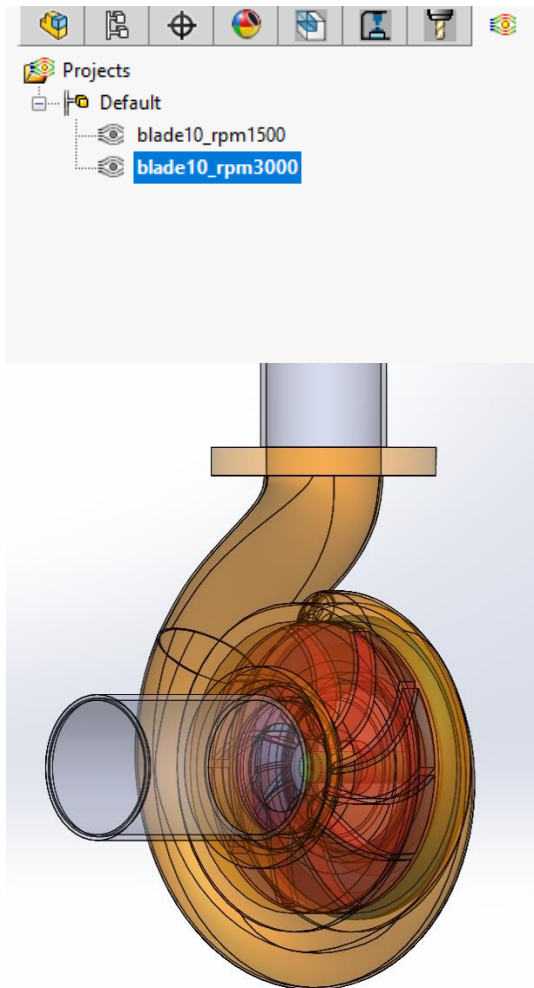
4.6 *Solidwork Flow Simulation*

Setelah dilakukan desain Pompa, maka selanjutnya adalah merancang *SFC* dengan melakukan simulasi pompa pada *Solidwork Flow Simulation*



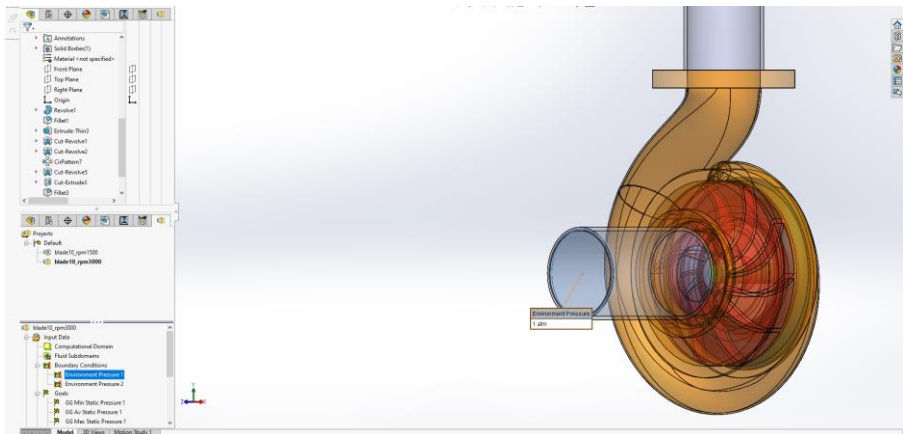
Gambar 4.13 Menambahkan *LID* pada *Solidworks Simulation*

Desain *Impeller* yang telah dibentuk sebelumnya, ditambahkan *LID*. Function ini berguna untuk menentukan arah aliran pada Pompa, sehingga kita menambahkannya seperti bentuk pipa pada *Suction* dan *Discharge*.



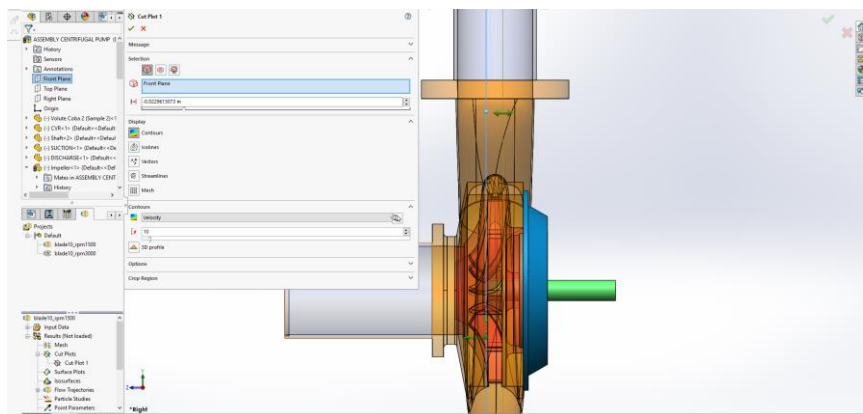
Gambar 4.14 *Meshing* Pompa

Proses selanjutnya adalah menentukan *Input*. Simulasi *Solidworks* pada desain ini dirancang untuk mengetahui hasil *CFD* dari Pompa dengan *RPM* 1500 dan 3000. Sehingga simulasi Aliran dilakukan sebanyak 2 kali percobaan, pada *RPM* 1500 dan 3000.



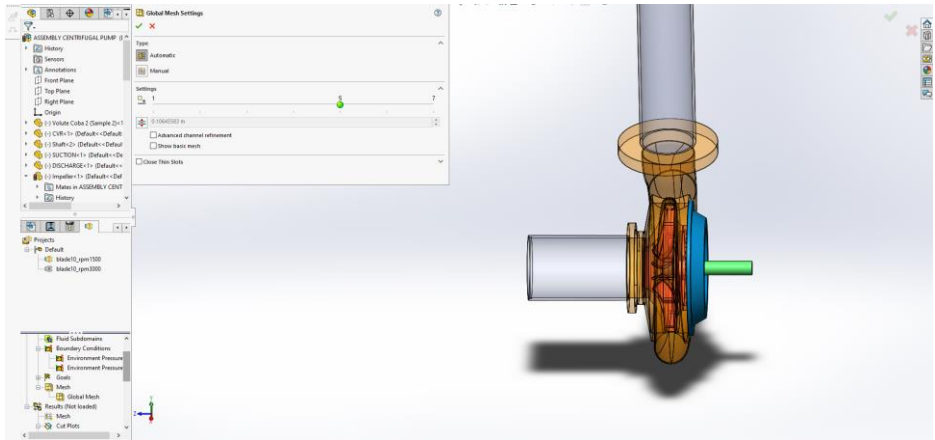
Gambar 4.15 *Boundary Condition*

Setelah penentuan *input*, selanjutnya adalah menentukan *Boundary Condition*. *Boundary Condition* dirancang untuk menentukan *Suction* dan *Discharge* pada pompa. Tekanan environment pada *suction* dan *discharge* ditentukan sebesar 1 atm.



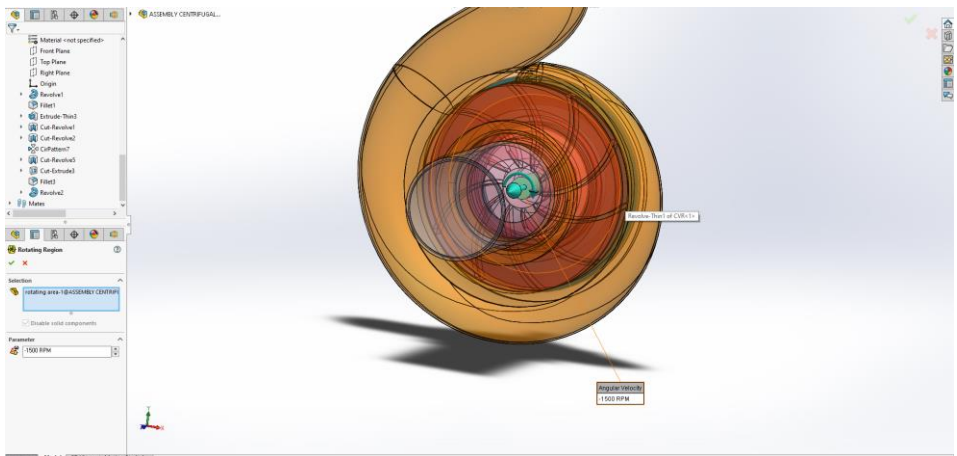
Gambar 4.16 *Cut Plot Impeller*

Proses selanjutnya adalah Menentukan *Cut Plot* pada *Impeller*. Hal ini berfungsi untuk menentukan batas aliran fluida yang keluar dari *Impeller* dan menuju *Discharge*. Contour yang ditentukan adalah *Velocity* dengan Level 10.



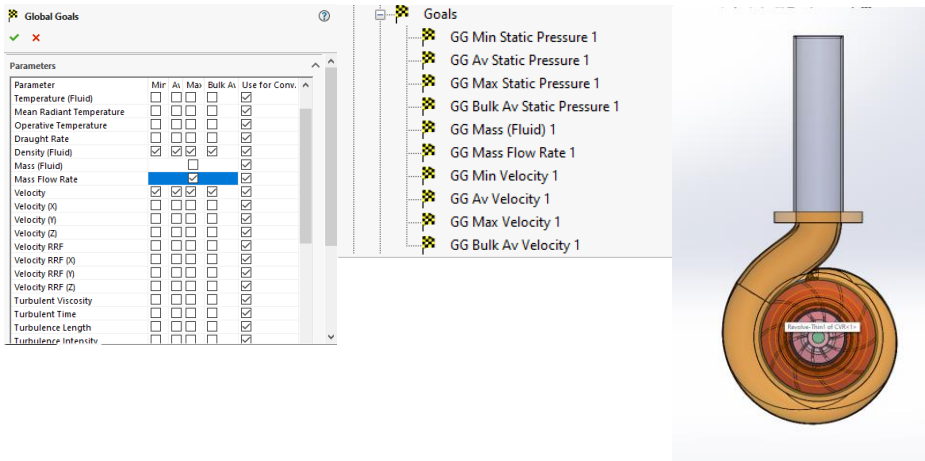
Gambar 4.17 Meshing Pompa

Melakukan Meshing Pompa secara auto dengan *settings 5* (sesuai dengan kemampuan Komputer / Laptop dalam memproses *Meshing*)



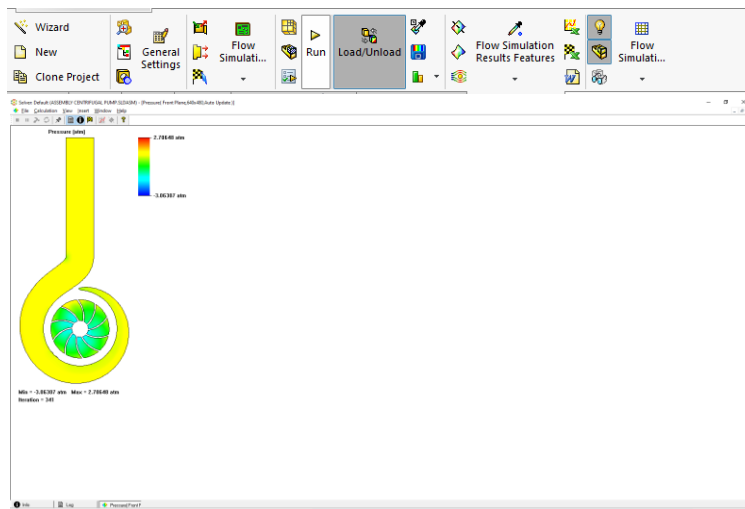
Gambar 4.18 Rotating Region

Setelah *Meshing* berhasil dilakukan, maka proses selanjutnya adalah menentukan *Rotating Region Impeller* pada Pompa. *RPM* diatur - 1500rpm agar arah putarannya sesuai dengan yang diinginkan.



Gambar 4.19 Penentuan *Goals*

Goals berfungsi untuk mendapatkan hasil dari simulasi yang kita inginkan. Pada *Goals* kali ini, yang diperlukan adalah *Velocity*, *Pressure*, *Density*, dan *Mass Flow Rate*.

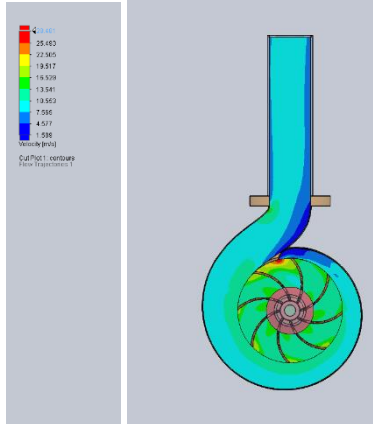


Gambar 4.20 *Run*

Setelah semua proses Setting selesai, maka proses selanjutnya adalah *Running* Simulasi. Maka akan didapatkan *solver* dan animasi.

4.7 Hasil Simulasi

- *Blade 8 RPM 1500*



Gambar 4.21 Solver Pressure dan Velocity Blade 8 RPM 1500

dari solver *Blade 8 RPM 1500* diatas, maka didapatkan data sebagai berikut.

Pressure : *Min* : -3.2 atm

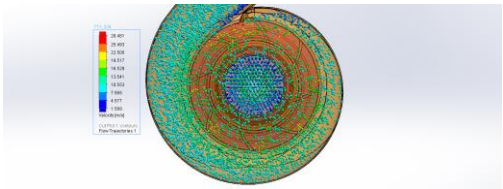
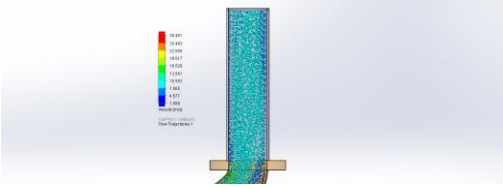
Max : 6.31 atm

Velocity : *Min* : 0 m/s

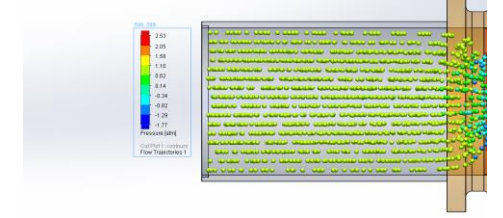
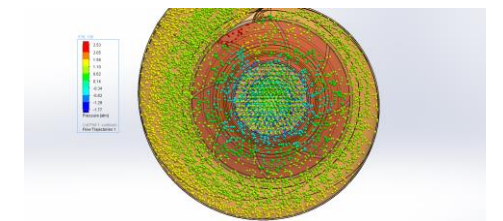
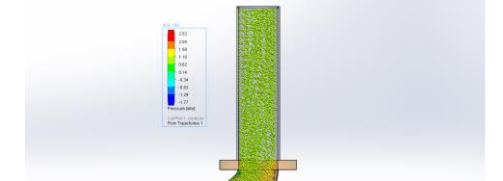
Max : 42.603 m/s

Tabel 4.1 Keterangan solver Velocity Blade 8 RPM 1500

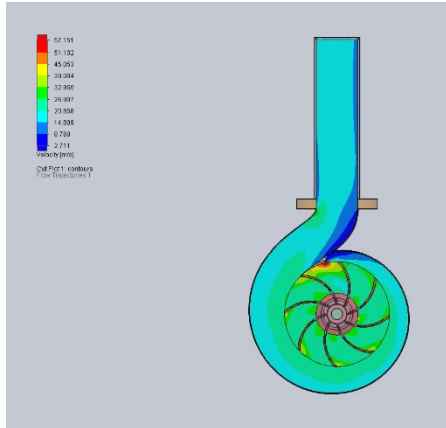
Solver	Nilai	Keterangan
	<p><i>Velocity</i> :</p> <p><i>min.</i> 2.241 m/s</p> <p><i>max.</i> 8.965 m/s.</p>	<p>Aliran pada <i>Suction</i></p>

	<p><i>Velocity :</i> <i>min.</i> 8.965 m/s <i>max.</i> 20.171 m/s.</p>	<p>Aliran pada <i>Impeller</i></p>
	<p><i>Velocity :</i> <i>min.</i> 11.206 m/s <i>max.</i> 13.448 m/s</p>	<p>Aliran pada <i>Discharge</i></p>

Tabel 4.2 Keterangan solver *Pressure Blade 8 RPM 1500*

<i>Solver</i>	Nilai	Keterangan
	<p><i>Pressure :</i> <i>min.</i> -0.03 atm <i>max.</i> 0.088 atm</p>	<p>Aliran pada <i>Suction</i></p>
	<p><i>Pressure :</i> <i>min.</i> 0.43 atm <i>max.</i> 1.78 atm</p>	<p>Aliran pada <i>Impeller</i></p>
	<p><i>Pressure :</i> <i>min.</i> 0.88 atm <i>max.</i> 1.33 atm</p>	<p>Aliran pada <i>Discharge</i></p>

- Blade 8 RPM 3000



Gambar 4.22 Solver Pressure dan Velocity Blade 8 RPM 3000

dari solver Blade 8 RPM 3000 diatas, maka didapatkan data sebagai berikut.

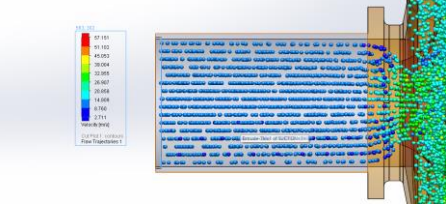
Pressure : Min : -3.2 atm

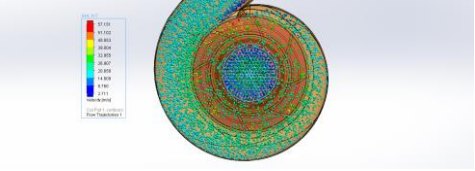
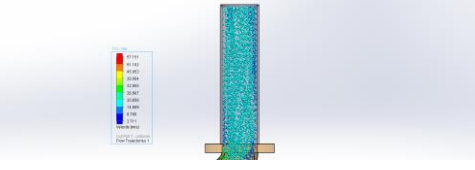
Max : 6.31 atm

Velocity : Min : 0 m/s

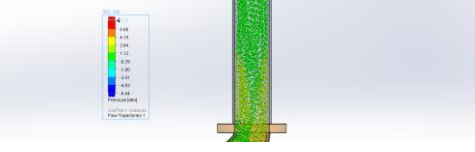
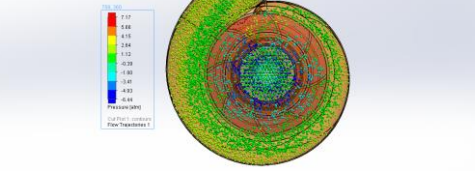
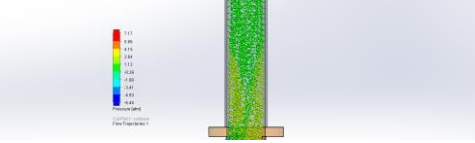
Max : 42.603 m/s

Tabel 4.3 Keterangan solver Velocity Blade 8 RPM 3000

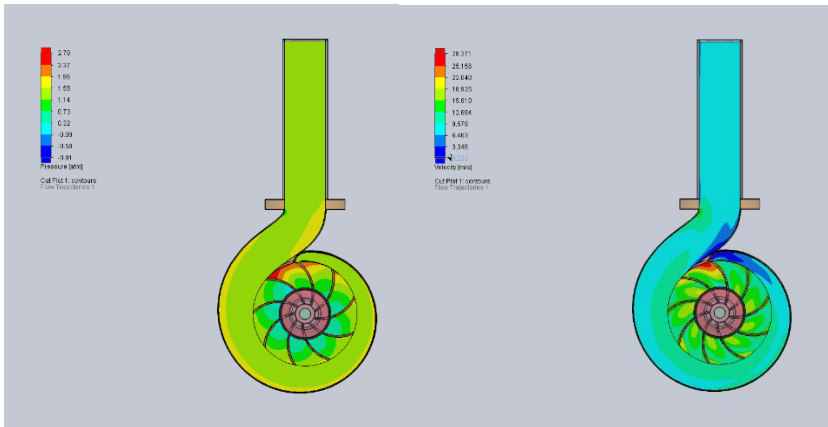
Solver	Nilai	Keterangan
	<p>Velocity :</p> <p>min. 2.241 m/s</p> <p>max. 8.965 m/s.</p>	<p>Aliran pada Suction</p>

	<p><i>Velocity :</i> <i>min.</i> 8.965 m/s <i>max.</i> 20.171 m/s.</p>	<p>Aliran pada <i>Impeller</i></p>
	<p><i>Velocity :</i> <i>min.</i> 11.206 m/s <i>max.</i> 13.448 m/s</p>	<p>Aliran pada <i>Discharge</i></p>

Tabel 4.4 Keterangan solver Pressure Blade 8 RPM 3000

<i>Solver</i>	Nilai	Keterangan
	<p><i>Pressure :</i> <i>min.</i> -0.03 atm <i>max.</i> 0.088 atm</p>	<p>Aliran pada <i>Suction</i></p>
	<p><i>Pressure :</i> <i>min.</i> 0.43 atm <i>max.</i> 1.78 atm</p>	<p>Aliran pada <i>Impeller</i></p>
	<p><i>Pressure :</i> <i>min.</i> 0.88 atm <i>max.</i> 1.33 atm</p>	<p>Aliran pada <i>Discharge</i></p>

- *Blade 9 RPM 1500*

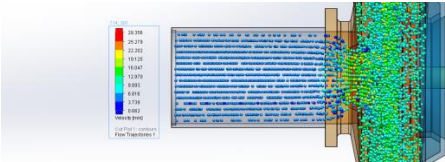
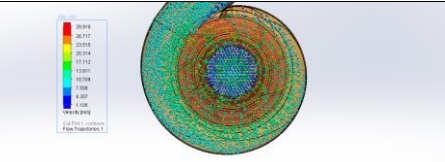


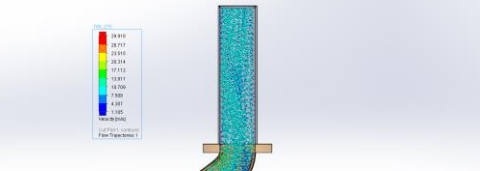
Gambar 4.23 *Solver Pressure dan Velocity Blade 9 RPM 1500*

dari solver *Blade 9 RPM 1500* diatas, maka didapatkan data sebagai berikut.


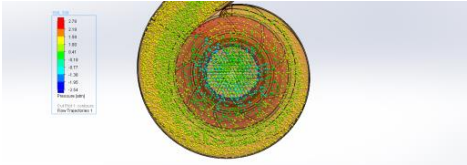
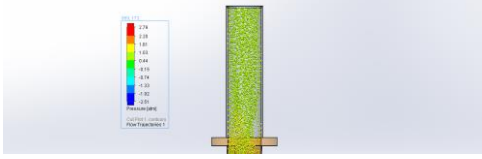
Pressure : *Min* : -3.2 atm
 : *Max* : 6.31 atm
Velocity : *Min* : 0 m/s
 : *Max* : 42.603 m/s

Tabel 4.5 *Keterangan solver Velocity Blade 9 RPM 1500*

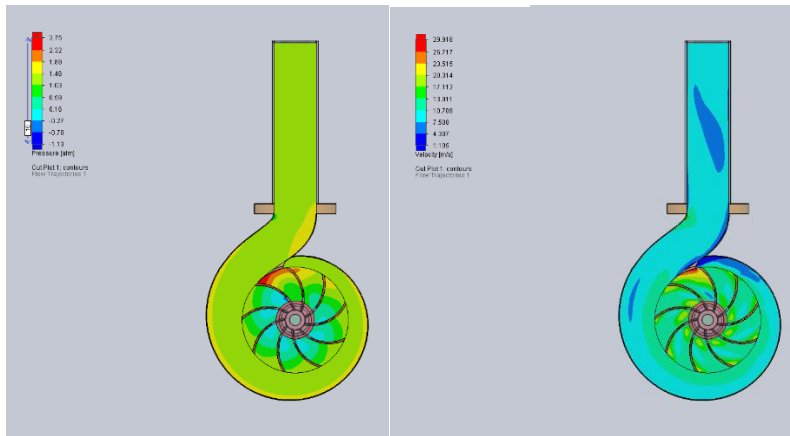
Solver	Nilai	Keterangan
	<p><i>Velocity</i> :</p> <p><i>min.</i> 2.241 m/s</p> <p><i>max.</i> 8.965 m/s.</p>	<p>Aliran pada <i>Suction</i></p>
	<p><i>Velocity</i> :</p> <p><i>min.</i> 8.965 m/s</p>	<p>Aliran pada <i>Impeller</i></p>

	<i>max.</i> 20.171 m/s.	
	<i>Velocity :</i> <i>min.</i> 11.206 m/s <i>max.</i> 13.448 m/s	Aliran pada <i>Discharge</i>

Tabel 4.6 Keterangan *solver Pressure Blade 9 RPM 1500*

<i>Solver</i>	Nilai	Keterangan
	<i>Pressure :</i> <i>min.</i> -0.03 atm <i>max.</i> 0.088 atm	Aliran pada <i>Suction</i>
	<i>Pressure :</i> <i>min.</i> 0.43 atm <i>max.</i> 1.78 atm	Aliran pada <i>Impeller</i>
	<i>Pressure :</i> <i>min.</i> 0.88 atm <i>max.</i> 1.33 atm	Aliran pada <i>Discharge</i>

- *Blade 9 RPM 3000*



Gambar 4.24 *Solver Pressure dan Velocity Blade 9 RPM 3000*

dari solver *Blade 9 RPM 3000* diatas, maka didapatkan data sebagai berikut.

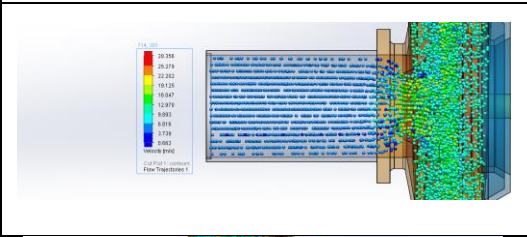
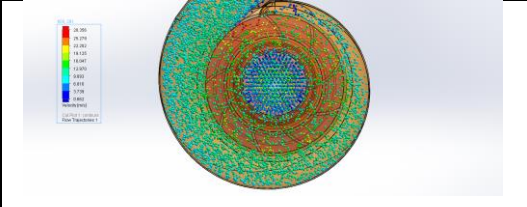
Pressure : *Min* : -3.2 atm

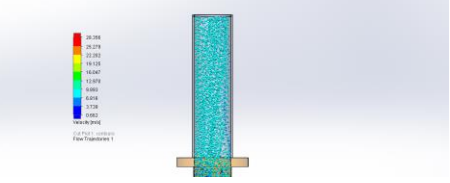
Max : 6.31 atm

Velocity : *Min* : 0 m/s


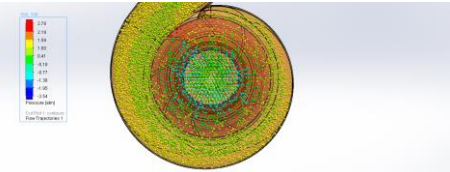
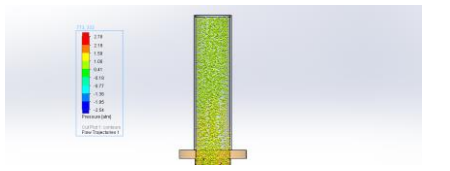
Max : 42.603 m/s

Tabel 4.7 *Keterangan solver Velocity Blade 9 RPM 3000*

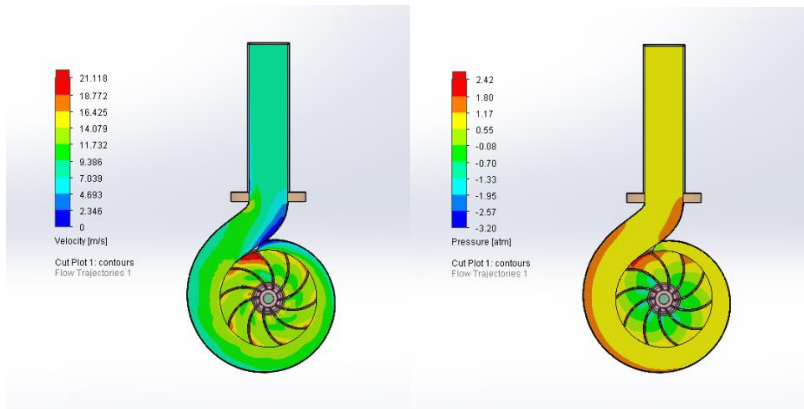
Solver	Nilai	Keterangan
	<p><i>Velocity</i> :</p> <p><i>min.</i> 2.241 m/s</p> <p><i>max.</i> 8.965 m/s.</p>	<p>Aliran pada <i>Suction</i></p>
	<p><i>Velocity</i> :</p> <p><i>min.</i> 8.965 m/s</p>	<p>Aliran pada <i>Impeller</i></p>

	<i>max.</i> 20.171 m/s.	
	<i>Velocity :</i> <i>min.</i> 11.206 m/s <i>max.</i> 13.448 m/s	Aliran pada <i>Discharge</i>

Tabel 4.8 Keterangan *solver Pressure Blade 9 RPM 3000*

Solver	Nilai	Keterangan
	<i>Pressure :</i> <i>min.</i> -0.03 atm <i>max.</i> 0.88 atm	Aliran pada <i>Suction</i>
	<i>Pressure :</i> <i>min.</i> 0.43 atm <i>max.</i> 1.78 atm	Aliran pada <i>Impeller</i>
	<i>Pressure :</i> <i>min.</i> 0.88 atm <i>max.</i> 1.33 atm	Aliran pada <i>Discharge</i>

- *Blade 10 RPM 1500*



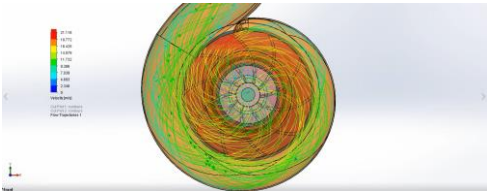
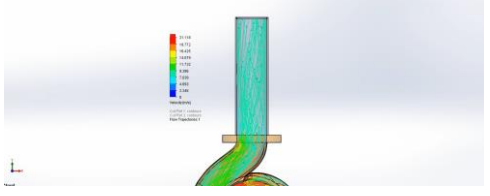
Gambar 4.25 Solver Pressure dan Velocity Blade 10 RPM 1500

dari solver *Blade 10 RPM 1500* diatas, maka didapatkan data sebagai berikut.

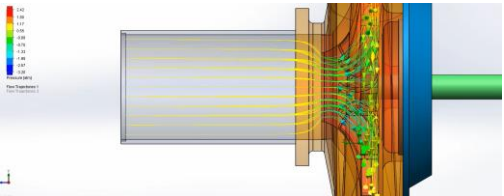
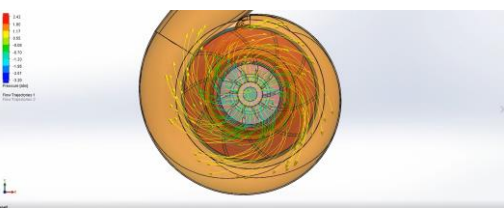
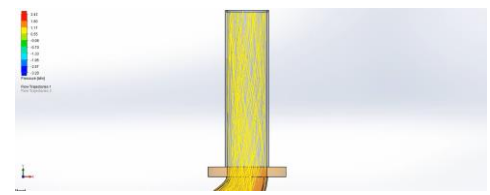
Pressure : *Min* : -3.2 atm
 : *Max* : 2.42 atm
Velocity : *Min* : 0 m/s
 : *Max* : 21.118 m/s

Tabel 4.9 Keterangan solver Velocity Blade 10 RPM 1500

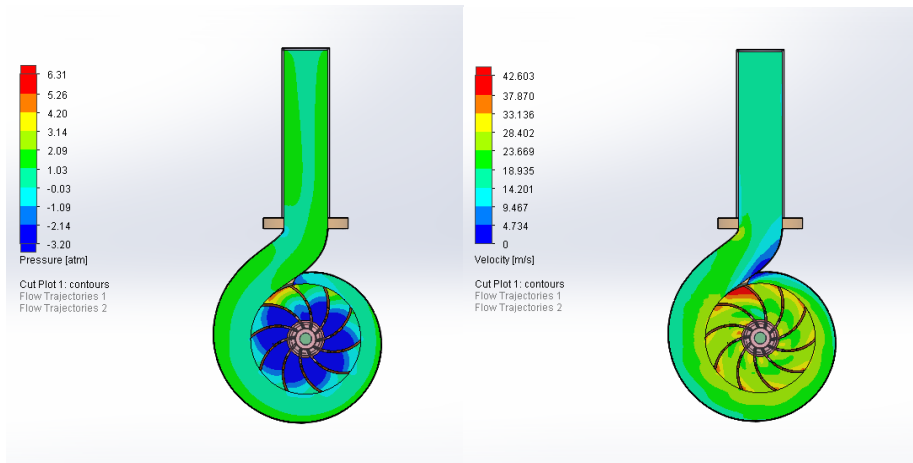
<i>Solver</i>	Nilai	Keterangan
	<i>Velocity</i> : <i>min.</i> 4.693 m/s <i>max.</i> 7.039 m/s.	Aliran pada <i>Suction</i>

	<p><i>Velocity :</i> <i>min.</i> 7.039 m/s <i>max.</i> 21.118 m/s.</p>	<p>Aliran pada <i>Impeller</i></p>
	<p><i>Velocity :</i> <i>min.</i> 9.386 m/s <i>max.</i> 11.732 m/s</p>	<p>Aliran pada <i>Discharge</i></p>

Tabel 4.10 Keterangan *solver Pressure Blade 10 RPM 1500*

<i>Solver</i>	Nilai	Keterangan
	<p><i>Pressure :</i> <i>min.</i> 0.55 atm <i>max.</i> 1.17 atm</p>	<p>Aliran pada <i>Suction</i></p>
	<p><i>Pressure :</i> <i>min.</i> 0.55 atm <i>max.</i> 2.42 atm</p>	<p>Aliran pada <i>Impeller</i></p>
	<p><i>Pressure :</i> <i>min.</i> 1.07 atm <i>max.</i> 1.17 atm</p>	<p>Aliran pada <i>Discharge</i></p>

- *Blade 10 RPM 3000*



Gambar 4.26 *Solver Pressure dan Velocity Blade 10 RPM 3000*

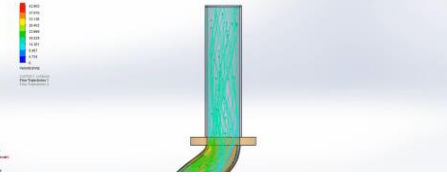
dari solver *Blade 10 RPM 3000* diatas, maka didapatkan data sebagai berikut.

Pressure : *Min* : -3.2 atm
 : *Max* : 6.31 atm

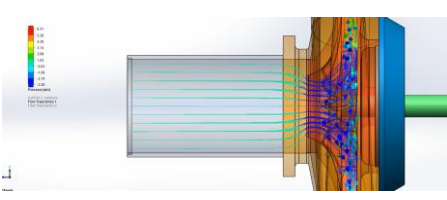
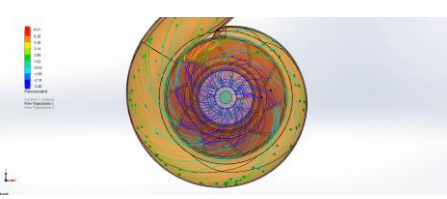
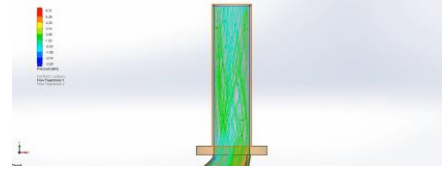
Velocity : *Min* : 0 m/s
 : *Max* : 42.603 m/s

Tabel 4.11 *Keterangan solver Velocity Blade 10 RPM 3000*

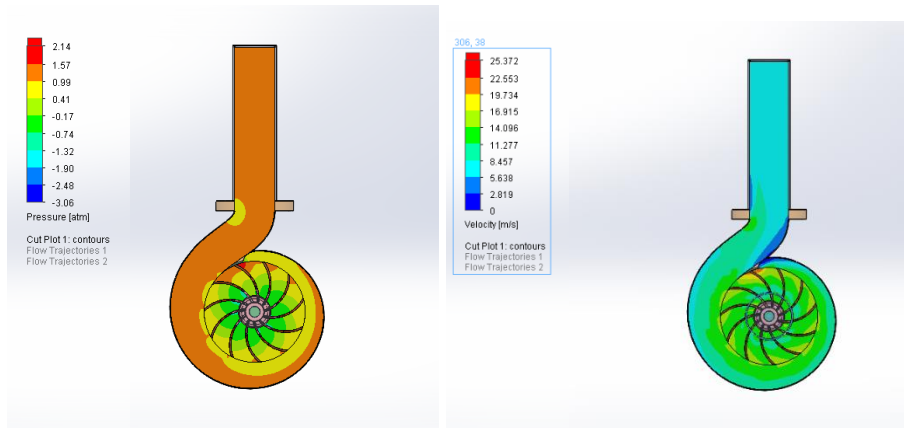
<i>Solver</i>	<i>Nilai</i>	<i>Keterangan</i>
	<i>Velocity</i> : <i>min.</i> 4.734 m/s <i>max.</i> 14.201 m/s.	Aliran pada <i>Suction</i>
	<i>Velocity</i> : <i>min.</i> 9.467 m/s <i>max.</i> 42.603 m/s.	Aliran pada <i>Impeller</i>

	<p><i>Velocity :</i> <i>min.</i> 9.467 m/s <i>max.</i> 23.669 m/s</p>	<p>Aliran pada <i>Discharge</i></p>

Tabel 4.12 Keterangan solver *Pressure Blade 10 RPM 3000*

<i>Solver</i>	Nilai	Keterangan
	<p><i>Pressure :</i> <i>min.</i> -2.14 atm <i>max.</i> 1.03 atm</p>	<p>Aliran pada <i>Suction</i></p>
	<p><i>Pressure :</i> <i>min.</i> -0.03 m/s <i>max.</i> 4.20 atm</p>	<p>Aliran pada <i>Impeller</i></p>
	<p><i>Pressure :</i> <i>min.</i> 1.03 atm <i>max.</i> 3.14 atm</p>	<p>Aliran pada <i>Discharge</i></p>

- *Blade 11 RPM 1500*



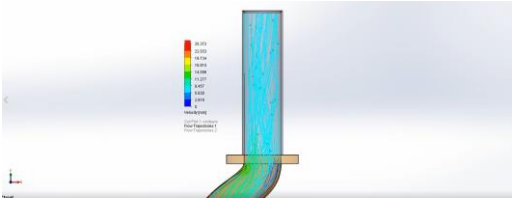
Gambar 4.27 Solver Pressure dan Velocity Blade 11 RPM 1500

dari solver *Blade 11 RPM 3000* diatas, maka didapatkan data sebagai berikut.

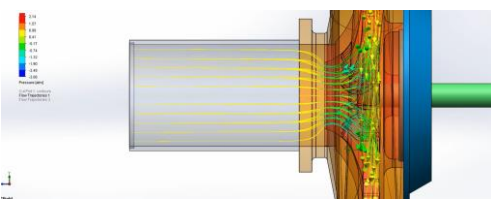
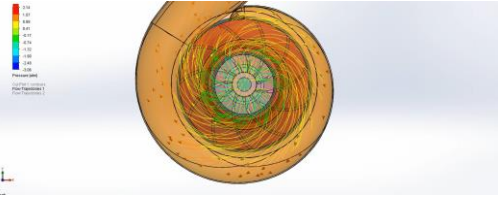
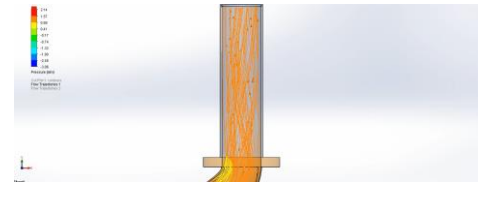
Pressure : *Min* : -3.2 atm
 : *Max* : 2.14 atm
Velocity : *Min* : 0 m/s
 : *Max* : 25.372 m/s

Tabel 4.13 Keterangan solver Velocity Blade 11 RPM 1500

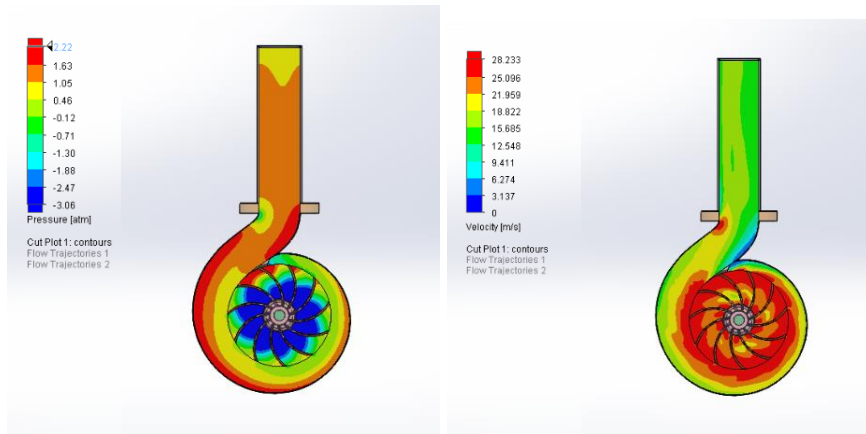
Solver	Nilai	Keterangan
	<i>Velocity</i> : <i>min.</i> 2.819 m/s <i>max.</i> 8.457 m/s.	Aliran pada <i>Suction</i>
	<i>Velocity</i> : <i>min.</i> 8.457 m/s	Aliran pada <i>Impeller</i>

	<i>max.</i> 25.372 m/s.	
	<i>Velocity :</i> <i>min.</i> 8.457 m/s <i>max.</i> 16.915 m/s	Aliran pada <i>Discharge</i>

Tabel 4.14 Keterangan *solver Pressure Blade 11 RPM 1500*

<i>Solver</i>	Nilai	Keterangan
	<i>Pressure :</i> <i>min.</i> -0.17 atm <i>max.</i> 0.99 atm	Aliran pada <i>Suction</i>
	<i>Pressure :</i> <i>min.</i> 0.41 atm <i>max.</i> 2.14 atm	Aliran pada <i>Impeller</i>
	<i>Pressure :</i> <i>min.</i> 0.99 atm <i>max.</i> 1.57 atm	Aliran pada <i>Discharge</i>

- *Blade 11 RPM 3000*



Gambar 4.28 Solver Pressure dan Velocity Blade 11 RPM 3000

dari solver *Blade 11 RPM 3000* diatas, maka didapatkan data sebagai berikut.

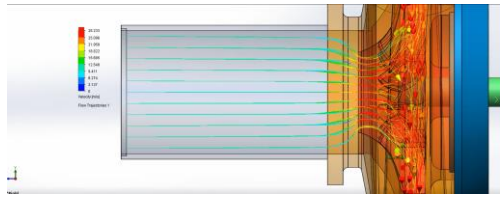
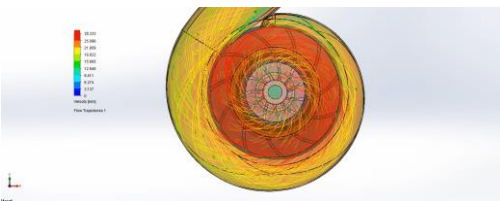
Pressure : *Min* : -3.06 atm

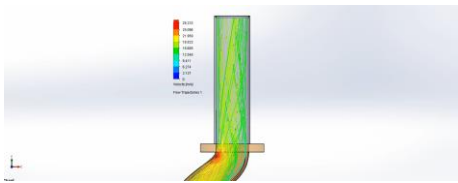
Max : 2.22 atm

Velocity : *Min* : 0 m/s

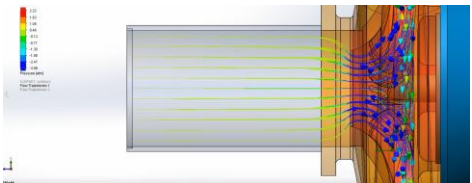
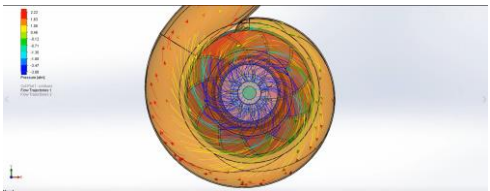
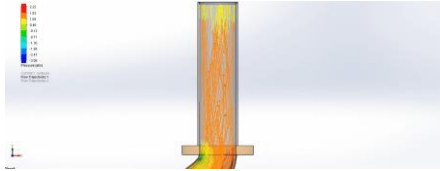
Max : 28.233 m/s

Tabel 4.15 Keterangan solver Velocity Blade 11 RPM 3000

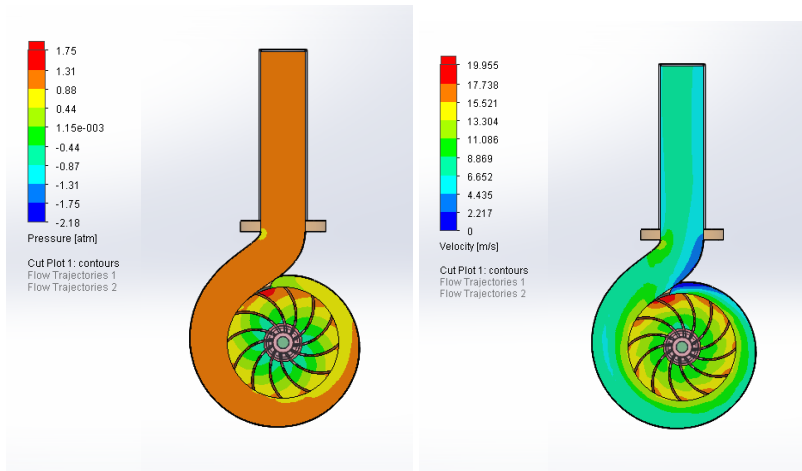
Solver	Nilai	Keterangan
	<p><i>Velocity</i> :</p> <p><i>min.</i> 3.137 m/s</p> <p><i>max.</i> 15.685 m/s.</p>	<p>Aliran pada <i>Suction</i></p>
	<p><i>Velocity</i> :</p> <p><i>min.</i> 15.685 m/s</p> <p><i>max.</i> 28.233 m/s.</p>	<p>Aliran pada <i>Impeller</i></p>

	<p><i>Velocity :</i> <i>min.</i> 15.685 m/s <i>max.</i> 18.822 m/s</p>	<p>Aliran pada <i>Discharge</i></p>

Tabel 4.16 Keterangan *solver Pressure Blade 11 RPM 3000*

<i>Solver</i>	Nilai	Keterangan
	<p><i>Pressure :</i> <i>min.</i> -0.21 atm <i>max.</i> 1.05 atm</p>	<p>Aliran pada <i>Suction</i></p>
	<p><i>Pressure :</i> <i>min.</i> 0.46 atm <i>max.</i> 2.22 atm</p>	<p>Aliran pada <i>Impeller</i></p>
	<p><i>Pressure :</i> <i>min.</i> 1.05 atm <i>max.</i> 1.63 atm</p>	<p>Aliran pada <i>Discharge</i></p>

- *Blade 12 RPM 1500*



Gambar 4.29 *Solver Pressure dan Velocity Blade 12 RPM 1500*

dari solver *Blade 12 RPM 1500* diatas, maka didapatkan data sebagai berikut.

Pressure : *Min* : -2.18 atm

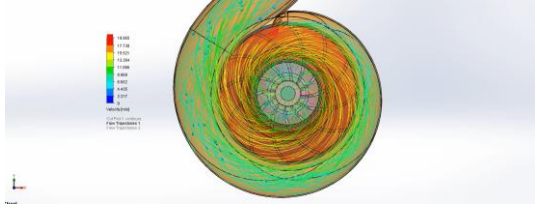
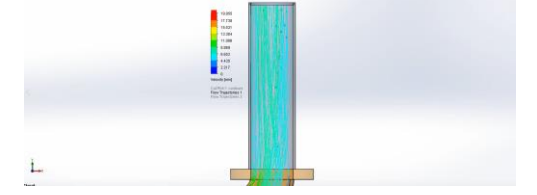
Max : 1.75 atm

Velocity : *Min* : 0 m/s

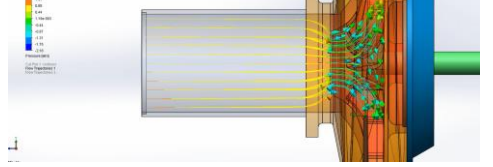
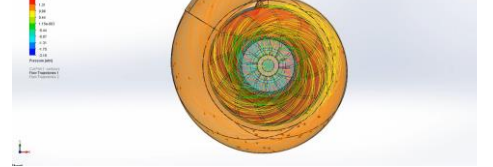
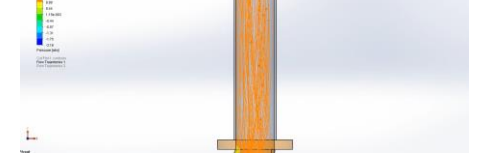
Max : 19.955 m/s

Tabel 4.17 *Keterangan solver Velocity Blade 12 RPM 1500*

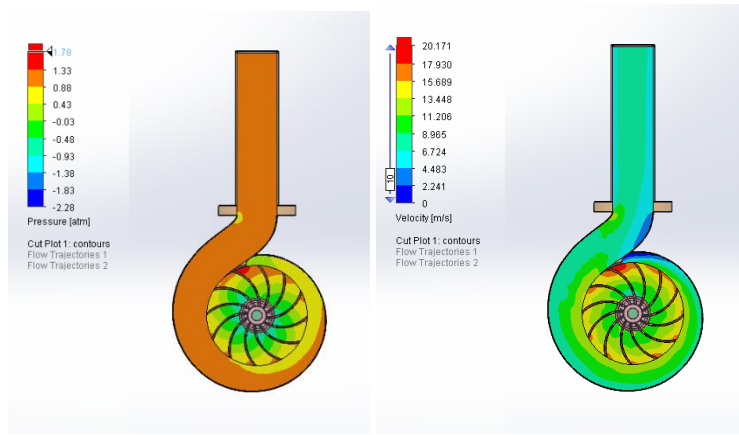
Solver	Nilai	Keterangan
	<p><i>Velocity</i> :</p> <p><i>min.</i> 2.217 m/s</p> <p><i>max.</i> 6.652 m/s.</p>	<p>Aliran pada <i>Suction</i></p>

	<p><i>Velocity :</i> <i>min.</i> 6.652 m/s <i>max.</i> 19.955 m/s.</p>	<p>Aliran pada <i>Impeller</i></p>
	<p><i>Velocity :</i> <i>min.</i> 11.086 m/s <i>max.</i> 13.304 m/s</p>	<p>Aliran pada <i>Discharge</i></p>

Tabel 4.18 Keterangan *solver Pressure Blade 12 RPM 1500*

<i>Solver</i>	Nilai	Keterangan
	<p><i>Pressure :</i> <i>min.</i> -0.44 atm <i>max.</i> 0.44 atm</p>	<p>Aliran pada <i>Suction</i></p>
	<p><i>Pressure :</i> <i>min.</i> 0.44 atm <i>max.</i> 1.75 atm</p>	<p>Aliran pada <i>Impeller</i></p>
	<p><i>Pressure :</i> <i>min.</i> 0.88 atm <i>max.</i> 1.31 atm</p>	<p>Aliran pada <i>Discharge</i></p>

- *Blade 12 RPM 3000*



Gambar 4.30 *Solver Pressure dan Velocity Blade 12 RPM 3000*

dari solver *Blade 12 RPM 3000* diatas, maka didapatkan data sebagai berikut.

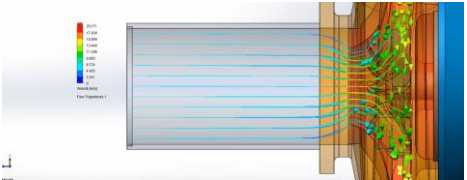
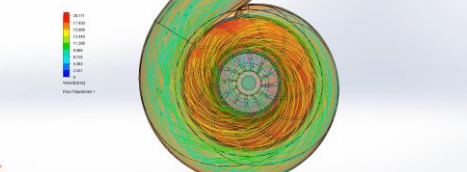
Pressure : *Min* : -3.2 atm

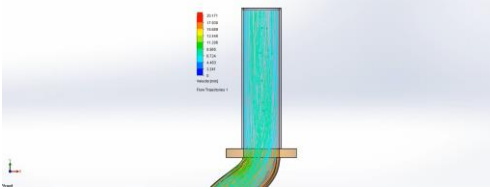
Max : 6.31 atm

Velocity : *Min* : 0 m/s

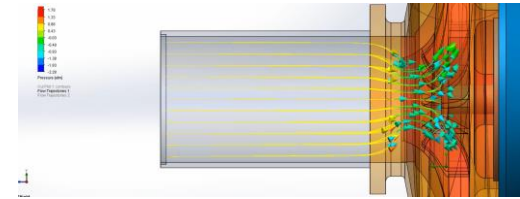
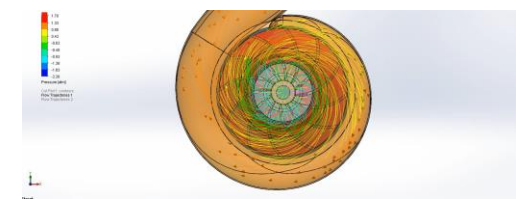
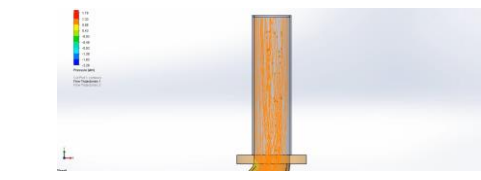
Max : 42.603 m/s

Tabel 4.19 *Keterangan solver Velocity Blade 12 RPM 3000*

Solver	Nilai	Keterangan
	<p><i>Velocity</i> :</p> <p><i>min.</i> 2.241 m/s</p> <p><i>max.</i> 8.965 m/s.</p>	<p>Aliran pada <i>Suction</i></p>
	<p><i>Velocity</i> :</p> <p><i>min.</i> 8.965 m/s</p>	<p>Aliran pada <i>Impeller</i></p>

	<i>max.</i> 20.171 m/s.	
	<i>Velocity :</i> <i>min.</i> 11.206 m/s <i>max.</i> 13.448 m/s	Aliran pada <i>Discharge</i>

Tabel 4.20 Keterangan *solver Pressure Blade 12 RPM 3000*

<i>Solver</i>	Nilai	Keterangan
	<i>Pressure :</i> <i>min.</i> -0.03 atm <i>max.</i> 0.088 atm	Aliran pada <i>Suction</i>
	<i>Pressure :</i> <i>min.</i> 0.43 atm <i>max.</i> 1.78 atm	Aliran pada <i>Impeller</i>
	<i>Pressure :</i> <i>min.</i> 0.88 atm <i>max.</i> 1.33 atm	Aliran pada <i>Discharge</i>

4.8 Rangkuman Hasil Simulasi *Pressure* dan *Velocity* Pompa Torishima pada *Blade* 8, 9, 10, 11, dan 12 dengan *RPM* 1500 dan 3000.

Setelah melakukan simulasi yang berbeda, yakni *Blade* 8, 9, 10, 11, dan 12 pada *RPM* 1500 dan 3000, maka didapatkan rangkuman perbandingan performa yang dihasilkan, yakni sebagai berikut.

- Simulasi *Pressure* pada *RPM* 1500

Tabel 4.21 Rangkuman hasil simulasi *Pressure RPM* 1500

Jumlah <i>Blade</i>	<i>Min.</i>	<i>Max.</i>
8 <i>Blade</i>	-1.77 atm	2.23 atm
9 <i>Blade</i>	-2.51 atm	2.19 atm
10 <i>Blade</i>	-3.20 atm	2.42 atm
11 <i>Blade</i>	-3.06 atm	2.14 atm
12 <i>Blade</i>	-2.18 atm	1.75 atm

- Simulasi *Pressure* pada *RPM* 3000

Tabel 4.22 Rangkuman hasil simulasi *Pressure RPM* 3000

Jumlah <i>Blade</i>	<i>Min.</i>	<i>Max.</i>
8 <i>Blade</i>	-6.44 atm	5.17 atm
9 <i>Blade</i>	-2.54 atm	2.79 atm
10 <i>Blade</i>	-3.20 atm	6.31 atm
11 <i>Blade</i>	-3.06 atm	2.22 atm
12 <i>Blade</i>	-2.28 atm	1.78 atm

- Simulasi *Velocity* pada *RPM* 1500

Tabel 4.23 Rangkuman hasil simulasi *Velocity RPM* 1500

Jumlah Blade	Min	Max
8 Blade	0 m/s	20.481 m/s
9 Blade	0 m/s	20.918 m/s
10 Blade	0 m/s	21.118 m/s
11 Blade	0 m/s	25.372 m/s
12 Blade	0 m/s	19.955 m/s

- Simulasi *Velocity* pada *RPM* 3000

Tabel 4.24 Rangkuman hasil simulasi *Velocity RPM* 3000

Jumlah Blade	Min	Max
8 Blade	0 m/s	37.151 m/s
9 Blade	0 m/s	28.356 m/s
10 Blade	0 m/s	42.803 m/s
11 Blade	0 m/s	28.233 m/s
12 Blade	0 m/s	20.171 m/s

Setelah didapatkan nilai minimum dan maksimum dari *Pressure* dan *Velocity* dengan variasi blade yang berbeda, maka selanjutnya adalah menentukan nilai pada titik tertentu, yakni sbb.

- Simulasi *Pressure* pada *RPM* 1500

Tabel 4.25 Rangkuman hasil simulasi *Pressure RPM* 1500

Jumlah Blade	Eye Impeller (atm)	Entrance Volute (atm)	Volute Middle (atm)	Volute Discharge (atm)
8 Blade	0.62	1.10	1.58	1.10
9 Blade	0.41	1.59	1.59	1.03

10 Blade	0.55	1.17	1.17	1.17
11 Blade	0.41	0.99	1.57	1.57
12 Blade	0.44	0.88	1.31	1.31

- Simulasi *Pressure* pada *RPM* 3000

Tabel 4.26 Rangkuman hasil simulasi *Pressure RPM* 3000

Jumlah Blade	Eye Impeller (atm)	Entrance Volute (atm)	Volute Middle (atm)	Volute Discharge (atm)
8 Blade	1.12	1.12	1.98	1.12
9 Blade	0.41	1.00	1.00	1.00
10 Blade	1.03	1.03	2.09	2.09
11 Blade	0.46	1.05	2.22	1.63
12 Blade	0.43	0.88	1.33	1.33

- Simulasi *Velocity* pada *RPM* 1500

Tabel 4.27 Rangkuman hasil simulasi *Velocity RPM* 1500

Jumlah Blade	Eye Impeller (atm)	Entrance Volute (atm)	Volute Middle (atm)	Volute Discharge (atm)
8 Blade	12.529	11.517	11.518	8.356
9 Blade	11.289	13.911	10.557	8.675
10 Blade	11.732	14.079	11.732	9.386
11 Blade	11.277	14.096	11.277	8.457
12 Blade	11.086	11.086	8.869	8.869

- Simulasi *Velocity* pada *RPM* 3000

Tabel 4.28 Rangkuman hasil simulasi *Velocity RPM* 3000

Jumlah Blade	Eye Impeller (atm)	Entrance Volute (atm)	Volute Middle (atm)	Volute Discharge (atm)
8 <i>Blade</i>	20.955	26.907	20.955	16.988
9 <i>Blade</i>	19.125	23.874	12.970	9.893
10 <i>Blade</i>	23.669	28.402	23.669	18.935
11 <i>Blade</i>	21.959	21.959	25.096	18.822
12 <i>Blade</i>	13.448	11.206	8.965	11.206

4.9 Hasil akhir perbandingan Jumlah Blade.

Berdasarkan hasil simulasi yang telah dilakukan, yakni simulasi Pompa Sentrifugal *Torishima* tipe CEN 100x80 – 250 dengan melakukan variasi *Blade* 8, 9, 10, 11 dan 12, maka didapatkan kesimpulan bahwa Pompa tersebut sudah berada pada *efisiensi* tertinggi, yakni dengan *Blade* 10, dengan hasil sebagai berikut.

Pressure pada *RPM* 1500 : (*Min* : -3.20 atm & *Max* : 2.42 atm)

- *Eye Impeller* : **0.55 atm**
- *Entrance Volute* : **1.17 atm**
- *Volute Middle* : **1.17 atm**
- *Volute Discharge* : **1.17 atm**

Pressure pada *RPM* 3000 : (*Min* : -3.20 atm & *Max* : 6.31 atm)

- *Eye Impeller* : **1.03 atm**
- *Entrance Volute* : **1.03 atm**
- *Volute Middle* : **2.09 atm**
- *Volute Discharge* : **2.09 atm**

Velocity pada RPM 1500 : (Min : 0 m/s & Max : 2.118 m/s)

- Eye Impeller : 11.732 m/s
- Entrance Volute : 14.079 m/s
- Volute Middle : 11.732 m/s
- Volute Discharge : 9.386 m/s

Velocity pada RPM 1500 : (Min : 0 m/s & Max : 42.803 m/s)

- Eye Impeller : 23.669 m/s
- Entrance Volute : 28.402 m/s
- Volute Middle : 23.669 m/s
- Volute Discharge : 18.935 m/s

4.10 Menghitung Kapasitas Pompa

Setelah data kecepatan dan tekanan didapatkan, maka untuk perbandingan diperlukan perhitungan kapasitas, berikut adalah perhitungannya :

- Kapasitas 8 Blade 1500 RPM

$$\begin{aligned} Q &= 2 \times \pi \times r_1 \times b_1 \times C_1 r \\ &= 2 \times 3.14 \times 0.3 \times 0.45 \times 11.517 \\ &= 9.764 \text{ m}^3/\text{s} \end{aligned}$$

- Kapasitas 8 Blade 3000 RPM

$$\begin{aligned} Q &= 2 \times \pi \times r_1 \times b_1 \times C_1 r \\ &= 2 \times 3.14 \times 0.3 \times 0.45 \times 26.907 \\ &= 22.811 \text{ m}^3/\text{s} \end{aligned}$$

- Kapasitas 9 Blade 1500 RPM

$$Q = 2 \times \pi \times r_1 \times b_1 \times C_1 r$$

$$\begin{aligned}
 &= 2 \times 3.14 \times 0.3 \times 0.45 \times 13.911 \\
 &= 11.793 \text{ m}^3/\text{s}
 \end{aligned}$$

- Kapasitas 9 Blade 3000 RPM

$$\begin{aligned}
 Q &= 2 \times \pi \times r_1 \times b_1 \times C_1 r \\
 &= 2 \times 3.14 \times 0.3 \times 0.45 \times 23.874 \\
 &= 20.240 \text{ m}^3/\text{s}
 \end{aligned}$$

- Kapasitas 10 Blade 1500 RPM

$$\begin{aligned}
 Q &= 2 \times \pi \times r_1 \times b_1 \times C_1 r \\
 &= 2 \times 3.14 \times 0.3 \times 0.45 \times 14.079 \\
 &= 11.936 \text{ m}^3/\text{s}
 \end{aligned}$$

- Kapasitas 10 Blade 3000 RPM

$$\begin{aligned}
 Q &= 2 \times \pi \times r_1 \times b_1 \times C_1 r \\
 &= 2 \times 3.14 \times 0.3 \times 0.45 \times 28.402 \\
 &= 24.079 \text{ m}^3/\text{s}
 \end{aligned}$$

- Kapasitas 11 Blade 1500 RPM

$$\begin{aligned}
 Q &= 2 \times \pi \times r_1 \times b_1 \times C_1 r \\
 &= 2 \times 3.14 \times 0.3 \times 0.45 \times 14.096 \\
 &= 11.905 \text{ m}^3/\text{s}
 \end{aligned}$$

- Kapasitas 11 Blade 3000 RPM

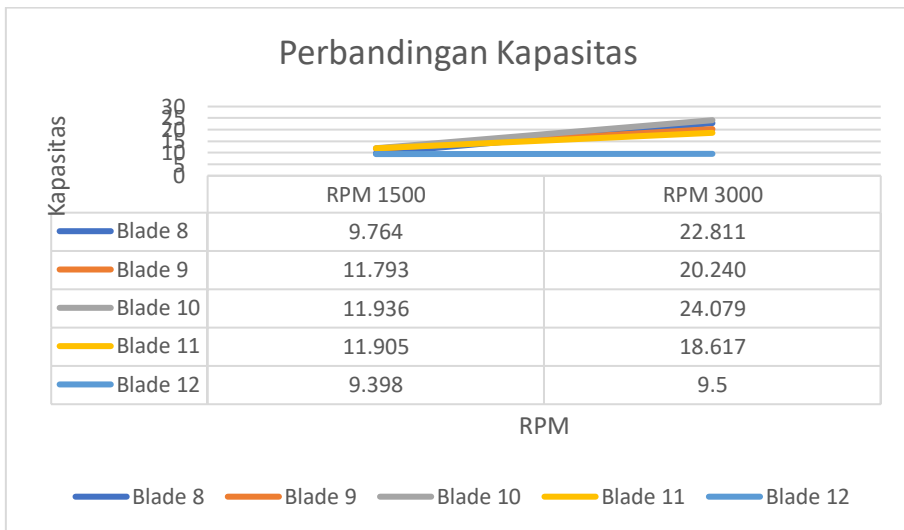
$$\begin{aligned}
 Q &= 2 \times \pi \times r_1 \times b_1 \times C_1 r \\
 &= 2 \times 3.14 \times 0.3 \times 0.45 \times 21.959 \\
 &= 18.617 \text{ m}^3/\text{s}
 \end{aligned}$$

- Kapasitas 12 Blade 1500 RPM

$$\begin{aligned}
 Q &= 2 \times \pi \times r_1 \times b_1 \times C_1 r \\
 &= 2 \times 3.14 \times 0.3 \times 0.45 \times 11.086 \\
 &= 9.398 \text{ m}^3/\text{s}
 \end{aligned}$$

- Kapasitas 12 Blade 3000 RPM

$$\begin{aligned}
 Q &= 2 \times \pi \times r_1 \times b_1 \times C_1 r \\
 &= 2 \times 3.14 \times 0.3 \times 0.45 \times 11.206 \\
 &= 9.5 \text{ m}^3/\text{s}
 \end{aligned}$$



Berdasarkan Grafik diatas, kapasitas yang paling baik adalah Pompa dengan *Blade* 10. Sehingga dapat disimpulkan bahwa *blade* tersebut merupakan *blade* dengan efisiensi terbaik.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

KESIMPULAN

5.1 Kesimpulan

- a. Berdasarkan simulasi yang telah dilakukan, Sentrifugal *Torishima* tipe CEN 100x80 – 250 dengan melakukan variasi *Blade* 8, 9, 10, 11 dan 12, maka didapatkan kesimpulan bahwa Pompa tersebut sudah berada pada *efisiensi* tertinggi, yakni dengan *Blade* 10, dengan hasil sebagai berikut.

Pressure pada RPM 1500 : (Min : -3.20 atm & Max : 2.42 atm)

Eye Impeller : **0.55 atm**

Entrance Volute : **1.17 atm**

Volute Middle : **1.17 atm**

Volute Discharge : **1.17 atm**

Pressure pada RPM 3000 : (Min : -3.20 atm & Max : 6.31 atm)

Eye Impeller : **1.03 atm**

Entrance Volute : **1.03 atm**

Volute Middle : **2.09 atm**

Volute Discharge : **2.09 atm**

Velocity pada RPM 1500 : (Min : 0 m/s & Max : 2.118 m/s)

Eye Impeller : **11.732 m/s**

Entrance Volute : **14.079 m/s**

Volute Middle : **11.732 m/s**

Volute Discharge : **9.386 m/s**

Velocity pada RPM 3000 : (Min : 0 m/s & Max : 42.803 m/s)

Eye Impeller : **23.669 m/s**

Entrance Volute : **28.402 m/s**

Volute Middle : **23.669 m/s**

Volute Discharge : **18.935 m/s**

- b. Simulasi pada Blade 8, 9, 11 dan 12 tidak memiliki nilai *Pressure* dan *Velocity* yang lebih baik dibandingkan dengan blade 10.
- c. Blade 10 memiliki kapasitas yang paling baik, yakni $11.936 \text{ m}^3/\text{h}$ pada RPM 1500, dan $24.079 \text{ m}^3/\text{h}$ pada RPM 3000

5.2 Saran

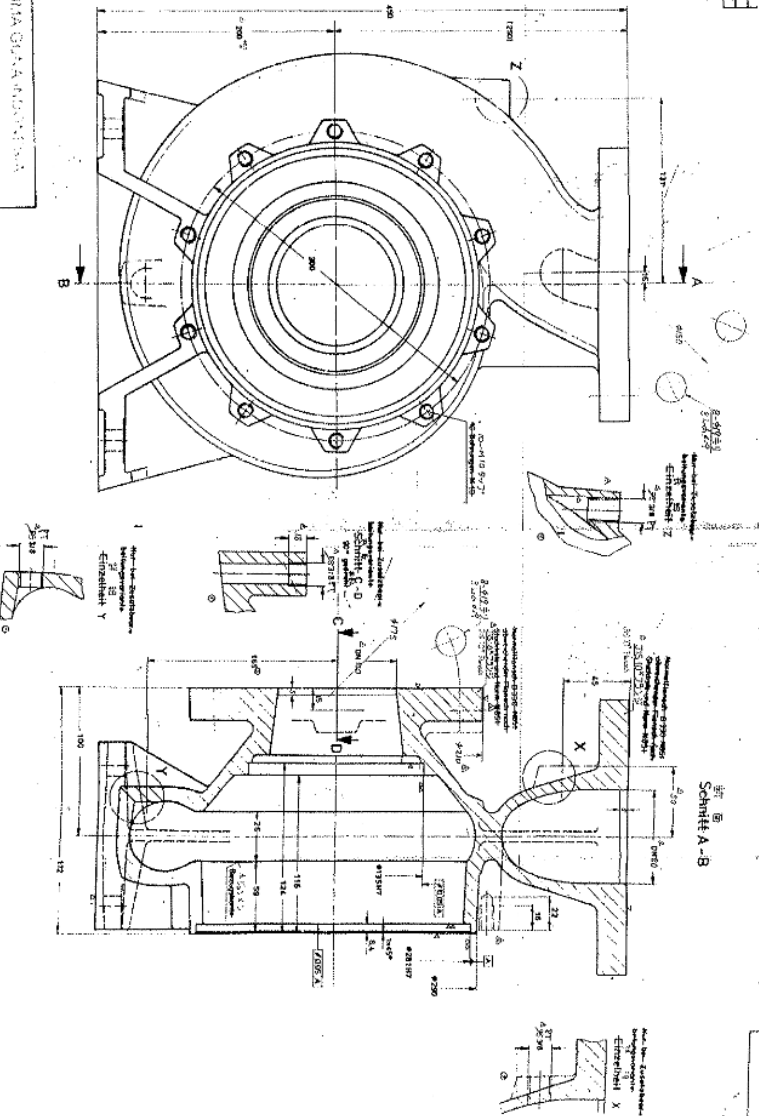
- a. *Impeller* dan *Volute* dapat dilakukan perubahan dimensi untuk mengetahui perbedaan performa untuk mendapatkan efisiensi paling baik
- b. Simulasi ini hanya dilakukan 1 kali, karena hanya untuk penelitian. Jika ingin melakukan simulasi untuk memproduksi pompa riil, maka simulasi harus dilakukan sebanyak 2 sampai 3 kali untuk mendapatkan hasil maksimal.

LAMPIRAN

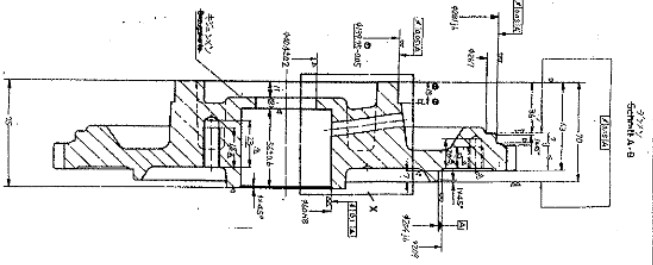
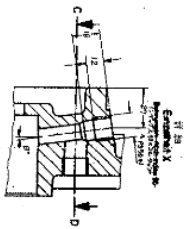
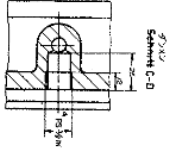
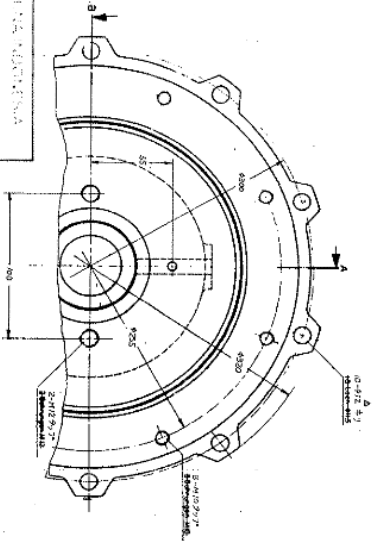
SCALE: 1:1
 DATE: 08-04-2014

CONTROLLED COPY

DATE: 08-04-2014
 SIGN: J. K.

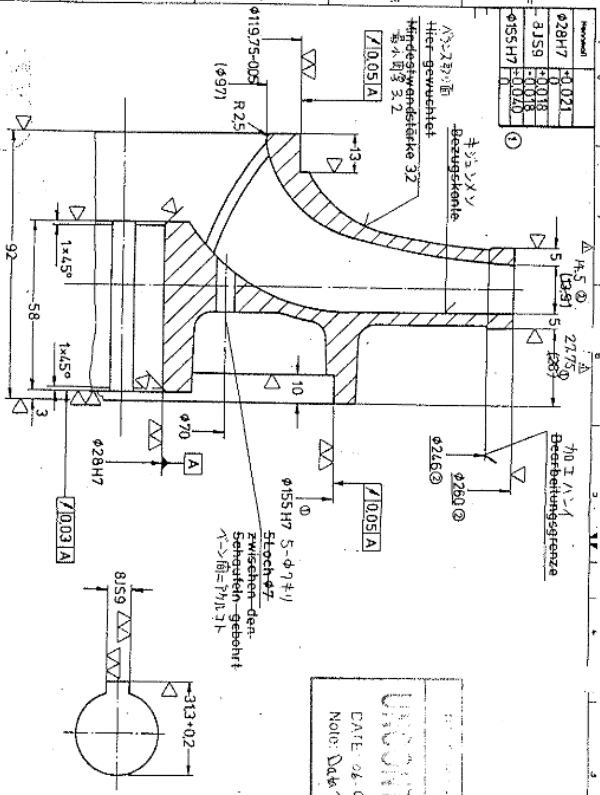


UNACCEPTED COPY
 DATE: 01-09-2020 SIGN: H
 NAME: SAKI TUĞAY AKIN AKIN TAHER



CASING COVER PUMP 100X80-250

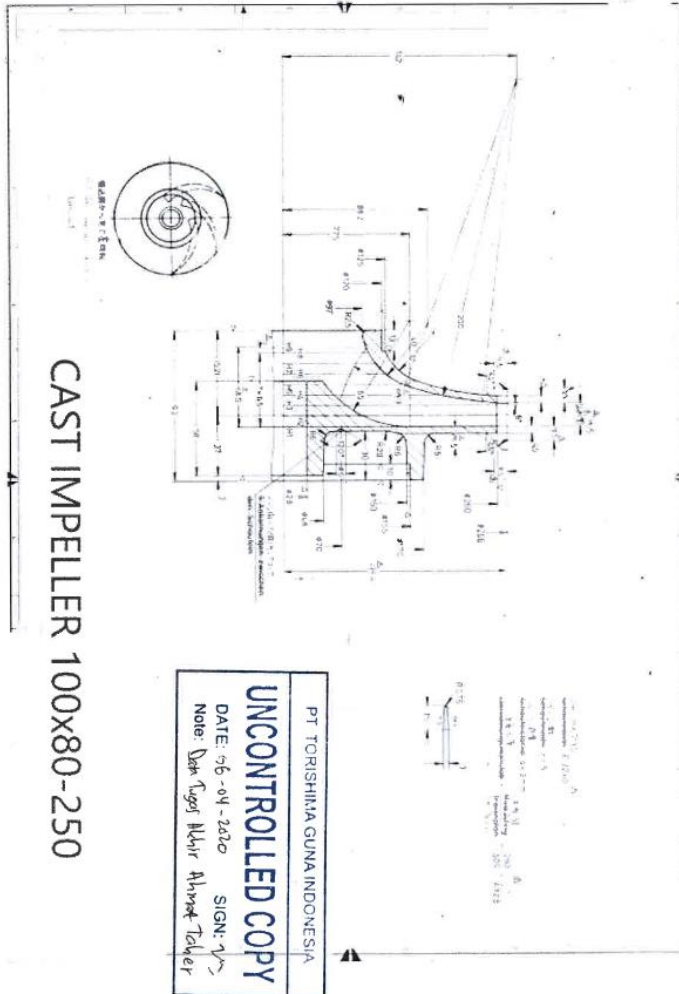
φ28H7	0	-0.021
φ159	H9/D8	+0.018
φ159	H9/D8	+0.010
φ15SH7	F7	-0.010



IMPELLER PUMP 100X80-250

UNCONTROLLED COPY
 DATE: 06.09.2010
 Note: Date/King/Andar/Amund/Talder
 S/N: h

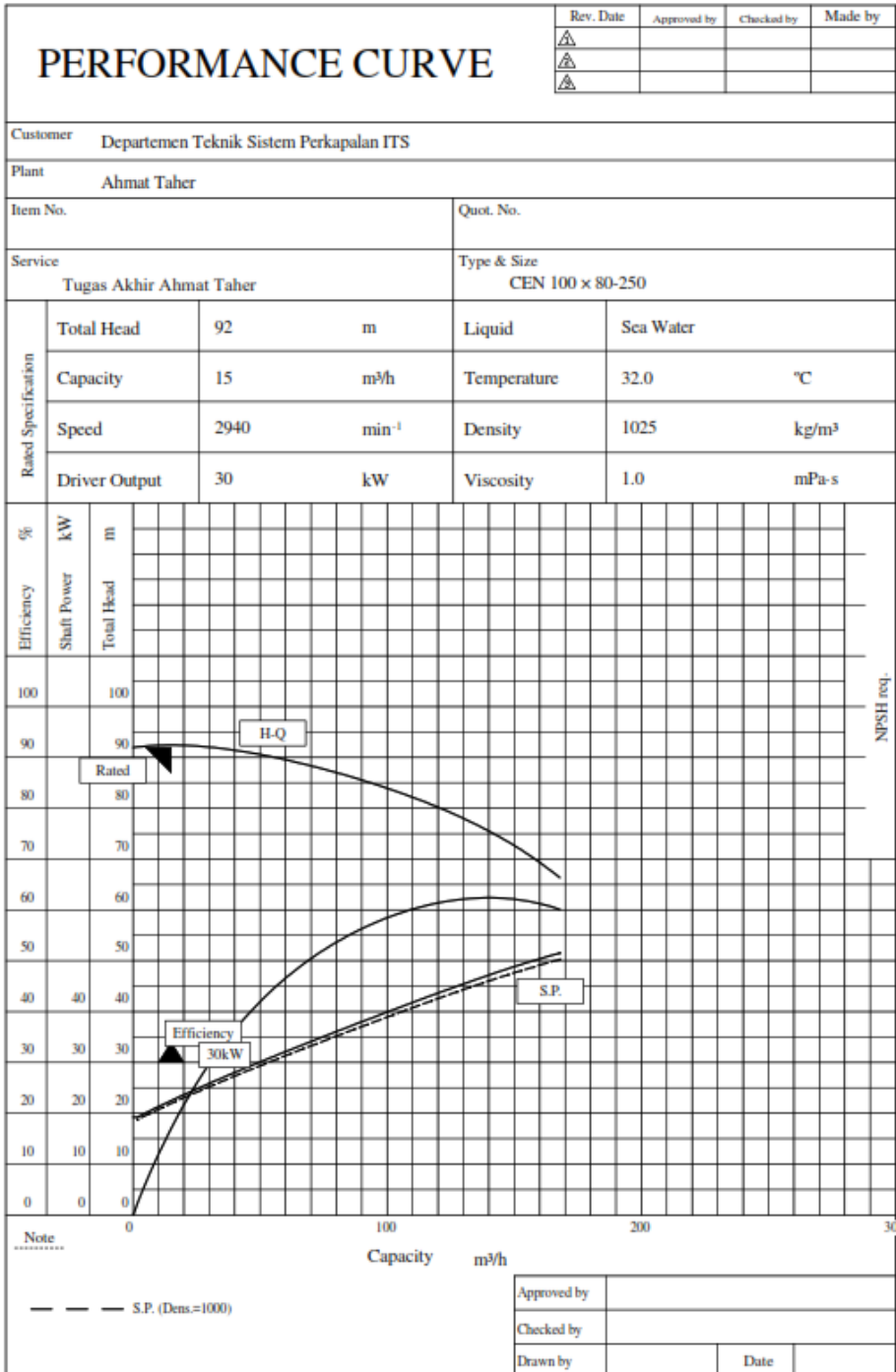
8. Juni 87



CAST IMPELLER 100X80-250

PT TORISHIMA GUNA INDONESIA
UNCONTROLLED COPY
 DATE: 06-04-2020 SIGN: [Signature]
 Note: Dik. Teguh Alhar Alhar Taher

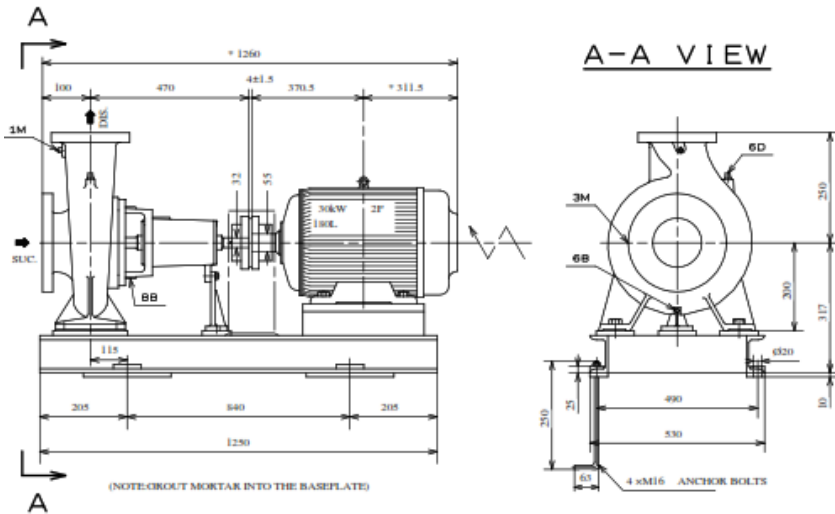
CENTRIFUGAL PUMP DATA SHEET					Rev. Data	Approved by	Checked by	Made by							
1	Messrs.	Departemen Teknik Sistem Perkapalan ITS													
2	Customer	Ahmat Taher													
3	Item No.				Location :	Outdoor	No.req'd :	1	Driver :	1					
4	Service	Tugas Akhir Ahmat Taher			Code & Standard : JIS standard & MFR standard										
5	Torishima Quot. No.				Type & Size : CEN 100 x 80-250										
6	Operating Conditions				Performance										
8	Liquid	Sea Water			Capacity	Rated	15	m ³ /h	Speed	2940	min ⁻¹				
9	Pumping temp.	32.0	°C	Disch. press.											
10	Density	1025	kg/m ³	Suct. press.											
11	Vap. press.							NPSH req.(water)							
12	Viscosity	1.0	mPa·s	Total head	92	m	Minimum flow								
13	Pouring point				Max. Total head(approx)			92.5	m						
14	Corr./Eros. caused by	NO			Max. suct. press.			Rotation(viewed from coupling):							
15				NPSHavail.			CW								
16	Construction					Cooling / Flushing									
17	Nozzles	Size	Rating	Facing	Location	Cooling water	°C	MPaG							
18	Suction	100	JIS10K	FF	END										
19	Discharge	80	JIS10K	FF	TOP										
20	Pump Const.:	Shaft	HORIZONTAL	Suction	SINGLE	Stuff. box	m ³ /h								
21	No. of Stages :	Single	Axial thrust absorbed by :			BALANCING HOLE									
22	Casing Type :	VOLUTE				Bearing housing									
23	Mount :	FOOT				Pedestal									
24	Split :	RADIAL		Heating Jacket :		NO									
25						Oil cooler									
26	Impeller Type :	CLOSED			Mount :		OVERHUNG								
27	Shaft seal :	MECH. SEAL				Flushing cooler									
28	Mech. seal Type :	SINGLE		UNBALANCE		Total	m ³ /h								
29	Flush :	SELF				Flushing for	Liquid	MPaG	m ³ /h						
30	Mfr. & Type :	JOHN CRANE			T2100/40		Lantern ring								
31	Bearings Type :	Radial	BALL	Thrust	BALL	Gland									
32	Lub. Method :	GREASE				Aux. gland									
33	Coupling Type :	FLEXIBLE			Spacer :		NO								
34	Drive :	DIRECT				Throttle bush									
35	Baseplate :	COMMON				Mech. seal									
36						Driver									
37						Supplied by : TORISHIMA									
38						Type : 180L									
39						Rated output : 30 kW									
40						No. of poles : 2									
41						Volts/ph./Hz : 380 V / 3 / 50 Hz									
42						Insulation class : F									
43	Materials														
44	Casing	CAC406		Baseplate	SS400		Stuff. box packing								
45	Diffuser	-----					Case gasket								
46	Impeller	CAC406					VALQUA 6500								
47	Case wear ring	CAC406													
48	Imp. wear ring	CAC406													
49	Shaft	SUS4202													
50	Seal Sleeve	SUS4202													
51	Accessories (per each pump)														
52	Baseplate	1	Pc	Press. gange	1	Pc(s)	Cooling water piping	Set							
53	Foundation bolts	1	Set	Compound gange	1	Pc(s)	Flushing piping	Set							
54	Coupling with guard	1	Set	Vacuum gange	Pc(s)										
55	Companion flange	Set													
56	Air vent valve	Pc(s)													
57	Funnel with valve	Pc(s)													
58	Casing drain valve	Pc(s)					Tools with box	Set per item							
59	Approx. Mass														
60	Pump	73	kg	Baseplate	66	kg	Driver	170	kg	Coupling	13.9	kg	Total	322.9	kg
61	Performance Test Code JIS B8301.														
62															
				Approved by	Checked by	Made by	Date	Dwg. No.							



LOW PRESSURE CENTRIFUGAL PUMP CEN

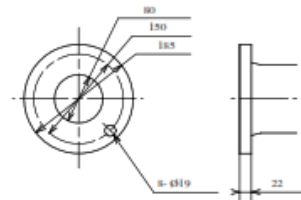
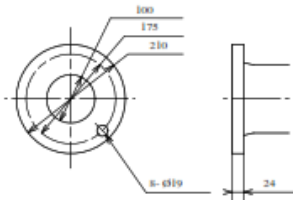
3RD ANGLE PROJECTION 	Rev. Date	Approved by	Checked by	Made by
	△			
	△			

Customer	Departemen Teknik Sistem Perkapalan ITS	ITEM No.	
TYPE&SIZE	CEN 100 x 80-250	SERVICE	Tugas Akhir Ahmat Taher
		QUOT. No.	



SUCTION FLANGE
JIS 10K FF 100A

DISCHARGE FLANGE
JIS 10K FF 80A



Approx. Mass (kg) Coupling No.022-200

Pump	75
Motor	170
Base Plate	66
Coupling	13.9
Total	322.9

AUXILIARY CONNECTIONS		
CONNECTION	DESIGNATION	DIMENSION
1M	PRESSURE MEASURING INSTRUMENT	Rp3/8
3M	PRESSURE MEASURING INSTRUMENT	Rp3/8
6B	CASING DRAIN	Rp3/8
6D	PRIMING AND VENDING	Rp3/8
8B	LEAKAGE DRAIN	Rp1/2

APPROVED BY	CHECKED BY	DRAWN BY	DATE

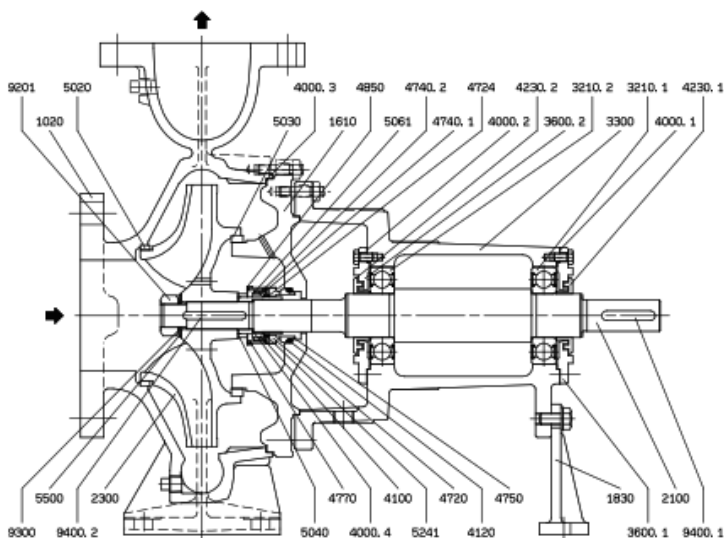
LIST OF COMPONENT

CEN

LOW PRESSURE CENTRIFUGAL PUMP CEN

	Rev. Date	Approved by	Checked by	Made by
				
				

Customer	Departemen Teknik Sistem Perkapalan ITS	ITEM No.	
TYPE&SIZE	CEN 100 x 80-250	SERVICE	Tugas Akhir Ahmat Taher
		QUOT. No.	



PART No.	PART DESIGNATION	MATERIAL	Pcs	PART No.	PART DESIGNATION	MATERIAL
1020	VOLUTE CASING	CAC406	1	4230.2	LABYRINTH RING	PLASTIC
1610	CASING COVER	CAC406	1	4720	SEALING WASHER	CARBON
1830	SUPPORT FOOT	CAC406	1	4724	BACK-UP RING	PTFE
2100	SHAFT	SUS420J2	1	4740.1	FOLLOWER RING	SUS304
2300	IMPELLER	CAC406	1	4740.2	FOLLOWER RING	SUS304
3210.1	BALL BEARING	NO.6307 UUC3	1	4750	FLOATING SEAT	SIC
3210.2	BALL BEARING	NO.6307 UUC3	1	4770	SPRING	SUS304
3300	BEARING HOUSING	FC250	1	4850	STOPPER	SUS304
3600.1	BEARING COVER	FC200	1	5020	CASING WEARING RING	CAC406
3600.2	BEARING COVER	FC200	1	5030	IMPELLER WEARING RING	CAC406
4000.1	GASKET	VALQUA 6500	1	5040	SPACER RING	SUS304
4000.2	GASKET	VALQUA 6500	1	5061	SPLINE RING	SUS304
4000.3	GASKET	VALQUA 6500	1	5241	SEAL SLEEVE	SUS304
4000.4	GASKET	VALQUA 6500	1	9201	HEXAGONAL NUT	SUS304
4100	PACKING	VITON	1	9300	SPRING WASHER	SUS304
4120	O-RING	VITON	1	9400.1	KEY	S45C
4230.1	LABYRINTH RING	PLASTIC	1	9400.2	KEY	SUS304

APPROVED BY	CHECKED BY	DRAWN BY	DATE

TORISHIMA GUNA INDONESIA PUMPS LIST (CEN)

No	Model	Rotation rpm	Max. Ø Impeller mm	Power Kw	Q min x H max		Q max x H min	
					m ³ /h	m	m ³ /h	m
1	CEN 50 x 32 - 160	1500 & 3000	176	3.7	2.4	40	28.8	3.4
2	CEN 50 x 32 - 200	1500 & 3000	209	7.5	2.4	60	22.2	7
3	CEN 50 x 40 - 200	1500 & 3000	209	11	3	60	36	7
4	CEN 50 x 40 - 250	1500 & 3000	249	15	3	96	36	7
5	CEN 50 x 40 - 315.1	1500	334	5.5	6	40	31.2	19
6	CEN 65 x 50 - 160	1500 & 3000	174	11	4.2	42	60	4.2
7	CEN 65 x 50 - 200	1500 & 3000	209	15	10.2	61	49.8	7
8	CEN 65 x 50 - 250	1500 & 3000	260	22	4.2	90	61.8	8
9	CEN 65 x 50 - 315.1	1500	320	7.5	9	36	60	17
10	CEN 80 x 65 - 160	1500 & 3000	174	15	7.8	42	108	4
11	CEN 80 x 65 - 200	1500 & 3000	219	22	8.4	68	94.2	7.5
12	CEN 80 x 65 - 250	1500 & 3000	260	37	7.8	96	100.2	12
13	CEN 80 x 65 - 315.1	1500	320	15	15	36	115.8	17
14	CEN 100 x 80 - 125	1500 & 3000	141	11	18	25	150	2.2
15	CEN 100 x 80 - 160	1500 & 3000	174	18.5	13.8	42	139.8	4
16	CEN 100 x 80 - 200	1500 & 3000	219	37	10.2	76	160.2	7
17	CEN 100 x 80 - 250	1500 & 3000	260	45	10.2	92	150	12
18	CEN 100 x 80 - 315.1	1500	334	22	25.2	41	169.8	21
19	CEN 100 x 80 - 400.1	1500	404	37	25.2	58	214.8	15
20	CEN 125 x 100 - 160	1500 & 3000	185	30	40.2	41	360	4
21	CEN 125 x 100 - 200	1500 & 3000	219	75	42	64	400.2	7
22	CEN 125 x 100 - 200.1	1500 & 3000	219	45	22.2	68	240	8
23	CEN 125 x 100 - 250	1500 & 3000	269	110	24	104	400.2	10
24	CEN 125 x 100 - 250.1	1500 & 3000	269	75	22.2	103	240	13
25	CEN 125 x 100 - 315	1500	334	30	30	41	229.8	20
26	CEN 125 x 100 - 400	1500	404	45	30	57	220.2	26
27	CEN 150 x 125 - 200	1500 & 3000	224	110	78	66	619.8	6.5
28	CEN 150 x 125 - 250	1500	269	22	49.8	25	360	10
29	CEN 150 x 125 - 315	1500	334	37	60	39	340.2	18
30	CEN 150 x 125 - 400	1500	419	75	49.8	66	400.2	28
31	CEN 200 x 150 - 200	1500	224	15	120	14	460.2	5
32	CEN 200 x 150 - 250	1500	269	30	109.8	23	580.2	6
33	CEN 200 x 150 - 315	1500	334	55	100.2	38	559.8	13
34	CEN 200 x 150 - 400	1500	419	90	100.2	63	600	27

BIODATA PENULIS



Penulis dilahirkan di Pagaram, Sumatera Selatan 16 Mei 1996. Merupakan anak bungsu dari empat bersaudara. Penulis telah menempuh pendidikan formal di SD Muhammadiyah 3 Pagaram, SMP Negeri 1 Pagaram, dan SMA Negeri 1 Pagaram. Penulis melanjutkan pendidikan D3 (Diploma) di D3 Teknik Mesin, ITS pada tahun 2013 dan lulus pada tahun 2016. Setelah kelulusan D3, penulis fokus berkarir dengan menjadi Engineer di PT. Gajah Tunggal, Tbk. Selama 1,5 tahun. Kemudian penulis melanjutkan Pendidikan S1 (Sarjana) di Departemen Teknik Sistem Perkapalan, ITS dan masuk pada semester Genap tahun ajaran 2017/2018. Selama menjalani perkuliahan di ITS, penulis tidak mengikuti organisasi dan perlombaan akademik apapun, karena mengisi waktu dengan bekerja dan membangun usaha Bersama rekan – rekan di Surabaya.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR PUSTAKA

- Sularso, Tahara, H.. 2004. *Pompa dan Kompresor*. Pradnya Paramitha, Jakarta.
- Igor J. Karassik., et al. 1976. *Pump Handbook*. Mc. Graw Hill, Newyork.
- Singh, R. Ragoth, 2014. "Design and Analysis of Pump *Impeller* using SWFS" *World Journal of Modelling and Simulation. Mechanical Engineering of Karpagam College of Engineering. Combiatore, India.*
- Nikosai TBS, Prihadi. 2015. "Optimasi Desain Impeller Pompa Sentrifugal Menggunakan Pendekatan CFD". Tugas Akhir Jurusan Teknik Sistem Perkapalan Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya.
- Ismail, M. Hazeri. 2015. "Design and Development of Centrifugal Pump Impeller for Performance Enhancement". *Mechanical Engineering of University Malaysia Pahang, Malaysia.*
- M.G.Patel, A.V.Doshi. Effect of Impeller Blade Exit Angle on the Performance of Centrifugal Pump. *International Journal of Emerging*
- Gundale, VA and Joshi, GR, 2013. "A Simplified 3D Model Approach in Constructing the Plain Vane Profile of A Radial Type Submersible Pump Impeller". *Research Journal of Engineering Science. Departement of Mechanical Engineering Manav Bharti University. Solan, India.*

“Halaman ini sengaja dikosongkan”