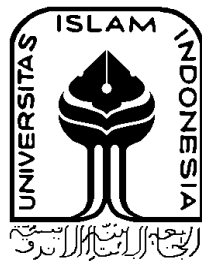


**RANCANG BANGUN ALAT PERAGA SEDERHANA SISTEM  
TURBIN PELTON DENGAN MENGAPLIKASIKAN CAD/CAM  
DAN 3D PRINTING**

**TUGAS AKHIR**

**Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat  
Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik Mesin**



**Disusun Oleh :**

**Nama : Rezky Setiawan**

**No. Mahasiswa : 11525003**

**NIRM : 2011010072**

**JURUSAN TEKNIK MESIN  
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI  
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA  
YOGYAKARTA**

**2018**

**LEMBAR PENGESAHAN DOSEN PEMBIMBING**  
**RANCANG BANGUN ALAT PERAGA SEDERHANA SISTEM TURBIN**  
**PELTON DENGAN MENGAPLIKASIKAN CAD/CAM DAN 3D**  
**PRINTING**



Yogyakarta, 13-September-2018

Pembimbing

**Arif Budi Wicaksono S.T., M.Eng**

**LEMBAR PENGESAHAN DOSEN PENGUJI**  
**RANCANG BANGUN ALAT PERAGA SEDERHANA SISTEM TURBIN**  
**PELTON DENGAN MENGAPLIKASIKAN CAD/CAM DAN 3D**  
**PRINTING**

**TUGAS AKHIR**



**Disusun Oleh :**

**Nama : Rezky Setiawan**  
**No. Mahasiswa : 11525003**  
**NIRM : 2011010072**


**Arif Budi Wicaksono, ST., M.Eng.**

**Ketua**

  
Tanggal : 13 September 2018

**Dr. Ir. Paryana Puspaputra, M.Eng.**

**Anggota I**

  
Tanggal : 13 September 2018

**Santo Ajie Dhewanto, ST., M.M.**

**Anggota II**

  
Tanggal : 13 September 2018

Mengetahui

Ketua Jurusan Teknik Mesin



**Dr. Eng. Risdiono S.T., M.Eng**

## SURAT PERNYATAAN BEBAS PLAGIAT

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Rezky Setiawan

NIM : 11525003

Fakultas : Fakultas Teknologi Industri

Jurusan : Teknik Mesin

Saya menyatakan bahwa seluruh bagian tugas akhir “Rancang Bangun Alat Peraga Sederhana Sistem Turbin Pelton Dengan Mengaplikasikan CAD/CAM dan 3D Printing” ini adalah karya sendiri kecuali karya yang disebut refrensinya. Karya ini bebas plagiat sesuai ketentuan yang berlaku di Universitas Islam Indonesia dan apabila pernyataan ini terbukti tidak benar maka saya bersedia menerima sanksi sesuai ketentuan yang berlaku.

Demikian surat pernyataan ini saya buat untuk dipergunakan sebagaimana mestinya.

Sleman, Agustus 2018

Yang membuat pernyataan,



Rezky Setiawan

## **HALAMAN PERSEMBAHAN**

Kupersembahkan untuk :

Mama dan Abah, sebagai rasa hormat bakti dan sayangku

Kakak, sebagai ungkapan kasih sayangku

Bapak Dosen Pembimbing, Penguji, dan Pengajar yang tulus ikhlas meluangkan waktu untuk menuntun dan mengarahkan, dan memeberikan pelajaran yang tidak ternilai

Teman-teman dan Almamaterku

## **HALAMAN MOTTO**

“Tak perlu malu karena berbuat kesalahan, sebab kesalahan akan membuatmu lebih bijak dari sebelumnya.”

“Berubahlah untuk jadi yang lebih baik dari sebelumnya”

**11525003**

## KATA PENGANTAR



*Alhamdulillah*, saya panjatkan syukur kehadiran Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan karunia-Nya hingga terselesaikan Tugas Akhir Sarjana yang berjudul “**Rancang Bangun Alat Peraga Sederhana Sistem Turbin Pelton Dengan Mengaplikasikan CAD/CAM Dan 3D Printing**”, dalam rangka memenuhi salah satu syarat kelulusan menjadi Sarjana Teknik Mesin Universitas Islam Indonesia.

Penulis menyadari bahwa tanpa adanya bimbingan, bantuan, serta pengarahan dari dosen pembimbing dan berbagai pihak, tidak mudah bagi penulis untuk menyelesaikan Tugas Akhir Sarjana ini. Maka pada kesempatan ini penulis ingin mengucapkan terimakasih kepada pihak-pihak yang telah member arahan dan membantu dalam mewujudkan laporan ini, yaitu kepada :

1. Allah SWT yang telah memberikan nikmat sehat dan umur panjang sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir.
2. Orang tua serta kakak yang selalau mendo’akan, memberikan semangat, nasehat, dan dukungan dalam menyelesaikan tugas akhir.
3. Bapak Dr. Eng. Risdiyono, S.T., M.Eng. selaku Ketua Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia.
4. Bapak Arif Budi Wicaksono, S.T., M.Eng, selaku dosen pembimbing yang selalu memberikan pengarahan dan nasehat dalam membimbing tugas akhir.
5. Seluruh dosen Teknik Mesin Fakultas Teknologi Industri Univesitas Islam Indonesia, yang telah berperan dalam mendidik dan memberikan ilmunya.
6. Bapak Sujito, selaku kepala UKMK Cor Alumunium yang telah membantu dan mengajarkan pembuatan komponen alat peraga turbin.
7. Dwi Ichsan Bramantya yang telah banyak membantu dalam pembuatan alat tugas akhir.
8. Seluruh teman-teman yang telah membantu dan menyemangati hingga terselesaikannya Tugas Akhir ini.

Terimakasih kepada semua pihak yang terlibat baik langsung maupun tidak langsung dalam penyusunan tugas akhir sarjana ini. Penulis sangat menyadari bahwa Tugas Akhir ini bukanlah karya yang sempurna, namun sekiranya dapat menjadi langkah awal untuk mendapatkan hasil yang lebih baik. Semoga Tugas Akhir ini dapat bermanfaat.

Sleman, Agustus 2018

Rezky Setiawan



## ABSTRAK

*Pembangkit listrik tenaga air skala kecil sangat bermanfaat untuk daerah terpencil. Salah satu cara untuk memanfaatkan tenaga air tersebut adalah dengan membuat turbin air. Alat Peraga turbin pelton ini digunakan sebagai media pembelajaran mahasiswa agar dapat memahami tentang sistem kerja turbin pelton.*

*Telah dilakukan rancang bangun sebuah alat peraga turbin pelton sebagai media pembelajaran. Alat peraga turbin pelton ini dapat disebut alat peraga karena sudah memenuhi kriteria dari alat peraga seperti dapat menampilkan sistem kerja turbin.*

*Alat peraga turbin pelton ini memiliki beberapa komponen seperti sudu, disk runner, rangka, pompa air, dan bak penampung. Penelitian yang dilakukan adalah penelitian untuk mengukur debit air dengan variasi bukaan sudut katup air nilai terbesar yang didapatkan pada bukaan katup  $90^\circ$  adalah  $25,12 \text{ l/m}^3$  dan penelitian untuk mengukur putaran turbin dengan variasi bukaan sudut katup air nilai terbesar yang di dapatkan pada bukaan katup  $90^\circ$  adalah  $559,2 \text{ rpm}$ .*

*Kata kunci: Turbin pelton, Alat peraga, Rancang bangun.*

## ABSTRACT

*Small-scale hydropower plants are very useful for remote areas. One way to use hydropower is to make a water turbine. Pelton turbine props are used as learning media for students to understand the turbine pelton work system.*

*The design of a Pelton turbine props has been carried out as a learning medium. Pelton turbine props can be called props because they have met the criteria of props such as can display the turbine working system.*

*Pelton turbine props have several components such as blade, disk runner, frame, water pump, and reservoir. Research conducted is a study to measure water discharge with variations of water valve angle openings the largest value obtained at  $90^\circ$  valve openings is 25.12 l / m<sup>3</sup> and research to measure turbine rotation with variations in water valve angle openings the largest value obtained at the opening  $90^\circ$  valve is 559.2 rpm.*

*Keywords: Pelton turbine, Props, Design.*

## DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN DOSEN PEMBIMBING	Error! Bookmark not defined.
LEMBAR PENGESAHAN DOSEN PENGUJI	Error! Bookmark not defined.
SURAT PERNYATAAN BEBAS PLAGIAT	Error! Bookmark not defined.
HALAMAN PERSEMBAHAN	i
HALAMAN MOTTO	vi
KATA PENGANTAR	vii
ABSTRAK	ix
DAFTAR ISI	xi
DAFTAR TABEL	xiv
DAFTAR GAMBAR	xv
DAFTAR NOTASI	xvii
DAFTAR LAMPIRAN	xviii
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Batasan Masalah	2
1.4 Tujuan Perancangan	2
1.5 Manfaat Perancangan	2
1.6 Sistematika Penulisan	2
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1 Kajian Pustaka	4
2.2 Dasar Teori	4
2.2.1 Rancang Bangun	4
2.2.2 Alat Peraga	5
2.2.3 CAD/CAM	5
2.2.4 3D Printing	6
2.2.5 Turbin Air	6

2.2.6	Turbin Pelton.....	8
2.3	Dimensi Turbin Pelton .....	10
2.3.1	Nozzle .....	10
2.3.2	Geometri Sudu .....	11
2.3.3	Jumlah Sudu .....	12
2.3.4	Diameter Runner .....	12
2.3.5	Kecepatan Aliran Air .....	13
2.3.6	Debit Aliran Air .....	14
Bab 3	METODE PENELITIAN .....	15
3.1	Alur Penelitian.....	15
3.2	Identifikasi Masalah .....	16
3.3	Menentukan Konsep Perancangan Desain .....	16
3.4	Perhitungan Komponen Turbin Pelton.....	16
3.4.1	Perhitungan Head .....	17
3.4.2	Diameter Nozzle.....	17
3.4.3	Diameter Runner Turbin .....	17
3.4.4	Dimensi Sudu .....	18
3.5	Perancangan Desain Turbin Pelton .....	19
3.6	Perancangan Desain Alat Peraga Turbin Pelton.....	21
Bab 4	HASIL DAN PEMBAHASAN .....	22
4.1	Alur Pembuatan Alat Peraga Sederhana Turbin Pelton .....	22
4.1.1	Pembuatan master sudu.....	23
4.1.2	Pengecoran sudu pelton dan <i>disk runner</i> .....	24
4.1.3	Pembubutan <i>Disk</i> dan Sudu .....	28
4.1.4	Pembuatan Rangka dan Pemegang poros sudu .....	29
4.2	Langkah-langkah Uji Coba Alat.....	30
4.2.1	Langkah Uji Coba Alat .....	30
4.2.2	Langkah Uji Coba Alat Mengukur RPM Turbin Pelton .....	31
4.2.3	Langkah Uji Coba Alat Mengukur Debit Air .....	31
4.3	Hasil Perancangan .....	31
4.3.1	Identifikasi Masalah Perancangan.....	32
4.4	Hasil Pengujian.....	33

4.4.1	Pengukuran Debit.....	33
4.4.2	Pengaruh Sudut Katup Bukaan Air Terhadap Putaran Turbin.....	35
Bab 5 PENUTUP .....		38
5.1	Kesimpulan.....	38
5.2	Saran dan Penelitian Berikutnya .....	38
DAFTAR PUSTAKA .....		39
DAFTAR LAMPIRAN .....		41
LAMPIRAN 1 .....		41
LAMPIRAN 2 .....		42
LAMPIRAN 3 .....		43
LAMPIRAN 4 .....		44
LAMPIRAN 5 .....		45
LAMPIRAN 6 .....		46

## DAFTAR TABEL

Tabel 4.1 Pengaruh Sudut Bukaannya Katup pada Debit Air .....	34
Tabel 4.2 Pengaruh Sudut Bukaannya Sudu terhadap RPM.....	35

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2 1 Prinsip Dasar Mangkok Turbin Pelton.....	8
Gambar 2 2 Grafik Kecepatan Spesifik ( $ns$ ) .....	10
Gambar 2 3 Dimensi Sudu .....	12
Gambar 2 4 Diameter Runner Turbin Pelton .....	13
Gambar 3 1 Alur Penelitian.....	15
Gambar 3 2 Gambar Sudu Turbin.....	19
Gambar 3 3 Gambar Disk Turbin.....	19
Gambar 3 4 Gambar Desain Rangka.....	20
Gambar 3 5 Desain Akhir Alat Peraga.....	20
Gambar 3 6 Desain Komponen Pendukung .....	21
Gambar 4 1 Alur Pembuatan Alat Peraga Sederhana Turbin Pelton .....	22
Gambar 4 2 Mesin 3D <i>printing</i> Gateform C-02.....	23
Gambar 4 3 3D Printing Sudu .....	24
Gambar 4 4 Cetakan Sudu.....	25
Gambar 4 5 Hasil Master dilepas Box 1 .....	25
Gambar 4 6 Hasil Master dilepas Box 2 .....	26
Gambar 4 7 Penuangan Alumunium Cair .....	26
Gambar 4 8 Hasil Pengecoran Alumunium .....	27
Gambar 4 9 Sudu Cor Alumunium .....	27
Gambar 4 10 Komponen Utama Turbin Pelton .....	28
Gambar 4 11 Pembuatan Rangka Turbin.....	29
Gambar 4 12 Rangka Turbin.....	29
Gambar 4 13 Pemasangan Poros Turbin.....	30
Gambar 4 14 Hasil Perancangan Turbin Pelton.....	32
Gambar 4 15 Penahan <i>nozzle</i> .....	33
Gambar 4 16 Grafik Pengaruh Sudut Bukaannya Katub pada Debit Air .....	34
Gambar 4 17 Pengambilan Data Debit Air .....	35
Gambar 4 18 Grafik Pengaruh Sudu Bukaannya Katub terhadap RPM.....	36

Gambar 4 19 Pengukuran Kecepatan Turbin .....37



## DAFTAR NOTASI

- $H_{maks}$  : Head Maksimal
- $D$  : Diameter Runner (m)
- $d$  atau  $dn$  : Diameter Nozel (m)
- $n_s$  : Kecepatan Spesifik
- $Q$  : Kapasitas Aliran Air ( $m^3/s$ )
- $z$  : Jumlah Sudu
- $\varphi$  : Konstanta Gesekan (0,43-0,48)
- $g$  : Percepatan Gravitasi ( $m/s^2$ )
- $u$  : Kecepatan Keliling (m/s)
- $n$  : Kecepatan Poros Generator (rpm)
- $B$  : Lebar Sudu
- $C$  : Kedalaman Sudu
- $L$  : Panjang Sudu
- $M$  : Lebar Bukaan Sudu
- $I$  : Jarak Pancaran Air ke Ujung Sudu
- $\beta_1$  : Sudut Pancaran Air Masuk Sudu
- $\beta_2$  : Sudut Pancaran Air Keluar Sudu

## DAFTAR LAMPIRAN

LAMPIRAN 1 .....	40
LAMPIRAN 2 .....	42
LAMPIRAN 3 .....	43
LAMPIRAN 4 .....	43
LAMPIRAN 5 .....	44
LAMPIRAN 6 .....	45

# BAB 1

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Indonesia dikenal kaya akan potensi alam berupa air, seperti aliran air sungai dan air terjun yang dapat digunakan sebagai sumber energi. Melimpahnya potensi air di Indonesia maka sebagai contoh pemanfaatan dari potensi tersebut salah satunya dengan menggunakan turbin air sebagai pembangkit listrik.

Turbin air adalah sebuah mesin berputar yang mengambil energi kinetik dari arus air (Sihombing & Gultom, 2014). Pada umumnya turbin air dibagi menjadi 2 kategori, yaitu turbin impuls dan turbin reaksi. Turbin impuls adalah turbin yang perputaran rotornya disebabkan oleh tumbukan fluida bertekanan yang ditujukan pada rotor contoh dari turbin impuls, sedangkan turbin reaksi adalah turbin yang perputaran rotornya disebabkan oleh tekanan fluida yang keluar dari ujung baling-baling melalui *nozzle*.

Keuntungan penggunaan turbin air adalah turbin air tidak menghasilkan atau mengakibatkan pencemaran terhadap lingkungan tidak seperti turbin gas ataupun turbin uap. Turbin air dapat dibuat dengan mudah, konstruksi sangat sederhana dan dapat dibuat dengan ukuran kecil sampai dengan ukuran besar.

Turbin impuls meliputi turbin pelton, yaitu turbin yang digerakkan oleh energi kinetik air. Semprotan air berkecepatan tinggi mengenai *bucket runner*, lalu air keluar pada kecepatan rendah, yang berarti sebagian energi tidak diserap oleh *runner*. Tekanan air masuk dan keluar sudu adalah tekanan atmosfer. Turbin dioperasikan oleh satu atau lebih *nozzle* air yang masuk ke *center bucket* pada sekeliling parameter dari *runner*. Tenaga berasal dari gaya air tekanan tinggi yang menumbuk *buckets* sehingga dinamai impuls turbin (Hadimi, Supandi, & Rohermanto, 2006).

Melihat kondisi potensi sumber air yang ada di Indonesia melimpah, ditambah kurangnya sebuah alat peraga turbin pelton skala kecil yang dapat menampilkan sistem kerjanya, maka perlu dilakukan suatu kegiatan rancang

bangun alat peraga turbin pelton yang dapat menampilkan sistem kerja alat tersebut dan dapat memberi wawasan bagi pembaca dalam proses pembuatannya.

## **1.2 Rumusan Masalah**

Berdasarkan latar belakang, maka dapat diambil suatu rumusan masalah perancangan turbin pelton yaitu :

1. Mewujudkan desain turbin pelton ke bentuk nyata melalui proses produksi.
2. Menginformasikan sistem kerja turbin pelton secara lebih nyata.

## **1.3 Batasan Masalah**

Batasan perancangan turbin pelton yaitu:

1. Penelitian ini lebih dititik beratkan pada proses desain dan produksi.
2. Menggunakan 1 buah *nozzle*.
3. Penelitian tidak mencakup kelistrikan.
4. Pengujian hanya dilakukan untuk menghitung RPM terhadap variasi debit air.

## **1.4 Tujuan Perancangan**

Tujuan perancangan alat peraga turbin pelton adalah membuat alat peraga sederhana untuk menunjang pembelajaran mahasiswa dengan teknologi yang sudah dipelajari saat kuliah dan menguji performa dari alat peraga tersebut berupa debit dan rpm terhadap variasi bukaan katup air.

## **1.5 Manfaat Perancangan**

Manfaat perancangan alat peraga turbin pelton untuk mempermudah pembelajaran mahasiswa agar dapat mengetahui sistem kerja turbin pelton.

## **1.6 Sistematika Penulisan**

Sistematika penulisan tugas akhir ini disusun secara berurutan untuk mempermudah dalam pembahasan. Penulisan tugas akhir ini dijelaskan sebagai berikut.

**Bab I PENDAHULUAN**

Bagian ini menjelaskan tentang latar belakang, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan penelitian, dan sistematika penulisan.

**Bab II TINJAUAN PUSTAKA**

Bagian ini berisi kajian pustaka dan menjelaskan dasar teori yang digunakan dalam penelitian dan perancangan yang dilakukan.

**Bab III METODOLOGI PENELITIAN**

Bagian ini menjelaskan langkah-langkah yang dilakukan dalam penelitian dan metode penelitian yang digunakan.

**Bab IV HASIL DAN PEMBAHASAN**

Bagian ini berisi tentang hasil dan pembahasan berdasarkan penelitian dan perancangan yang telah dilakukan.

**Bab V PENUTUP**

Bagian ini berisi tentang kesimpulan dari pembahasan yang dilakukan serta saran-saran untuk penelitian selanjutnya

## **BAB 2**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Kajian Pustaka**

Air yang mengalir mempunyai energi yang dapat digunakan untuk memutar roda turbin, karena itu pusat-pusat tenaga air dibangun di daerah sungai atau dataran tinggi. Pusat tenaga air dapat dibedakan menjadi 2 golongan, yaitu pusat tenaga air tekanan tinggi dan pusat tenaga air tekanan rendah.

Kaidah energi air menyatakan bahwa suatu energi akan dapat diubah menjadi bentuk energi lain. Arus air yang mengandung energi dan energi tersebut dapat diubah bentuknya, contohnya perubahan dari energi potensial (tekanan) menjadi energi kinetis (kecepatan). Arti selanjutnya dari kaidah kekekalan energi adalah apabila arus air dilewatkan melalui turbin air, maka energi yang ada dalam air akan diubah menjadi bentuk energi yang lain (Dietzel & Sriyono, 2010).

#### **2.2 Dasar Teori**

Dalam melakukan penelitian, penggunaan dasar teori untuk mendasari teori yang digunakan dalam penelitian dan perancangan yang dilakukan.

##### **2.2.1 Rancang Bangun**

Perancangan merupakan salah satu hal yang penting dalam membuat alat. Tujuan dari perancangan ialah untuk memberi gambaran yang jelas lengkap kepada pemrogram dan ahli teknik yang terlibat di dalam proyek tersebut. Perancangan harus berguna dan mudah dipahami sehingga mudah digunakan. Perancangan adalah sebuah proses untuk mendefinisikan sesuatu yang akan dikerjakan dengan menggunakan teknik yang bervariasi serta di dalamnya melibatkan deskripsi mengenai arsitektur serta detail komponen dan juga keterbatasan yang akan dialami dalam proses pengerjaannya. Perancangan atau rancang merupakan serangkaian prosedur untuk menerjemahkan hasil analisis dan sebuah sistem ke dalam bahasa pemrograman untuk mendeskripsikan dengan detail bagaimana komponen-komponen sistem diimplementasikan (Pressman, 2001).

Pengertian pembangunan atau bangun sistem adalah kegiatan menciptakan sistem baru maupun mengganti atau memperbaiki sistem yang telah ada secara keseluruhan (Pressman, 2001). Rancang bangun adalah penggambaran, perencanaan, dan pembuatan sketsa atau pengaturan dari beberapa elemen yang terpisah kedalam suatu kesatuan yang utuh dan berfungsi.

### **2.2.2 Alat Peraga**

Alat peraga adalah suatu alat yang dapat diserap mata dan telinga dengan tujuan membantu guru agar proses belajar mengajar siswa lebih efektif dan efisien (Sudjana & Rivai, 1991). Fungsi alat peraga adalah untuk membantu memahami dan mendalami konsep dengan alat bantu yang ada. Tujuan adanya alat peraga agar proses pembelajaran menjadi lebih efektif.

Alat peraga yang digunakan hendaknya memiliki karakteristik tertentu (Darhim, 1998). Karakteristik dari alat peraga adalah alat tahan lama (terbuat dari bahan yang cukup kuat), sederhana dan mudah untuk digunakan, ukurannya sesuai dengan ukuran fisik, sesuai dengan konsep pembelajaran, dan dapat mempermudah untuk memahami dari konsep pembelajaran.

### **2.2.3 CAD/CAM**

Computer-Aided Design (CAD) adalah sebuah teknologi yang berhubungan dengan penggunaan sistem komputer untuk membimbing dalam sebuah penciptaan, proses modifikasi, analisis, dan optimasi dalam desain [Groover dan Zimmers 1984]. CAD biasanya digunakan untuk membantu insinyur teknik, arsitek, profesional perancangan yang banyak bekerja dengan aktivitas rancangan. Sedangkan Computer-Aided Manufacturing (CAM) adalah sebuah teknologi yang berhubungan dengan penggunaan sistem komputer untuk merencanakan, mengatur dan mengontrol operasi manufaktur yang dilakukan secara langsung maupun tidak langsung dengan tempat produksinya

Solidworks adalah salah satu software yang digunakan untuk merancang part permesinan atau susunan part pemesinan yang berupa assembling dengan

tampilan 3d untuk mempresentasikan part sebelum real partnya dibuat atau tampilan 2D(drawing) untuk gambar proses pemesinan.

#### **2.2.4 3D Printing**

3D Printing merupakan evolusi dari teknologi cetak, yaitu mampu menghasilkan atau memproduksi dan merancang struktur yang canggih dalam satu kesatuan. 3D Printing adalah salah satu proses fabrikasi Fused Deposition Modelling (FDM) yaitu teknologi Additive Manufacturing (AM) yang sistem kerjanya pembentukan benda dengan penambahan bahan lapis demi lapis (Petrovic,Dkk., 2010).

Kelebihan dari 3D-Printing adalah dapat membuat berbagai bentuk pola yang sangat sederhana hingga sangat rumit. Hal ini dikarenakan keleluasan gerakan printing pada ruang lingkup tiga dimensi.

#### **2.2.5 Turbin Air**

Turbin adalah komponen pembangkit listrik. Pada turbin aliran air diubah menjadi energi kinetik (Lewis, Cimbala, & Wouden, 2014). Turbin mengubah tenaga air menjadi tenaga listrik melalui generator atau pompa (Nugroho & Sallata, 2015). Bagian turbin yang bergerak dinamakan rotor atau sudu turbin, sedangkan bagian yang tidak berputar dinamakan stator atau rumah turbin. Secara umum, turbin adalah alat mekanika yang terdiri dari poros dan sudu-sudu (Gibran, 2014).

Turbin air mempunyai keuntungan antara lain:

1. Ruang yang diperlukan lebih kecil.
2. Mampu membangkitkan daya yang lebih besar dengan ukuran yang relatif kecil.
3. Dapat beroperasi dengan kecepatan yang lebih tinggi.
4. Mampu memanfaatkan beda ketinggian permukaan air dari yang sangat rendah sampai yang sangat tinggi.
5. Dapat bekerja terendam didalam air.
6. Mempunyai efisiensi yang relatif baik.



7. Dapat dikonstruksikan dengan poros mendatar maupun tegak.

### 2.2.5.1 Komponen Turbin

Komponen utama pada turbin menurut (Nugroho & Sallata, 2015), yaitu :

#### 1. Stator

Stator turbin terdiri dari dua bagian, yaitu *casing* dan sudu diam / tetap (*fixed blade*)

##### a. *Casing*

*Casing* atau *shell* adalah suatu wadah berbentuk menyerupai sebuah tabung dimana rotor ditempatkan. Di luar *casing* dipasang bantalan yang berfungsi untuk menyangga rotor.

##### b. Sudu tetap

Sudu merupakan bagian dari turbin dimana konversi energi terjadi. Sudu terdiri dari bagian akar sudu, badan sudu dan ujung sudu. Sudu kemudian dirangkai sehingga membentuk satu lingkaran penuh.

#### 2. Rotor

Rotor adalah bagian yang berputar terdiri dari poros dan sudu-sudu gerak yang terpasang mengelilingi rotor.

##### a. Poros

Poros dapat berupa silinder panjang yang *solid* (pejal) atau berongga (*hollow*). Pada umumnya sekarang poros terdiri dari silinder panjang yang *solid*.

##### b. Sudu gerak

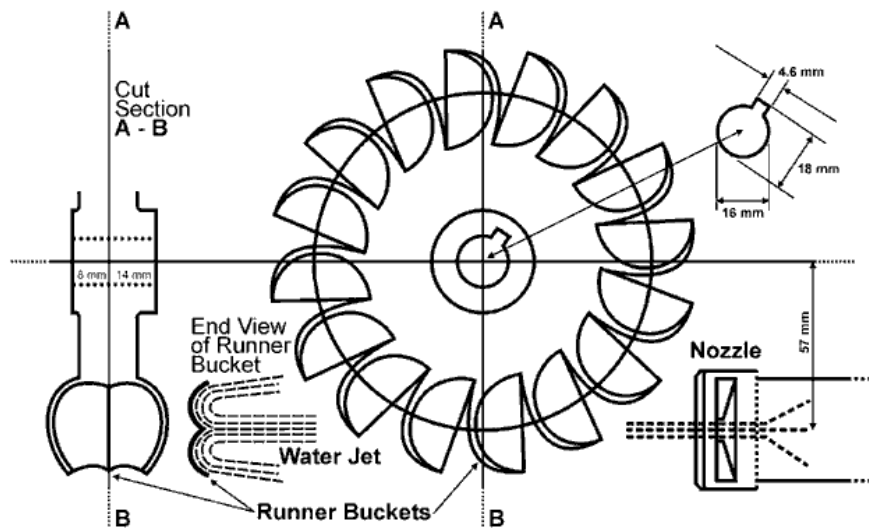
Sudu gerak adalah sudu-sudu yang dipasang disekeliling rotor membentuk suatu piringan.

c. Bantalan

Bantalan berfungsi sebagai penyangga rotor sehingga membuat rotor dapat stabil/lurus pada posisinya didalam *casing* dan rotor dapat berputar dengan aman dan bebas. Adanya bantalan yang menyangga turbin selain bermanfaat untuk menjaga rotor turbin tetap pada posisinya juga menimbulkan kerugian mekanik karena gesekan.

### 2.2.6 Turbin Pelton

Turbin pelton merupakan pengembangan dari turbin impuls yang ditemukan oleh S.N. Knight (1872) dan N.J. Colena (1873) dengan memasang mangkok-mangkok pada roda turbin. Turbin impuls dikembangkan kembali oleh Lester G. Pelton (1880) dengan melakukan perbaikan penerapan mangkok ganda simetris (Lewis et al., 2014). Putaran pada turbin pelton terjadi akibat pembelokan pada mangkok ganda *runner* (Gambar 2.1).



Gambar 2.1 Prinsip Dasar Mangkok Turbin Pelton

Sumber : (Susatyo, 2003)

Turbin Pelton merupakan jenis turbin yang menggunakan reaksi impuls dari suatu daya yang dihasilkan daya hidrolisis. Kecepatan spesifik yang dihasilkan turbin pelton relatif kecil tetapi memungkinkan untuk memiliki kecepatan yang tinggi dengan memperbanyak jumlah *nozzle*.

### 2.2.6.1 Klasifikasi Turbin Pelton

Beberapa jenis turbin Pelton menurut posisi turbinnya, yaitu :

#### 1. Turbin Poros Horizontal

Turbin ini digunakan untuk *head* yang kecil sampai menengah. Makin banyak *nozzle* yang digunakan, maka makin tinggi kecepatan turbin. Makin cepat putaran turbin, maka makin murah harga generator. Satu group turbin dengan 2 (dua) roda lebih murah dibandingkan dengan dua turbin masing-masing satu roda.

#### 2. Turbin Poros Vertikal

Pertambahan daya yang dihasilkan turbin, menggunakan 4 (empat) sampai 6 (enam) buah *nozzle*.

### 2.2.6.2 Parameter Desain Turbin Pelton

Parameter desain turbin pelton meliputi daya turbin, torsi turbin, diameter *runner*, panjang *runner*, dimensi *bucket*, dimensi *nozzle* dan kecepatan spesifik (Nasir, 2013).

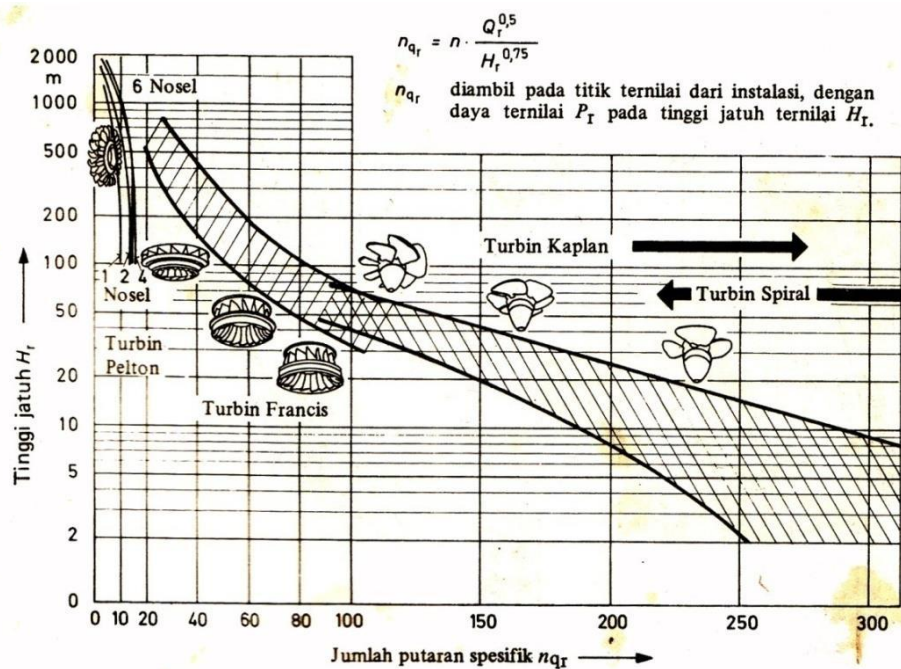
#### 1. Data Site Power Plant

Perhitungan data site mencakup *head* dan debit air. Cara menghitung *head*.

$$H_n = H_g - H_{tl} \quad \dots\dots\dots (2.1)$$

### 2.2.6.3 Perancangan Turbin Pelton

Dalam perancangan turbin pelton memiliki ketentuan perancangan baku, yaitu hubungan antara *head* dengan *ns*, jumlah *nozzle* dan jumlah sudu. Kecepatan spesifik adalah kecepatan dalam satuan rpm (putaran per menit). Gambar grafik kecepatan spesifik dapat dilihat pada Gambar 2.2.



Gambar 2 2 Grafik Kecepatan Spesifik ( $n_s$ )

Sumber : (Dietzel & Sriyono, 2010)

Rumus matematis kecepatan spesifik adalah :

$$n_s = \frac{n\sqrt{Q}}{H^{\frac{5}{4}}} \dots\dots\dots (2.2)$$

Keterangan :

$n$  = Putaran turbin rencana (rpm)

$Q$  = Kapasitas alir ( $m^3/s$ )

$H$  = Head (m)

### 2.3 Dimensi Turbin Pelton

Dalam proses perancangan turbin pelton, terdapat beberapa tahapan untuk menentukan dimensi ukuran turbin. Tahapan pertama yang dilakukan adalah dengan menentukan nilai ketinggian permukaan air (*Head*).

#### 2.3.1 Nozzle

*Nozzle* merupakan hal paling penting dalam proses kerja turbin pelton. *Nozzle* memiliki fungsi utama dalam meningkatkan daya turbin yang diperoleh dari daya hidrolis menggunakan prinsip impuls aliran air dari *nozzle* tersebut.

Banyaknya *nozzle* dapat meningkatkan daya pembangkit turbin. *Nozzle* memiliki ukuran tertentu yang dihitung dengan diameter. Diameter *nozzle* berpengaruh kepada dimensi konstruksi turbin pelton secara keseluruhan (khususnya dimensi sudu).

$$D_j = \sqrt{\frac{4 \cdot Q_t}{\pi \cdot n_j \cdot V_j}} \dots\dots\dots (2.3)$$

Keterangan :

$d_n$  = Diameter Nozzle

$Q$  = debit aliran ( $m^3/s$ )

### 2.3.2 Geometri Sudu

Sudu dibuat dengan proses pengecoran. Proses perakitan sudu ke *disk* menggunakan sambungan baut, masing-masing sudu terpasang dengan dua buah baut. Geometri sudu turbin pelton pada Gambar 2.3, meliputi lebar sudu ( $B$ ), kedalaman sudu ( $C$ ), lebar bukaan sudu ( $M$ ), panjang sudu ( $L$ ), dan jarak pancaran jet ke ujung sudu ( $I$ ) secara empiris (Seith & Modi, 1991).

- Lebar Sudu ( $B$ ) = (4 s.d 5)  $d_n$  .....(2.4)

- Kedalaman Sudu ( $C$ ) = (0,81 s.d 1,05)  $d_n$  .....(2.5)

- Lebar Celah Sudu ( $M$ ) = (1,1 s.d 1,25)  $d_n$  ..... (2.6)

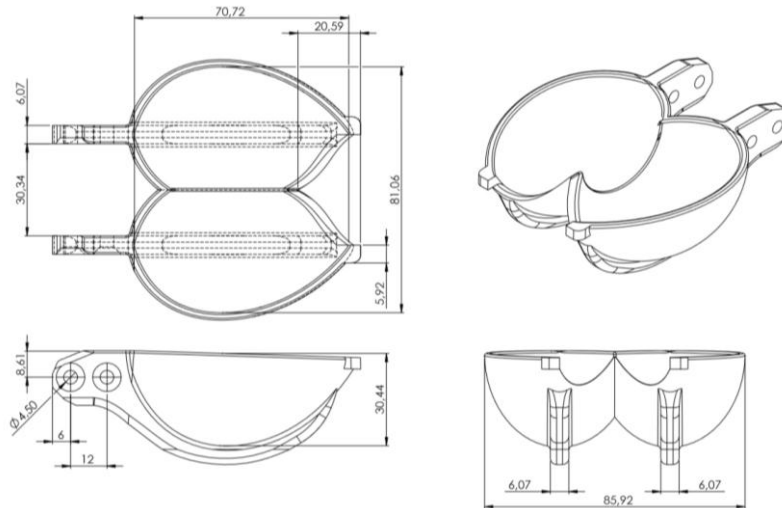
- Panjang Sudu ( $L$ ) = (2,4 s.d 3,2)  $d_n$  ..... (2.7)

- Tebal Kaki Sudu ( $f$ ) = (0,85)  $d_n$  ..... (2.8)

- Jarak Pusat Pancaran Air ke Ujung Sudu  
 $I = (1,2 \text{ s.d } 1,9) d_n$  ..... (2.9)

- Sudut Pancaran Air Masuk Sudu  
 $\beta_1 = 5^\circ \text{ s.d } 8^\circ$  ..... (2.10)

- Sudut Pancaran Air Keluar Sudu  
 $\beta_2 = 160^\circ \text{ s.d } 170^\circ$  .....(2.11)



Gambar 2 3 Dimensi Sudu

### 2.3.3 Jumlah Sudu

$$z = 0,54 \sqrt{\frac{D}{d}} \dots\dots\dots (2.12)$$

Keterangan :

$D$  = Diameter runner (m)

$d$  = Diameter nozzle (m)

Jumlah sudu yang banyak menyebabkan air terbelokan, sedangkan jika jumlah sudu terlalu sedikit menyebabkan pancaran aliran air tidak mengenai seluruh sudu. Hal yang perlu diperhatikan pada sudu turbin, yaitu erosi atau korosi pada sudu tersebut. Erosi terjadi disebabkan oleh aliran air yang mengandung pasir atau kandungan kimia yang dapat mengikis. Oleh karena itu, dalam pembuatan sudu digunakan bahan-bahan yang tahan terhadap korosi (Susatyo, 2003).

### 2.3.4 Diameter Runner

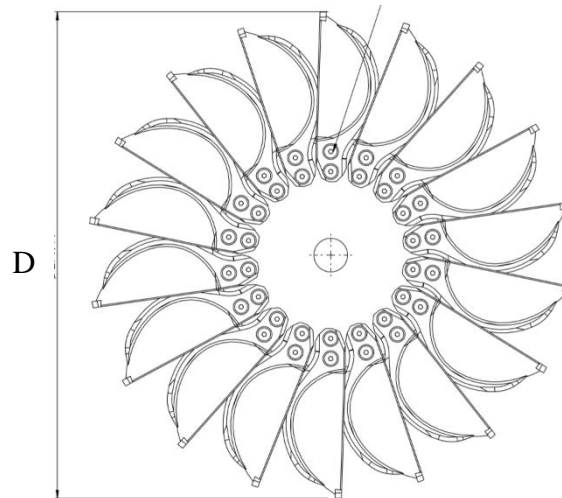
Turbin Pelton terdapat komponen utama yang terdiri dari sudu dan disk. Penggabungan kedua komponen tersebut menjadi sebuah runner. Maka perlu dihitung berapa diameter runner seperti Gambar 2.4.

$$D = \frac{60 u}{\pi n} \dots\dots\dots (2.13)$$

Keterangan :

$u$  = Kecepatan Keliling (m/s)

$n$  = Kecepatan Poros Generator (rpm)



Gambar 2 4 Diameter Runner Turbin Pelton

Dimana  $u$  adalah kecepatan keliling runner :

$$u = \varphi \sqrt{2gH} \dots\dots\dots (2.14)$$

Keterangan :

$\varphi$  = Konstanta Gesekan (0,43-0,48)

$g$  = Percepatan Gravitasi ( $m/s^2$ )

$H$  = Head (m)

### 2.3.5 Kecepatan Aliran Air

Tinggi muka air secara tidak langsung menyatakan kecepatan putar turbin. Oleh karena itu, tinggi muka air (*head*) tergantung perencanaan lapangan. Kecepatan air  $V_1$  ( $m/s$ ) merupakan kecepatan aliran air yang keluar dari ujung nosel. Faktor utama yang menentukan besar kecepatan air adalah tinggi muka air (*head*).

Kecepatan air dirumuskan sebagai berikut :

$$V_1 = \sqrt{2 \cdot g \cdot h} \text{ (m/det)} \dots\dots\dots (2.15)$$

dimana,  $g$  = gravitasi (9,8 m/det)

$h$  = tinggi muka air (m)

### 2.3.6 Debit Aliran Air

Debit adalah satuan besaran air yang keluar dari Daerah Aliran Sungai (DAS). Satuan debit yang digunakan adalah meter kubir per detik ( $m^3/s$ ). Debit aliran adalah laju aliran air (dalam bentuk volume air) yang melewati suatu penampang melintang sungai per satuan waktu (Asdak, 2002). Debit aliran air dihitung dengan menggunakan persamaan :

$$Q = \frac{V}{t} \dots\dots\dots (2.16)$$

Keterangan :

$Q$  = Debit (liter/s)

$V$  = Volume (liter)

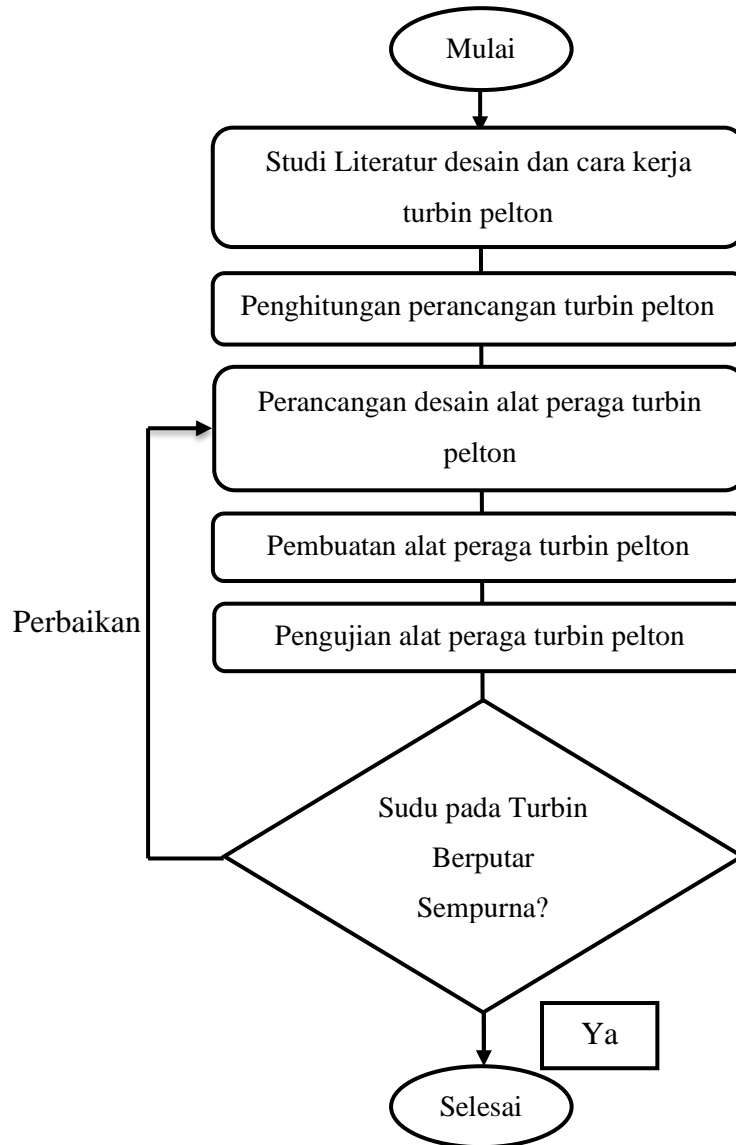
$T$  = Waktu (s)



## BAB 3 METODE PENELITIAN

### 3.1 Alur Penelitian

Diagram alur penelitian seperti Gambar 3.1 dibawah ini untuk memudahkan proses penelitian :



Gambar 3. 1 1 Alur Penelitian

### **3.2 Identifikasi Masalah**

Identifikasi masalah adalah mencari sebuah permasalahan yang ada pada desain sebelumnya, yaitu mendesain dan merancang desain baru turbin pelton dengan skala kecil yang dapat digunakan untuk menjadi alat peraga.

### **3.3 Menentukan Konsep Perancangan Desain**

Pada langkah awal dalam penelitian ini. Hal yang dilakukan adalah menentukan konsep perancangan produk yang akan dibuat. Dalam menentukan konsep tersebut ada 2 tahapan yang dilakukan, yaitu:

#### 1) Identifikasi

Langkah ini dilakukan untuk mendapatkan rumusan masalah yang akan dijadikan acuan dalam menentukan konsep perancangan. Ada beberapa hal yang dilakukan dalam langkah ini yaitu:

- a. Melakukan studi literatur terkait dengan perancangan turbin pelton.
- b. Mengelompokkan dan mencatat setiap komponen yang terdapat pada turbin pelton.
- c. Menentukan parameter untuk ukuran dari turbin pelton.

#### 2) Kriteria Desain

Setelah mendapatkan hasil dari identifikasi yang dilakukan, maka dilanjutkan dengan menentukan konsep desain yang terkait dengan alat peraga turbin pelton. Berikut ada beberapa kriteria yang harus dipenuhi dalam perancangan, yaitu:

- a. Turbin pelton merupakan miniatur dari ukuran sebenarnya dengan menggunakan head 25 meter dalam perhitungan.
- b. Alat peraga dapat dioperasikan dengan mudah.
- c. Turbin dapat berputar dengan lancar.

### **3.4 Perhitungan Komponen Turbin Pelton**

Berikut adalah perhitungan untuk menentukan diameter *nozzle* dan dimensi sudu yang akan digunakan pada alat peraga turbin pelton.

### 3.4.1 Perhitungan Head

Tekanan jarak vertikal antara permukaan air pada intake dan poros turbin ( $H_g$ ) yaitu 25 meter. Debit aliran air melewati turbin ( $Q_t$ ), yaitu 0,0096 m<sup>3</sup>/s. Tekanan jarak 25 meter merupakan standart VOITH yang dimana *head* 25 meter mampu beroperasi pada batas bawah *head*.

*Net Head* ( $H_n$ )

Total *head losses* yaitu 6% dari  $H_g$ , maka

$$\begin{aligned} H_n &= H_g - H_{tl} \\ &= 25 - (0,06 \cdot 25) \\ &= 23,5 \text{ m} \end{aligned}$$

### 3.4.2 Diameter Nozzle

Berdasarkan persamaan (2.2), diameter *nozzle* dirumuskan sebagai berikut:

Diameter *Nozzle* ( $D_j$ )

$$\begin{aligned} D_j &= \sqrt{\frac{4 \cdot Q_t}{\pi \cdot n_j \cdot V_j}} \\ &= \sqrt{\frac{4 \cdot 0,0096}{\pi \cdot 1 \cdot 21,043}} = 0,024 \text{ m} \end{aligned}$$

### 3.4.3 Diameter Runner Turbin

Berdasarkan persamaan (2.), diameter *runner* turbin sebagai berikut:

Diameter *Runner* turbin ( $D_r$ )

$$\begin{aligned} D_r &= 38,6 \cdot \frac{\sqrt{H_n}}{N} \\ &= 38,6 \cdot \frac{\sqrt{23,5}}{1409} \\ &= 0,133 \text{ m} \end{aligned}$$

### 3.4.4 Dimensi Sudu

Berdasarkan persamaan (2.4-2.8), lebar sudu, panjang sudu, kedalaman sudu, jumlah sudu, dan panjang lengan sudu dirumuskan sebagai berikut:

- 1) Lebar Sudu

$$\begin{aligned} B_w &= 3,4 \cdot D_j \\ &= 3,4 \cdot 0,024 \\ &= 0,082 \text{ m} \end{aligned}$$

- 2) Panjang Sudu

$$\begin{aligned} B_l &= 3 \cdot D_j \\ &= 3 \cdot 0,024 \\ &= 0,072 \text{ m} \end{aligned}$$

- 3) Kedalaman Sudu

$$\begin{aligned} B_d &= 1,2 \cdot D_j \\ &= 1,2 \cdot 0,024 \\ &= 0,029 \text{ m} \end{aligned}$$

- 4) Jumlah Sudu

$$\begin{aligned} nb &= 15 + \frac{D_r}{2} \cdot D_j \\ &= 15 + \frac{0,133}{2} \cdot 0,024 \\ &= 17,775 \\ &= 18 \end{aligned}$$

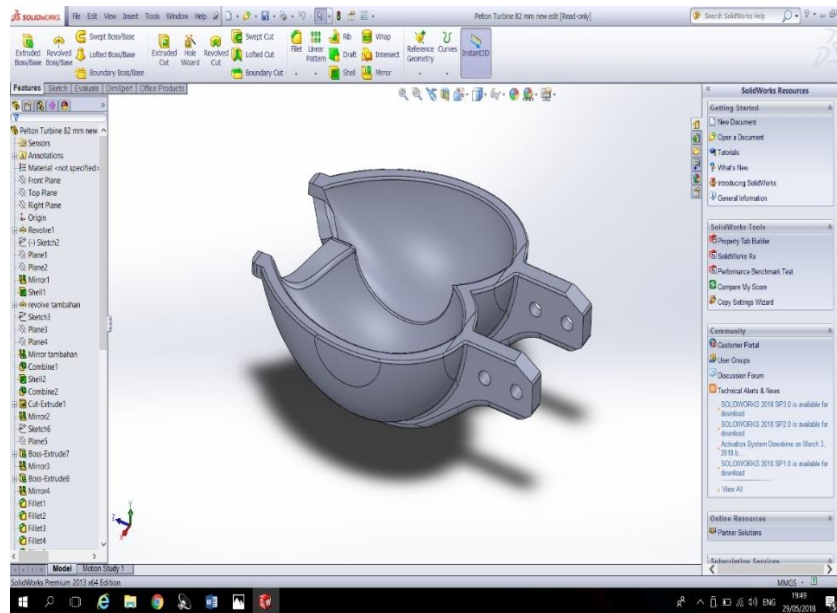
- 5) Panjang Lengan Momen

$$\begin{aligned} L_{ab} &= 0,195 \cdot D_r \\ &= 0,195 \cdot 0,133 \\ &= 0,026 \text{ m} \end{aligned}$$

### 3.5 Perancangan Desain Turbin Pelton

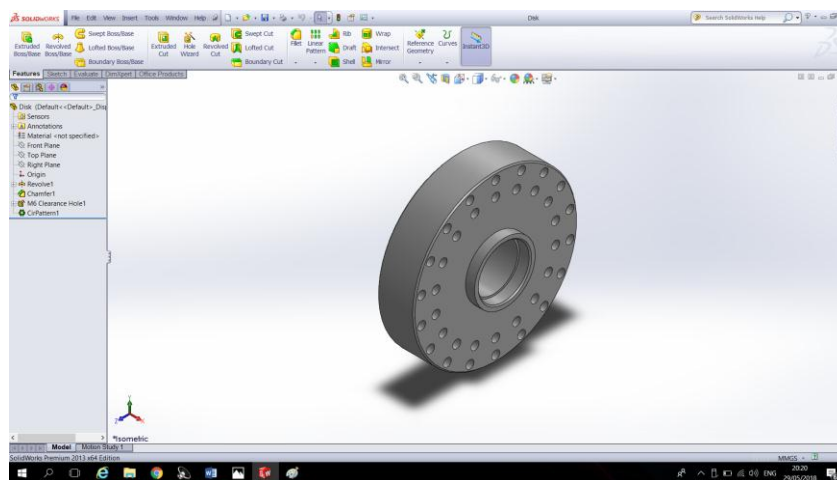
Dari perhitungan yang telah dilakukan pada tahap sebelumnya maka didapatkan sebuah satuan yang menjadi acuan dasar pada ukuran desain turbin pelton. Gambar 3.2, Gambar 3.3 dan Gambar 3.4 ini menunjukkan hasil dari pembuatan desain menggunakan SolidWorks 2013.

#### 1. Desain sudu turbin pelton



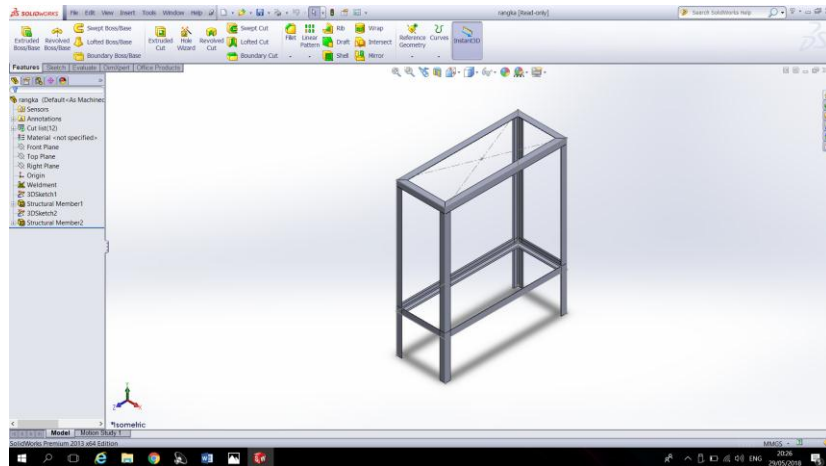
Gambar 3. 2 Gambar Sudu Turbin

#### 2. Desain runner turbin



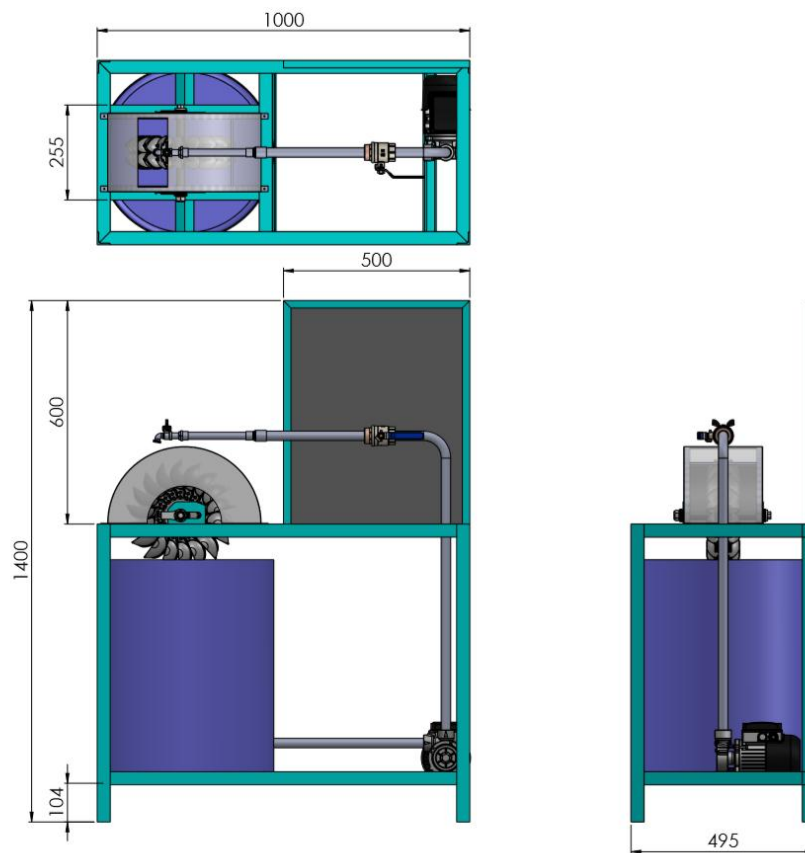
Gambar 3. 3 Gambar Disk Turbin

### 3. Desain Rangka untuk Turbin Pelton



Gambar 3. 4 Gambar Desain Rangka

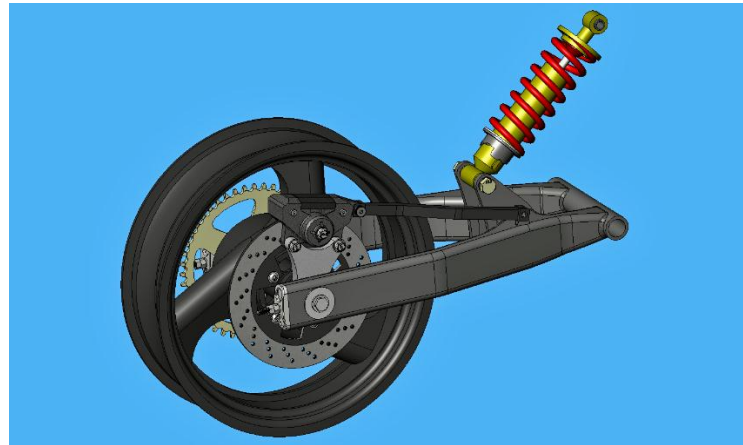
### 4. Desain Akhir Alat Peraga Turbin Pelton



Gambar 3. 5 Desain Akhir Alat Peraga

### 3.6 Perancangan Desain Alat Peraga Turbin Pelton

Pada pembuatan komponen pendukung agar turbin pelton bekerja sebagaimana mestinya maka diperlukan sebuah komponen atau sistem agar dapat memegang perangkat turbin. Sistem yang digunakan mengadopsi dari sistem kerja pemasangan roda belakang sepeda motor. Hal tersebut dapat dilihat pada Gambar 3.6.



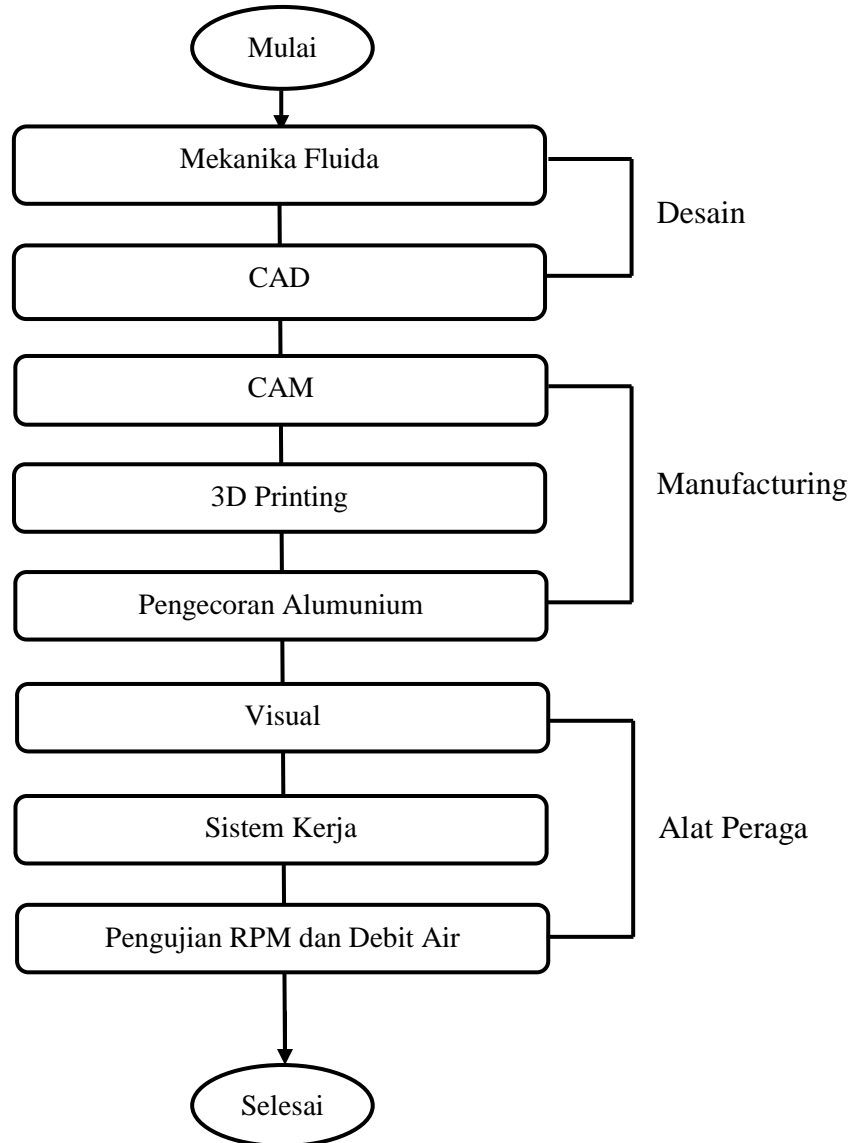
Gambar 3. 6 Desain Komponen Pendukung

sumber : Radare (2014)

Desain komponen pendukung yang digunakan adalah sebuah swing arm sepeda motor yang kemudian akan digunakan untuk menjadi penjepit dari turbin pelton.

**BAB 4**  
**HASIL DAN PEMBAHASAN**

**4.1 Alur Pembuatan Alat Peraga Sederhana Turbin Pelton**

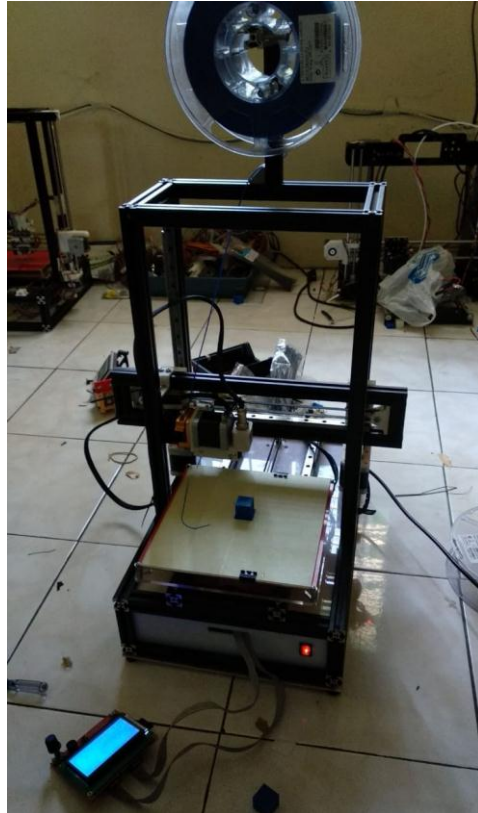


Gambar 4. 1 Alur Pembuatan Alat Peraga Sederhana Turbin Pelton



#### 4.1.1 Pembuatan master sudu

Pembuatan master sudu dilakukan di Centra Lab menggunakan mesin 3D *printing Gateform C-02* dengan aplikasi *Cura 3.4.1* dan menggunakan bahan Polylatic Acid (PLA). Pada Gambar 4.2 menunjukkan mesin 3D *printing Gateform C-02* dan gambar 4.3 adalah hasil dari master sudu pelton. Selanjutnya master ini akan digunakan untuk membuat cetakan sudu aluminium.



Gambar 4. 2 Mesin 3D *printing Gateform C-02*



Gambar 4. 3 3D Printing Sudu

#### **4.1.2 Pengecoran sudu pelton dan *disk runner***

Proses pembuatan cetakan untuk pengecoran dari tanah, yang pertama dilakukan yaitu menyiapkan tanah dalam sebuah box dan memasukkan master ke dalamnya. Gambar 4.4 merupakan tahap dimana box 1 diberi tepung sebelum ditumpuk dengan box 2.



Gambar 4. 4 Cetakan Sudu

Setelah master dilepas, maka didapatkan dua buah box seperti Gambar 4.4 bagian box 1 dan Gambar 4.5 bagian box 2. Setelah itu, kedua box disatukan kembali.



Gambar 4. 5 Hasil Master dilepas Box 1



Gambar 4. 6 Hasil Master dilepas Box 2

Pada cetakan cor terdapat lubang yang berfungsi sebagai saluran untuk menuang aluminium cair kedalam cetakan. Proses selanjutnya setelah pembuatan cetakan adalah menuang cairan aluminium ke dalam cetakan. Proses penuangan dapat dilihat pada gambar 4.7.



Gambar 4. 7 Penuangan Alumunium Cair

Setelah proses penuangan selesai, selanjutnya menunggu sampai aluminium cair tersebut menjadi padat, setelah itu cetakan bisa diangkat. Hasil pengecoran sudu dapat dilihat pada Gambar 4.8.



Gambar 4. 8 Hasil Pengecoran Alumunium

Pada Gambar 4.6 adalah hasil dari pengecoran yang belum dihaluskan. Tahapan selanjutnya adalah menghaluskan sudu pelton. Hasil dari penghalusan cor sudu dapat dilihat pada Gambar 4.9.



Gambar 4. 9 Sudu Cor Alumunium

### 4.1.3 Pembubutan *Disk* dan Sudu

Proses pembubutan *disk* dan sudu, proses ini meliputi pembubutan *disk* yang bertujuan untuk mengurangi tebal *disk* agar lengan sudu dapat masuk pada *disk* dan penanaman *bearing* pada *disk*, selanjutnya *disk* dan sudu dibor untuk wadah baut agar sudu dapat melekat pada *disk*. Hasil dari pembubutan, pengeboran, dan pemasangan sudu ke *disk* dapat dilihat pada Gambar 4.10.



Gambar 4. 10 Komponen Utama Turbin Pelton

#### 4.1.4 Pembuatan Rangka dan Pemegang poros sudu

Rangka berfungsi sebagai wadah dari komponen-komponen pembantu turbin, seperti drum dan pompa. Bahan yang digunakan adalah besi siku yang kemudian dipotong dan di satukan dengan proses pengelasan, sedangkan untuk pemegang poros sudu menggunakan *swing arm* sepeda motor yang dipotong lalu disatukan dengan rangka yang sudah ada. Proses pembuatan rangka dapat dilihat pada Gambar 4.11 dan Gambar 4.12.



Gambar 4. 11 Pembuatan Rangka Turbin



Gambar 4. 12 Rangka Turbin

Pemegang poros sudu menggunakan *swingarm* sepeda motor yang dapat dilihat pada Gambar 4.13.



Gambar 4. 13 Pemasangan Poros Turbin

## 4.2 Langkah-langkah Uji Coba Alat

Uji coba alat dilakukan untuk mengetahui apakah alat yang sudah didesain dapat berfungsi dengan baik sesuai dengan tujuan dan kriteria desain yang diinginkan. Serta mengetahui berapa RPM dan debit air yang dihasilkan dalam waktu permenit dengan menggunakan alat yang telah dibuat.

### 4.2.1 Langkah Uji Coba Alat

Pengujian pertama alat adalah mengetahui apakah mekanisme turbin dapat dapat berfungsi dengan baik. Langkah uji coba dilakukan dengan cara:

1. Katup air dibuka
2. Aktifkan pompa air agar air dapat mengalir.
3. Selesai. Setelah uji coba selesai maka akan diketahui apakah turbin bergerak dengan lancar atau tidak
4. Jika tidak, maka perlu dilakukan perbaikan pada mekanisme turbin.
5. Jika iya, maka uji coba dikatakan berhasil.



#### **4.2.2 Langkah Uji Coba Alat Mengukur RPM Turbin Pelton**

Uji coba mengukur rpm turbin dilakukan untuk mengetahui berapa kecepatan putaran turbin dengan variasi sudut bukaan katup air. Langkah uji coba dilakukan dengan cara:

1. Mengatur sudut bukaan kutup air, sudut yang digunakan untuk uji coba adalah bukaan katup pada sudut  $15^\circ$ ,  $30^\circ$ ,  $45^\circ$ ,  $60^\circ$ ,  $75^\circ$ , dan  $90^\circ$ .
2. *Digital Tachometer* dipersiapkan untuk menghitung rpm turbin pelton.
3. Aktifkan pompa air dengan menekan kontak listrik yang tersedia pada rangka.
4. Rpm dihitung setelah turbin berputar.
5. Selesai. Setelah uji coba mengukur rpm turbin dengan variasi sudut bukaan katup air selesai maka akan diketahui perbedaan rpm di setiap sudut.

#### **4.2.3 Langkah Uji Coba Alat Mengukur Debit Air**

Uji coba mengukur debit air dilakukan untuk mengetahui debit air permenit yang dihasilkan dengan variasi sudut bukaan katup air. Langkah uji coba dilakukan dengan cara:

1. Mengatur sudut bukaan kutup air, sudut yang digunakan untuk uji coba adalah bukaan katup pada sudut  $15^\circ$ ,  $30^\circ$ ,  $45^\circ$ ,  $60^\circ$ ,  $75^\circ$ , dan  $90^\circ$ .
2. Wadah air 15L dipersiapkan untuk menghitung debit air.
3. Aktifkan pompa air dengan menekan kontak listrik yang tersedia pada rangka.
4. Debit air dihitung setelah 1 menit air mengalir.
5. Selesai. Setelah uji coba mengukur debit air selesai maka akan diketahui perbedaan debit air yang dihasilkan pada setiap sudut.

### **4.3 Hasil Perancangan**

Pada Gambar 4.14 di bawah ini adalah hasil perancangan alat berdasarkan kriteria desain yang telah ditentukan. Alat ini memiliki mekanisme yang sama dengan turbin pelton pada umumnya air di pompa untuk menggerakkan turbin.



Gambar 4. 14 Hasil Perancangan Turbin Pelton

Alat peraga turbin turbin pelton ini memiliki dimensi panjang (P) 1000mm, lebar (l) 500mm, tinggi (t) 1000mm. Berdasarkan dari dimensi alat maka alat ini sudah memiliki kriteria dari alat peraga.

Pada hasil perancangan alat yang telah dilakukan, terdapat masalah yang ditemui yaitu case turbin terlalu kecil, dan tidak adanya pemegang pipa *nozzle*. Hal ini mengakibatkan air keluar dan pipa menjadi bergetar. Berdasarkan masalah yang ditemui, maka dilakukan lah perbaikan pada hasil perancangan alat.

#### 4.3.1 Identifikasi Masalah Perancangan

Terdapat masalah yang ditemui pada hasil perancangan, yaitu tidak adanya penahan pada pipa *nozzle* sehingga membuat *nozzle* bergerak saat air sudah keluar. Untuk mengatasi masalah itu maka digunakan *cable ties* untuk mengikat *nozzle* pada case yang sudah ada. Penahan pipa *nozzle* pada *case* menggunakan *cable ties*. Hasil perbaikan dapat dilihat pada Gambar 4.15.



Gambar 4. 15 Penahan *nozzle*

#### 4.4 Hasil Pengujian

Setelah proses perancangan selesai maka langkah selanjutnya adalah pengujian alat. Langkah uji coba dilakukan dalam beberapa tahap. Langkah uji coba berfungsi atau tidaknya turbin, uji coba menghitung rpm turbin, dan uji coba mengukur debit air.

##### 4.4.1 Pengukuran Debit

Dalam pengukuran debit rumus yang digunakan yaitu persamaan 2.16 dalam menentukan Q yang keluar dari pipa.

$$Q = \frac{V}{t}$$

Untuk percobaan dengan sudut buka katup  $60^\circ$  dengan wadah ukur 19 liter dan waktu pengujian 1 menit, debit yang didapatkan adalah:

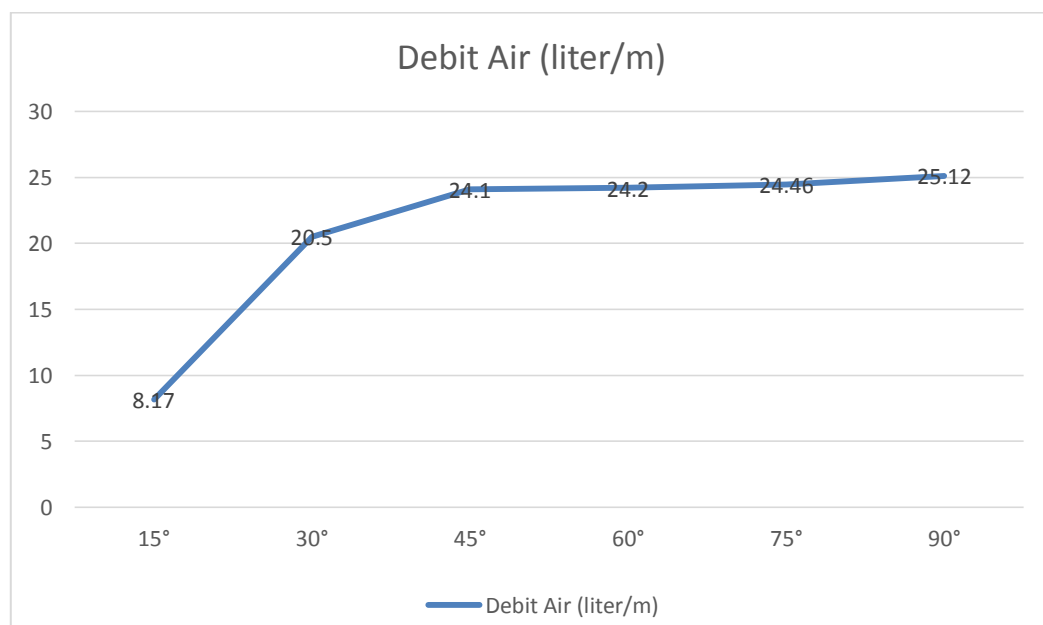
$$\begin{aligned} Q &= \frac{19 \text{ l}}{47,1 \text{ s}} \\ &= 0,403 \text{ l/s} \\ &= 24,20 \text{ l/m} \end{aligned}$$

Data pengukuran dapat dilihat pada tabel 4.1.

Tabel 4.1 Pengaruh Sudut Bukaannya Katup pada Debit Air

Sudut Buka Katup	Debit Air (L/m)
15°	8,17
30°	20,5
45°	24,1
60°	24,20
75°	24,46
90°	25,12

Debit terbesar dengan nilai 25,12 L/m di uji coba dengan bukaan sudut katup air 90°. Lebih jelasnya tertera pada Gambar 4.16.



Gambar 4. 16 Grafik Pengaruh Sudut Bukaannya Katub pada Debit Air

Pengujian untuk menghitung debit air yang dihasilkan dapat dilihat pada gambar 4.17



Gambar 4. 17 Pengambilan Data Debit Air

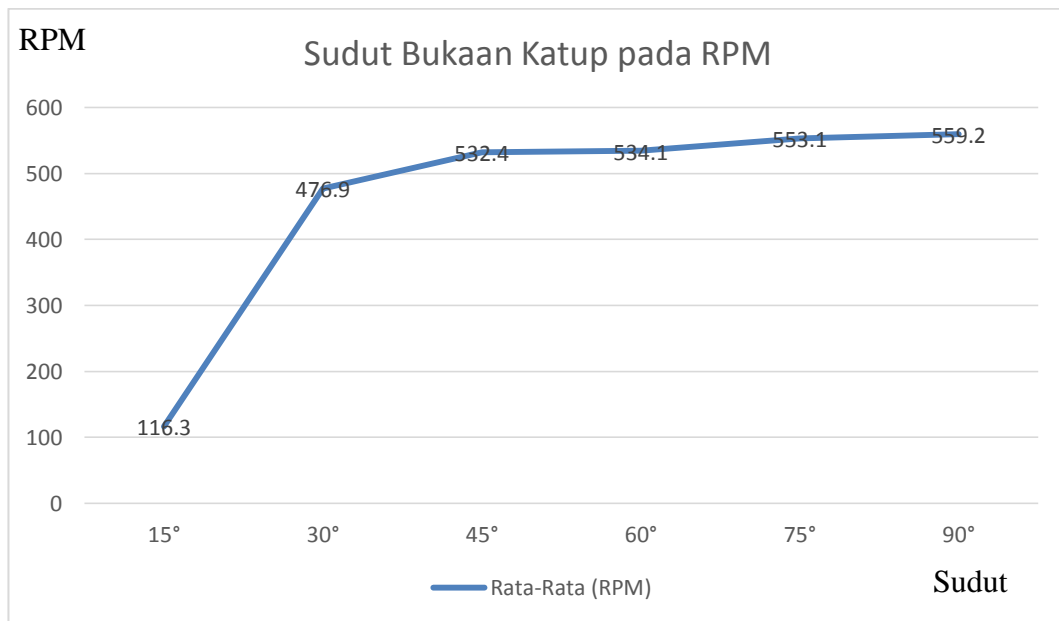
#### 4.4.2 Pengaruh Sudut Katup Bukaan Air Terhadap Putaran Turbin

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui kecepatan turbin pelton dan pengaruh sudut katup bukaan air terhadap kecepatan turbin pelton. Data pengukuran dapat dilihat pada tabel 4.2.

Tabel 4.2 Pengaruh Sudut Bukaan Sudu terhadap RPM

Sudut Bukaan Katup	RPM			Rata-Rata
	Percobaan 1	Percobaan 2	Percobaan 3	
15°	114,3	115,4	119,3	116,3
30°	477,6	477,6	475,5	476,9
45°	532,1	534,0	533,6	532,4
60°	537,9	533,4	531,2	534,1
75°	553,9	554,0	551,5	553,1
90°	558,9	558,8	559,9	559,2

Putaran RPM terbesar dengan nilai 559,2 rpm di uji coba dengan bukaan sudut katup air 90°. Lebih jelasnya tertera pada gambar 4.18.



Gambar 4. 18 Grafik Pengaruh Sudu Bukaan Katub terhadap RPM

Pengukuran kecepatan putar turbin menggunakan alat *digital tachometer* dapat dilihat pada Gambar 4.19.



Gambar 4. 19 Pengukuran Kecepatan Turbin

## **BAB 5**

### **PENUTUP**

#### **5.1 Kesimpulan**

Dari penelitian yang dilakukan, telah berhasil dibuat perancangan dan pembuatan alat peraga sederhana sistem kerja turbin pelton yang dapat digunakan sebagai penunjang pembelajaran mahasiswa. Dari hasil tersebut dapat disimpulkan beberapa hal sebagai berikut:

Telah dibuat miniatur turbin pelton untuk digunakan sebagai alat peraga penunjang pembelajaran mahasiswa dan didapatkan hasil pengujian pengaruh variasi sudut bukaan katup air terhadap debit air dan putaran turbin, hasil debit dan putaran turbin terkecil ada pada sudut bukaan katup  $15^\circ$  dengan nilai debit air 8,17 l/m, putaran turbin 116,3 rpm, sedangkan hasil terbesar debit dan putaran turbin tercepat ada pada sudut bukaan katup  $90^\circ$  dengan nilai debit air 25,12 l/m, dan putaran turbin 559,2 rpm.

#### **5.2 Saran dan Penelitian Berikutnya**

Setelah melakukan percobaan langsung dilapangan maka ada beberapa pengembangan yang dapat dilakukan untuk penelitian selanjutnya untuk penyempurnaan alat yang telah dibuat.

1. Penelitian selanjutnya dapat menambahkan generator agar turbin dapat di uji sampai menghasilkan listrik, agar mengetahui daya listrik yang dapat di hasilkan oleh turbin pelton ini.
2. Penelitian selanjutnya dapat menambahkan manometer agar dapat mengukur tekanan air yang ada.
3. Alat-alat ukur ditingkatkan kualitasnya dan metode ujinya ditingkatkan agar mendapatkan hasil pengujian yang valid.



## DAFTAR PUSTAKA

- Asdak, C. (2002). *Hidrologi dan Pengolahan Daerah Aliran Sungai*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Darhim. (1998). Pengertian Alat Peraga Makalah Definisi Jenis Tujuan Kekurangan dan Kelebihan.
- Dietzel, F., & Sriyono, D. (2010). *Turbin, Pompa, dan Kompresor*. Jakarta: Penerbit Erlangga.
- Gibran. (2014). *Rancang Bangun Turbin Vortex dengan Casing Berpenampang Lingkaran yang Menggunakan Sudu Diameter 46cm pada 3 Variasi Jarak Antara Sudu dan Saluran Keluar*. Universitas Sumatera Utara.
- Grover, M. P dan Zimmers, E.W. 1984. CAD/CAM : Computer Aided Design and Manufacturing. Prentice-Hall, Englewood Cliffs, New Jersey.
- Hadimi, Supandi, & Rohermanto, A. (2006). Rancang Bangun Model Turbin Pelton Mini sebagai Media Simulasi/Praktikum Mata Kuliah Konversi Energi dan Mekanika Fluida. *Jurnal Ilmiah Semesta Teknik*, 9(1), 16–24.
- Lewis, B. J., Cimbala, J. M., & Wouden, A. M. (2014). Major Historical Developments in The Design of Water Wheels and Francis Hydroturbines. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 22. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/22/1/012020>
- Nasir, B. A. (2013). Design of High Efficiency Pelton Turbine for Micro-Hydropower Plant. *International Journal of Electrical Engineering & Technology*, 4(1), 171–183.
- Nugroho, H. Y. S. ., & Sallata, M. K. (2015). *Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro*. Penerbit ANDI.
- Petrovic, S., dkk.(2010) . "Streaming First Story Detection with application to Twitter". Proceedings Of The 11th Annual Conference Of The North American Chapter Of The Association For Computational Linguistics (Naacl Hlt). Amerika.
- Pressman, R. S. (2001). *Software Engineering: A Practitioner's Approach*. (B. Jones, Ed.) (5th ed.). New York: McGraw-Hill series in computer science.
- Sanchoehan, D. D. (2016). *Perancangan dan Analisis Turbin Pelton pada Head*

*Rendah*. Universitas Gadjah Mada.

Seith, S. ., & Modi, P. . (1991). *Hydraulics Fluid Mechanics and Fluid Machines*.

Delhi: Dhempat & Sons.

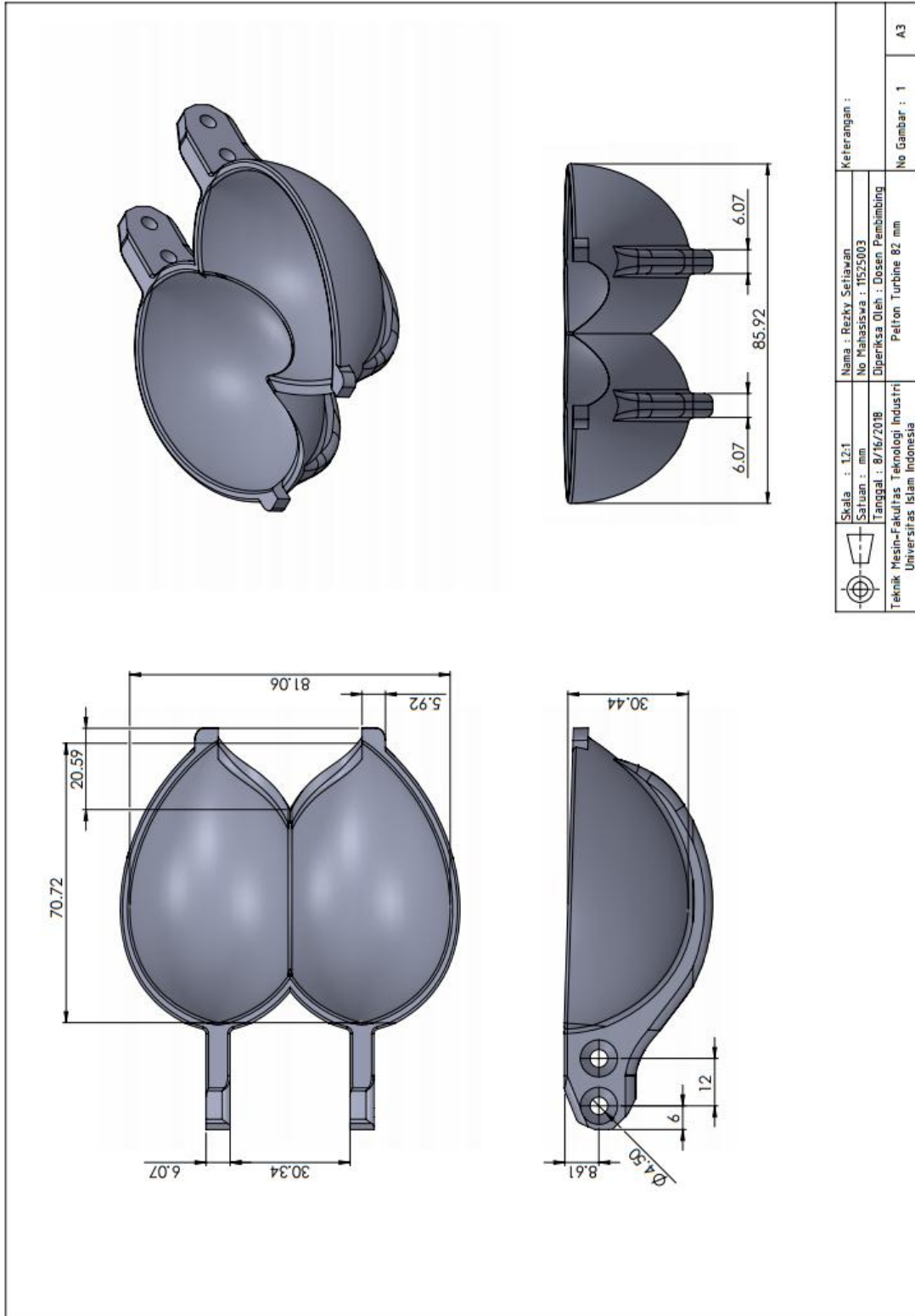
Sihombing, R. P. J., & Gultom, S. (2014). Analisa Efisiensi Turbin Vortex dengan Casing Berpenampang Lingkaran pada Sudu Berdiameter 56 cm untuk 3 Variasi Jarak Sudu dengan Saluran Keluar. *Jurnal E-Dinamis*, 10(2), 143–148.

Sudjana, N., & Rivai, A. (1991). *Media Pengajaran*. *Sarjanaku.com*. Bandung: Sinar Baru Algensindo.

Susatyo, A. (2003). *Pengembangan Turbin Air Type Cross-flow Diameter Runner 400 mm*. Bandung: Pusat Penelitian Tenaga Listrik Dan Mekatronik Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia.

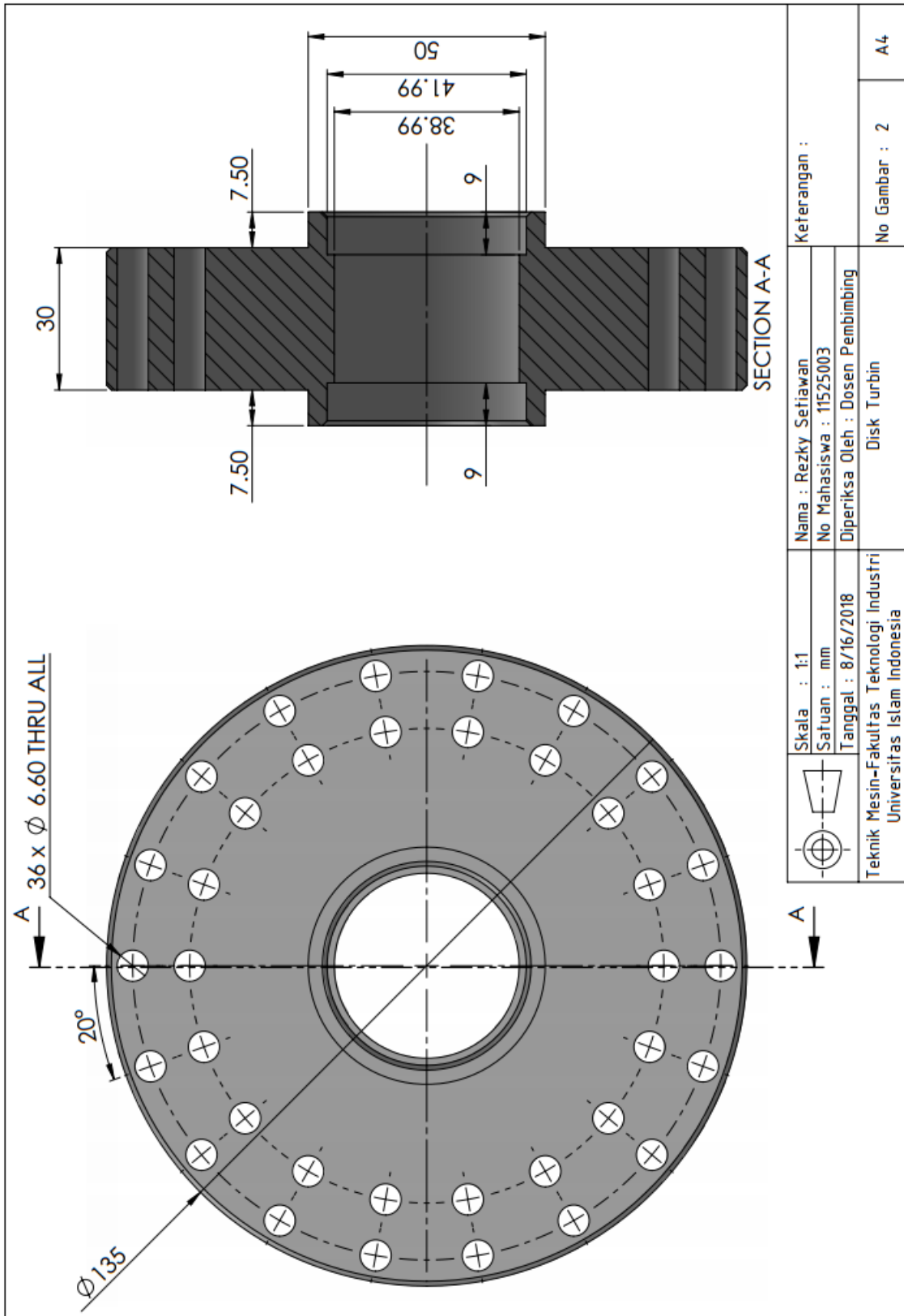
# DAFTAR LAMPIRAN

## LAMPIRAN 1

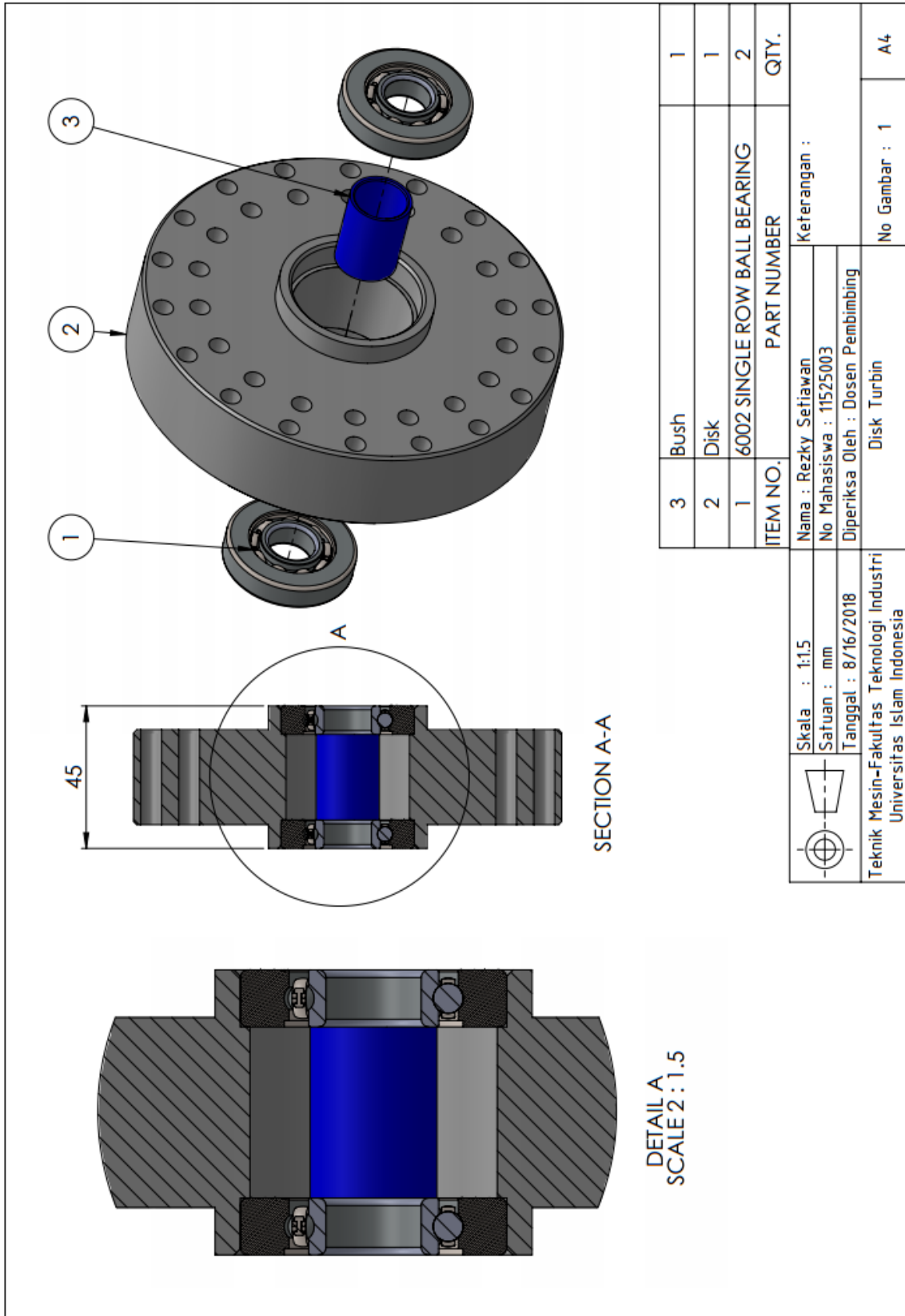


 Teknik Mesin-Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia	Skala : 1:1	Nama : Rezky Setiawan	Keterangan :
	Satuan : mm	No Mahasiswa : 1152003	
	Tanggal : 8/16/2018	Diperiksa Oleh : Dosen Pembimbing	No Gambar : 1
	Pelton Turbine 82 mm		

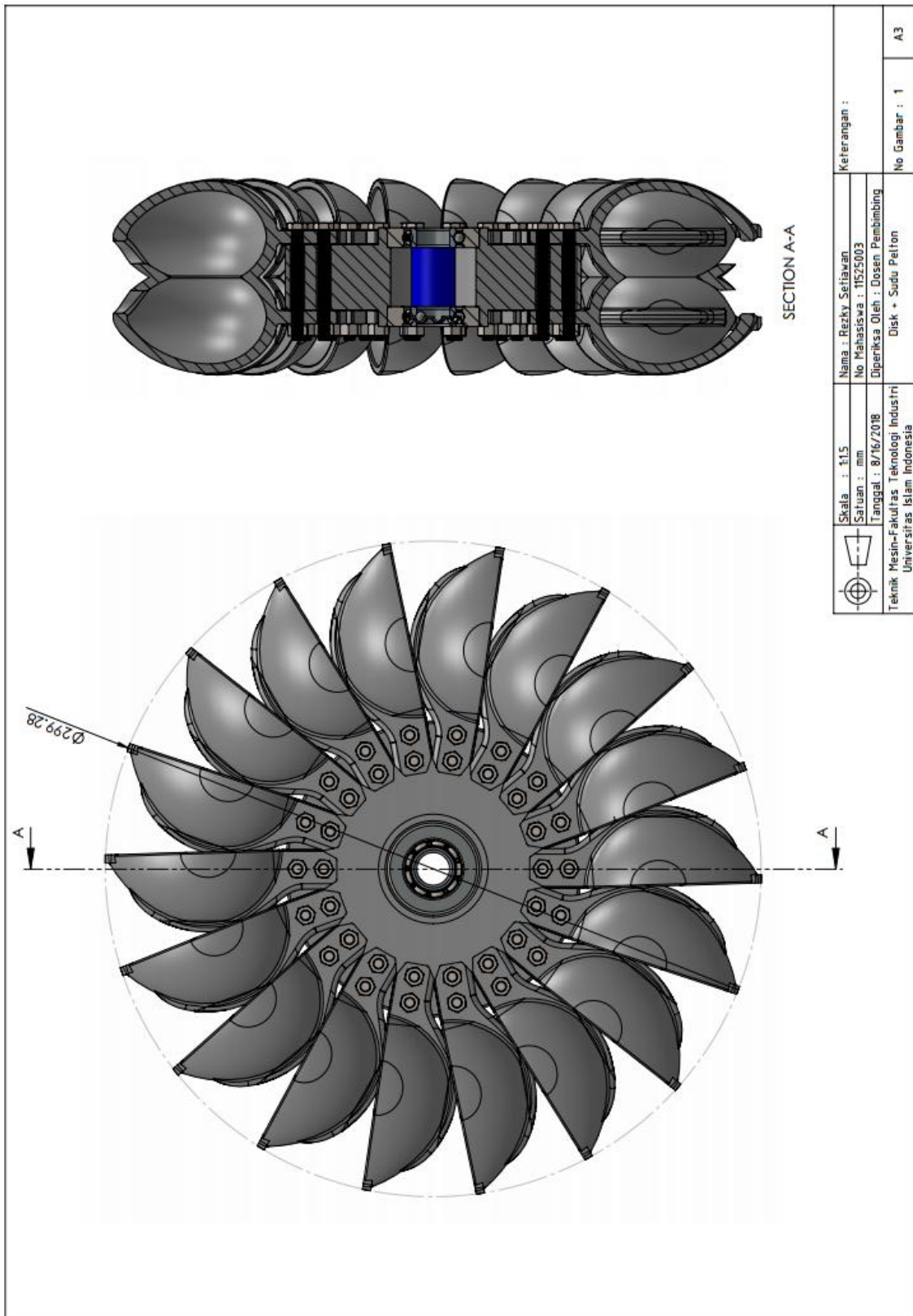
## LAMPIRAN 2



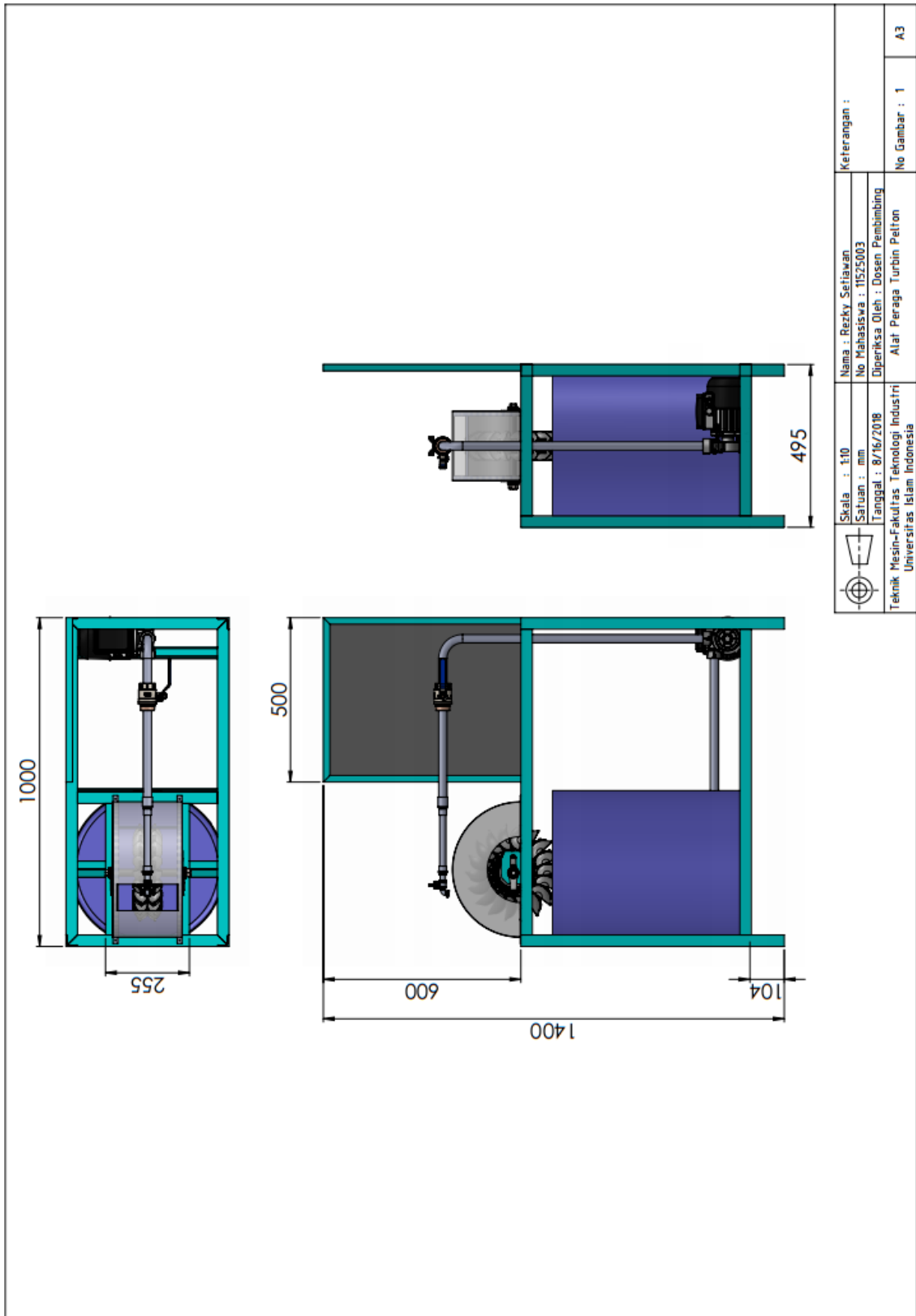
### LAMPIRAN 3



## LAMPIRAN 4



## LAMPIRAN 5



## LAMPIRAN 6

**DETAIL A  
SCALE 1 : 4**

18	Hexagon Nut ISO - 4034 - M5 - S	2
17	setelan disk	2
16	poros	1
15	Pipa Pempa ke drum	1
14	Pompa Air	1
13	ISO 7044-M16-S	1
12	Disk + Sudu Pelton	1
11	pipa pompa ke nozzle	1
10	Keran 1 inch	1
9	reducer	1
8	pipa reducer ke keran nozzle	1
7	Keran air 15 mm	1
6	Chassing	1
5	boss	2
4	Rangka	1
3	6002 INNER RACE	2
2	ISO 4018 - M6 x 30-WS	2
1	Drum	1

ITEM NO.	PART NUMBER	QTY.
Nama : Rezky Setiawan		
No Mahasiswa : 1525003		
Diperiksa Oleh : Dosen Pembimbing		
Tanggal : 8/16/2018		
Teknik Mesin-Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia		
Keterangan :		
No Gambar :	1	A3