



**ANALISIS PERFORMA TURBIN AIR TIPE ULIR (*ARCHIMEDES
SCREW*) DENGAN VARIASI SUDUT KEMIRINGAN**

SKRIPSI

Oleh

Anang Darun Naja

NIM. 191910101112

**PROGRAM STUDI STRATA 1 TEKNIK MESIN
JURUSAN TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS JEMBER
2021**



**ANALISIS PERFORMA TURBIN AIR TIPE ULIR
(ARCHIMEDES SCREW) DENGAN VARIASI SUDUT
KEMIRINGAN**

SKRIPSI

diajukan guna melengkapi skripsi dan memenuhi salah satu syarat untuk menyelesaikan Program Studi Teknik Mesin dan mencapai gelar Strata 1

Oleh

Anang Darun Naja

191910101112

**PROGRAM STUDI STRATA 1 TEKNIK MESIN
JURUSAN TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS JEMBER
2021**

PERSEMBAHAN

Laporan Skripsi ini saya persembahkan untuk :

1. Bapak H. Sholehan dan Hj. Siti Farida sebagai orang tua yang sangat sabar mendidik dan mensekolahkan anaknya hingga ke sekarang. Dan terima kasih sudah merestui keputusan anaknya untuk melanjutkan kulia ke jenjang S1;
2. Guru-guru penulis dari TK, SD, SMP, SMA, dosen, dan seluruh civitas akademika Universitas Jember khususnya Fakultas Teknik Jurusan Teknik Mesin yang telah menjadi tempat menimba ilmu dan telah membimbing penulis dengan penuh kesabaran;
3. Saudara saudara MAHADIPA, PDM XII, dulur-dulur Teknik Mesin DIII 2015 dan teman teman diluar teknik yang telah memberikan do'a, dukungan, ide, kritikan dan sarannya;
4. Almamater Fakultas Teknik Jurusan Teknik Mesin Universitas Jember;
5. Iqbal Annas Makruf selaku adik penulis yang senantiasa membantu do'a di Pesantren;
6. MAHADIPA yang selalu memberikan tempat ternyaman untuk penulis tinggal selama masa kuliah ini.

MOTTO

“Barang siapa mengerjakan kebaikan seberat zarah, niscaya dia akan melihat balasanya (QS Al-Zalzalah-7)”

“Maka nikmat mana lagi yang kau dustakan (QS Ar-Rahman)”

“Sebaik baik manusia adalah yang bermanfaat bagi manusia lainnya”

“Bersama bersodara”

“MAHADIPA, GET!”
“MAHADIPA, GET!”
“MAHADIPA, GET!”

PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Anang Darun Naja

NIM : 191910101112

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa skripsi ini yang berjudul “analisis performa turbin air tipe ulir (*Archimedes Screw*) dengan variasi sudut kemiringan” ini adalah benar-benar hasil karya sendiri, kecuali kutipan yang sudah saya sebutkan sumbernya, belum pernah diajukan pada institusi manapun, dan bukan karya jiplakan. Saya bertanggung jawab atas keabsahan dan kebenaran isinya sesuai dengan sikap ilmiah yang harus dijunjung tinggi.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya, tanpa ada tekanan dan paksaan dari pihak manapun serta bersedia mendapat sanksi akademik jika ternyata dikemudian hari pernyataan ini tidak benar.

Jember, Januari 2021

Yang menyatakan,

Anang Darun Naja

191910101112

SKRIPSI

**ANALISIS PERFORMA TURBIN AIR TIPE ULIR
(ARCHIMEDES SCREW) DENGAN VARIASI SUDUT
KEMIRINGAN**

Oleh

Anang Darun Naja

NIM 191910101112

Pembimbing :

Dosen Pembimbing Utama : Ir. Robertus Sidartawan S.T., M.T.

Dosen Pembimbing Anggota : Ir. Andi Sanata S.T., M.T

PENGESAHAN

Proyek akhir berjudul ” **Analisis performa turbin air tipe ulir (*Archimedes Screw*) dengan variasi sudut kemiringan**” telah di uji dan disahkan pada: Hari, tanggal : Selasa, 19 Januari 2021

Tempat : Fakultas Teknik Universitas Jember

Pembimbing

Pembimbing I

Pembimbing II

Ir. Robertus Sidartawan, S.T., M.T.
NIP. 197003101997021001

Ir. Andi Sanats, S.T., M.T.
NIP. 197505022001121001

Penguji

Penguji I

Penguji II

Ir. Ahmad Adib Rosyadi, S.T., M.T.
NIP. 198501172012121001

Ir. Santoso Mulyadi, S.T., M.T.
NIP. 197002281997021001

Mengetahui

Dekan Fakultas Teknik Universitas Jember

Dr. Ir. Triwahju Hardianto, S.T., M.T

NIP. 197008261997021001

RINGKASAN

Analisis performa turbin air tipe ulir (*Archimedes Screw*) dengan variasi sudut kemiringan; Anang Darun Naja; 191910101112; 2020; halaman; Jurusan S1 Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Jember.

Turbin air tipe *screw* ini dulunya adalah suatu alat yang digunakan untuk memompa air tetapi saat ini dibalik sistem kerjanya dengan memanfaatkan kecepatan aliran yang turun untuk menghasilkan daya dengan *head* rendah (Rohmer dkk., 2016). Turbin air tipe ulir ini beroperasi dengan putaran rendah dan masih tergolong baru dikembangkan dan sangat berpotensi untuk sungai-sungai atau pun saluran irigasi yang memiliki kemiringan rendah di Indonesia (Amir, 2018). Turbin ini memiliki beberapa keunggulan diantara jenis turbin *head* rendah yang lain yaitu tidak memiliki sistem kontrol khusus.

Hasil realisasi pemodelan turbin *screw* yang sudah final. Pada gambar tersebut dapat diketahui mekanismenya di mana air yang dari wadah penampung bawah di alirkan ke penampung atas dengan menggunakan pompa, tujuan adanya penampung atas ialah agar debit air yang keluar stabil. Ketika air sudah keluar maka akan diteruskan melewati *screw*, nantinya air ini akan memutar *screw*. Putaran inilah akan ditransmisikan ke generator dan menghasilkan listrik. Air yang sudah keluar akan turun ke panampung bawah dan dilanjutkan kembali oleh pompa dan akan berulang. Pada generator sudah ada kabel yang akan digunakan untuk mengambil data menggunakan multimeter dan tang ampere. Tidak lupa juga diambil data putaran menggunakan Tachometer. Setelah data yang diinginkan sudah dapat maka bisa beralih ke sudut berikutnya. Adapun diantara sudut yang paling maksimal adalah sudut 35° karena air lebih maksimal ketika melewati *screw* sehingga putaran yang dihasilkan lebih besar.

PRAKATA

Puji syukur kehadirat Allah SWT atas segala rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul ” Analisis performa turbin air tipe ulir (*Archimedes Screw*) dengan variasi sudut kemiringan”. Laporan proyek akhir ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat menyelesaikan pendidikan Strata 1 (S1) pada Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Jember.

Penyusunan proyek akhir ini tidak lepas dari bantuan berbagai pihak, oleh karena itu, penulis menyampaikan terima kasih kepada:

1. Dekan Fakultas Teknik Universitas Jember Dr. Ir. Triwahju Hardianto, S.T., M.T. atas kesempatan yang diberikan kepada penulis untuk menyelesaikan proyek akhir ini;
2. Ketua Jurusan Teknik Mesin Hari Arbiantara B., S.T., M.T. atas kesempatan yang diberikan kepada penulis untuk menyelesaikan proyek akhir ini;
3. Ir. Robertus Sidartawan S.T., M.T. selaku Dosen Pembimbing Utama dan Ir. Andi Sanata S.T., M.T. selaku Dosen Pembimbing Anggota yang penuh kesabaran memberi bimbingan, dorongan, meluangkan waktu, pikiran, perhatian dan saran kepada penulis selama penyusunan proyek akhir ini sehingga dapat terlaksana dengan baik;
4. Ir. Ahmad Adib Rosyadi, S.T., M.T. selaku Dosen Penguji I dan Ir. Santoso Mulyadi, S.T., M.T. selaku Dosen Penguji II, terima kasih atas saran dan nasehatnya;
5. Dr. Salahuddin Junus S.T., M.T. selaku Dosen Pembimbing Akademik yang selalu memberikan bimbingan dan arahan kepada penulis selama kuliah;

6. Seluruh Dosen Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Jember yang telah memberikan ilmu, bimbingan, pengorbanan, saran dan kritik kepada penulis;
7. Seluruh teknisi laboratorium Teknik Mesin Universitas Jember yang sudah memberikan masukan selama melakukan penelitian;
8. Bapak Sholehan dan Ibu Siti Farida yang telah memberikan segalanya kepada penulis;
9. Dulur-dulurku UKM MAHADIPA dan teman teman alih jenjang yang selalu memberi dukungan dan saran kepada penulis;
10. Saudara-saudaraku Habib, Halwani, Gogo, Vicky, Riki, Ayik, Gilang dan Wildan yang sudah memberikan motivasi kehidupan dan menemani ketika di rumah.
11. Pihak lain yang tidak bisa disebutkan satu-persatu.

Penulis juga memahami bahwa tulisan ini juga jauh dari kata sempurna, untuk itu penulis juga menerima segala kritik dan saran dari semua pihak demi

Jember, Januari 2021

Anang Darun Naja

DAFTAR ISI

	Halaman
COVER	i
HALAMAN JUDUL	ii
HALAMAN PERSEMBAHAN	iii
HALAMAN MOTTO	iv
HALAMAN PERNYATAAN	v
HALAMAN PEMBIMBING	vi
HALAMAN PENGESAHAN	vii
RINGKASAN	viii
PRAKATA	ix
DAFTAR ISI	xi
DAFTAR GAMBAR	xiv
DAFTAR TABEL	xvi
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Perumusan Masalah.....	3
1.3 Batasan Masalah.....	3
1.3 Tujuan.....	3
1.4 Manfaat.....	3
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	3
2.1 Turbin Air	3
2.2 Turbin Ulir.....	3
2.2.1 Prinsip Kerja Turbin Ulir	6
2.3 Dimensi Turbin Ulir	7
2.4 Daya Hidrolis dan Efisiensi	10
2.5 Kemiringan.....	11
2.6 Dinamo	12
2.6.1 Stator	13

2.6.2 Rotor	13
2.6.3 Air Gap	13
2.7 Prony Brake	14
2.8 Penelitian Sebelumnya	15
2.9 Hipotesa	17
BAB 3. METODOLOGI PENELITIAN	19
3.1 Metode Penelitian	19
3.2 Tempat dan Waktu Penelitian	19
3.2.1 Tempat Penelitian	19
3.2.2 Waktu Penelitian	19
3.3 Alat dan Bahan	19
3.3.1 Alat Penelitian	19
3.3.2 Bahan Penelitian	22
3.4 Skema Alat	23
3.4.1 Skema Ulir	23
3.4.2 Skema Komponen pada Poros	24
3.4.3 Skema Penentuan Sudut	24
3.4.4 Skema Pengujian	25
3.5 Prosedur Penelitian	26
3.6 Pelaksana Penelitian	26
3.6.1 Variabel Penelitian	26
3.6.2 Pengambilan Data	27
3.6.3 Perencanaan Analisa Data	27
3.7 Jadwal Kegiatan Penelitian	28
4.8 Diagram Alir Penelitian	29
BAB 4. PEMBAHASAN	
4.1 Hasil Pemodelan Turbin Screw	30
4.2 Hasil Pengujian Turbin Screw	30
4.3 Hasil Pengambilan Data	31
4.3.1 Hasil Pengambilan Data Tegangan, Arus, dan Rpm yang Dihasilkan	31

4.4 Pengolahan Data	32
4.4.1 Pengolahan Data Daya Output	32
4.4.2 Pengolahan Data Daya Hidrolis	32
4.4.3 Pengolahan Data Efisiensi.....	32
4.4.4 Pengolahan Data Torsi	33
4.5 Pembahasan Hasil Pengolahan Data	33
4.5.1 Pembahasan Hubungan Sudut Kemiringan dengan Daya.....	33
4.5.2 Pembahasan Hubungan Sudut Kemiringan dengan Rpm	34
4.5.3 Pembahasan Hubungan Sudur Kemiringan dengan Torsi.....	35
4.5.4 Pembahasan Hubungan Sudut Kemiringan dengan Efisiensi	36
4.6 Uji Kenormalan Data Sudut 25, 35 dan 45 dengan Daya Output.....	36
BAB 5. PENUTUP.....	38
5.1 Saran	38
5.2 Kesimpulan	38
DAFTAR PUSTAKA	39
Lampiran A. Data Hasil pengujian Turbin Screw.....	41
Lampiran B. Perhitungan	44
Lampiran C. Dokumentasi Penelitian	47

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 2.1 Klasifikasi turbin air berdasarkan <i>head</i>	3
Tabel 2.2 Perbandingan Effisiensi berbagai jenis turbin air terhadap tingkat rendaman	5
Tabel 2.3 Parameter ulir <i>Archimedes screw optimum</i>	9
Tabel 2.4 Data hasil pengambilan data	17
Tabel 3.1 Data daya <i>input</i>	27
Tabel 3.2 Data pengujian mencari torsi	27
Tabel 3.3 Data pengujian menggunakan dinamo	28
Tabel 3.4 Efisiensi dengan menggunakan Dinamo	28
Tabel 3.6 <i>Time Schedule</i> Penelitian	30
Tabel 4.1 Hasil pengambilan data tegangan, arus, dan rpm.....	32
Tabel 4.2 Data hasil pengolahan data <i>output</i>	33
Tabel 4.3 Data hasil pengolahan data daya hidrolis.....	33
Tabel 4.4 Data hasil pengolahan data efisiensi	33
Tabel 4.5 Data hasil pengolahan data torsi	34

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1 Pompa (<i>Archimedes Screw</i>)	4
Gambar 2.2 Grafik pengaruh torsi dengan waktu pada sudut 0	5
Gambar 2.3 Skema Turbin <i>Archimedes Screw</i>	6
Gambar 2.4 Profil ulir 2 sudu	7
Gambar 2.5 Kemiringan <i>head</i>	12
Gambar 2.6 Dinamo	13
Gambar 2.7 <i>Prony Brake</i>	15
Gambar 2.8 Tiga macam model turbin ulir	16
Gambar 2.9 Grafik hubungan putaran turbin dan kemiringan poros	16
Gambar 3.1 Turbin Ulir	19
Gambar 3.2 Tachometer	20
Gambar 3.3 Tang Ampere	20
Gambar 3.4 Avometer	21
Gambar 3.5 Busur	21
Gambar 3.6 Pronybrake	22
Gambar 3.7 Pompa	22
Gambar 3.8 Dinamo	23
Gambar 3.9 Skema Ulir	23
Gambar 3.10 Skema komponen pada poros	24
Gambar 3.11 Skema Penentuan Sudut	24
Gambar 3.12 Skema alat pengujian	25
Gambar 3.13 Diagram alir Penelitian	29
Gambar 4.1 Realisasi Turbin Ulir	30
Gambar 4.2 Kesalahan pada sudut 65	31
Gambar 4.3 Grafik hubungan pengaruh sudut dengan arus	33
Gambar 4.4 Grafik hubungan pengaruh sudut dengan tegangan	34
Gambar 4.4 Grafik hubungan antara sudut dengan daya output	34
Gambar 4.5 Grafik Hubungan antara sudut dengan rpm	35

Gambar 4.6 Grafik Hubungan antara sudut dengan torsi.....	35
Gambar 4.8 hubungan antara sudut dengan efisiensi.....	36
Gambar A.9 Grafik Probabilitas data sudut 25	37
Gambar 4.10 Grafik Probabilitas data sudut 35	37
Gambar 4.11 Grafik Probabilitas data sudut 45	37
Gambar B.1 Skema Sudut.....	44
Gambar C.1 Proses Pengujian Screw di Sungai.....	48
Gambar C.2 Proses Pengujian Screw ketika sudah ada sudut kemiringan	48
Gambar C.3 Pemasangan Generator	49
Gambar C.4 Pemasangan Penampung atas	49
Gambar C.5 Pemasangan Punutup Screw	49
Gambar C.6 Pemasangan Penyangga Penampang Sudut.....	50
Gambar C.7 Pengecekan Penyangga Indikasi Sudut	50
Gambar C.8 Pengukuran Diameter Poros	50
Gambar C.9 Sudut Kemiringan 25	50
Gambar C.10 Sudut Kemiringan 35	51
Gambar C.11 Sudut Kemiringan 45	51
Gambar C.12 Sudut Kemiringan 65	52
Gambar C.13 Pengecekan generator	52
Gambar C.14 Multimeter	53
Gambar C.15 Proses pengisian penampung dan buka kran	53
Gambar C.16 Pengambilan data rpm	53
Gambar C.17 Pengambilan data rpm	54
Gambar C.18 Pengambilan data tegangan dan arus.....	54
Gambar C.19 Pemberian WD (proses perawatan)	55
Gambar C.20 Proses Perawatan	55

BAB 1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Indonesia adalah negara yang memiliki potensi sumber daya alam yang melimpah yang dapat dimanfaatkan sebagai energi yang terbarukan seperti mikrohidro, energi surya, energi angin, dan energi air. Pemerintah Indonesia telah menerbitkan pedoman pengusaha pembangkit Tenaga listrik skala kecil melalui kepmen ESDM No. 112k/30/MEM/2002 untuk meningkatkan pemanfaatan energi terbarukan untuk pembangkit listrik sampai dengan 1 MW yang diusulkan (Saputra dkk., 2019). Salah satu pembangkit listrik tenaga terbarukan yang menyediakan sumber listrik yang efektif di pedesaan, populasi kecil, dan permintaan energi rendah yang baik yaitu mikrohidro (Zitti dkk., 2020). Implementasi mikrohidro dilakukan dengan memanfaatkan potensi aliran air dengan *head* (ketinggian) rendah dan debit tertentu dikonversi menjadi energi listrik melalui turbin dan generator.

Turbin air adalah suatu perangkat yang mengubah energi kinetik air yang mengalir seperti pasang surut, aliran sungai atau aliran yang dibuat oleh manusia yang akan diubah menjadi energi listrik (Mosbahi dkk., 2020). Turbin air dibagi atas *head* tinggi, *head* menengah, dan *head* rendah. Sebagai besar desain turbin ditentukan oleh *head* turbin air tersebut. Adapun untuk penelitian ini akan focus pada turbin air ulir (*archimedes screw*). Turbin air tipe *screw* ini dulunya adalah suatu alat yang digunakan untuk memompa air tetapi saat ini dibalik sistem kerjanya dengan memanfaatkan kecepatan aliran yang turun untuk menghasilkan daya dengan *head* rendah (Rohmer dkk., 2016). Turbin air tipe ulir ini beroperasi dengan putaran rendah dan masih tergolong baru dikembangkan dan sangat berpotensi untuk sungai-sungai atau pun saluran irigasi yang memiliki kemiringan rendah di Indonesia (Amir, 2018). Turbin ini memiliki beberapa keunggulan diantara jenis turbin *head* rendah yang lain yaitu tidak memiliki sistem kontrol khusus karena kegunaan unit peralatan dan generator yang standar, mudah dalam kontruksi, mudah dalam instalasi dan perawatan (Shahverdi

dkk., 2020). Adapun untuk *head* rendah yang cocok bagi turbin ulir ini (<5 m) dalam kondisi apapun (Siswantara dkk., 2019). Turbin air tipe *screw* ini sangatlah baik juga bagi ekosistem biota air yang melewati aliran turbin air tipe *screw* ini bahkan tingkat cedera yang dialami hanya <1% (Adam dkk., 2018). Kinerja turbin ulir dipengaruhi oleh parameter penting seperti jarak periode dari sebuah sudu (*pitch*), kemiringan poros, dan banyaknya sudu pada ulir (Rorres, 2000). Adapun besarnya sudut kemiringan poros berpengaruh terhadap banyaknya volume air pada ruang diantara 2 sudu (Harja dkk., 2014).

Turbin ulir (*archimedes screw*) ini memiliki keunggulan dari turbin air yang lain yaitu bisa digunakan pada sudut kemiringan 0° atau ketinggian yang kurang dari 5 m (Zitty dkk, 2019). Maka dengan itu turbin ulir (*archimedes screw*) sangat berpotensi digunakan di Indonesia yang sungainya banyak memiliki *head* rendah. Adapun penelitian sebelumnya mengenai turbin ini yaitu Hizhar dkk.(2017) telah melakukan penelitian tentang Rancang bangun dan studi eksperimental pengaruh perbedaan jarak *pitch* dan kemiringan poros terhadap kinerja mekanik model turbin ulir 2 *blade* pada aliran *head* rendah. Hasil penelitian tersebut menunjukkan bahwa pada sudut kemiringan poros 25° , ulir *pitch* 2 Ro menghasilkan daya sebesar 15,89W dengan efisiensi 73,08%, adapun untuk hasil ini diakibatkan pengaruh perbedaan daya air pada kemiringan sudut poros turbin. Sedangkan menurut penelitian dari Erinofiardi dkk.(2017) dengan menggunakan diameter 142 mm dan debit air 1,2 l/s dengan *head* 0,25 m dapat menghasilkan daya maksimal sebesar 1,4 w dengan efisiensi 49% pada sudut kemiringan 22° . Berdasarkan hasil kajian penelitian sebelumnya dengan menggunakan kemiringan sudut dan 2 sudu. Adapun penelitian dari Delingger dkk.(2019) menggunakan variasi jumlah blade yaitu 3,4 dan 5 *blade*, dimana jumlah *blade* 3 memiliki efisiensi lebih tinggi meskipun hanya menggunakan sudut kemiringan yang relatif rendah yaitu $15,5^\circ$. Berdasarkan beberapa penelitian di atas maka Peneliti ingin melakukan penelitian dengan judul analisis performansi turbin air tipe ulir (*archimedes screw*) 1 sudu dengan variasi sudut kemiringan poros dengan variasi sudut 65° , 45° , dan 25° di mana perbedaannya dari sebelumnya pada jumlah *blade*.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas maka rumusan masalah, sebagai berikut

- 1) Bagaimana pengaruh sudut kemiringan poros turbin ulir terhadap efisiensi turbin?

1.3 Batasan Masalah

Penentuan batasan masalah bertujuan agar penelitian dapat mencapai hasil yang telah ditetapkan. Batasan masalah penelitian ini antara lain

- 1) Debit air di dalam percobaan diasumsikan sama setiap percobaan
- 2) Suhu air dan sekitar diasumsikan sama disetiap pengambilan data
- 3) Kondisi air yang dipakai untuk penelitian diasumsikan sama

1.4 Tujuan Penelitian

Adapun untuk tujuan penelitian ini sebagai berikut

- 1) Mengetahui pengaruh sudut kemiringan poros turbin ulir terhadap torsi
- 2) Mengetahui pengaruh sudut kemiringan poros turbin ulir terhadap daya listrik yang didapat
- 3) Mengetahui pengaruh sudut kemiringan poros turbin ulir terhadap efisiensi turbin

1.5 Manfaat penelitian

Adapun untuk manfaat penelitian ini sebagai berikut

- 1) Dapat dijadikan referensi untuk penelitian berikutnya yang berhubungan dengan turbin ulir
- 2) Dapat membantu membuat solusi untuk energi terbarukan meskipun dengan skala kecil

BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Turbin Air

Turbin air adalah suatu perangkat yang mengubah energi kinetik air yang mengalir seperti pasang surut, aliran sungai atau aliran yang dibuat oleh manusia yang akan diubah menjadi energi listrik (Mosbahi dkk., 2020). Turbin berfungsi mengubah energi potensial dan kinetik menjadi energi listrik. Gaya jatuh air yang akan mendorong *blade* untuk berputar sehingga menyebabkan turbin berputar.

Berdasarkan bentuk turbin air dibagi menjadi atas turbin impuls dan turbin reaksi. Turbin impuls adalah turbin air yang cara kerjanya merubah seluruh energi air menjadi energi kinetik untuk memutar turbin (Situmorong dkk., 2014). Turbin reaksi adalah turbin yang cara kerjanya merubah seluruh energi air yang tersedia menjadi energi kinetik. Sudu pada turbin reaksi mempunyai profil khusus yang menyebabkan terjadinya penurunan tekanan air selama melalui sudu. Perbedaan tekanan ini memberikan gaya pada sudu sehingga runner dapat berputar. Turbin reaksi ialah turbin francis, kaplan dan turbin ulir (*archimedes*).

Tabel 2.1 Klasifikasi turbin air berdasarkan daerah operasi

Jenis Turbin	Variasi head (m)
Turbin francis	$10 < H < 350$
Kaplan	$2 < H < 20$
Turbin Ulir (Archimedes)	$H > 0$

(Sumber : Arifin, 2017)

2.2 Turbin Ulir

Turbin ulir merupakan teknologi yang sejak zaman dulu sudah ditemukan dan diterapkan sebagai pompa, dimana pada konstruksinya terdiri dari satu atau beberapa sudu berbentuk heliks atau *screw* yang terpasang pada poros dan berfungsi sebagai *bucket* bergerak untuk membawa air ke atas (Harja dkk., 2014).



Gambar 2.1 Pompa (*Archimedes Screw*) (sumber : Rorres, 2000)

Turbin ini salah satu turbin yang sangat spesial karena dapat beroperasi pada daerah yang memiliki *head* yang sangat rendah. Pada penggunaan turbin ulir ini posisinya tergantung dari kondisi *head* yang ada dilapangan. Turbin ulir bekerja pada *head* yang rendah (Juliana dkk., 2018). Adapun beberapa keunggulan dari turbin *Archimedes Screw* dibandingkan dengan jenis turbin air lainnya yaitu

- a. Baik dikembangkan pada daerah yang memiliki sumber air dengan debit yang cukup besar (sungai) namun hanya memiliki *head* yang rendah
- b. Tidak memerlukan suatu kontrol yang rumit seperti pada turbin lainnya
- c. Tekanan air pada turbin ulir tidak mengganggu suatu ekologi terutama pada makhluk hidup seperti ikan
- d. Memiliki efisiensi yang baik dengan variasi debit yang sederhana
- e. Tidak memerlukan jaring halus sebagai pencegahan masuknya puing-puing kedalam turbin, sehingga dapat mengurangi biaya perawatan.

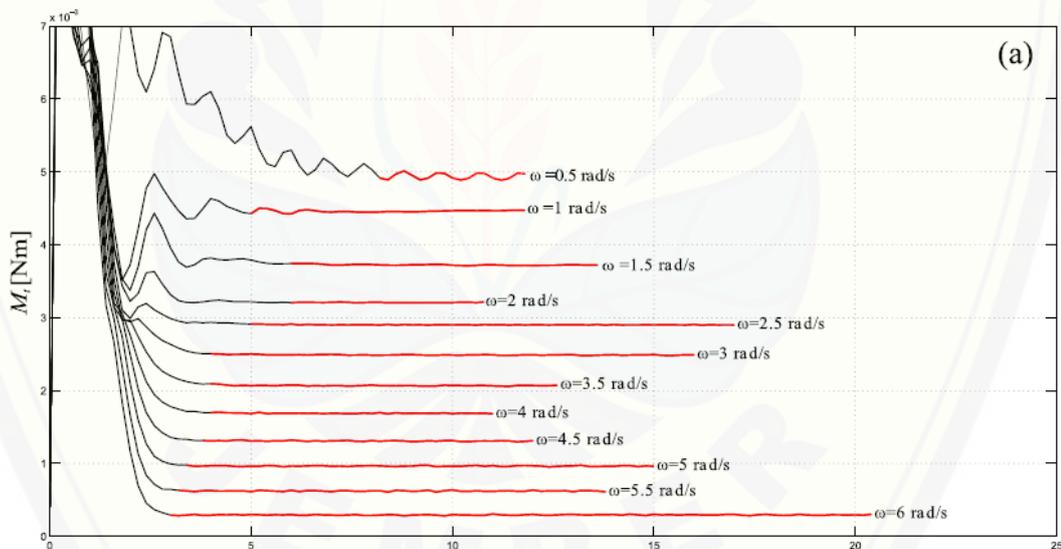
Pada Tabel 2.1 ditunjukkan pada perbandingan efisiensi turbin air jenis ulir (*Archimedes Screw*), Turbin Kaplan, turbin Francis, dan turbin bangki (*Crossflow*) terhadap tingkat rendaman sudu dalam air. Tabel 2.2 menunjukkan bahwa turbin ulir (*Archimedes Screw*) lebih baik dari jenis turbin lain seluruh kondisi rendaman.

Tabel 2.2 Perbandingan Efisiensi berbagai jenis turbin air terhadap tingkat rendeman

Water engine filling										
Water engine type	10%	20%	30%	40%	50%	60%	70%	80%	90%	100%
Archimedean screw	25	74	77	79	82	83	84	85	86	87
Kaplan turbine	15	70	85	88	90	90	90	90	88	85
Francis turbine	-	-	15	58	72	78	82	82	82	80
Banki turbine	-	40	60	68	72	74	75	74	72	70
Water engine efficiency [%]										

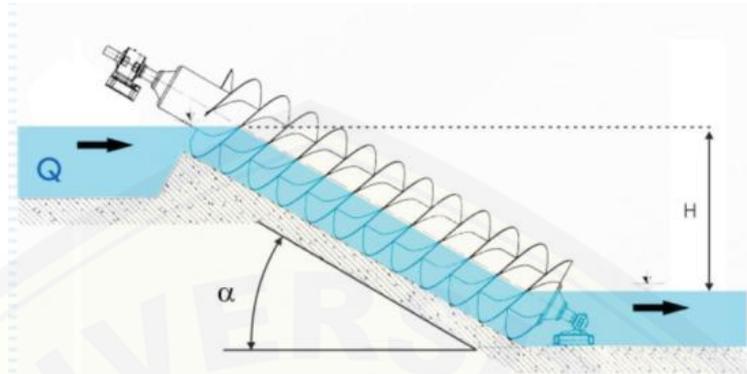
(Sumber : Harja dkk., 2014)

Adapun keunggulan turbin ulir ini di banding turbin air yang lain adalah turbin air tipe ulir (*Archimedes Screw*) masih bisa berputar pada sudut 0° / head = 0 m. Zitty dkk (2019) menjelaskan pada gambar grafik 2.1 bahwasanya pada sudut 0° turbin ulir ini masih bisa berputar konstan kurang dari 5 detik.



Gambar 2.2 Grafik pengaruh torsi dengan waktu pada sudut 0° (Zitty dkk., 2019)

2.2.1 Prinsip Kerja Turbin Ulir



Gambar 2.3 Skema Turbin *Archimedes Screw* (sumber:Nurdin dkk., 2018)

Rorres (2000) menyatakan bahwa geometri dari seluruh ulir (*Archimedes Screw*) ditentukan oleh beberapa parameter eksternal yaitu jari-jari terluar, dalam, panjang ulir dan kemiringan. Parameter parameterlain yang mempengaruhi wadalah parameter internal seperti jari-jari dalam, jumlah blade atau sudu, dan picth *blade*. Parameter-parameter eksternal tersebut biasanya ditentukan oleh lokasi penempatan ulir dan seberapa banyak air yang akan diangkat, sementara parameter parameter internal adalah bebas ditentukan sendiri untuk lebih mengoptimalkan atas kinerja turbin ulir (*Archimedes Screw*).

Lisicki, dkk (2016) menjelaskan dipenelitiannya mengenai desain turbin ulir (*archimedes*) bahwasanya ketika air mulai masuk pada *screw* maka akan mengakibatkan perputaran pada poros karena adanya tekanan hidrostatis.

Delingger, dkk (2019) menjelaskan bawasanya turbin ulir archimedes dipengaruhi oleh laju aliran (Q) akan mendorong bila *screw*/ulir yang mengakibatkan kecepatan poros berputar lebih cepat.

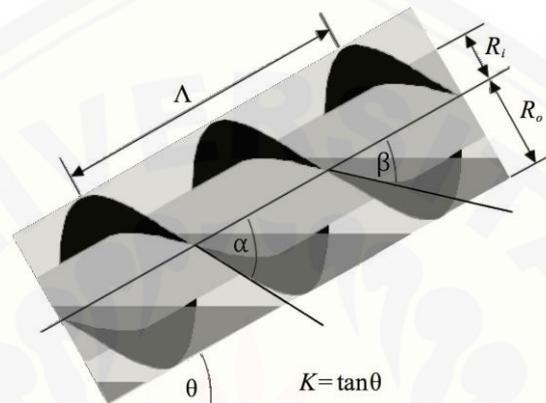
Secara umum prinsip kerja turbin ulir ini sebagai berikut

- a. Air dari ujung atas mengalir masuk ke ruang diantara kisaran sudu ulir (bucket) dan keluar dari ujung bawah
- b. Gaya berat air dan beda tekanan hidrostatis dalam bucket di sepanjang rotor pada sumbunya

- c. Rotor turbin memutar generator listrik yang disambungkan dengan ujung atas poros turbin ulir.

2.3 Dimensi Turbin Ulir

Geometri sebuah turbin maupun pompa ulir *archimedes* ditentukan oleh dimensi luar dan dimensi dalam turbin



Gambar 2.4 Profil ulir 2 Sudu (sumber :Rorres, 2000)

Keterangan

R_i : jari-jari dalam sudu ulir ($0 < R_i < R_o$) (m)

R_o : jari-jari luar sudu turbin (m)

A : kisar ulir sudu turbin ($0 < A < 2\pi R_o / K$)

K : $\tan \theta$

θ : sudut kemiringan poros turbin ($^\circ$)

β : sudut ulir (pada posisi R_i) ($^\circ$)

α : Sudut ulir (Pada posisi R_o) ($^\circ$)

N : Jumlah sudu (1,2,...)

Dimensi luar turbin terdiri jari-jari terluar sudu ulir R_o , kisarwulir A , dan sudut kemiringan poros θ . Dimensi luar ditentukan oleh lokasi penempatan ulir, materia ulir yang akan digunakan dan debit air. Sudut kemiringan poros θ turbin umumnya antara 30° sampai 60° . Sedangkan dimensi bagian dalam turbin meliputi jari-jari dalam R_i , jumlah sudu N , dan jarak antar sudu bila $N > 1$. Dimensi dalam turbin bebas dipilih, sehingga pengoptimuman turbin ulir

dapat dilakukan dengan mengubah dan memvariasikannya. Adapun panjang poros ulir L dapat dihitung mengingat hubungan

$$L = \frac{H}{K} \dots\dots\dots (2.1)$$

Keterangan :

L : Panjang Poros (m)

H : Head atau ketinggian (m)

K : $\tan \theta$

Didalam penelitiannya rorres menawarkan formulasi untuk menentukan dimensi-dimensi ulir *Archimedes* berdasarkan perhitungan pemaksimuman volume air diantara kisar sudu, volume maksimum tersebut dinyatakan dalam persamaan

$$v = \frac{Vt}{\pi R_o^2 A} \dots\dots\dots (2.2)$$

Keterangan :

v : volume ratio

Vt : volume air ketika melewati turbin (v/s)

A : kisar ulir/*Picth Rasio*(mm)

Pada volume maksimum tersebut, diameter dalam Ri dapat diperoleh dari persamaan

$$R_i = \rho R_o \dots\dots\dots (2.3)$$

Kisar ulir pada volume maksimum tersebut dinyatakan oleh persamaan

$$A = \frac{2\pi R_o \tau}{K} \dots\dots\dots (2.4)$$

Jumlah kisanan m yang diperlukan pada panjang poros turbin ulir L untuk panjang kisar optimum A dapat dihitung dengan persamaan

$$m = \frac{L}{A} \dots\dots\dots (2.5)$$

Keterangan :

m : jumlah kisanan

L : panjang poros (m)

A : kisar ulir/*Picth Rasio* (m)

Hubungan sudut sudu dengan *picht* sebagai berikut (Rorres, 2000)

$$A = 2,4R_o \text{ untuk } \theta < 30^\circ$$

$A = 2,0R_o$ untuk $\theta = 30^\circ$

$A = 1,6R_o$ untuk $\theta > 30^\circ$

Tabel 2.3 Parameter ulir *Archimedes Screw Optimum*

Number of blades N (1)	Optimal radius ratio ρ^* (2)	Optimal pitch ratio λ^* (3)	Optimal volume-per-turn ratio $\lambda^*v(N, \rho^*, \lambda^*)$ (4)	Optimal volume ratio $v(N, \rho^*, \lambda^*)$ (5)
1	0.5358	0.1285	0.0361	0.2811
2	0.5369	0.1863	0.0512	0.2747
3	0.5357	0.2217	0.0598	0.2697
4	0.5353	0.2456	0.0655	0.2667
5	0.5352	0.2630	0.0696	0.2647
6	0.5353	0.2763	0.0727	0.2631
7	0.5354	0.2869	0.0752	0.2619
8	0.5354	0.2957	0.0771	0.2609
9	0.5356	0.3029	0.0788	0.2601
10	0.5356	0.3092	0.0802	0.2592
11	0.5358	0.3145	0.0813	0.2586
12	0.5360	0.3193	0.0824	0.2580
13	0.5360	0.3234	0.0833	0.2574
14	0.5360	0.3270	0.0841	0.2571
15	0.5364	0.3303	0.0848	0.2567
16	0.5362	0.3333	0.0854	0.2562
17	0.5362	0.3364	0.0860	0.2556
18	0.5368	0.3380	0.0865	0.2559
19	0.5364	0.3404	0.0870	0.2555
20	0.5365	0.3426	0.0874	0.2551
21	0.5370	0.3440	0.0878	0.2553
22	0.5365	0.3465	0.0882	0.2544
23	0.5369	0.3481	0.0885	0.2543
24	0.5367	0.3500	0.0888	0.2538
25	0.5371	0.3507	0.0891	0.2542
.
.
.
∞	0.5394	0.3953	0.0977	0.2471

(Sumber : Rorres, 2000)

2.4 Daya Hidrolis dan efisiensi

Debit air merupakan besaran yang menyatakan banyaknya air yang mengalir selama satu waktu yang melewati suatu penampang luas. Pengujian debit air bertujuan untuk mengetahui seberapa banyak air yang mengalir dalam satuan volume per satuan waktu. Untuk menghitung nilai debit air dapat digunakan persamaan sebagai berikut

$$Debit = \frac{Volume\ bejana}{waktu\ untuk\ memenuhi\ bejana} \dots\dots\dots (2.6)$$

Daya hidrolis adalah daya yang dihasilkan oleh air yang mengalir dari suatu ketinggian. Dalam hal ini daya hidrolis diperoleh dari daya air yang dihasilkan oleh pompa

$$P = \rho \times g \times Q \times h \dots\dots\dots (2.7)$$

Keterangan :

P : daya hidrolis (Watt)

ρ : Massa jenis fluida/air (kg/m^3)

Q : Debit air (m^3/s)

g: gaya gravitasi (m/s^2)

H : Head atau ketinggian air jatuh (m)

Daya yang dihasilkan generator dapat dihitung menggunakan persamaan berikut (Juliana dkk, 2018) :

$$P_{out} = V \times I \dots\dots\dots (2.8)$$

Keterangan :

Pout : Daya keluar (Watt)

V : Tegangan (Volt)

I : Arus (A)

Bisa juga mencari daya generator dengan menggunakan persamaan berikut (Delingger dkk, 2019)

$$P_{out} = \frac{C_{screw} n 2 \pi}{60} \dots\dots\dots (2.9)$$

Csrew : Torsi pada screw

Nn : putaran poros (Rpm)

Pout : Daya keluar (watt)

Efisiensi sistem merupakan kemampuan peralatan pembangkit untuk mengubah energi kinetik air yang mengalir menjadi energi listrik (Saputra dkk, 2019). Untuk menghitung efisiensi dapat menggunakan rumus sebagai berikut

$$\eta = \frac{P_{out}}{P_{in}} \dots\dots\dots (2.10)$$

Keterangan

η = Efisiensi

Pout = Daya Hidrolis (watt)

Pin = Daya Generator (watt)

Adapun efisiensi juga bisa didapatkan dengan menggunakan rumus

$$\eta = \frac{(2 \times a + 1)}{(2 \times a + 2)} \times \left(1 - \frac{0,01125 \times D^2}{Q} \right) \dots\dots\dots (2.11)$$

Nilai a bisa didapatkan dengan menggunakan rumus berikut

$$a = \frac{h_0}{\Delta h}$$

$$\Delta h = X \sin \beta$$

$$X = \frac{1}{N} S$$

S = jika sudut turbin ≤ 30 maka $S = 1,2 D$

S = jika sudut turbin $= 30$ maka $S = 1,0 D$

S = jika sudut turbin ≥ 30 maka $S = 0,8 D$

Keterangan :

N = Jumlah sudut

Q = Debit (m^3/s)

D = Diameter turbin (m)

h_0 = Kedalaman sungai (m)

S = Jarak Pitch (m)

Momen gaya (torsi) adalah sebuah besaran yang menyatakan besarnya gaya yang bekerja pada sebuah benda sehingga mengakibatkan benda tersebut berotasi. Untuk menghitung torsi dapat menggunakan persamaan sebagai berikut

$$P = T \cdot 2\pi \frac{N}{60}$$

$$T = \frac{P}{2\pi \frac{N}{60}} \dots\dots\dots (2.11)$$

Keterangan

T = Torsi (Nm)

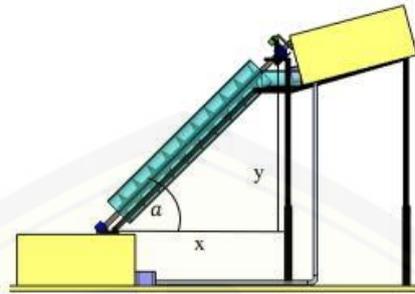
P = Daya (Kw)

N = Kecepatan putaran (rpm)

2.5 Kemiringan

Posisi kemiringan yang tajam dengan maksud agar diperoleh kecepatan dan tekanan air yang tinggi untuk memutar turbin, semakin besar tekanan air atau kecepatan air maka daya putar turbin semakin cepat yang berpengaruh terhadap

daya output yang akan dihasilkan oleh generator (Juliana dkk, 2018). Seperti pada gambar berikut



Gambar 2.5 Kemiringan *Head* Turbin (Juliana dkk., 2018)

Derajat kemiringan dapat ditentukan dengan persamaan

$$\tan \alpha = \frac{y}{x}$$

$$\alpha = \tan^{-1}\left(\frac{y}{x}\right) \dots\dots\dots (2.12)$$

Keterangan

Tan α = derajat kemiringan

y = jarak vertikal

x = jarak herizontal

2.6 Dinamo

Generator (dinamo) merupakan alat yang prinsip kerjanya berdasarakan induksi elektromagnetik (Jaya dkk,2017).Induksi elektromagnetik banyak digunakan untuk mengubah energi kinetik menjadi energi listrik seperti dalam dinamo sepeda. Dinamo sepeda merupakan mesin listrik yang mengubah energi mekanik menjadi energi listrik dengan menggunakan prinsip induksi elektromagnetis. Mesin ini merupakan generator sinkron yang berkapasitas kecil tergantung dari spesifikasinya seperti 6V 6W, 12V 6W, 12V 12W, dan lain-lain. Pada sepeda, alat ini memanfaatkan putaran roda sepeda untuk menghasilkan listrik yang akan menyuplai beban berupa lampu. Tegangan yang dihasilkan dinamo bergantung kepada besarnya putaran sepeda yang memutar rotor dinamo. Semakin besar putaran maka semakin besar pula tegangan yang dihasilkan.Pada

saat berputar dengan kecepatan ratingnya, tegangan yang dihasilkan dinamo adalah 13-14 volt. Dengan nilai tegangan itu, maka beban berupa lampu 12 V dapat menyala. Apabila perputaran ban sepeda sangat kencang dan tegangan yang dihasilkan sangat besar, maka beban yang berupa lampu dapat putus atau rusak jika tidak ada penambahan jumlah beban lainnya. Oleh karena itu dinamo sepeda biasanya dirancang berdasarkan kecepatan putaran ban agar dapat menghasilkan tegangan yang sesuai dengan bebannya.



Gambar 2.6 Dinamo (sumber :Jaya dkk., 2017)

2.5.1 Stator

Stator terdiri dari inti stator dan kumparan stator dan diletakkan pada frame depan dan belakang. Pada inti stator, dibuat dari beberapa lapis plat besi tipis. Inti stator ini akan mengalirkan flux magnet yang disuplai oleh inti rotor, sehingga flux magnet akan menghasilkan efek yang maksimum pada saat melalui kumparan stator.

2.5.2 Rotor

Rotor berfungsi untuk membangkitkan medan magnet. Rotor berputar bersama poros, karena gerakannya maka disebut dengan medan magnet berputar. Medan magnet tersebut dihasilkan oleh magnet permanen yang menempel pada rotor. Oleh karena itu dinamo sepeda tidak memerlukan lagi arus eksitasi dari luar.

2.5.3 Air Gap

Celah udara pada generator merupakan tempat berpindahnya fluks magnet pada magnet permanen dan menginduksi ke kumparan stator.

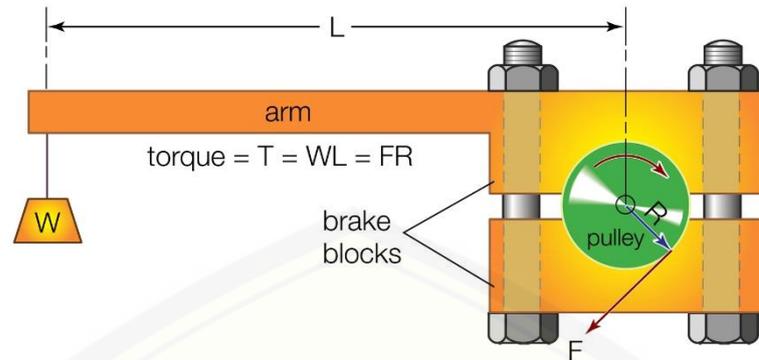
Sehingga pada celah udara ini terjadi mekanisme perpindahan atau konversi energi dari mekanik menjadi elektrik. Tentunya besar atau lebarnya celah udara ini mempengaruhi penginduksian ke kumparan stator.

Pada umumnya beban yang disuplai oleh dinamo merupakan beban AC, maka dari itu tegangan keluaran dari dinamo ini tidak perlu diubah menjadi tegangan DC. Tetapi jika beban yang ingin disuplai merupakan beban DC, maka diperlukan rangkaian penyearah untuk mengkonversi tegangan AC menjadi DC.

2.7 Prony Brake

Prony brake merupakan perangkat sederhana diciptakan oleh Gaspard de Prony yang digunakan untuk mengukur torsi yang dihasilkan oleh suatu mesin. *Prony brake* merupakan salah satu dynamometer berjenis penyerapan karena kerjanya bergantung pada pengaturan torsi tarikan (Yahya dkk., 2016). Pada dasarnya *prony brake* bekerja dengan membungkus kabel atau sabuk disekitar poros output mesin dan mengukur kekuatan di transfer ke sabuk melalui gesekan. Gesekan yang terjadi meningkat dengan mengencangkan sabuk sampai frekuensi rotasi poros berkurang. Dalam prakteknya tenaga mesin yang lebih kemudian dapat diterapkan sampai batas mesin tercapai.

Rem *prony brake* dapat dikelompokkan ke dalam salah satu jenis dari rem drum. Sistem dan mekanisme kerjanya hampir sama dengan rem drum, hanya saja rem *prony* sistem kerjanya berupa penekanan pada material yang sedang bergerak dibagian dalam sedangkan rem drum bagian luar. Penggunaan rem *prony* ini lebih banyak diaplikasikan untuk pengereman batangan poros dari arah dalam dan secara umum sistem penekanan pegasnya manual. Berikut contoh mekanisme *prony brake*



Gambar 2.7 Prony Brake

(Sumber : <https://www.britannica.com/technology/Prony-brake>)

Keuntungan dan kerugian didalam pemakaian *Prony brake* adalah

Keuntungan

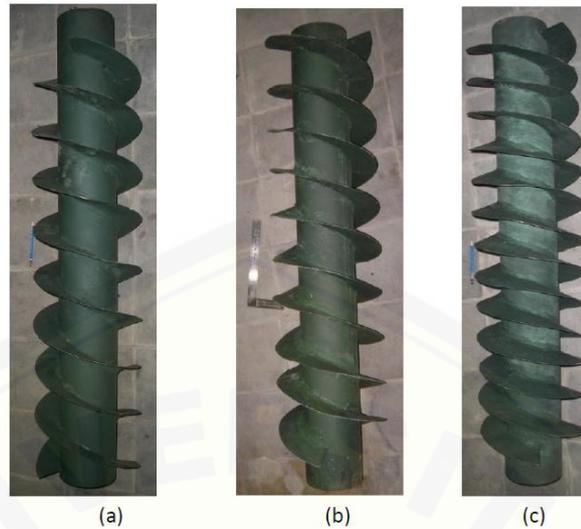
- 1) konstruksi sederhana, murah, dan mudah dibuat
- 2) baik untuk putaran rendah

Kerugian

- 1) Sukar menunjukkan beban yang konstan
- 2) Pada kecepatan tinggi pembacaan tidak stabil dan suara bising

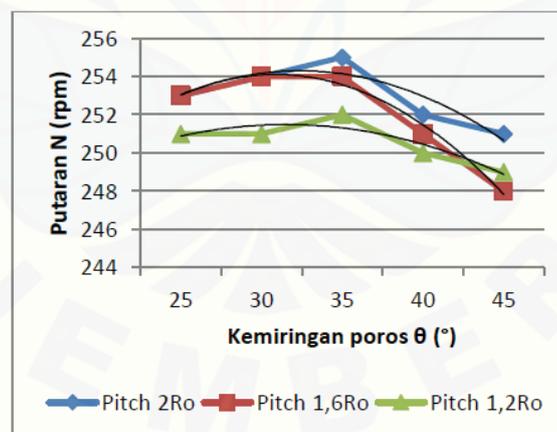
2.8 Penelitian Sebelumnya

Hizhar, dkk (2017) melakukan penelitian mengenai pengaruh perbedaan jarak pitch dan kemiringan poros terhadap kinerja mekanik model turbin ulir 2 blade aliran head rendah. Jarak pitch yang digunakan adalah $2R_o$, $1,6R_o$, dan $1R_o$ sebagai variasi yang akan di uji. Adapun sudut kemiringan poros yang akan divariasikan ialah 25° , 30° , 35° , 40° , dan 45° . Dan debit aliran yang digunakan adalah konstan yaitu $0,00728 \text{ m}^3/\text{s}$.



Gambar 2.8 Tiga macam model turbin ulir, (a) ulir *pitch* 2Ro, (b) ulir *pitch* 1,6Ro, (c) ulir *pitch* 1,2 Ro (Sumber: Hizhar dkk, 2017)

Pada pengujian penelitian mengenai pengaruh jarak *pitch* dengan sudut kemiringan poros. Pengujiannya tanpa beban bertujuan untuk melihat pengaruh variasi tiga *pitch* dan kemiringan poros model turbin ulir terhadap kecepatan putaran turbin pada saat turbin belum dibebani. Adapun hasil pengujiannya



Gambar 2.9 Grafik hubungan antara putaran turbin dan kemiringan poros pada pengujian tanpa beban (Sumber : Hizhar dkk, 2017)

Pada gambar grafik diatas variasi kemiringan 25° hingga 35° , pola aliran masih stabil dan tidak terjadi loncatan ketika menumbuk lingkaran ulir *blade* sehingga gaya aliran bekerja efisien untuk menghasilkan gaya tangensial dan putaran turbin. Namun, pada variasi kemiringan poros 40° dan 45° , terlihat

adanya perubahan bentuk aliran di mana aliran air cenderung meloncat dari ujung *flume* dan tidak tepat lagi menumbuk lingkaran ulir pertama *blade*.

Delinger, dkk (2019) melakukan penelitian mengenai *Effect of slope and number of blades on Archimedes screw generator power output*. Pada penelitian ini menggunakan jumlah sudu sebagai variasinya yaitu jumlah 3,4 dan 5. Adapun untuk sudut kemiringan poros yang digunakan 10°, 15,5°, 20°, 24,5°, 29°, 32,5°, dan 38°. Adapun hasil yang didapat setelah dilakukan pengujian sebagai berikut

Tabel 2.5 Data hasil pengambilan data

	N=3			N=4			N=5		
	Q (l/s)	P_{screw} (W)	η (-)	Q (l/s)	P_{screw} (W)	η (-)	Q (l/s)	P_{screw} (W)	η (-)
$\beta = 10^\circ$	10.336	25.747	0.861	10.329	26.421	0.865	10.317	26.693	0.862
$\beta = 15.5^\circ$	9.694	29.646	0.855	9.724	30.840	0.866	9.732	31.122	0.862
$\beta = 20^\circ$	9.131	32.577	0.851	9.201	34.093	0.863	9.231	34.765	0.865
$\beta = 24.5^\circ$	8.516	34.363	0.845	8.638	36.239	0.857	8.698	37.299	0.858
$\beta = 29^\circ$	7.824	34.144	0.827	8.015	36.871	0.848	8.114	38.147	0.852
$\beta = 33.5^\circ$	7.005	31.363	0.805	7.303	35.732	0.835	7.456	37.452	0.839
$\beta = 38^\circ$	5.932	19.527	0.859	6.442	19.881	0.855	6.683	20.051	0.851

(Sumber : Delinger dkk., 2019)

Dapat dilihat bahwasanya semakin kecil sudut kemiringan poros maka daya yang dihasilkan semakin besar itu dikarenakan putaran yang dihasilkan lebih besar. Putaran besar yang didapatkan karena pada sudut 10° tekanan hidrotastis yang mengenai ulir lebih kuat.

2.9 Hipotesis

Berdasarkan penelitian sebelumnya yang sudah dibaca dengan topik Turbin Ulir (*Archimedes Srew*) dengan konstansi pada sudut kemiringan poros dan jumlah sudu. Pada penelitian sebelumnya sudut kemiringan poros terbesar pada sudut 35° dengan 2 sudu (Sumber : Hizhar dkk, 2017). Sehingga pada penelitian ini penulis ingin melakukan variasi pada sudut kemiringan poros dan jumlah sudu yang hanya 1 sudu. Adapun sudut yang pilih 65°, 45°, 35° dan 25°. Menurut hipotesa penulis yang paling baik nantinya adalah sudut 35° karena pada sudut itu aliran air lebih lama melewati turbin ulir dari pada sudut yang lain akibatnya maka putarannya akan lebih cepat dan lebih maksimal menghasilkan torsi dan daya yang besar akibatnya efisiensi juga akan baik. Kalau pun dilihat semakin tinggi sudut kemiringan maka

air akan lebih cepat turun akibatnya turbin ulir kurang cepat memutar karena ada luapan air yang membuat ulir tidak bisa terdorong maksimal.



BAB 3. METODELOGI PENELITIAN

3.1 Metode Penelitian

Penelitian dilakukan dengan metode eksperimen menggunakan analisis performa turbin ulir (*Archimedes screw*) dengan variasi sudut kemiringan untuk mengetahui pengaruh hubungan antara pengaruh sudut kemiringan terhadap daya yang dihasilkan. Penelitian dilaksanakan di Lab. Konversi energi, Fakultas Teknik, Universitas Jember untuk pengujian.

3.2 Tempat dan Waktu Penelitian

3.2.1 Tempat Penelitian

Tempat penelitian ini dilaksanakan Lab. Konversi energi, Fakultas Teknik, Universitas Jember

3.2.2 Waktu Penelitian

Waktu penelitian dilaksanakan pada bulan Maret sampai Oktober 2020

3.3 Alat dan bahan

3.3.1 Alat Penelitian

Adapun alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut

a. Turbin ulir



Gambar 3.1 Turbin ulir

b. Tachometer

Tachometer nantinya akan digunakan untuk menghitung putaran poros pada turbin ulir



Gambar 3.2 Tachometer

Spesifikasi :

- Merek : Lutron DT-1236L
- Ukuran : 215 x 67 x 38 mm
- Jarak maksimal dengan laser : 2 meter
- Photo tach : 10 to 99,999 RPM
- Contact Tach : 0,5 to 19,9999 RPM

c. Tang ampere

Tang ampere akan digunakan untuk mengukur arus listrik yang keluar pada dinamo/generator



Gambar 3.3 Tang Ampere

Spesifikasi

- Merek : -
- *Ac Clamp on Current range* : 200,1000A

- DC Voltage range : 1000V
- AC Voltage Range : 750 Vac

d. Avometer,

Avometer akan digunakan untuk mengukur tegangan listrik yang keluar pada dinamo/generator



Gambar 3.4 Avometer

e. Busur

Busur akan digunakan untuk mengukur sudut kemiringan yang sudah ditentukan



Gambar 3.5 Busur

f. Prony Brake

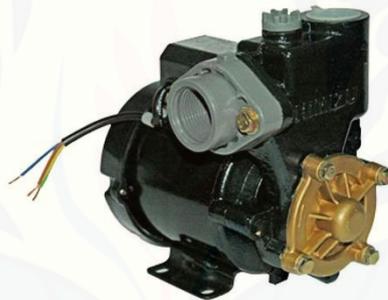
Prony Brake alat ini digunakan untuk mengukur torsi pada Turbin Ulir



Gambar 3.6 *Prony Brake*

g. Pompa

Pompa digunakan untuk memompa air pada wadah menuju ke Turbin Ulir



Gambar 3.7 Pompa

Spesikasi :

Merek	: Sanyo
Daya Listrik	: 125 Watt
Daya Hisab	: Max 9 meter
Daya dorong	: 30 meter
Kapasitas	: 32 liter/min

3.3.2 Bahan

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah

a. Generator/Dinamo,

Bahan yang digunakan untuk mengubah energi gerak sebagai energi listrik



Gambar 3.8 Dinamo

3.4 Skema Alat

3.4.1 Skema Ulir

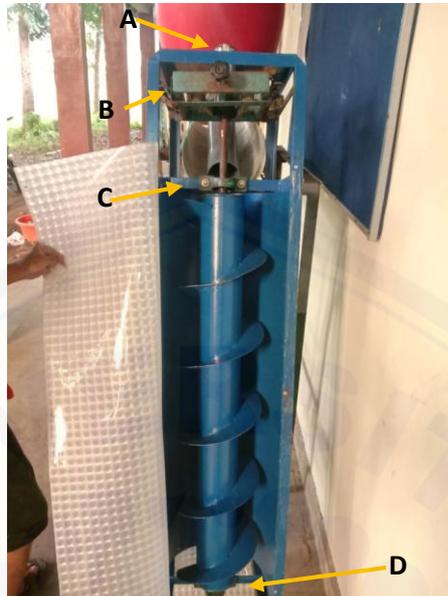


Gambar 3.9 skema ulir

Pada penelitian ini akan menggunakan ulir dengan spesifikasi sebagai berikut

Jarak Pich	: 210 mm
Di	: 90 mm
Do	: 210 mm
L	: 1150 mm
Sudut ulir	: 15°

3.4.2 Skema komponen pada poros



Gambar 3.10 Komponen yang ada poros

Pada gambar 3.21 sudah diperlihatkan mengenai komponen yang ada pada poros.

Komponennya sebagai berikut

Gambar A : Dinamo

Gambar B : *Prony Brake* (tidak digunakan)

Gambar C dan D : *bearing*

3.4.3 Skema Penentuan Sudut

Adapun sudut kemiringan yang dimaksud sebagai berikut

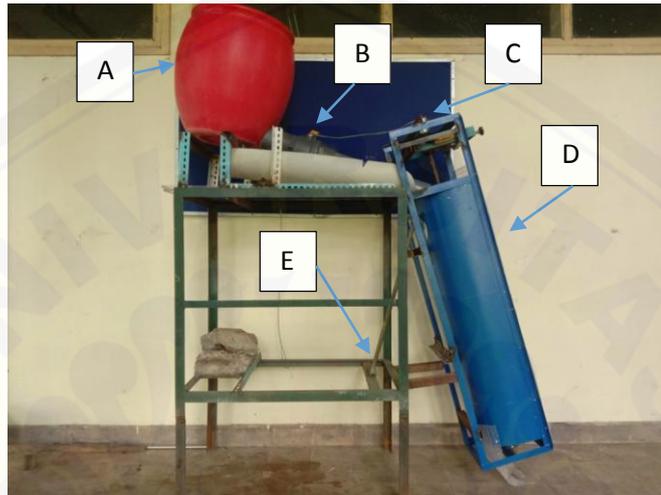


Gambar 3.11 Skema Penentuan Sudut

Pada gambar 3.11 sudah ada titik A dan B. Di mana titik A di sini digunakan untuk acuan untuk menentukan sudut yang diinginkan dengan bantuan busur.

Adapun untuk proses pengambilan sudutnya ialah dengan mengangkat turbin perlahan sampai mendapatkan sudut yang diinginkan dengan bantuan busur kemudian letakkan penyangga (pada titik B) ke turbin. Lakukan cara tersebut sampai mendapatkan sudut yang lain juga.

3.4.3 Skema Pengujian Uji



Gambar 3.12 skema alat pengujian

Keterangan :

A : Penampung atas

B : Kran

C : dinamo

D : Turbin Ulir

E : Pengatur sudut

Gambar 3.11 menjelaskan tentang prosuder pengujian dimana pompa akan memompa air dari wadah dan diteruskan ke turbin ulir. Ketika air melewati turbin ulir maka ulir akan memutar poros dan poros generator ikut berputar. Dinamo di sini berfungsi untuk mengubah energi gerak menjadi energi listrik. Setelah menghasilkan listrik nanti akan akan diambil data berupa arus dan tegangan untuk menentukan daya yang didapatkan. Untuk selebihnya akan dijelaskan pada lampiran c.

3.5 Prosedur Penelitian

Prosedur penelitian tersebut digunakan untuk mengetahui hubungan pengaruh sudut kemiringan dengan daya yang didapatkan pada turbin ulir ini, yaitu dimulai dari :

a. Studi literatur

Mempelajari literatur yang membantu dan mendukung penelitian analisis performa turbin ulir (*archimedesscrew*) dengan variasi sudut kemiringan ini adalah mempelajari perancangan elemen mesin, statika struktur, *renewable energy*, mekatronika, ilmu bahan, karakterisasi material, rekayasa keteknikmesinan, mekanisme dan dinamika teknik, getaran mekanik, prestasi mesin dan literatur lain yang mendukung.

b. Konsultasi

Konsultasi dengan dosen pembimbing maupun dosen lainnya untuk mendapatkan arahan tentang penelitian analisis performa turbin ulir (*archimedes screw*) dengan variasi sudut kemiringan.

c. Eksperimen

Penelitian dilakukan dengan tahapan sebagai berikut :melakukan uji pendahuluan dengan membuat prototype sederhana dengan tujuan memastikan ulir akan berputar ketika dilewati air.

d. Analisis hasil penelitian

Menganalisis hasil data pengujian hubungan antara sudut kemiringan terhadap daya.

e. Kesimpulan

Kesimpulan diperoleh berdasarkan hasil dari tujuan penelitian yang telah ditentukan sebelumnya.

3.6 Pelaksanaan Penelitian

3.6.1 Variabel penelitian

Data yang digunakan merupakan data yang diperoleh dari hasil penelitian yang meliputi variabel kontrol, terikat, dan bebas.

a. Variabel bebas

Pada tahapan ini akan dipilih faktor-faktor mana saja yang akan diselidiki pengaruhnya yaitu

Sudut kemiringan poros, 35° , 45° , 25°

b. Variabel terikat

Variabel yang perubahannya tergantung pada variabel-variabel lain yaitu disebut juga variabel respon. Variabel terikat berhubungan dengan variabel bebas (masalah yang diteliti). Variabel terikat pada penelitian ini adalah :

- 1) Torsi (Nm)
- 2) Daya (watt)
- 3) Efisiensi

c. Variabel kontrol

Variabel yang dibuat konstan atau tetap. Variabel kontrol pada penelitian ini yaitu

- 1) Debit air sebesar 0,45 (liter/s)

3.6.2 Pengambilan Data

a. Pengukuran debit air

Pengukuran Debit air dilakukan bertujuan untuk mengkondisikan pengambilan data dimana debit sudah diatur agar sama setiap pengambilan data.

b. Pengukuran rpm

Pengukuran ini dilakukan untuk mendapatkan nilai RPM generator yang menghasilkan output daya listrik.

c. Pengukuran daya

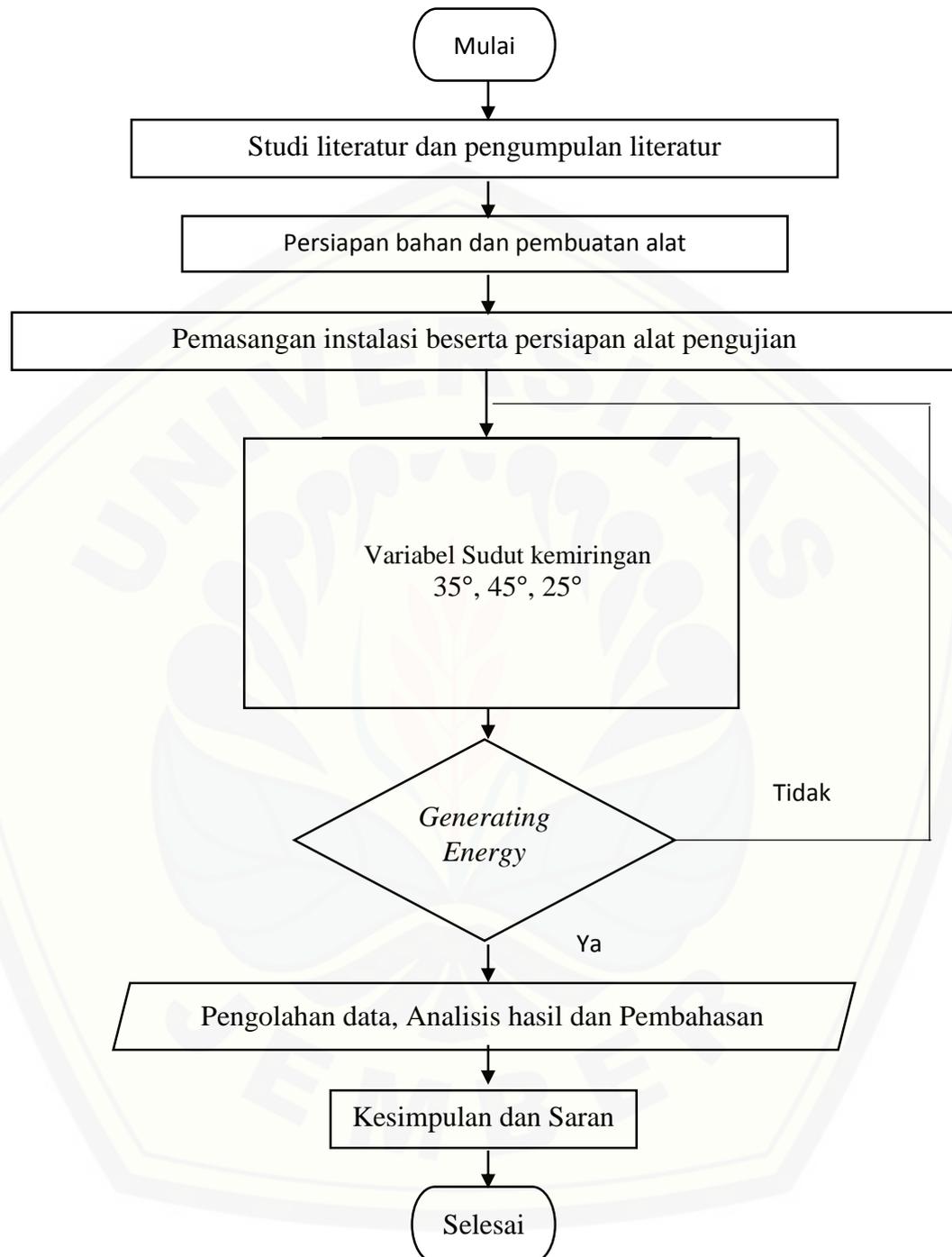
Pengujian dilakukan untuk mengetahui besarnya daya yang dihasilkan dengan variasi sudut kemiringan . 35° , 45° , 25° .

3.6.3 Perencanaan Analisa Data

Setelah mendapat kan data dari penelitian maka analisa data bisa didapat

- a. hubungan sudut kemiringan poros dengan Torsi

3.7 Diagram Alir Penelitian



Gambar 3.13 Diagram Alir Penelitian

BAB 5. PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan pembahasan yang tertera pada bab 4 maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut

- 1) Pada sudut 65° turbin tidak mengalami putaran dikarenakan air tidak bisa maksimal didalam mendorong *screw* dan air terlalu cepat melewati *screw*
- 2) Daya yang paling baik terdapat pada sudut 35° sebesar 0,72 watt, hal itu dikarenakan air maksimal didalam mendorong *screw*
- 3) Efisiensi paling baik terdapat pada sudut 35 sebesar 13,04% karena hal yang sama dimana air mendorong *screw* sangat baik sehingga putaran yang didapatkan lebih maksimal dari sudut yang lain.

5.2 Saran

Berdasarkan penelitian ini maka ada beberapa saran yang dapat diberikan sebagai berikut

- 1) Diharapkan didalam membuat *screw* lebih diperhitungkan pada jarak antar sudu dan diameter poros
- 2) Diharapkan pengujian alat ini lebih baik berada di dekat sumber air sehingga lebih maksimal ketika pengambilan data
- 3) Diharapkan untuk mahasiswa yang melanjutkan topik ini untuk memperhatikan saran diatas.

DAFTAR PUSTAKA

- Adam, P. J. R., R. M. Wright, dan P. S. Kemp. 2018. The Impact of an Archimedes screw Hydropower Turbin on Fish Migration in a Lowland River. *Ecological Engineering*. 118 : 31-42
- Amir. 2018. Kemiringan Optimum Model Turbin Ulir 2 Blade untuk Pembangkit Listrik pada Head Rendah. *Motor Bakar : Jurnal Ilmiah Teknik Mesin Muhammadiyah Tangerang*. 2 (1) : 1-8.
- Delingger, G., S. Simmons, W. D. Lubitz., P. A. Garambois, dan N. Delingger. 2019. Effect of Slope and Number of Blades on Archimedes Screw Generator Power Output. *Renewble Energi*. 136 : 896-908
- Erinofiardi, A. N., P. Bismantolo, A. Date, A. Akbarzadeh, A. K. Mainil, dan A. F. Suryono. 2017. Eksperimental Study of Screw Turbinen Performance based on Different Angle of Inclination. *Energy Procedia*. 110: 8-13
- Harja, B.H., H. Abdurrahman, S. Yoeweno, H. Riyanto. 2014. Penentuan Dimensi Turbin dan Sudut Kemiringan Poros Turbin Ulir Archimedes. *Metal Indonesia*. 36 (1): 1-8
- Hizhar, Y., B. Yulistianto, dan S. Darmo. 2017. Rancang Bangun dan Studi Eksperimental Pengaruh Perbedaan Jarak Pitch dan Kemiringan Poros terhadap Kinerja Mekanik Model Turbin Ulir 2 Blade Aliran Head Rendah. *Metal : Jurnal sistem mekanik dan Thermal*, 01 (1) : 27-34
- Lisicki, M., W. Lubitz, dan G. W. Taylor. 2016. Optimal Design and Operation of Archimedes Screw Turbine Using Bayezaen Optimization. *Applied Energy*. 183 : 1401-1417
- Mosbahi, M., A. Ayadi, Y. Chouaibi, Z. Driss, dan T. Tucciarelli. 2020. Performance Imprpvent of a Novel Combined Water Turbine. *Energy Conversion and Management*. 205 : 112473
- Rohmer, J., D. Knittel, G. Sturtzer, D. Fieller, dan J. Renaud. 2016. *Modeling and eksperimental results of an Archimedes screw Turbine*. *Renewble Energy*. 94 :136-146.

- Rorres, C. 2000. The Turn of The Screw : Optimal Design of an Archimedes Screw. *Journal of Hydraulic Engineering*.
- Saputra, M. A. T., A. I. Weking, dan I. W. Artawijaya. 2019. Eksperimental Pengaruh Variasi Sudut Ulir pada Turbin Ulir (Archimedes Screw) Pusat Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro dengan Head Rendah. *Majalah Ilmiah Teknologi Elektro*. 18(1) : 83-90.
- Shahverdi, H, R. Loni, B. Ghobadian, S. Gohari, S. Marofi, dan E. Bellos. 2020. Numerical Optimizing Study of Archimedes Screw Turbine : A Case Study. *Renewble Energy*. 145 : 2130-2143
- Siswantara, A. I., Warijito, Budiarsa, R. Harmadi, M.H. Gumelar, dan D. Adanta. 2019. Investigation of the a angle's effect on the performance of an Archimedes Turbine. *Energy Procedia*. 156 : 458-462
- Jaya, T. S., W. I. Kusumawati, dan I. Puspasari. 2017. Analisa Perbandingan Magnet Neoudymium dengan Mangnet Ferirete untuk Penerapan Dinamo. *JCONES*. 6 (1) : 109-117
- Juliana, I. P., A. I. Weking, dan L. Jasa. 2018. Pengaruh Sudut kemiringan Head Turbin Ulir dan Daya Putar Turbin Ulir dan Daya Output pada Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro. *Majala Ilmia Teknologi Elektro*. 17 (03) : 393-400
- Yahya, M., T. Sukmadi, dan B. Winardi. 2016. Perancangan Modul Prony Brake untuk Penentuan Karakteristik Mekanik(Torsi terhadap Kecepatan) dan Efisiensi Motor Induksi 3 Fasa. *Transient*. 5 (4)
- Zitti, G., F. Fattore, A. Brunori, B. Brunori, dan M. Brocchini. 2020. Efficiency evaluation of a ductless Archimedes Turbine: Laboratory Experiments and Numerical simulations. *Renewble Energi* 146 : 867-879

Lampiran A. Data Hasil Pengujian Turbin Screw

1) Data Arus

	Pengambilan Data (Arus) sudut 25° (mA)					Rata Rata (A)
Pengulangan 1	31,9	32,4	32,2	32,4	32,2	0,03222
Pengulangan 2	32,4	32,1	31,8	32,4	32	0,03214
Pengulangan 3	32,3	32,1	31,9	32,5	32,1	0,03218
Pengulangan 4	32,7	31,9	32,2	32,4	32,2	0,03228
Pengulangan 5	32,2	32,1	32,3	31,8	32	0,03208
	Rata-rata Keseluruhan					0,03218

	Pengambilan data (Arus) sudut 35° (mA)					Rata Rata (A)
Pengulangan 1	38,9	38,8	38,6	38,4	39	0,03874
Pengulangan 2	39	38,8	38,8	38,6	38,7	0,03878
Pengulangan 3	38,8	38,7	38,9	38,5	38,7	0,03872
Pengulangan 4	38,5	38,7	38,9	39	38,8	0,03878
Pengulangan 5	38,8	38,6	39	39,1	38,7	0,03884
	Rata Rata Keseluruhan					0,038772

	Pengambilan Data (Arus) sudut 45° (mA)					Rata Rata (A)
Pengulangan 1	31,1	30,6	30,8	31	30,7	0,03084
Pengulangan 2	30,9	30,7	30,8	30,9	30,8	0,03082
Pengulangan 3	31	30,9	30,6	30,5	30,8	0,03076
Pengulangan 4	30,8	31,1	30,8	30,7	30,5	0,03078
Pengulangan 5	30,8	30,8	30,7	30,5	30,6	0,03068
	Rata-rata keseluruhan					0,030776

2) Tegangan

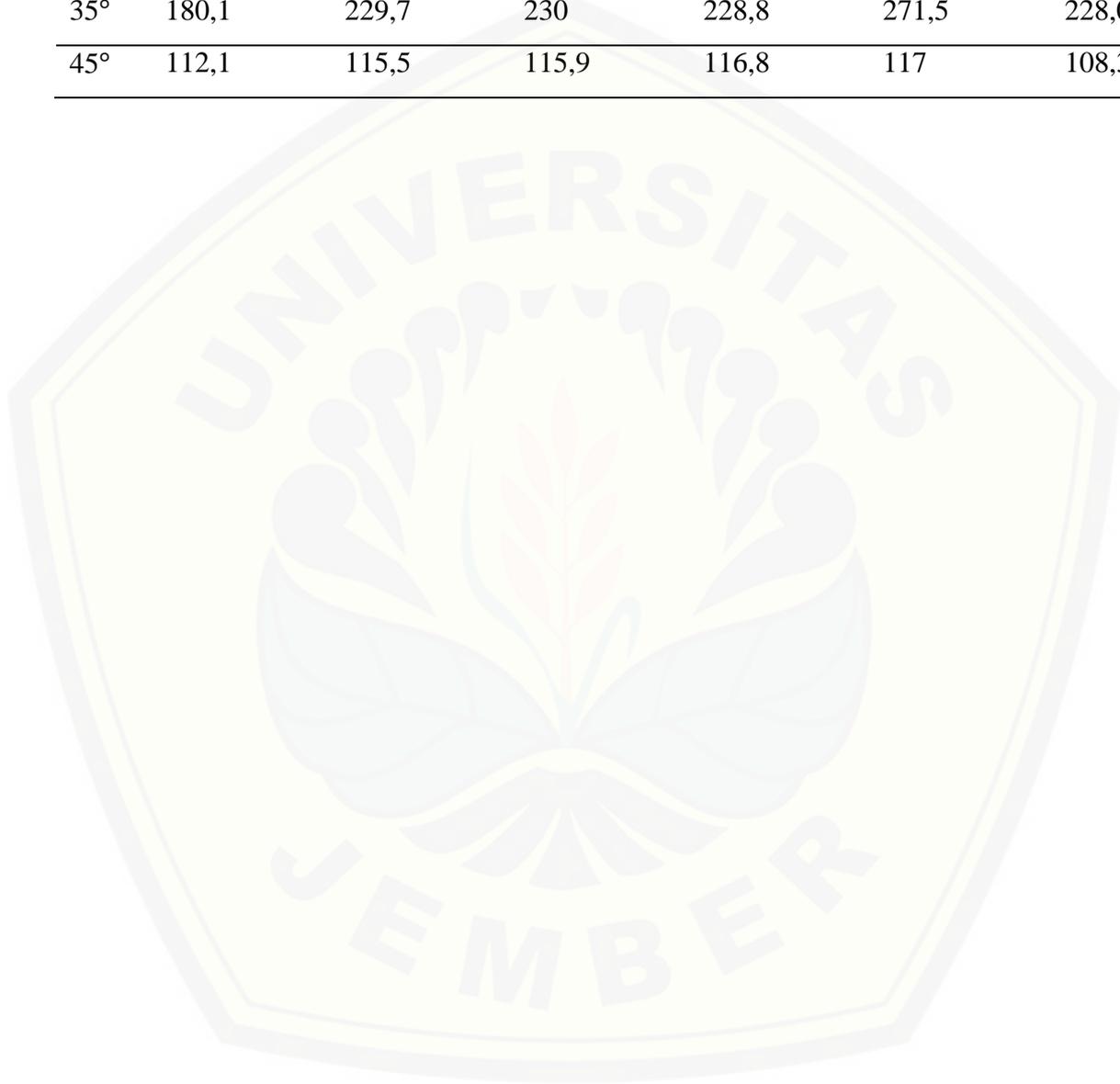
	Pengambilan data Tegangan 25°					Rata Rata
Pengulangan 1	13,88	13,98	13,92	13,91	13,9	13,92
Pengulangan 2	14,06	13,78	14,03	13,99	13,98	13,97
Pengulangan 3	13,97	13,92	13,9	14,04	13,99	13,96
Pengulangan 4	13,86	14,04	14,01	14	14,02	13,99
Pengulangan 5	13,95	13,85	13,9	13,94	14,02	13,93
Rata-rata keseluruhan						13,95

	Pengambilan data Tegangan 35°					Rata Rata
Pengulangan 1	18,85	18,59	18,66	18,54	18,4	18,61
Pengulangan 2	18,5	18,28	18,37	18,49	18,38	18,40
Pengulangan 3	18,32	18,18	18,99	18,86	18,53	18,58
Pengulangan 4	18,87	18,67	18,7	18,73	18,84	18,76
Pengulangan 5	18,78	18,46	18,57	18,68	18,79	18,66
Rata-Rata Keseluruhan						18,60

	Pengambilan data Tegangan 45°					Rata Rata
Pengulangan 1	11,74	11,84	11,83	11,89	11,85	11,83
Pengulangan 2	11,9	11,88	11,87	11,85	11,89	11,88
Pengulangan 3	11,91	11,9	11,86	11,88	11,82	11,87
Pengulangan 4	11,78	11,84	11,87	11,85	11,83	11,83
Pengulangan 5	11,75	11,79	11,85	11,89	11,86	11,83
Rata-Rata Keseluruhan						11,85

3) Data RPM

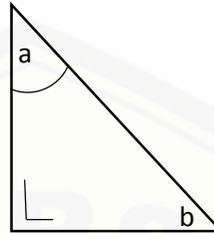
Sudut	Pengulangan 1	Pengulangan 2	Pengulangan 3	Pengulangan 4	Pengulangan 5	Rata-Rata
25°	136,1	140,60	138	139,7	137,2	138,32
35°	180,1	229,7	230	228,8	271,5	228,02
45°	112,1	115,5	115,9	116,8	117	108,38



Lampiran B. Perhitungan

1) Penentuan Sudut

Adapun untuk menentukan sudut dibagian mana sebagai berikut



Gambar B.1 Skema Sudut

Pada pengambilan sudut pertama ialah sudut 45° , 55° , dan 65° pada

A. Adapun untuk perhitungan sebagai berikut

Diketahui jumlah sudut-sudut pada segitiga adalah 180°

- Perhitungan pertama

$$\text{Jumlah sudut segitiga} = \text{siku-siku} + a + b$$

$$\begin{aligned} b &= \text{jumlah sudut segitiga} - (a + \text{siku-siku}) \\ &= 180 - 90 - 45 \\ &= 45^\circ \end{aligned}$$

- Perhitungan ke dua

$$\text{Jumlah sudut segitiga} = \text{siku-siku} + a + b$$

$$\begin{aligned} b &= \text{jumlah sudut segitiga} - (a + \text{siku-siku}) \\ &= 180 - 90 - 55 \\ &= 35^\circ \end{aligned}$$

- Perhitungan ke tiga

$$\text{Jumlah sudut segitiga} = \text{siku-siku} + a + b$$

$$\begin{aligned} b &= \text{jumlah sudut segitiga} - (a + \text{siku-siku}) \\ &= 180 - 90 - 65 \\ &= 25^\circ \end{aligned}$$

2) Perhitungan Daya Hidrolik

Penentuan debit

Debit untuk wadah 1 liter	Pengulangan 1 (s)	Pengulangan 2 (s)	Pengulangan 3 (s)	Rata-rata
	2,26	2,07	2,33	2,22

Dari tabel diatas maka besarnya debit dapat diketahui sebesar

$$\begin{aligned}
 \text{Debit} &= \frac{v}{t} \\
 &= \frac{1 \text{ liter}}{2,22} \\
 &= \frac{0,001}{2,22} \\
 &= 0,000452 \text{ m}^3/t
 \end{aligned}$$

Setelah debit sudah diketahui menghitung daya hidrolis

$$\begin{aligned}
 P &= \rho \times Q \times h \times g \\
 &= 1 \times 0,000452 \times 1,25 \times 9,8 \\
 &= 5,53 \text{ watt}
 \end{aligned}$$

3) Perhitungan Daya Output

Dari data yang sudah ada pada lampiran A maka daya output bisa didapatkan sebagai berikut

a. Sudut 25

$$\begin{aligned}
 P &= V \times I \\
 &= 13,95 \times 0,03218 \\
 &= 0,45 \text{ watt}
 \end{aligned}$$

b. Sudut 35

$$\begin{aligned}
 P &= V \times I \\
 &= 18,60 \times 0,038772 \\
 &= 0,72 \text{ watt}
 \end{aligned}$$

c. Sudut 45

$$\begin{aligned}
 P &= V \times I \\
 &= 0,36 \times 0,030776 \\
 &= 0,36 \text{ watt}
 \end{aligned}$$

4) Perhitungan Efisiensi

Efisiensi bisa didapatkan dengan perhitungan berikut

$$\eta = \frac{P_{out}}{P_{in}} \times 100\%$$

a. Sudut 25

$$\eta = \frac{P_{out}}{P_{in}} \times 100\%$$

$$= \frac{0,45}{5,53} \times 100\%$$

$$= 8,12 \%$$

b. Sudut 35

$$\eta = \frac{P_{out}}{P_{in}} \times 100\%$$

$$= \frac{0,72}{5,53} \times 100\%$$

$$= 13,04\%$$

c. Sudut 45

$$\eta = \frac{P_{out}}{P_{in}} \times 100\%$$

$$= \frac{0,36}{5,53} \times 100\%$$

$$= 6,59\%$$

5) Perhitungan Torsi

Dari perhitungan diatas maka dapat diketahui besaran torsi disetiap sudut

a. Sudut 25

$$T = \frac{P}{2\pi \frac{N}{60}}$$

$$= \frac{0,45}{2\pi \frac{138,32}{60}}$$

$$= 0,03010 \text{ Nm}$$

b. Sudut 35

$$T = \frac{P}{2\pi \frac{N}{60}}$$

$$= \frac{0,45}{2\pi \frac{228,02}{60}}$$

$$= 0,03022 \text{ Nm}$$

c. Sudut 45

$$\begin{aligned} T &= \frac{P}{2\pi \frac{N}{60}} \\ &= \frac{0,45}{2\pi \frac{108,38}{60}} \\ &= 0,03215 \text{ Nm} \end{aligned}$$



Lampiran C. Dokumentasi Penelitian

1) Dokumentasi Pembuatan Turbin Screw



Gambar C.1 Proese Pengujian Screw di sungai



Gambar C.2 Proses Pengujian Screw Ketika Sudah Dikasih Sudut Kemiringan



Gambar C.3 Pemasangan Generator



Gambar C.4 Pemasangan Penampung Atas



Gambar C.5 Pemasangan Penutup Screw



Gambar C.6 Pemasangan Penyangga Penampang Sudut



Gambar C.7 Pengecekan Penyangga Indikasi Sudut



Gambar C.8 Pengukuran Diameter Poros



Gambar C.9 Sudut Kemiringan 25°



Gambar C.10 Sudut Kemiringan 35°



Gambar C.11 Sudut Kemiringan 65°



Gambar C.12 Sudut Kemiringan 65°



Gambar C.13 Turbin Screw

2) Dokumentasi Pengambilan Data



Gambar C.14 Pengecekan generator



Gambar C.15 Pengecekan Multimeter



Gambar C.16 Proese Pengisian Penampung dan Buka Kran



Gambar C.17 Pengambilan data Rpm



Gambar C.18 Pengambilan Data Rpm



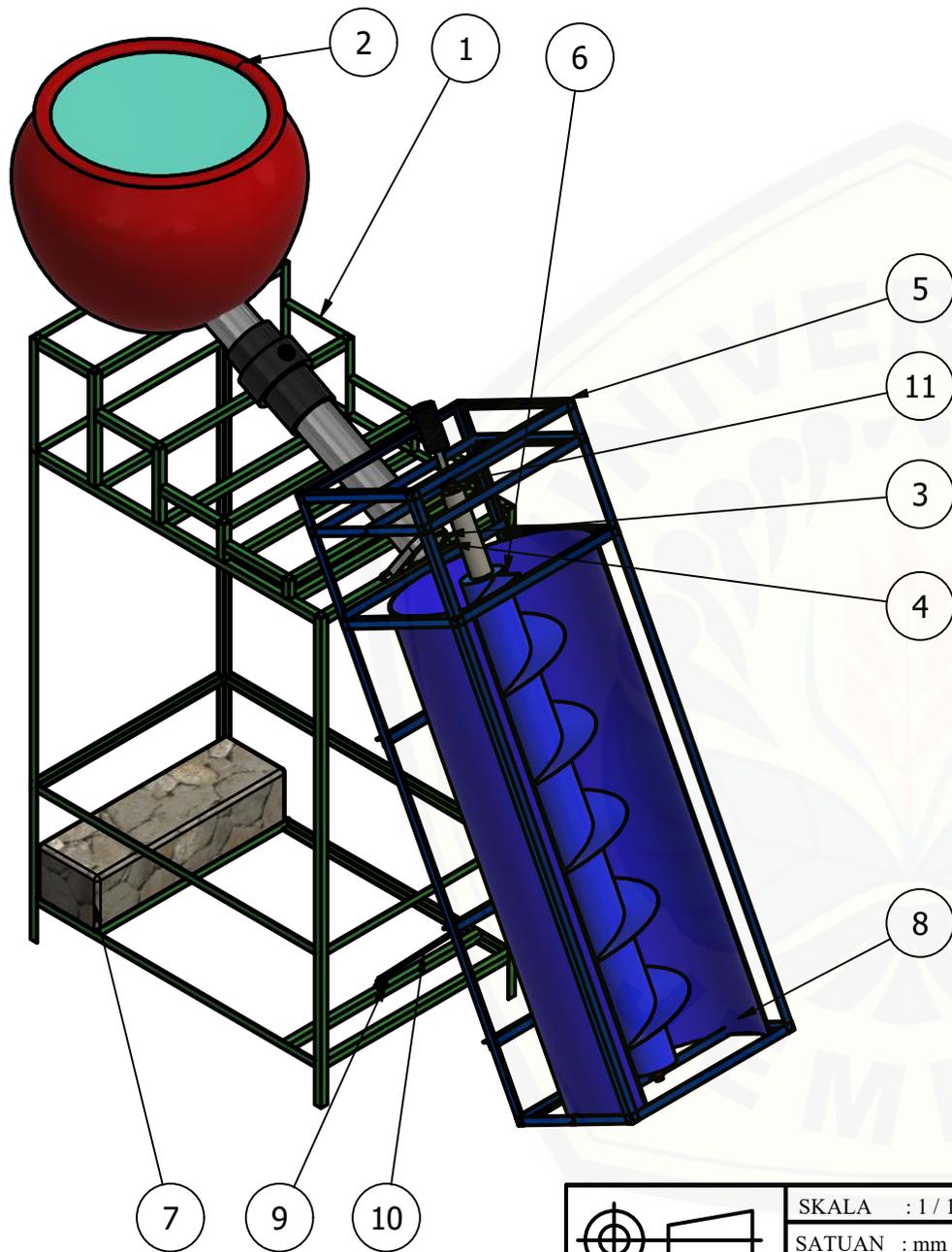
Gambar C.19 Pengambilan Data Tegangan dan Arus



Gambar C.20 Pemberian WD (Proses Perawatan)

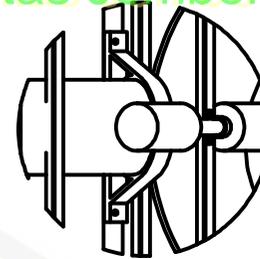
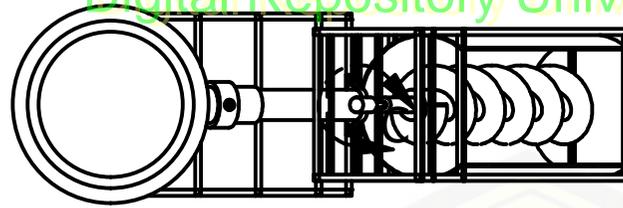


Gambar C.21 Proses Perawatan

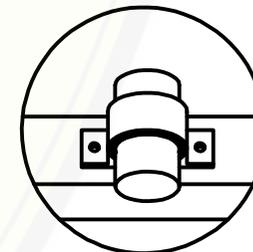
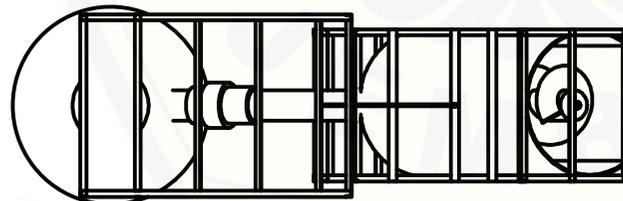
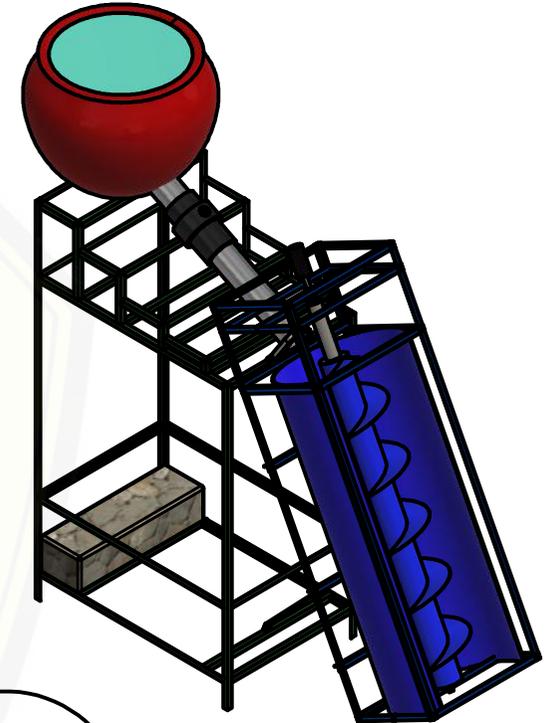
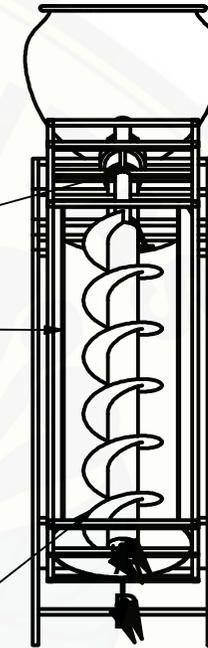
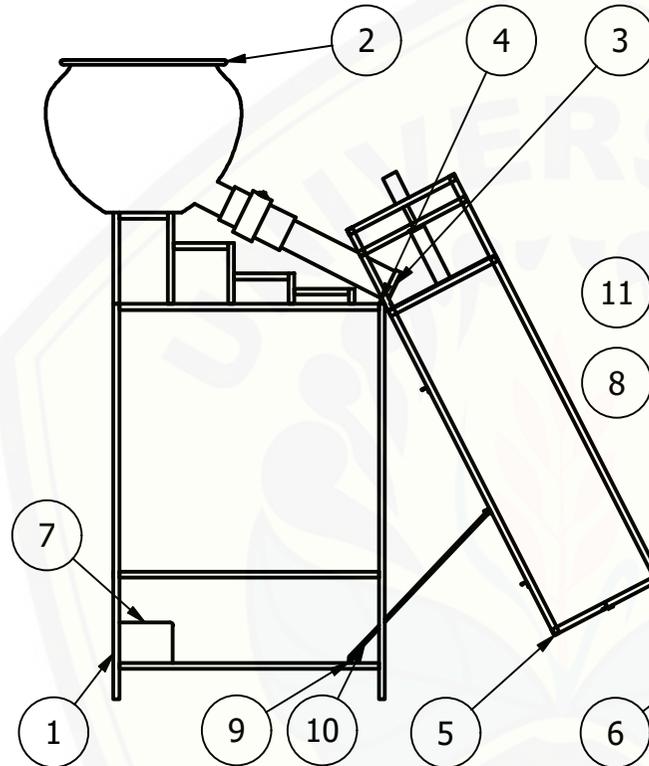
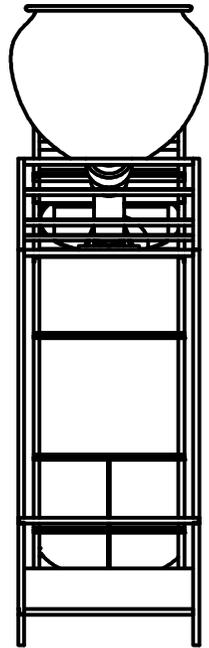


PARTS LIST			
ITEM	QTY	PART NAME	MATERIAL
1	1	Main Frame	Steel, Mild
2	1	Water Reservoir Drum	ABS Plastic
3	1	Valve Pipe	ABS Plastic
4	1	Pipe Holder	Steel, Mild
5	1	Frame Screw	Steel, Mild
6	1	Screw	Steel, Mild
7	1	Rock	Fieldstone
8	1	Cover Screw	Steel, Mild
9	1	Sit Holder	Steel, Mild
10	1	Main Holder	Steel, Mild
11	2	Flange Bearing	Steel, Mild

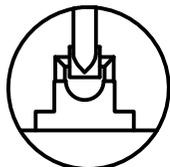
	SKALA : 1 / 16	DIGAMBAR: ANANG DARUN NAJA	PERINGATAN:		
	SATUAN : mm	NIM : 191910101112			
	TANGGAL: 10-12-2020	DIPERIKSA : Ir. Robertus Sidartawan S.T.,M.T.			
TEKNIK MESIN UNIVERSITAS JEMBER		ASSEMBLY WATER TURBINE SCREW		No. 1	A4



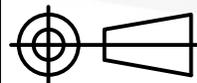
DETAIL C
SCALE 1/8



DETAIL A
SCALE 1 / 2



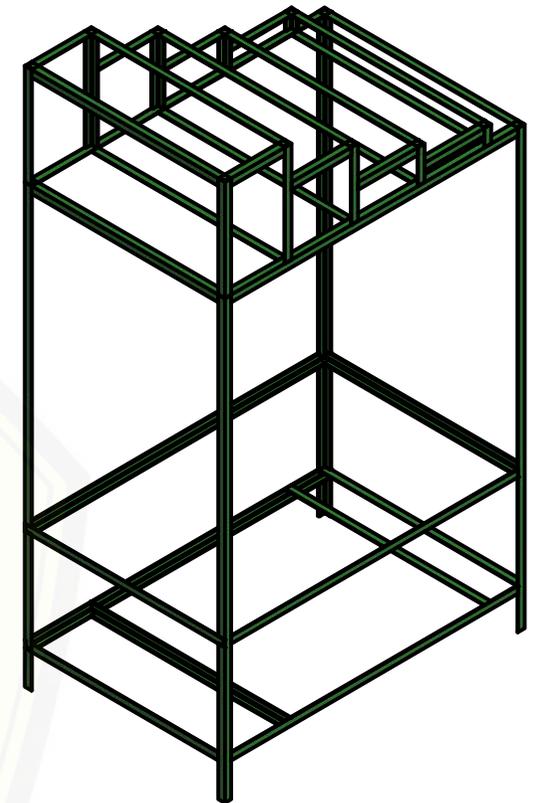
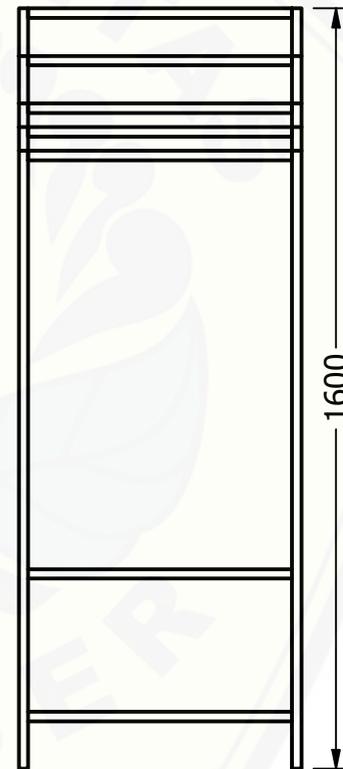
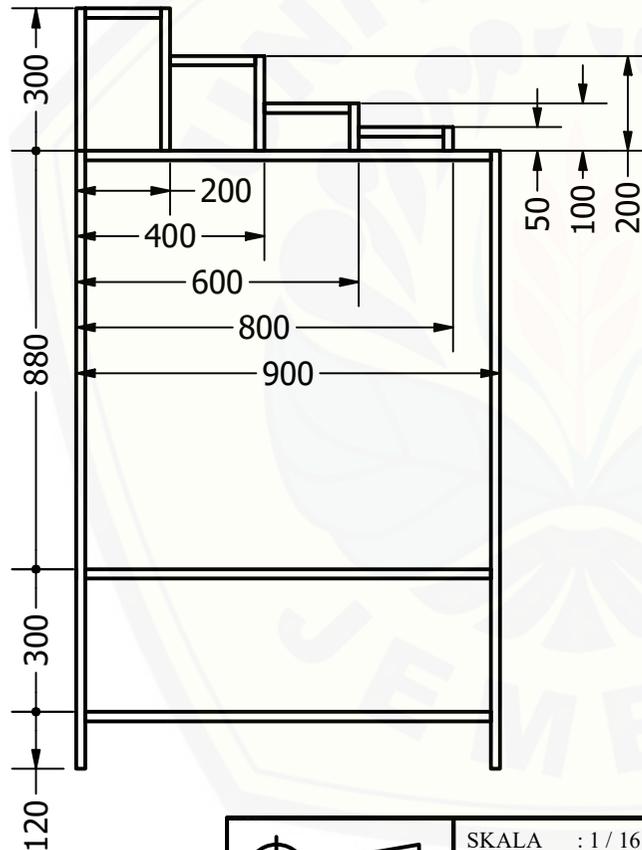
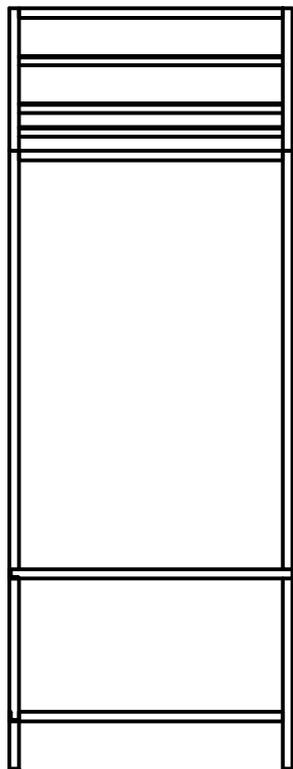
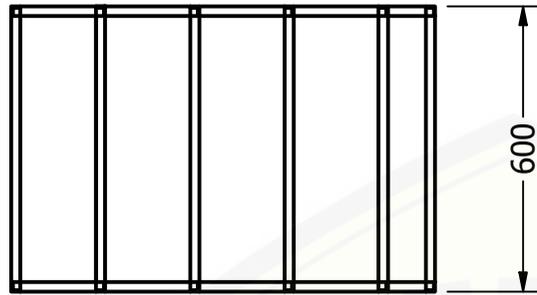
DETAIL B
SCALE 1 / 2



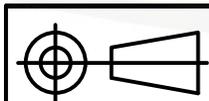
SKALA : 1 / 25
SATUAN : mm
TANGGAL: 10-12-2020

DIGAMBAR: ANANG DARUN NAJA
NIM : 191910101112
DIPERIKSA : Ir. Robertus Sidartawan S.T.,M.T.

PERINGATAN:



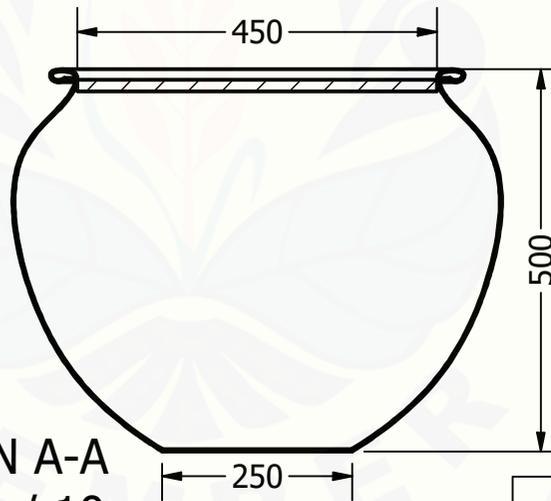
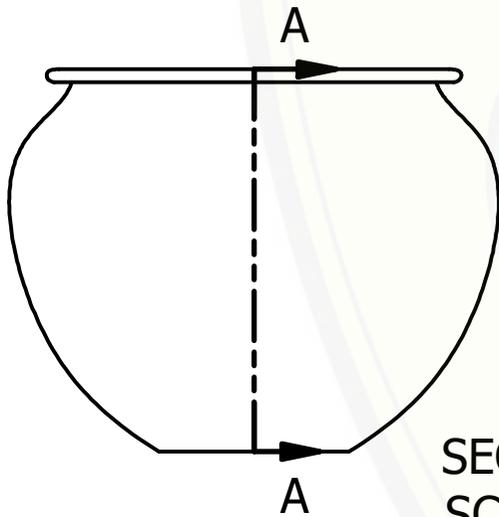
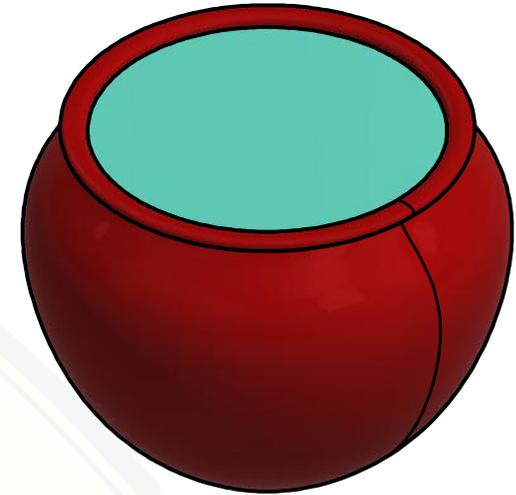
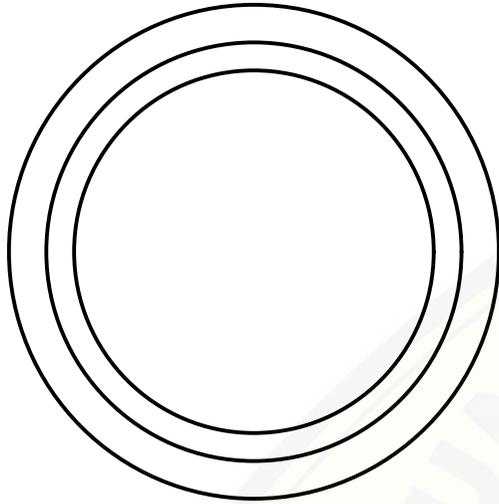
PARTS LIST			
ITEM	QTY	PART NAME	MATERIAL
1	1	Main Frame	Steel, Mild



SKALA : 1 / 16
 SATUAN : mm
 TANGGAL: 10-12-2020

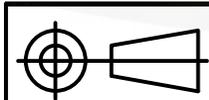
DIGAMBAR: ANANG DARUN NAJA
 NIM : 191910101112
 DIPERIKSA : Ir. Robertus Sidartawan S.T.,M.T.

PERINGATAN:



SECTION A-A
SCALE 1 / 10

PARTS LIST			
ITEM	QTY	PART NAME	MATERIAL
1	1	Water Reservoir Drum	ABS Plastic



SKALA : 1 / 10
SATUAN : mm
TANGGAL: 10-12-2020

DIGAMBAR: ANANG DARUN NAJA
NIM : 191910101112
DIPERIKSA : Ir. Robertus Sidartawan S.T.,M.T.

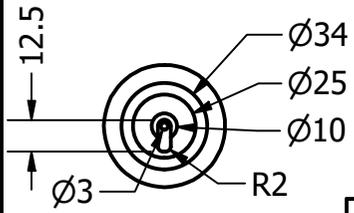
PERINGATAN:

TEKNIK MESIN
UNIVERSITAS JEMBER

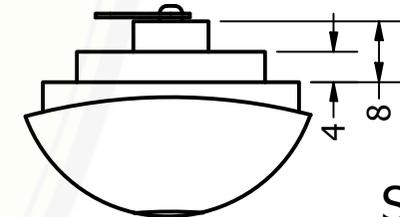
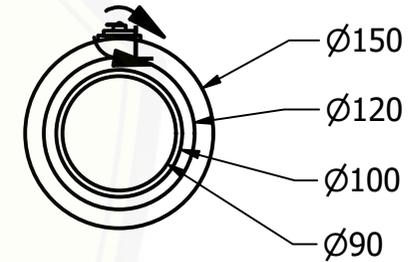
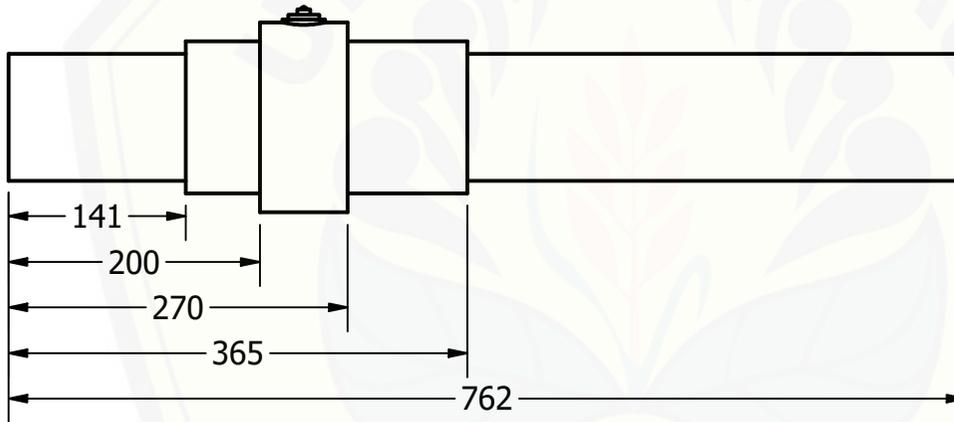
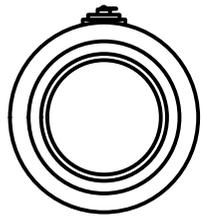
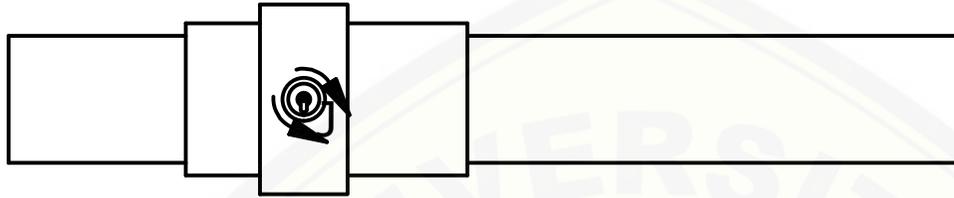
ASSEMBLY
WATER TURBINE SCREW

No. 4

A4

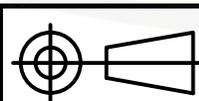


DETAIL J
SCALE 1 / 3



DETAIL L
SCALE 1 : 1

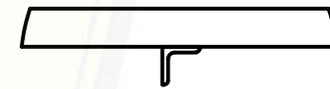
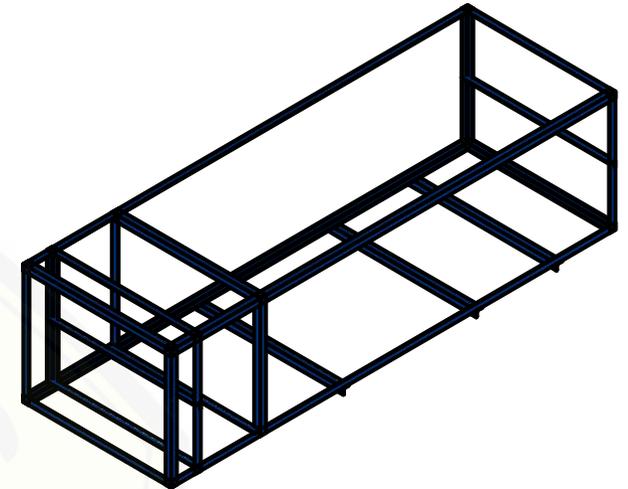
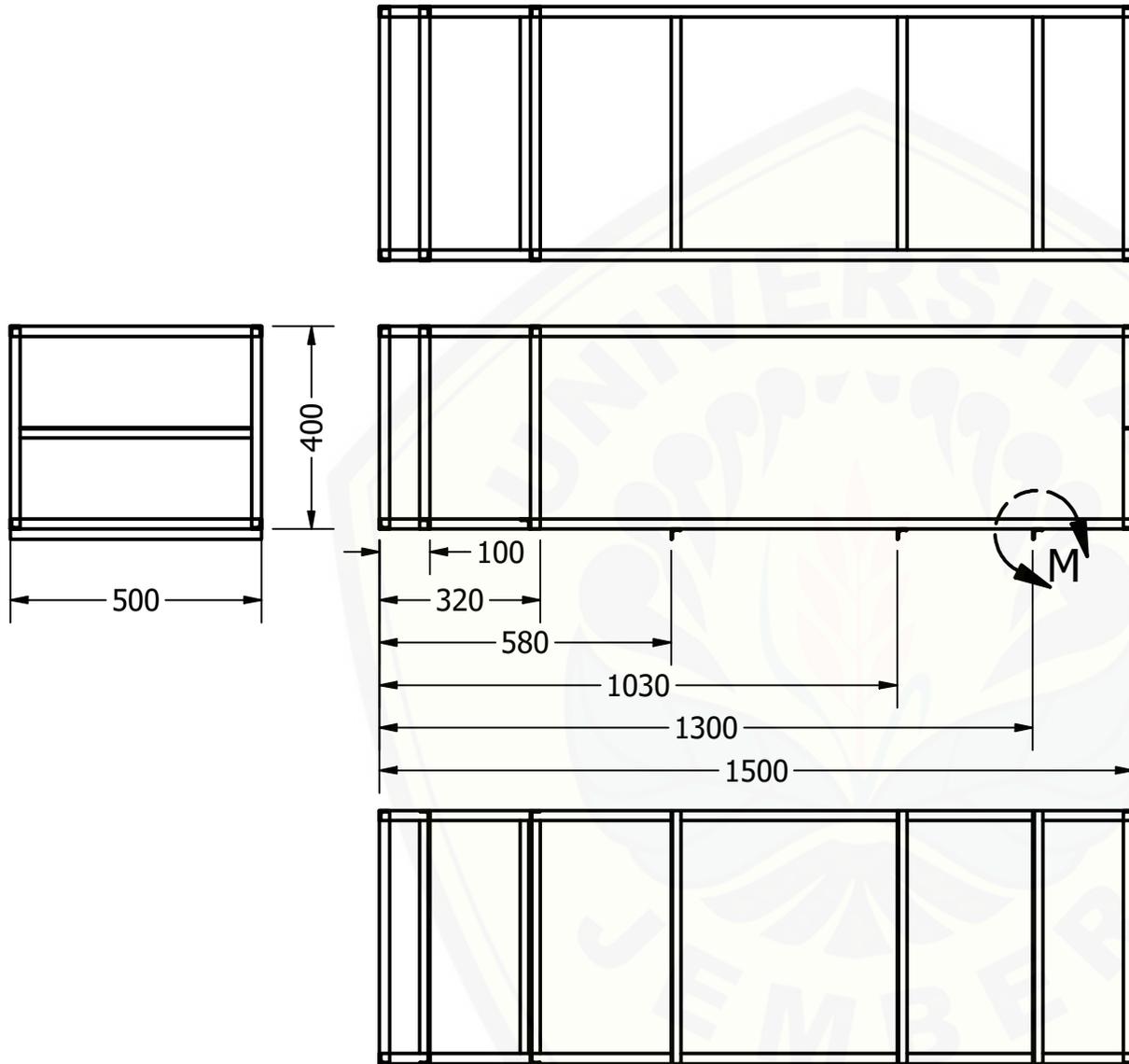
PARTS LIST			
ITEM	QTY	PART NAME	MATERIAL
1	1	Valve Pipe	ABS Plastic



SKALA : 1 / 6
SATUAN : mm
TANGGAL: 10-12-2020

DIGAMBAR: ANANG DARUN NAJA
NIM : 191910101112
DIPERIKSA : Ir. Robertus Sidartawan S.T.,M.T.

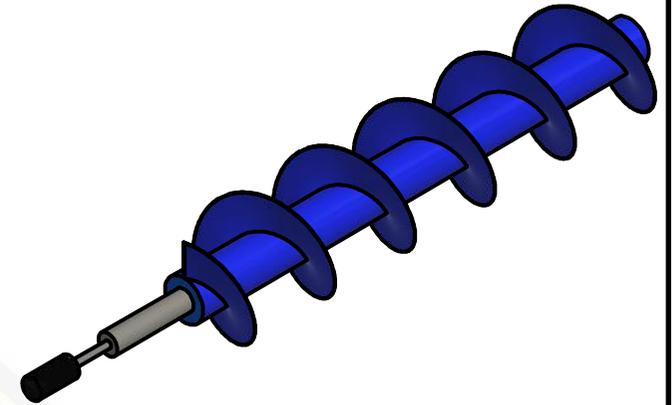
PERINGATAN:



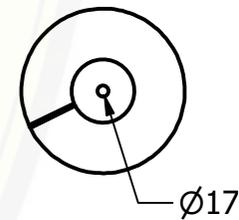
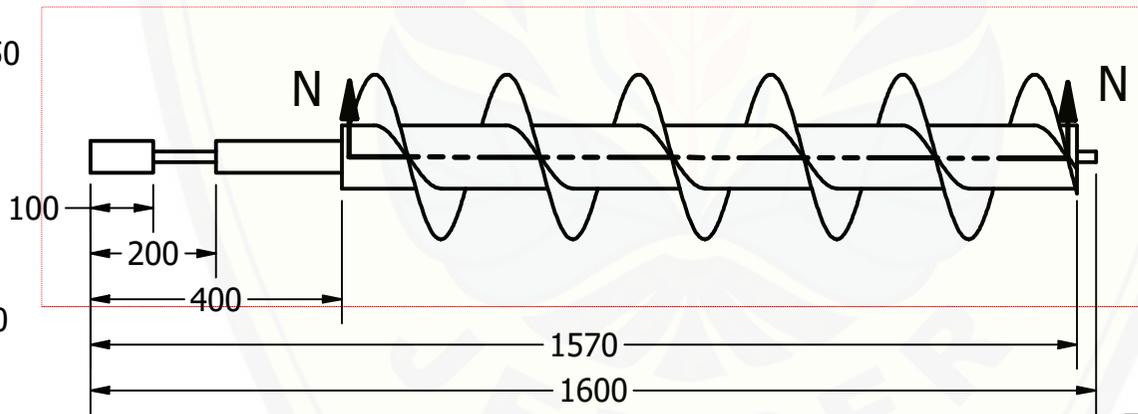
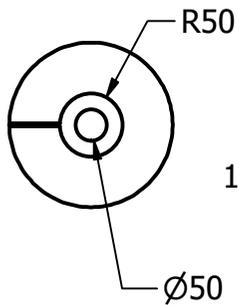
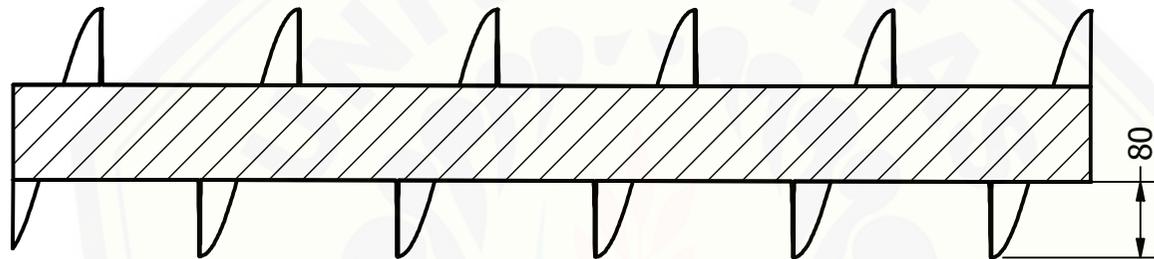
DETAIL M
SCALE 1 / 4

PARTS LIST			
ITEM	QTY	PART NAME	MATERIAL
1	1	Frame Screw	Steel, Mild

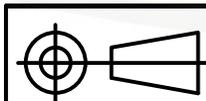
	SKALA : 1 / 14	DIGAMBAR: ANANG DARUN NAJA		PERINGATAN:
	SATUAN : mm	NIM : 191910101112		
	TANGGAL: 10-12-2020	DIPERIKSA : Ir. Robertus Sidartawan S.T.,M.T.		
TEKNIK MESIN UNIVERSITAS JEMBER		ASSEMBLY WATER TURBINE SCREW		No. 7
				A4



SECTION N-N
SCALE 1 / 8



PARTS LIST			
ITEM	QTY	PART NAME	MATERIAL
1	1	Screw	Steel, Mild



SKALA : 1 / 12
SATUAN : mm
TANGGAL: 10-12-2020

DIGAMBAR: ANANG DARUN NAJA
NIM : 191910101112
DIPERIKSA : Ir. Robertus Sidartawan S.T.,M.T.

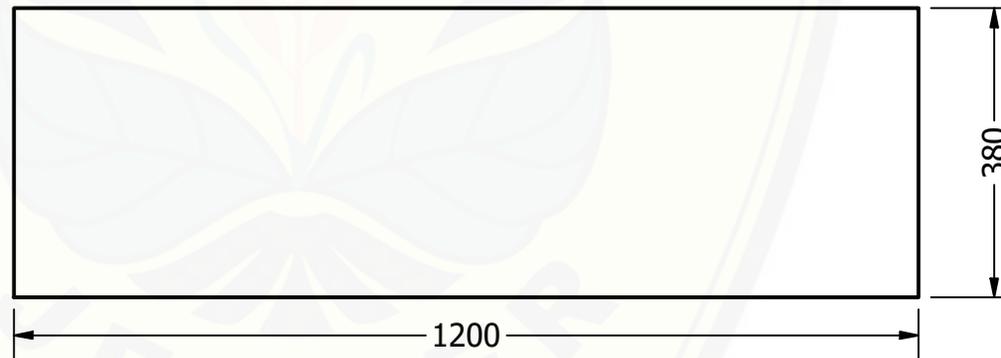
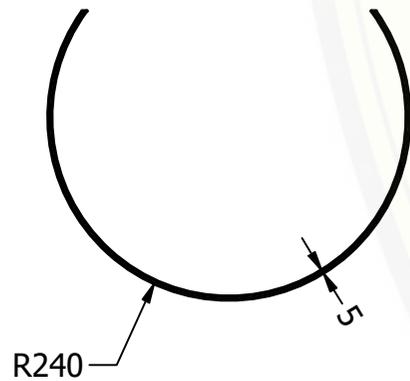
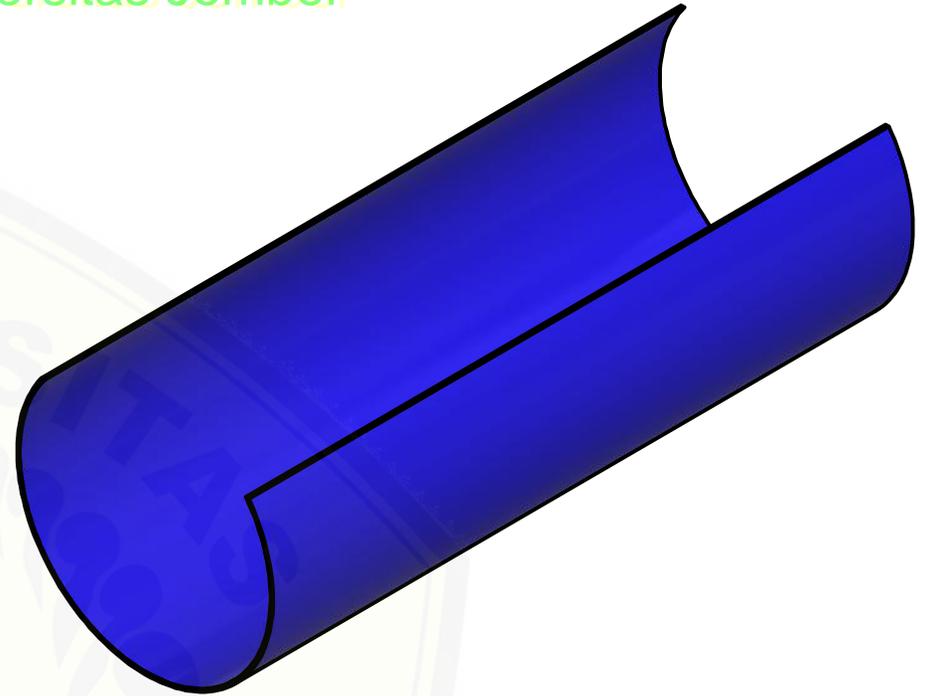
PERINGATAN:

TEKNIK MESIN
UNIVERSITAS JEMBER

ASSEMBLY
WATER TURBINE SCREW

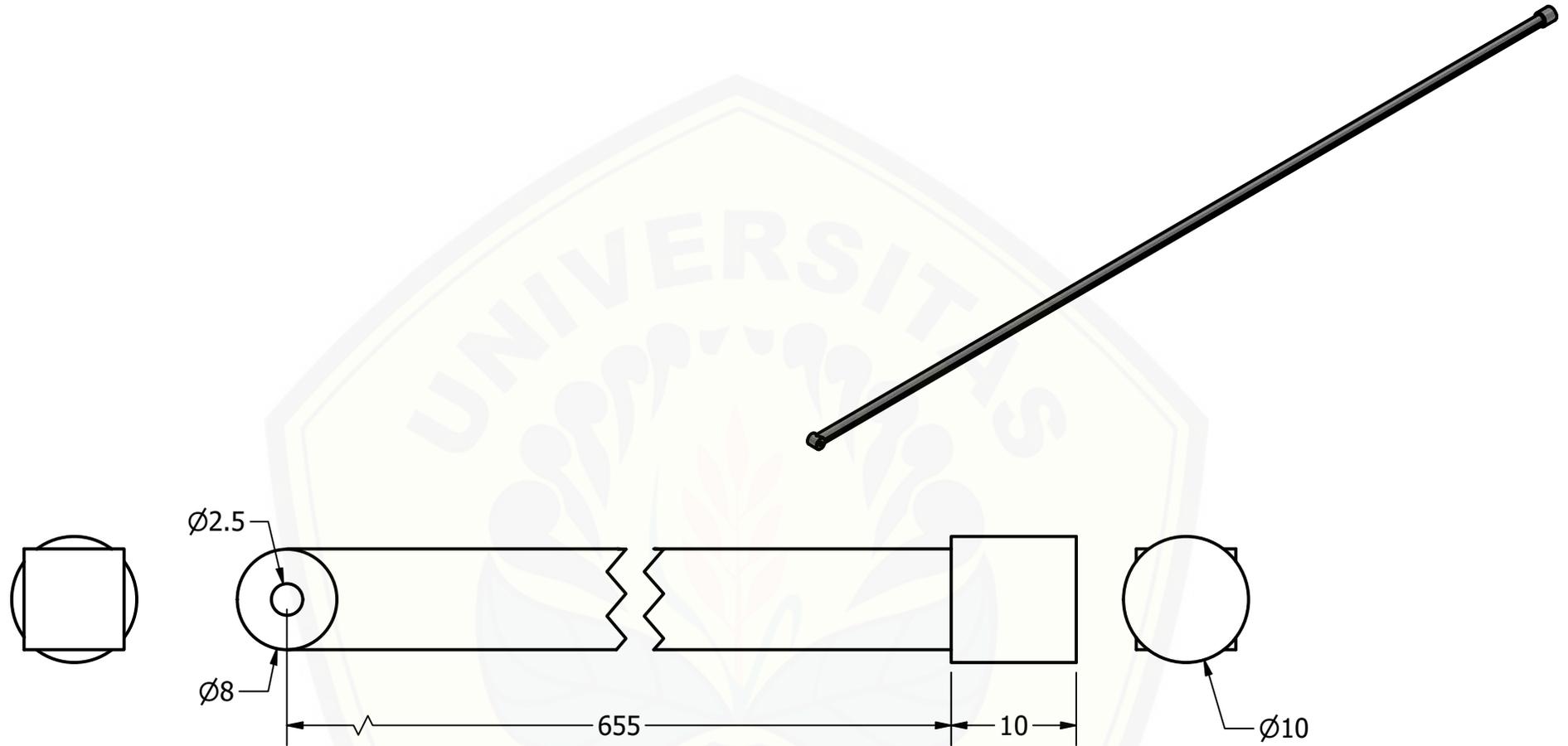
No. 8

A4



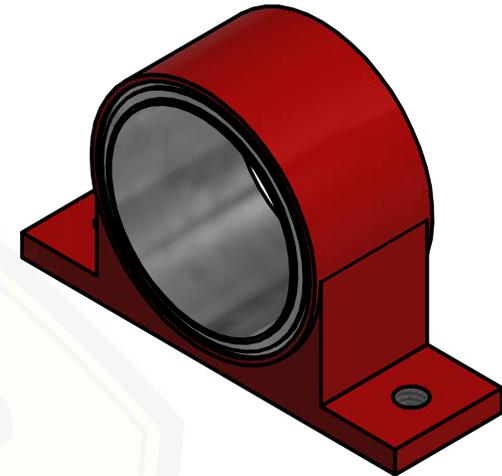
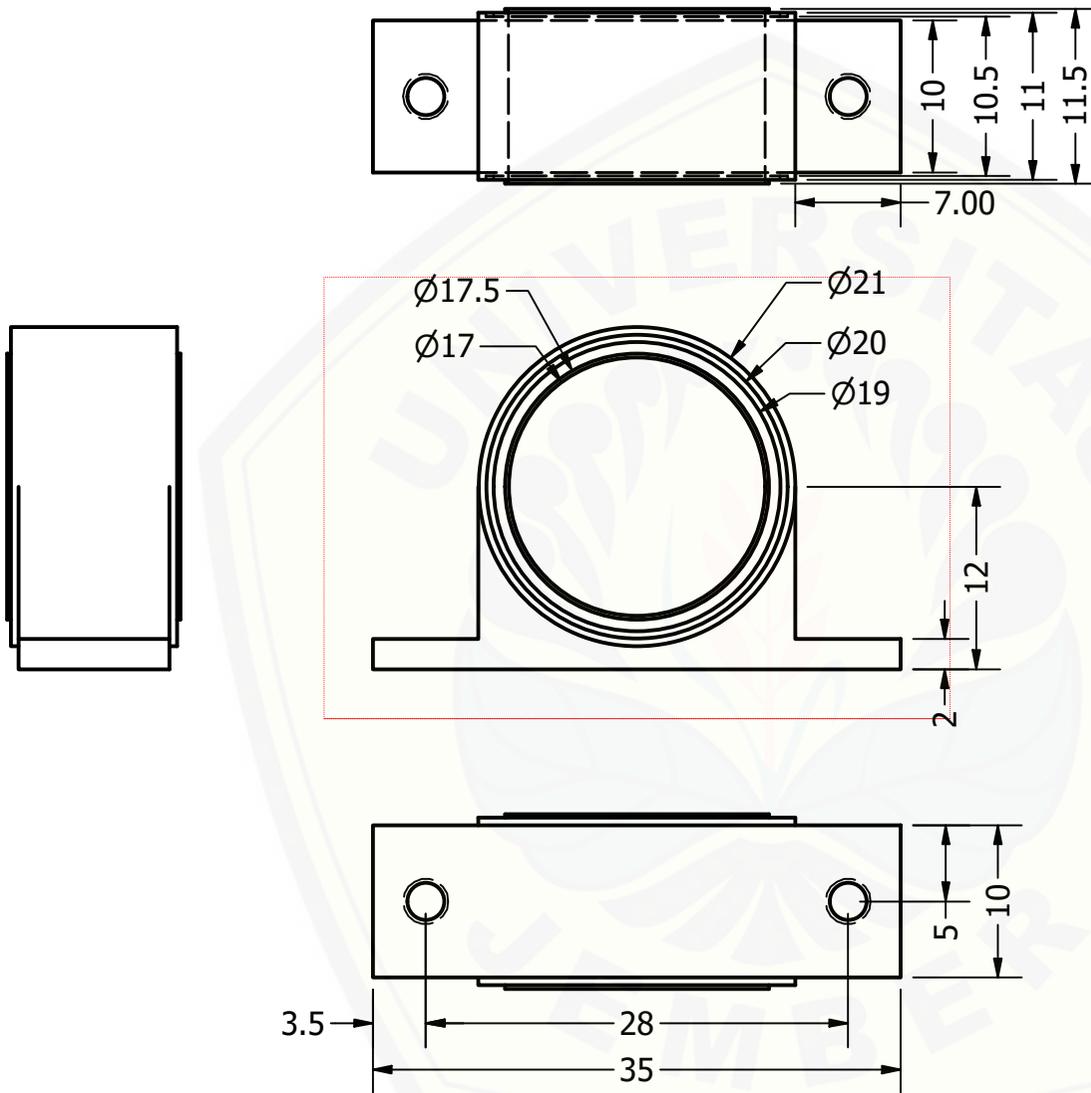
PARTS LIST			
ITEM	QTY	PART NAME	MATERIAL
1	1	Cover Screw	Steel, Mild

	SKALA : 1 / 10	DIGAMBAR: ANANG DARUN NAJA		PERINGATAN:
	SATUAN : mm	NIM : 191910101112		
	TANGGAL: 10-12-2020	DIPERIKSA : Ir. Robertus Sidartawan S.T.,M.T.		
TEKNIK MESIN UNIVERSITAS JEMBER	ASSEMBLY WATER TURBINE SCREW		No. 10	A4



PARTS LIST			
ITEM	QTY	PART NAME	MATERIAL
1	1	Main Holder	Steel, Mild

	SKALA : 2 : 1	DIGAMBAR: ANANG DARUN NAJA	PERINGATAN:	
	SATUAN : mm	NIM : 191910101112		
	TANGGAL: 10-12-2020	DIPERIKSA : Ir. Robertus Sidartawan S.T.,M.T.		
TEKNIK MESIN UNIVERSITAS JEMBER	ASSEMBLY WATER TURBINE SCREW	No. 12	A4	



PARTS LIST			
ITEM	QTY	PART NAME	MATERIAL
1	1	Flange Bearing	Steel, Mild

	SKALA : 2 : 1	DIGAMBAR: ANANG DARUN NAJA		PERINGATAN:	
	SATUAN : mm	NIM : 191910101112			
	TANGGAL: 10-12-2020	DIPERIKSA : Ir. Robertus Sidartawan S.T.,M.T.			
TEKNIK MESIN UNIVERSITAS JEMBER		ASSEMBLY WATER TURBINE SCREW		No. 13	A4