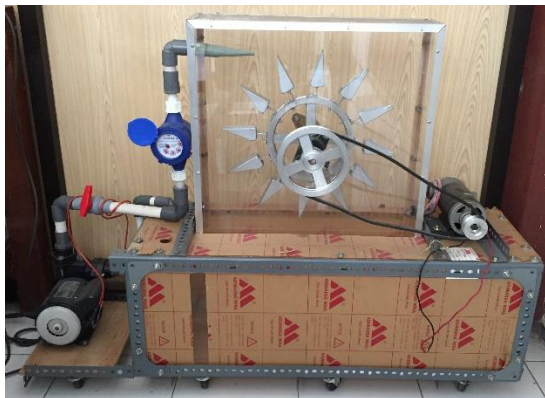




**PEMBUATAN PROTOTYPE PEMBANGKIT LISTRIK
TENAGA PIKOHIDRO**

PROYEK AKHIR

Diajukan Kepada Fakultas Teknik Universitas Negeri Yogyakarta
Untuk Memenuhi Sebagian Persyaratan
Guna Memperoleh Gelar Ahli Madya Teknik



Disusun oleh :

NAMA: Iwan Ardianto Sunardi

NIM: 14506134010

**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO
JURUSAN PENDIDIKAN TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS NEGERI YOGYAKARTA
2017**

**PERSETUJUAN
PROYEK AKHIR**

Dengan judul

**PEMBUATAN PROTOTYPE PEMBANGKIT LISTRIK
TENAGA PIKOHIDRO**

Dipersiapkan dan disusun oleh :

Iwan Ardianto Sunardi

NIM : 14506134010

Telah diperiksa dan disetujui oleh Dosen Pembimbing untuk diujikan di depan

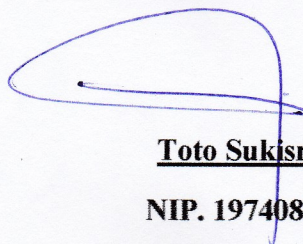
Dosen Penguji Tugas Akhir

Jurusan Pendidikan Teknik Elektro Universitas Negeri Yogyakarta

Guna memperoleh gelar Ahli Madya

Yogyakarta, 20 Agustus 2017

Dosen Pembimbing Proyek Akhir



Toto Sukisno, S.Pd., M.Pd

NIP. 19740828 200112 1 005



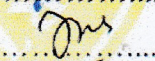
**PENGESAHAN
PROYEK AKHIR
Dengan Judul**

**PEMBUATAN PROTOTYPE PEMBANGKIT LISTRIK
TENAGA PIKOHIDRO**

Telah dipertahankan didepan Dewan Penguji Tugas Akhir
Jurusan Pendidikan Teknik Elektro Universitas Negeri Yogyakarta
Pada tanggal 25 Oktober 2017

Dan dinyatakan telah memenuhi syarat guna memperoleh
Gelar Ahli Madya Teknik Program Studi Teknik Elektro

DEWAN PENGUJI

Nama	Jabatan	Tanda Tangan	Tanggal
Toto Sukisno, M.Pd.	Ketua Penguji		27-10-2017
Herlambang Sigit P, S.T.MCs	Sekretaris Penguji		30-10-2017
Deny Budi Hertanto, M.Kom.	Penguji Utama		27-10-2017

Yogyakarta, 25 Oktober 2017

Fakultas Teknik

Universitas Negeri Yogyakarta

Dekan,



Dr. Widarto, M.Pd.

NIP. 19631230 198812 1 001

HALAMAN PERNYATAAN

Yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Iwan Ardianto Sunardi

NIM : 14506134010

Jurusan : Pendidikan Teknik Elektro

Fakultas : Teknik

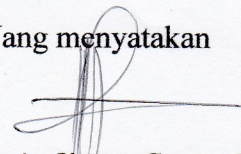
Judul Proyek Akhir :

**PEMBUATAN PROTOTYPE PEMBANGKIT LISTRIK
TENAGA PIKOHIDRO**

Menyatakan bahwa Proyek Akhir ini benar-benar merupakan karya sendiri dalam ide maupun desain kecuali pengerjaan di luar bidang Teknik Elektro. Karya ini saya buat sebagai salah satu syarat guna mendapatkan gelar Ahli Madya di jurusan Pendidikan Teknik Elektro Universitas Negeri Yogyakarta. Sepanjang pengetahuan saya, tidak ada karya atau pendapat orang lain yang ditulis atau diterbitkan kecuali sebagai acuan atau kutipan dengan tata tulis yang lazim.

Yogyakarta, 20 Agustus 2017

Yang menyatakan



Iwan Ardianto Sunardi

NIM. 14506134010

MOTTO

“ Memulai dengan penuh keyakinan
Menjalankan dengan penuh keikhlasan
Menyelesaikan dengan penuh kebahagiaan ”

“ Jangan takut untuk melangkah, Karena jarak 1000 km dimulai
dengan langkah pertama ”

“ Kegagalan bukan sebuah ahir namun
Kegagalan adalah jalan menuju keberhasilan ”

PERSEMBAHAN

Laporan Proyek Akhir ini dengan segala keterbatasan di dalamnya, saya persembahkan kepada:

1. Allah SWT yang telah memberikan jalan, kejernihan berfikir, kesabaran, kemurahan rizki, dan pertolongan di waktu yang tepat, sehingga tidak ada kesulitan yang berarti dalam pengerjaan proyek akhir ini.
2. Orang tua yang telah memberikan doa, perhatian, serta dorongan semangat dan senantiasa mendoakan untuk keberhasilan anak-anaknya.
3. Keluarga besar Jurusan Pendidikan Teknik Elektro.
4. Bapak dan Ibu dosen Jurusan Pendidikan Teknik Elektro yang telah banyak memberi ilmu yang bermanfaat.
5. Teman-teman kelas B Teknik Elektro angkatan 2014 atas kebersamaanya, dukungan material maupun moral, kenangan, semangat, dan segala bentuk bantuan demi kelancaran Proyek Akhir ini.
6. Untuk segenap pembaca sekalian.

PEMBUATAN *PROTOTYPE* PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA PIKOHIDRO

Iwan Ardianto Sunardi

NIM.14506134010

ABSTRAK

Tujuan dari pembuatan proyek akhir ini adalah untuk menghasilkan sebuah *prototype* pembangkit listrik tenaga pikohidro, mengetahui fungsi dan unjuk kerja. *Prototype* pembangkit listrik tenaga pikohidro ini diharapkan mampu memberikan gambaran tentang sistim pembangkit listrik tenaga pikohidro.

Pembuatan Proyek Akhir ini menerapkan beberapa tahap yaitu: (1) analisis kebutuhan, (2) perancangan, (3) pembuatan, dan (4) pengujian. Pembuatan *prototype* pembangkit listrik tenaga pikohidro meliputi : pembuatan kerangka *prototype*, pembuatan *prototype* sebagai tempat penempatan komponen-komponen, pembuatan turbin pleton sebagai pengubah energi potensial air menjadi energi listrik. Pengujian dilakukan di depan bengkel teknologi mekanik Jurusan Pendidikan Teknik Elektro UNY, pengujian meliputi : uji fungsional, dan uji unjuk kerja.

Hasil uji fungsional menunjukkan bahwa setiap komponen berfungsi dengan baik. Hasil pengujian unjuk kerja didapatkan data sebagai berikut : (1) Dengan debit air terukur 0,178 liter/detik tegangan keluaran generator rata-rata 41 Volt DC ; (2) Dengan debit air terukur 0,178 liter/detik daya keluaran generator sebesar 1.45 watt ; (3) Dengan debit air terukur 0,178 liter/detik generator dapat dibebani setara dengan 2 buah lampu LED 5 watt 12Volt DC.

Kata kunci: *Prototype*, Pembangkit Listrik Tenaga Pikohidro

KATA PENGANTAR



Puji syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT yang telah segala kemurahan, kemudahan, kejernihan pikiran serta pertolongan-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan penulisan Proyek Akhir ini dengan judul “ Pembuatan *Prototype* Pembangkit Listrik Tenaga Pikohidro ” dengan lancar dan berkesan tanpa halangan yang berarti.

Proyek Akhir ini merupakan salah satu persyaratan memperoleh gelar Ahli Madya pada program Diploma-III Jurusan Pendidikan Teknik Elektro, Prodi Teknik Elektro, Universitas Negeri Yogyakarta. Proyek Akhir ini dapat diselesaikan tak lepas dari berbagai pihak yang telah memberikan bantuan. Untuk itu pada kesempatan ini penulis menyampaikan ucapan terima kasih kepada:

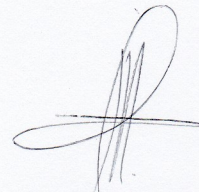
1. Dr. Widarto, M.Pd selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Negeri Yogyakarta.
2. Totok Heru Tri Maryadi, M.Pd selaku Ketua Jurusan Pendidikan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Negeri Yogyakarta .
3. Toto Sukisno, S.Pd., M.Pd. selaku pembimbing Tugas Akhir dan selaku Kaprodi Teknik Elektro.
4. Seluruh Dosen dan Staff di Jurusan Pendidikan Teknik Elektro yang telah membantu dan memberikan bimbingan.
5. Orang tua yang telah memberikan semangat, dukungan, doa, dan kesempatan untuk menggapai cita-cita.

6. Arina Makarimal Fasya sebagai teman seperjuangan yang telah berjuang bersama demi menyelesaikan tugas akhir ini.
7. Seluruh teman-teman kelas B Teknik Elektro angkatan 2014 Universitas Negeri Yogyakarta yang telah memberikan bantuan dan semangatnya.
8. Orang yang spesial di hati saya yang selalu memberikan dukungan serta do'a untuk menyelesaikan tugas akhir ini.

Akhir kata, penulis menyadari bahwa dalam pembuatan proyek akhir ini masih jauh dari harapan pembaca sekalian. Oleh karena itu, saran dan kritik yang membangun sangat dibutuhkan guna menyempurnakan laporan proyek akhir ini. Semoga Proyek akhir ini dapat memberikan inspirasi dan manfaat bagi pembaca sekalian.

Yogyakarta, 20 Agustus 2017

Penulis



Iwan Ardianto Sunardi

NIM.14506134010

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
HALAMAN PERSETUJUAN.....	ii
HALAMAN PENGESAHAN.....	iii
HALAMAN PERNYATAAN	iv
MOTTO	v
PERSEMBAHAN	vi
ABSTRAK	vii
KATA PENGANTAR	viii
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR TABEL.....	xiii
DAFTAR GAMBAR	xiv
DAFTAR LAMPIRAN.....	xvi
BAB 1	1
PENDAHULUAN	1
A. Latar Belakang	1
B. Identifikasi Masalah	4
C. Batasan Masalah.....	5
D. Rumusan Masalah	5
E. Tujuan	5
F. Manfaat	5
G. Keaslian Gagasan	5
BAB II.....	7
PENDEKATAN PEMECAHAN MASALAH	7
A. <i>Prototype</i>	7
1. Pengertian <i>Prototype</i>	7
a. Fungsi <i>Prototype</i>	8
b. Manfaat <i>Prototype</i>	8
B. Pembangkit Listrik Tenaga Pikohidro	9
1. Prinsip Pembangkit Listrik Tenaga Air.....	9
2. Prinsip Pembangkit Listrik Tenaga Air Skala Piko (PLTPH).....	10

a.	Komponen – Komponen PLTPH.....	13
1)	Bendungan (Weir) dan Intake	13
2)	Saluran Pembawa (Head Race).....	13
3)	Pipa Pesat (Penstock).....	14
4)	Pintu Pengatur	14
5)	Rumah Pembangkit (Power House).....	14
6)	Saluran Buang (Tail Race).....	15
7)	Turbin Air	15
a.	Turbin Pelton.....	16
C.	Motor DC (Sebagai generator).....	25
1.	Pengertian Motor DC	26
BAB III	32
KONSEP RANCANGAN	32
A.	Analisa Kebutuhan	33
B.	Rancangan <i>Prototype</i> Pembangkit Listrik Tenaga Pikohidro.....	34
1.	Desain rangka	35
2.	Desain <i>prototype</i>	35
C.	Rencana Pengujian	40
D.	Rancangan Kebutuhan Alat Dan Bahan.....	41
E.	Kalkulasi Biaya	42
BAB IV	44
PROSES, HASIL, DAN PENGUJIAN	44
A.	Proses Pengerjaan <i>Prototype</i> Pembangkit Listrik Tenaga Pikohidro	44
1.	Proses Pembuatan Kerangka Besi	44
2.	Proses Pembuatan Turbin Air.....	45
3.	Proses Pembuatan Bidang <i>Prototype</i>	49
4.	Proses Perakitan <i>Prototype</i> Pebangkit Listrik Tenaga Pikohidro	51
B.	Hasil Pegujian	52
1.	Tempat Pengambilan Data	52
2.	Alat dan Bahan untuk Pengujian	52
3.	Langkah-langkah Uji Teknis	53
a.	Uji fungsional <i>prototype</i>	53

b. Hasil Uji Pengukuran Output Generator.....	54
C. Pembahasan.....	68
BAB V.....	70
KESIMPULAN DAN SARAN.....	70
A. Kesimpulan	70
B. Keterbatasan.....	70
C. Saran.....	70
DAFTAR PUSTAKA	72
LAMPIRAN.....	74

DAFTAR TABEL

Table 1. Pengelompokan Jenis Turbin Impuls Dan Turbin Reaksi	15
Table 2. Kecepatan spesifik beberapa turbin	25
Table 3. Rancangan Pengujian Beban Kosong Generator DC dengan Variasi Debit Air	41
Table 4. Rancangan Pengujian Dengan Variasi Debit Air Dan Beban.....	41
Table 5. Kebutuhan Alat	41
Table 6. Kebutuhan Bahan.....	42
Table 7. Rincian Harga Bahan Pembuatan Proyek Akhir.....	43
Table 8. Alat dan Bahan Untuk Uji Teknis.....	52
Table 9. Hasil Pengukuran Output Generator Tanpa Beban.....	56
Table 10. Hasil Pengukuran Output Generator pada Debit Air 0.133 dengan Variasi Beban	58
Table 11. Hasil Pengukuran Output Generator pada Debit Air 0.153 dengan Variasi Beban	61
Table 12. Hasil Pengukuran Output Generator pada Debit Air 0.178 dengan Variasi Beban	63

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Proses PLTA Skala Piko	12
Gambar 2. Turbin Pelton.....	17
Gambar 3. Turbin Pelton.....	19
Gambar 4. Turbin Turgo	20
Gambar 5. Turbin Pelton.....	21
Gambar 6. Sketsa Turbin Francis.....	22
Gambar 7. Turbin kaplan	22
Gambar 8. GGL dari Generator	27
Gambar 9. Bagian dari Motor DC.....	27
Gambar 10. Pembangkitan Tegangan Induksi	29
Gambar 11. Tegangan Rotor yang Dihasilkan Melalui	30
Gambar 13. Diagram Alir Pembuatan Alat.....	32
Gambar 14. Desain rangka.....	35
Gambar 15. Desain prototype/layout	35
Gambar 16. Desain turbin	36
Gambar 17. Desain generator.....	37
Gambar 18. Bearing sisi kanan	37
Gambar 19. Bearing sisi kiri	38
Gambar 20. Desain Reancangan Pompa Air.....	39
Gambar 21. Desain Rancangan Alat Ukur.....	39
Gambar 22. Bentuk Rangka Dari Besi.....	44

Gambar 23. Bentuk Turbin Air	46
Gambar 24. Sambungan Puli Dengan Mangkuk Air	47
Gambar 25. Foto Proses Pengecatan	48
Gambar 26. Pemasangan Acrylic	50
Gambar 27. Pemberian Silicone Sealant	51
Gambar 28. Grafik Hubungan antara Debit Air dengan Rpm Generator	56
Gambar 29. Grafik Hubungan antara Rpm Generator dengan Tegangan	56
Gambar 30. Grafik Hubungan antara Rpm Generator dengan Tegangan	57
Gambar 31. Grafik Hubungan antara Tegangan dengan Rpm Generator	59
Gambar 32. Grafik Hubungan antara Tegangan dengan Beban	59
Gambar 33. Grafik Hubungan antara Tegangan dengan Arus	60
Gambar 34. Grafik Hubungan antara Daya dengan Tegangan	60
Gambar 35. Grafik Hubungan antara Tegangan dengan Rpm Generator	61
Gambar 36. Grafik Hubungan antara Tegangan dengan Beban	62
Gambar 37. Grafik Hubungan antara Tegangan dengan Arus	62
Gambar 38. Grafik Hubungan antara Daya dengan Tegangan	63
Gambar 39. Grafik Hubungan antara Tegangan dengan Rpm Generator	64
Gambar 40. Grafik Hubungan antara Tegangan dengan Beban	64
Gambar 41. Grafik Hubungan antara Tegangan dengan Arus	65
Gambar 42. Grafik Hubungan antara Daya dengan Tegangan	65
Gambar 43. Grafik pengukuran variasi debit air dengan beban 1490 ohm	67

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Foto Dokumentasi

BAB 1

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Pembangkit listrik tenaga air adalah salah satu sumber energi listrik yang memanfaatkan air sebagai sumber listrik. Pembangkit ini merupakan salah satu sumber energi listrik utama yang ada di Indonesia. Keberadaannya diharapkan mampu memenuhi pasokan listrik bagi masyarakat Indonesia, selain yang berasal dari bahan bakar batu bara. Pembangkit listrik tenaga air di Indonesia banyak dikembangkan. Hal ini karena persediaan air di Indonesia cukup melimpah. Keberadaan beberapa waduk besar di Indonesia, selain digunakan untuk penampungan air juga dimanfaatkan untuk menjadi energi penghasil listrik. Pilihan mengembangkan pembangkit listrik tenaga air ini salah satunya disebabkan potensi air yang ada di Indonesia. Jumlah air yang melimpah, dikembangkan untuk menciptakan energi yang diubah menjadi sebuah arus listrik. Hal ini ditujukan untuk menciptakan biaya produksi yang murah pada listrik di Indonesia. PLTA termasuk jenis pembangkitan hidro. Karena pembangkitan ini menggunakan air untuk kerjanya. Saat ini pengetahuan tentang PLTA perlu untuk diketahui oleh para mahasiswa sebagai modal awal untuk kedepannya.

Potensi energi listrik yang dihasilkan pembangkit listrik tenaga air di Indonesia cukup besar mencapai 75 ribu Mw, namun saat ini pemanfaatannya melalui penyediaan energi listrik nasional baru mencapai 10% dari total potensinya. Dikutip dari situs Kementerian ESDM (26/6/2014), berdasarkan data yang dimiliki Kementerian ESDM, potensi sumber energi tenaga air tersebar sebanyak 15.600 MW (20,8%) di Sumatera, 4.200 MW (5,6%) di Jawa, 21.600 MW (28,8%) di

Kalimantan, 10.200 MW (13,6%) di Sulawesi, 620 MW (0,8%) di Bali, NTT dan NTB, 430 MW (0,6%) di Maluku, dan 22.350 MW (29,8%) di Papua, dari potensi nasional. Total keseluruhan potensi tenaga air yang dimiliki bangsa Indonesia sebesar 75.000 MW dan yang dimanfaatkan saat ini hanya 10.1% atau sebesar 7,572 MW.

Aliran air untuk pembangkit listrik tenaga pikohidro tidak harus memanfaatkan aliran air yang deras tetapi dapat memanfaatkan air yang berasal dari saluran irigasi, sungai kecil yang ada di dataran rendah, atau daerah yang tidak memiliki bukit-bukit tetapi memiliki air yang melimpah karena pada pembangkit listrik tenaga pikohidro menggunakan sistem bendungan. Energi listrik yang dihasilkan generator tergantung pada frekuensi putaran turbin. Pembangkit listrik tenaga air khususnya skala kecil seperti pikohidro dapat digunakan sebagai alternatif pembangkit listrik tenaga diesel (PLTD) yang menggunakan bahan bakar minyak khususnya solar yang biaya operasionalnya lebih besar. Pada sistem bendungan sebagian air sungai dibendung dalam suatu bak, setelah air dalam bak tersebut mencukupi, air tersebut dialirkan ke dalam turbin.

Universitas Negeri Yogyakarta merupakan salah satu lembaga pendidikan formal yang dituntut mampu mengikuti perkembangan teknologi sehingga menghasilkan lulusan yang kompeten secara kognitif, psikomotorik, dan afektif. Pengenalan teknologi baru harus dilakukan dalam proses kegiatan belajar mengajar di Universitas Negeri Yogyakarta agar peserta didik mampu menjadi kader yang siap dalam menghadapi tantangan dunia di era teknologi. Kualitas proses belajar mengajar akan berpengaruh terhadap hasil belajar peserta didik. Salah satu faktor

yang dapat mendukung kualitas hasil belajar mahasiswa adalah ketersediaan *prototype*.

Secara umum, *prototype* dapat diartikan dengan alat komunikasi untuk menyampaikan materi pembelajaran. Dalam program keahlian yang bersifat praktikum, penggunaan alat bantu berupa *prototype* memiliki pengaruh yang signifikan bagi mahasiswa dalam memahami secara mendalam materi yang diajarkan. *Prototype* pembangkit listrik tenaga pikohidro merupakan salah satu alat yang dapat digunakan mahasiswa dalam mengenal lebih dalam perkembangan sistim pembangkit tenaga listrik, khususnya dalam program keahlian sistim pembangkit tenaga listrik.

Hasil pengamatan yang telah dilakukan di Jurusan Pendidikan Teknik Elektro, Fakultas Teknik Universitas Negeri Yogyakarta, dalam mata kuliah sistim pembangkit listrik, mahasiswa menggunakan *prototype* yang sudah mengalami penurunan kualitas dan komponen – komponennya harus dilakukan penggantian. Pada *prototype* pembangkit listrik tenaga air yang ada Jurusan Pendidikan Teknik Elektro, Fakultas Teknik Universitas Negeri Yogyakarta di bagian kran air sebagai penggerak mula tidak mampu memutar turbin dan generator secara maksimal, ketika dibebani tekanan air tidak mampu menggerakkan turbin dan generator sehingga menghambat dalam pengambilan data. Tidak adanya alat untuk mengukur debit air yang digunakan dalam praktik membuat data yang digunakan untuk perhitungan kurang lengkap. Penggunaan air sebagai penggerak turbin tidak efisien karena hanya dapat digunakan untuk sekali praktikum, hal ini menjadikan air terbuang sia-sia. Penggunaan *prototype* tersebut memang telah mendukung dalam

kelancaran proses belajar mengajar, namun dalam rangka menanggapi tuntutan teknologi maka diperlukan perkembangan dalam materi pembelajaran maupun *prototype* penunjang pembelajaran agar prestasi peserta didik menjadi lebih kompeten. Kurangnya sarana alat bantu pembelajaran yang disediakan oleh kampus menjadi salah satu pemicu rendahnya minat belajar peserta didik, terutama dalam menghadapi mata kuliah yang harus dilaksanakan dengan praktikum.

Menanggapi permasalahan yang ada di atas, dan juga untuk mencari solusi dari permasalahan tersebut, peneliti bermaksud melakukan penelitian mengenai implementasi dan pengembangan *prototype* pembangkit listrik tenaga pikohidro melalui pembantuan *prototype* pembangkit listrik tenaga pikohidro. Dimana dalam penelitian ini, peneliti akan mencari tingkat kelayakan dan efektifitas alat yang telah dibuat.

B. Identifikasi Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dipaparkan di atas maka dapat diidentifikasi sebagai berikut :

1. Belum adanya *prototype* pembangkit listrik tenaga pikohidro yang dapat mengetahui debit air yang digunakan dalam membangkitkan energi listrik.
2. Keterbatasan *prototype* tentang pembangkit tenaga listrik tenaga pikohidro membuat mahasiswa sulit memahami yang didapat secara teori dan kenyataan.
3. *Prototype* sistim pembangkit tenaga listrik di bengkel listrik Universitas Negeri Yogyakarta didapati beberapa bagian yang sudah rusak dan hilang.

C. Batasan Masalah

Berdasarkan latar belakang dan identifikasi masalah yang telah dibahas, penyusunan proyek ahir ini dibatasi dengan :

1. Pembuatan *prototype* pembangkit listrik tenaga pikohidro.
2. Pengujian unjuk kerja *Prototype* pembangkit listrik tenaga pikohidro.

D. Rumusan Masalah

Berdasarkan batasan masalah yang telah dipaparkan di atas maka dapat dirumuskan beberapa masalah yang akan dipecahkan, di antaranya :

1. Bagaimana pembuatan *prototype* pembangkit listrik tenaga pikohidro?
2. Bagaimana unjuk kerja *prototype* pembangkit listrik tenaga pikohidro ?

E. Tujuan

Berdasarkan rumusan di atas maka tujuannya yang akan dicapai di antaranya ;

1. Membuat *prototype* pembangkit listrik tenaga pikohidro.
2. Mengetahui unjuk kerja *prototype* pembangkit listrik tenaga pikohidro.

F. Manfaat

Manfaat dari pembuatan *prototype* pembangkit listrik tenaga pikohidro pikohidro adalah sebagai :

1. Membantu mempelajari dan memahami pembangkit tenaga listrik.
2. Mengerti prinsip kerja dari sistim pembangkit listrik tenaga pikohidro.

G. Keaslian Gagasan

Gagasan dari proyek akhir ini merupakan hasil dari observasi di bengkel Teknik elektro FT UNY. Pemikiran ini berawal dari pentingnya *prototype* bagi

kegiatan belajar. Oleh karena itu mahasiswa bermaksud mengangkat proyek akhir yang berjudul “Pembuatan *Prototype* Pembangkit Listrik Pikohidro”. Sehingga dapat dipergunakan dalam memahami sistim pembangkit listrik tenaga pikohidro.

BAB II

PENDEKATAN PEMECAHAN MASALAH

Berdasarkan masalah yang telah diidentifikasi pada bab I, maka dapat dilakukan pendekatan pemecahan masalah. Pendekatan pemecahan masalah difokuskan pada perancangan dan pembuatan *prototype* pembangkit listrik tenaga pikohidro. Dalam proses perancangan dan pembuatan diperlukan beberapa pengetahuan tentang teori tentang *prototype*, serta teori yang berkaitan dengan masalah yang dipecahkan pada pembuatan proyek ahir seperti : sistim pembangkit pembangkit listrik, sistim perubahan energy, konsep generator listrik beberapa pengetahuan tentang teori kerja bangku yang akan diterapkan pada proses pembuatan *prototype*, agar tidak terjadi kesalahan ataupun kegagalan pada saat melaukan pembuatan *prototype*. Berikut ini dibahas tinjauan tentang konsep yang mendasari proses perancangan dan pembuatan *prototype* pembangkit listrik tenaga pikohidro.

A. *Prototype*

1. Pengertian *Prototype*

Prototype adalah sebuah alat yang mengexpresikan suatu benda nyata maupun benda yang dalam proses perencanaan. *Prototype* merupakan alat peraga yang mirip produk yang akan dibangun (*look like models*). Secara jelas menggambarkan bentuk dan penampilan produk baik dengan skala yang diperbesar, 1:1, atau diperkecil untuk menunjukkan benda yang tidak dapat secara langsung dibangun atau dicoba.

a. Fungsi Prototype

Penggunaan *prototype* dapat membantu meningkatkan pemahaman dan daya serap mahasiswa terhadap materi pelajaran yang dipelajari.

Berikut ini fungsi-fungsi dari penggunaan *prototype* :

- 1) Membantu memudahkan belajar bagi mahasiswa.
- 2) Memberikan pengalaman lebih nyata (yang abstrak dapat menjadi lebih konkrit)
- 3) Menarik perhatian lebih besar (kegiatan pembelajaran dapat berjalan lebih menyenangkan dan tidak membosankan).
- 4) Lebih menarik perhatian dan minat dalam belajar

b. Manfaat Prototype

Beberapa manfaat *prototype* adalah:

- 1) Pembelajaran akan lebih menarik perhatian sehingga dapat menumbuhkan motivasi belajar.
- 2) Bahan pembelajaran akan lebih jelas maknanya sehingga dapat lebih dipahami dan memungkinkan siswa menguasai tujuan pembelajaran lebih baik.
- 3) Metode pembelajaran akan lebih bervariasi, tidak semata-mata komunikasi verbal melalui teori-teori.
- 4) Lebih banyak melakukan pengujian, sebab tidak hanya mendengarkan uraian teori, tetapi juga aktivitas lain seperti pengamatan, melakukan, mendemonstrasikan dan lain-lain.

B. Pembangkit Listrik Tenaga Pikohidro

1. Prinsip Pembangkit Listrik Tenaga Air

Pembangkitan tenaga air adalah suatu bentuk perubahan tenaga dari tenaga air dengan ketinggian dan debit tertentu menjadi tenaga listrik, dengan menggunakan turbin air dan generator. Daya (*power*) yang dihasilkan dapat dihitung berdasarkan rumus berikut:

$$P = \rho \cdot Q \cdot h \cdot g$$

Dimana :

P = daya keluaran secara teoritis (watt)

ρ = massa jenis fluida (kg/m³)

Q = debit air (m³/s)

h = ketinggian efektif (m)

g = gaya gravitasi (m/s²)

Daya yang keluar dari generator dapat diperoleh dari perkalian efisiensi turbin dan generator dengan daya yang keluar secara teoritis. Sebagaimana dapat dipahami dari rumus tersebut di atas, daya yang dihasilkan adalah hasil kali dari tinggi jatuh dan debit air, oleh karena itu berhasilnya pembangkitan tenaga air tergantung daripada usaha untuk mendapatkan tinggi jatuh air dan debit yang besar secara efektif dan ekonomis.

2. Prinsip Pembangkit Listrik Tenaga Air Skala Piko (PLTPH)

Pembangkit listrik skala *micro* atau *pico* pada prinsipnya memanfaatkan beda ketinggian dan jumlah debit air per detik yang ada pada aliran air saluran irigasi, sungai atau air terjun. Aliran air ini akan memutar poros turbin sehingga menghasilkan energi mekanik. Energi ini selanjutnya menggerakkan generator dan menghasilkan listrik (Anya P. Damastuti,1997).

Berdasarkan jurnal dari Mohd Farriz Basar (2013) yang menyatakan bahwa “*Pico hydro is a hydro-electric that capable of producing a maximum output power up to five kilowatts*”. Jadi yang membedakan antara pembangkit skala pikohidro dengan mikrohidro yaitu berdasarkan daya maksimal yang telah diklasifikasikan.

Menurut Arismunandar dan Susumumu Kuwahara (1974), output yang dihasilkan pembangkit listrik tenaga air dibedakan atas :

- a. *Large-hydro* : lebih dari 100MW
- b. *Medium-hydro* : antara 15 – 100MW
- c. *small-hydro* : antara 1- 15MW
- d. *Mini-hydro* : Daya atas 100 kW, tetapi di bawah 1 MW
- e. *Micro-hydro* : antara 5 – 100kW
- f. *Pico-hydro* : daya yang dikeluarkan kurang dari 5kW

Pembangkitan tenaga air adalah suatu bentuk perubahan tenaga dari tenaga air dengan ketinggian dan debit tertentu menjadi tenaga listrik, dengan menggunakan turbin air dan generator.

Perhitungan rumus yang diambil dari tabloid WACANA No. 8 / Mei - Juni (1997), mengenai potensi daya mikrohidro atau pikohidro dapat dihitung dengan persamaan:

$$\text{Daya (P)} = 9,8 \times Q \times H_n \times \eta$$

Dimana : P = daya (kW)

Q = debit aliran (m³/s)

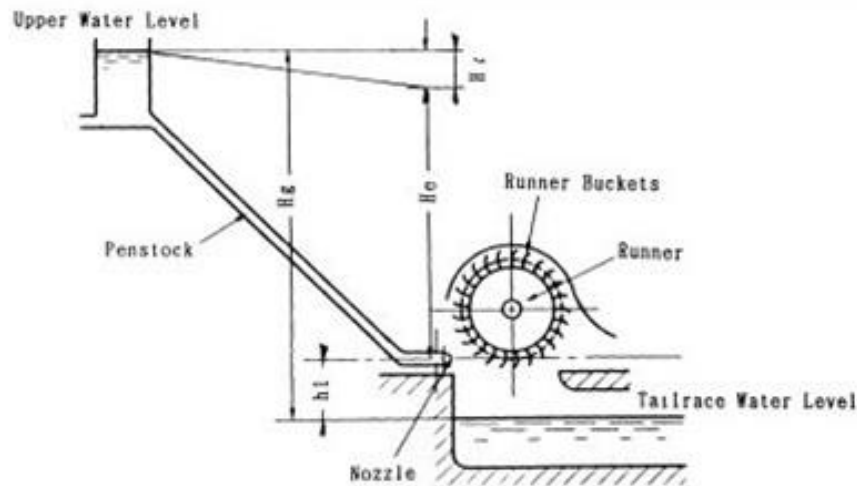
H_n = head net (m)

9,8 = konstanta gravitasi

η = efisiensi keseluruhan

Daya yang keluar dari generator dapat diperoleh dari perkalian antara efisiensi dengan ketinggian dan debit air sebagai parameter utama. Jadi secara teoritis, untuk mendapatkan daya keluaran generator yang besar, maka diperlukan debit air yang besar dan tinggi jatuh air yang tinggi serta efisiensi dari komponen pendukung tinggi.

Pembangkit listrik tenaga air skala piko pada prinsipnya memanfaatkan beda ketinggian dan jumlah debit air per detik yang ada pada aliran air saluran irigasi, sungai atau air terjun. Aliran air ini akan memutar poros turbin sehingga menghasilkan energi mekanik. Energi ini selanjutnya menggerakkan generator dan generator menghasilkan listrik.



Gambar 1. Proses PLTA Skala Piko

(Sumber: <http://07muchlis.blogspot.co.id>)

Besar volume air yang masuk ke pipa pesat diatur melalui pintu pengatur. Turbin pada proses pembangkitan listrik ini berputar karena adanya pengaruh energi potensial air yang mengalir dari pipa pesat dan mengenai sudu-sudu turbin. Berputarnya turbin kemudian akan mengakibatkan generator juga berputar sehingga generator dapat menghasilkan listrik sebagai keluarannya. Besarnya daya listrik sebelum masuk ke turbin secara matematis dapat dituliskan sebagai berikut:

$$P_{in} \text{ turbin} = \rho \cdot Q \cdot h \cdot g$$

Sedangkan besar daya output turbin adalah sebagai berikut:

$$P_{out} \text{ turbin} = \rho \times Q \times h \times g \times \eta_{\text{turbin}}$$

Sehingga secara matematis daya nyata yang dihasilkan dari pembangkit adalah sebagai berikut:

$$P_{real} = \rho \times Q \times h \times g \times \eta_{\text{turbin}} \times \eta_{\text{generator}} \times \eta_{\text{tm}}$$

Dimana :

Pin turbin = daya masukan ke turbin (kW)

Pout turbin = daya keluaran dari turbin (kW)

Preal = daya sebenarnya yang dihasilkan (kW)

ρ = massa jenis fluida (kg/m³)

Q = debit air (m³/s)

a. Komponen – Komponen PLTPH

Komponen PLTA skala piko sama dengan komponen pada PLTA mikrohidro, yang secara umum terdiri dari:

1) Bendungan (*Weir*) dan *Intake*

Pada umumnya instalasi PLTA skala piko merupakan pembangkit listrik tenaga air jenis aliran sungai atau saluran irigasi langsung, jarang yang merupakan jenis waduk (bendungan besar). Konstruksi bangunan intake untuk mengambil air langsung dapat berupa bendungan (*weir*) yang melintang sepanjang lebar sungai atau langsung membagi aliran air sungai tanpa dilengkapi bangunan bendungan. Lokasi *intake* harus dipilih secara cermat untuk menghindarkan masalah di kemudian hari.

2) Saluran Pembawa (*Head Race*)

Saluran pembawa berfungsi untuk mengalirkan air dari intake sampai ke bak penenang. Perencanaan saluran penghantar berdasarkan pada kriteria:

- Nilai ekonomis yang tinggi
- Efisiensi fungsi

- Aman terhadap tinjauan teknis
- Mudah pengerjaannya
- Mudah pemeliharaannya
- Struktur bangunan yang memadai
- Kehilangan tinggi tekan (*head losses*) yang kecil

3) Pipa Pesat (*Penstock*)

Pipa pesat (*penstock*) adalah pipa yang berfungsi untuk mengalirkan air dari bak penenang (*forebay tank*). Perencanaan pipa pesat mencakup pemilihan material, diameter penstock, tebal dan jenis sambungan (*coordination point*). Pemilihan material berdasarkan pertimbangan kondisi operasi, aksesibility, berat, sistem penyambungan dan biaya. Diameter pipa pesat dipilih dengan pertimbangan keamanan, kemudahan proses pembuatan, ketersediaan material dan tingkat rugi-rugi (*fiction losses*) seminimal mungkin. Ketebalan *penstock* dipilih untuk menahan tekanan hidrolis dan *surge pressure* yang dapat terjadi.

4) Pintu Pengatur

Pintu pengatur berfungsi untuk mengatur volume air yang akan masuk dari kolam penenang ke pipa pesat.

5) Rumah Pembangkit (*Power House*)

Pada rumah pembangkit ini terdapat turbin, generator dan peralatan lainnya. Bangunan ini menyerupai rumah dan diberi atap untuk melindungi peralatan dari hujan dan gangguan-gangguan lainnya.

6) Saluran Buang (*Tail Race*)

Saluran buang berfungsi mengalirkan air keluar setelah memutar turbin.

7) Turbin Air

Turbin air dikembangkan pada abad 19 dan digunakan secara luas untuk pembangkit tenaga listrik.. Turbin air mengubah energi potensial air menjadi energi mekanis. Energi mekanis diubah dengan generator listrik menjadi tenaga listrik.

a) Pengelompokan Turbin

Berdasarkan prinsip kerja turbin dalam mengubah energi potensial air menjadi energi mekanis, turbin air dibedakan menjadi dua kelompok yaitu turbin impuls dan turbin reaksi.

Table 1. Pengelompokan Jenis Turbin Impuls Dan Turbin Reaksi

	High Head	Medium head	Low head
Turbin Impuls	Pelton Turgo	Crossflow Pelton Turgo	Crossflow
Turbin Reaksi		Francis	Propeller Kaplan

1. Turbin Impuls

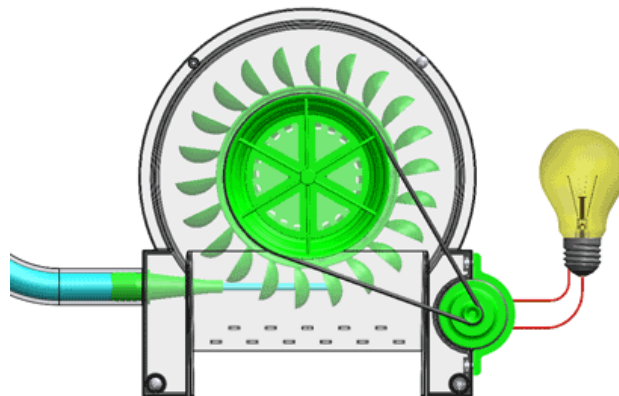
Energi potensial air diubah menjadi energi kinetik pada nozle. Air keluar nozle yang mempunyai kecepatan tinggi membentur sudu turbin. Setelah membentur sudu arah kecepatan aliran berubah sehingga terjadi perubahan momentum (*impulse*). Akibatnya roda turbin akan berputar. Turbin impuls adalah sama dengan turbin tekanan karena aliran air yang keluar dari nozle tekanannya adalah sama dengan tekanan atmosfer sekitarnya. Semua energi tinggi tempat dan tekanan ketika masuk ke sudu jalan turbin dirubah menjadi energi kecepatan.

a. Turbin Pelton

Turbin pelton merupakan turbin impuls. Turbin Pelton terdiri dari satu set sudu jalan yang diputar oleh pancaran air yang disemprotkan dari satu atau lebih alat yang disebut nozle. Turbin Pelton adalah salah satu dari jenis turbin air yang paling efisien. Turbin Pelton adalah turbin yang cocok digunakan untuk head tinggi. Bentuk sudu turbin terdiri dari dua bagian yang simetris. Sudu dibentuk sedemikian sehingga pancaran air akan mengenai tengah-tengah sudu dan pancaran air tersebut akan berbelok ke kedua arah sehingga bisa membalikkan pancaran air dengan baik dan membebaskan sudu dari gaya-gaya samping sehingga terjadi konversi energi kinetik menjadi energi mekanis.

Anjar Susatyo dan Lukman Hakim (2003), menyatakan bahwa Turbin Pelton adalah turbin reaksi dimana satu atau lebih pancaran

air menumbuk roda yang terdapat sejumlah mangkok. Masing-Masing pancaran keluar melalui nozzle dengan valve untuk mengatur aliran. Turbin pelton hanya digunakan untuk head tinggi. Nozzel turbin berada searah dengan piringan runner. Pada penelitian ini dilakukan perhitungan untuk mendapatkan dimensi mangkok runner turbin pelton. Mangkok runner ini dirancang agar dapat menerima energi kinetik dan mengambil energi tersebut menjadi torsi pada poros generator.



Gambar 2. Turbin Pelton

(sumber <http://www.mecaflux.com/en/turbines.htm>)

Turbin Pelton disebut juga turbin impuls atau turbin tekanan rata atau turbin pancaran bebas karena tekanan air keluar nosel sama dengan tekanan atmosfer. Dalam instalasi turbin ini semua energi (geodetik dan tekanan) dirubah menjadi kecepatan keluar nosel. Energi yang masuk kedalam roda jalan dalam bentuk energi kinetik. Ketika melewati roda turbin, energi kinetik tadi

dikonversikan menjadi kerja poros dan sebagian kecil energi ada yang terlepas dan ada yang digunakan untuk melawan gesekan dengan permukaan sudu turbin.

Semua energi tinggi dan tekanan ketika masuk ke sudu jalan turbin dirubah menjadi energi kecepatan. Pancaran air tersebut yang akan menjadi gaya tangensial F yang bekerja pada sudu roda jalan. Kecepatan pancaran air dari nosel adalah sebagai berikut. Ukuran-ukuran utama turbin pelton adalah diameter lingkaran sudu yang kena pancaran air. Pengaturan nosel akan menentukan kecepatan dari turbin. Untuk turbin-turbin yang bekerja pada kecepatan tinggi jumlah nosel diperbanyak. Hubungan antara jumlah nosel dengan kecepatan spesifik adalah sebagai berikut. Dimana n_{qT} = kecepatan spesifik pada z nosel (rpm), z = jumlah nosel terpasang



Gambar 3. Turbin Pelton

Turbin Pelton terdiri dari dua bagian utama yaitu nosel dan roda jalan (*runner*). Nosel mempunyai beberapa fungsi, yakni mengarahkan pancaran air ke sudu turbin, mengubah tekanan menjadi energi kinetik dan mengatur kapasitas kecepatan air yang masuk turbin.

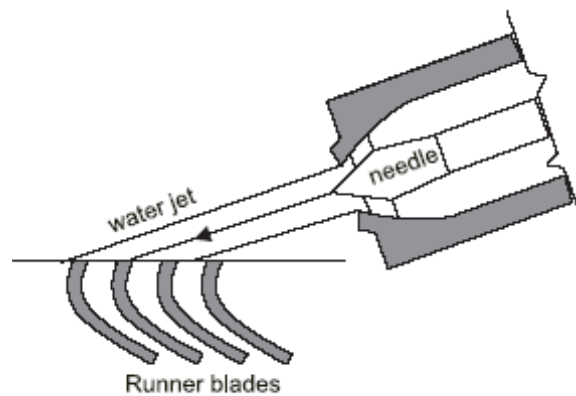
Jarum yang terdapat pada nosel berguna untuk mengatur kapasitas air dan mengarahkan konsentrasi air yang terpancar dari mulut nosel. Panjang jarum sangat menentukan tingkat konsentrasi dari air, semakin panjang jarum nosel maka air akan semakin terkonsentrasi untuk memancarkan ke sudu jalan turbin.

Roda jalan pada turbin berbentuk plat dengan sejumlah sudu di sekelilingnya. Plat ini dihubungkan dengan poros dan

seterusnya akan menggerakkan generator. Sudu turbin Pelton berbentuk elipsoidal atau disebut juga dengan *bucket* dan di tengahnya mempunyai pemisah air (*splitter*).

1. Turbin Turgo

Turbin turgo dapat beroperasi pada head 30 m s/d 300 m. Seperti turbin pelton turbin turgo merupakan turbin impulse, tetapi sudunya berbeda. Pancaran air dari nozle membentur sudu pada sudut 20°. Kecepatan putar turbin turgo lebih besar dari turbin pelton.



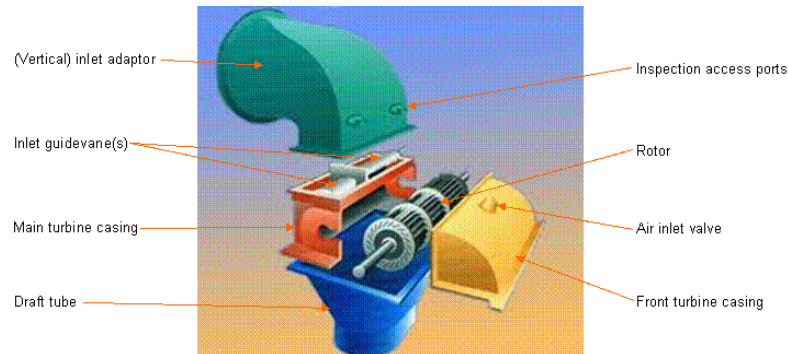
Gambar 4. Turbin Turgo

(sumber <http://busta-min.bogspot.com>)

2. Turbin Cross Flow

Turbin Cross Flow juga disebut Turbin *Banki-Mitchel* atau Turbin *Ossbeger*, di karenakan jenis turbin ini disebut-sebut ditemukan oleh ilmuwan Australia Anthony Michell, Ilmuwan

Australia Donat Banki, Ilmuwan Jerman Fritz Ossberger. Mereka masing-masing memiliki patent atas jenis turbin ini



Gambar 5. Turbin Pelton

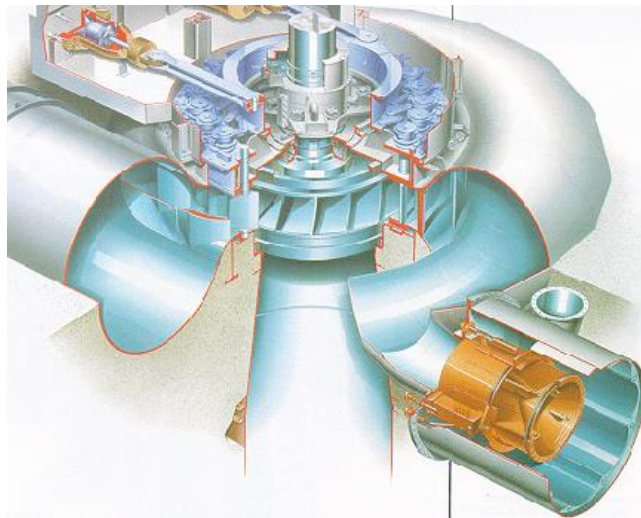
(sumber <http://www.satuenergi.com>)

b) Turbin Reaksi

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 (bagian turbin yang berputar) dapat berputar. Runner turbin reaksi sepenuhnya tercelup dalam air dan berada dalam rumah turbin.

1. Turbin Francis

Turbin francis merupakan salah satu turbin reaksi. Turbin dipasang di antara sumber air tekanan tinggi di bagian masuk dan air bertekanan rendah di bagian keluar.

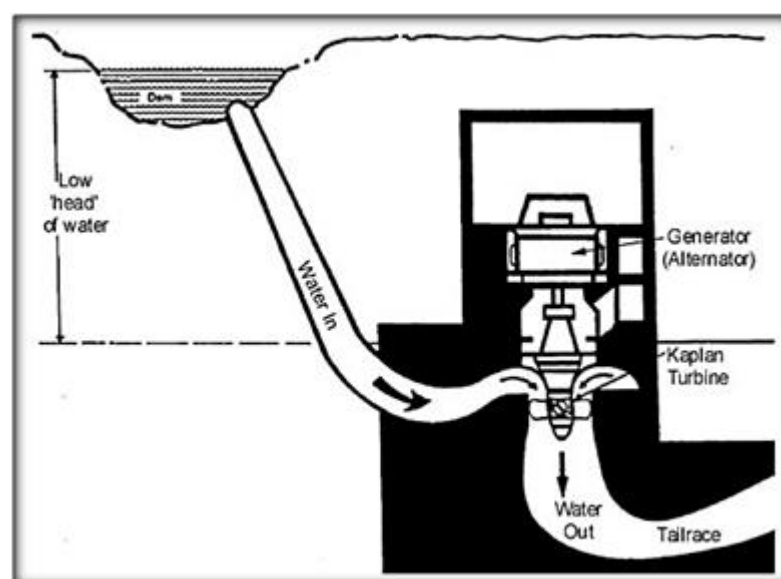


Gambar 6. Sketsa Turbin Francis

(sumber <http://ffden-2.phys.uaf.edu/>)

2. Turbin Kaplan & Propeller

Turbin Kaplan dan propeller merupakan turbin rekasi aliran aksial. Turbin ini tersusun dari propeller seperti pada perahu. Propeller tersebut biasanya mempunyai tiga hingga enam sudu.



Gambar 7. Turbin kaplan

(sumber <https://yokealjauza.wordpress.com/2014/02/28/water-turbine>)

b) Kriteria Pemilihan Jenis Turbin

Pemilihan jenis turbin dapat ditentukan berdasarkan kelebihan dan kekurangan dari jenis-jenis turbin, khususnya untuk suatu desain yang sangat spesifik. Pada tahap awal, pemilihan jenis turbin dapat diperhitungkan dengan mempertimbangkan parameter-parameter khusus yang mempengaruhi sistem operasi turbin, yaitu:

- a) Faktor tinggi jatuhan air efektif (*Net Head*) dan debit yang akan dimanfaatkan untuk operasi turbin merupakan faktor utama yang mempengaruhi pemilihan jenis turbin, sebagai contoh : turbin pelton efektif untuk operasi pada head tinggi, sementara turbin propeller sangat efektif beroperasi pada head rendah.
- b) Faktor daya (*power*) yang diinginkan berkaitan dengan head dan debit yang tersedia.
- c) Kecepatan (putaran) turbin yang akan ditransmisikan ke generator. Sebagai contoh untuk sistem transmisi *direct couple* antara generator dengan turbin pada head rendah, sebuah turbin reaksi (*propeller*) dapat mencapai putaran yang diinginkan, sementara turbin pelton dan *crossflow* berputar sangat lambat (*low speed*) yang akan menyebabkan sistem tidak beroperasi.

Ketiga faktor di atas seringkali diekspresikan sebagai "kecepatan spesifik, N_s ", yang didefinisikan dengan formula:

$$N_s = \text{rpm}$$

Dimana:

N_s = kecepatan spesifik

N = kecepatan putaran turbin (rpm)

P = maksimum turbin *output* (kW)

H = *head* efektif (m)

Output turbin dihitung dengan formula:

$$P = 9.81 \times Q \times H \times \eta_{\text{turbin}}$$

Dimana:

P = daya Turbin (kW)

Q = debit air (m³/s)

H = efektif *head* (m) $5/4HP.N$

η_{turbin} = efisiensi turbin

= 0.8 - 0.85 untuk turbin pelton

= 0.8 - 0.9 untuk turbin francis

= 0.7 - 0.8 untuk turbin crossflow

= 0.8 - 0.9 untuk turbin propeller/Kaplan

Kecepatan spesifik setiap turbin memiliki kisaran (*range*) tertentu berdasarkan data eksperimen. Kisaran kecepatan spesifik beberapa turbin air ditunjukkan pada Tabel 2.

Table 2. Kecepatan spesifik beberapa turbin

Turbin Pelton	$12 \leq N_s \leq 25$
Turbin Francis	$60 \leq N_s \leq 300$
Turbin Crossflow	$40 \leq N_s \leq 200$
Turbin Propeller	$250 \leq N_s \leq 1000$

Dengan mengetahui kecepatan spesifik turbin maka perencanaan dan pemilihan jenis turbin akan menjadi lebih mudah. Dengan mengetahui besaran kecepatan spesifik maka dimensi dasar turbin dapat diestimasi.

C. Motor DC (Sebagai generator)

Mesin listrik seperti motor DC telah ada selama lebih dari seabad. Keberadaan mesin listrik telah membawa perubahan besar sejak dikenalkan motor induksi, atau terkadang disebut AC Shunt Motor. Motor DC telah memunculkan kembali *Silicon Controller Rectifier* yang digunakan untuk memfasilitasi kontrol kecepatan pada motor. Mesin listrik dapat berfungsi sebagai motor listrik apabila di dalam motor listrik tersebut terjadi proses konversi dari energi listrik menjadi energi mekanik. Motor listrik merupakan perangkat elektro magnetis yang mengubah energi listrik menjadi energi mekanik. Energi mekanik ini digunakan untuk, misalnya memutar *impeller* pompa, *fan* atau *blower* untuk menggerakkan kompresor dan mengangkat bahan. Motor listrik digunakan juga di rumah (*mixer*, bor listrik, *fan* angin) dan di industri. Motor listrik terkadang disebut “kuda kerja”-

nya industri sebab diperkirakan bahwa motor-motor menggunakan sekitar 70% beban listrik total di industri. (Igor M Farhan, 2015).

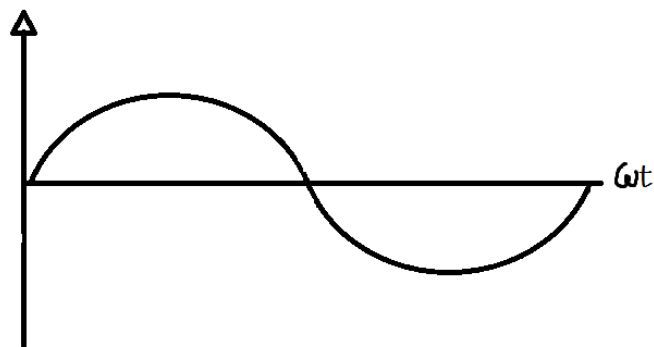
Mekanisme kerja motor DC sebagai generator yaitu apabila motor DC mendapat putaran mekanik pada bagian rotor, maka kumparan motor akan menghasilkan ggl induksi karena kumparan rotor berputar pada magnet permanen di stator motor DC. Sebaliknya, apabila motor DC mendapat suplai tegangan sebesar tegangan *nameplate* maka motor DC akan menghasilkan tenaga mekanik berupa putaran poros.

1. Pengertian Motor DC

Motor listrik DC (arus searah) merupakan salah satu dari motor DC. Mesin arus searah dapat berupa generator DC atau motor DC. Untuk membedakan sebagai generator atau motor dari mesin difungsikan sebagai apa. Generator DC alat yang mengubah energi mekanik menjadi energi listrik DC. Motor DC alat yang mengubah energi listrik DC menjadi energi mekanik putaran. Sebuah motor DC dapat difungsikan sebagai generator atau sebaliknya generator DC dapat difungsikan sebagai motor DC. (Faylen Angel A.S, dkk, 2014).

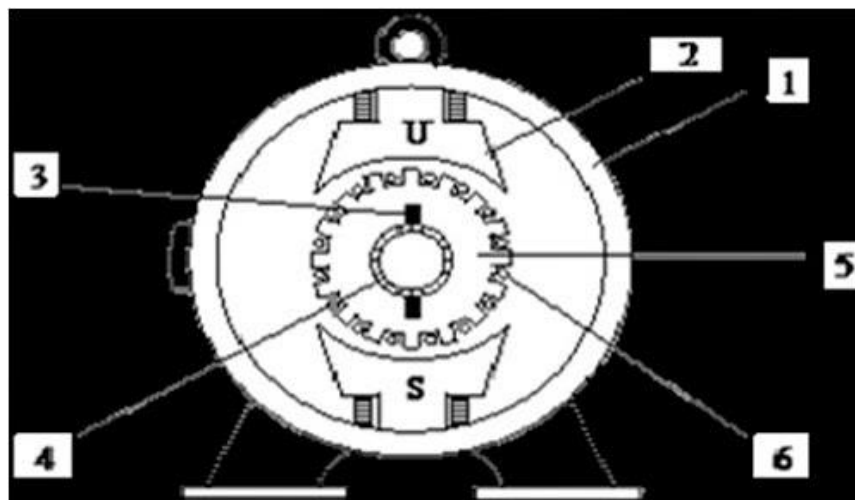
Pada motor DC kumparan medan disebut stator (bagian yang tidak berputar) dan kumparan jangkar disebut rotor (bagian yang berputar). Jika terjadi putaran pada kumparan jangkar dalam pada medan magnet, maka akan timbul tagangan (GGL) yang berubah-ubah arah pada setiap setengah putaran, sehingga merupakan tegangan bolak-balik.

Prinsip dari arus searah adalah membalik fasa negatif dari gelombang sinusoidal menjadi gelombang yang mempunyai nilai positif dengan menggunakan komutator, dengan demikian arus yang berbalik arah dengan kumparan jangkar yang berputar dalam medan magnet, dihasilkan tegangan (GGL) seperti yang terlihat pada Gambar. 8 sebagai berikut :



Gambar 8. GGL dari Generator

Bagian-bagian yang penting dari motor DC yaitu :



Gambar 9. Bagian dari Motor DC

(<http://insauin.blogspot.co.id/2014/12/makalah-motor-dc.html>)

a. Badan Mesin

Badan mesin ini berfungsi sebagai tempat mengalirnya fluks magnet yang dihasilkan kutub magnet, sehingga harus terbuat dari bahan ferromagnetik. Fungsi lainnya adalah untuk meletakkan alat-alat tertentu dan mengelilingi bagian-bagian dari mesin, sehingga harus terbuat dari bahan yang benar-benar kuat, seperti dari besi tuang dan plat campuran baja.

b. Inti kutub magnet dan belitan penguat magnet

Inti kutub magnet dan belitan penguat magnet ini berfungsi untuk mengalirkan arus listrik agar dapat terjadi proses elektromagnetik. Adapun aliran fluks magnet dari kutub utara melalui celah udara yang melewati badan mesin.

c. Sikat-sikat

Sikat - sikat ini berfungsi sebagai jembatan bagi aliran arus jangkar dengan bebas, dan juga memegang peranan penting untuk terjadinya proses komutasi.

d. Komutator

Komutator ini berfungsi sebagai penyearah mekanik yang akan dipakai bersama-sama dengan sikat. Sikat-sikat ditempatkan sedemikian rupa sehingga komutasi terjadi pada saat sisi kumparan berbeda.

e. Jangkar

Jangkar dibuat dari bahan ferromagnetic dengan maksud agar kumparan jangkar terletak dalam daerah yang induksi magnetiknya besar, agar ggl induksi yang dihasilkan dapat bertambah besar.

f. Belitan jangkar

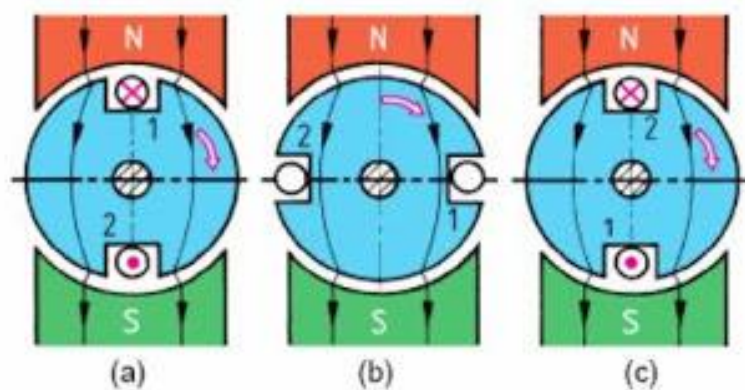
Belitan jangkar merupakan bagian yang terpenting pada mesin arus searah, berfungsi untuk tempat timbulnya tenaga putar motor.

2. Prinsip Kerja Motor DC sebagai generator

Pembangkitan tegangan induksi oleh sebuah generator diperoleh melalui dua cara:

- a. Dengan menggunakan cincin-seret, menghasilkan tegangan induksi bolak-balik.
- b. Dengan menggunakan komutator, menghasilkan tegangan DC.

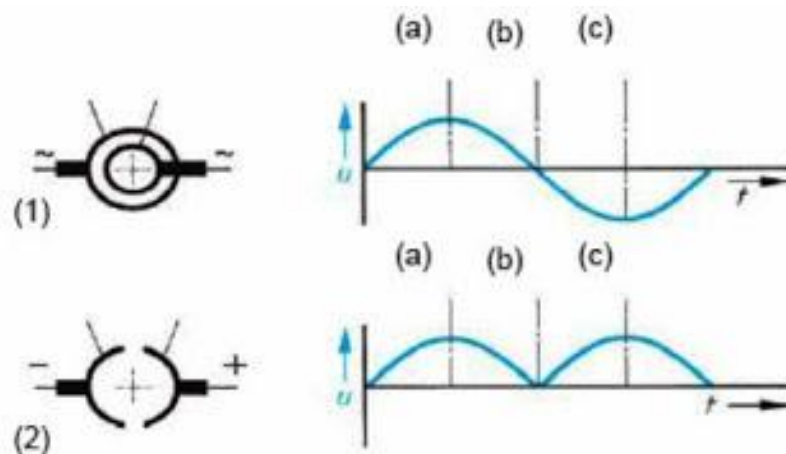
Proses pembangkitan tegangan tegangan induksi tersebut dapat dilihat pada Gambar 10. dan Gambar 11.



Gambar 10. Pembangkitan Tegangan Induksi

(<http://dunia-listrik.blogspot.co.id/2009/01/generator-dc.html>)

Jika rotor diputar dalam pengaruh medan magnet, maka akan terjadi perpotongan medan magnet oleh lilitan kawat pada rotor. Hal ini akan menimbulkan tegangan induksi. Tegangan induksi terbesar terjadi saat rotor menempati posisi seperti Gambar 10. (a) dan (c). Pada posisi ini terjadi perpotongan medan magnet secara maksimum oleh penghantar. Sedangkan posisi jangkar pada Gambar 10. (b), akan menghasilkan tegangan induksi nol. Hal ini karena tidak adanya perpotongan medan magnet dengan penghantar pada jangkar atau rotor. Daerah medan ini disebut daerah netral.



Gambar 11. Tegangan Rotor yang Dihasilkan

(<http://dunia-listrik.blogspot.co.id/2009/01/generator-dc.html>)

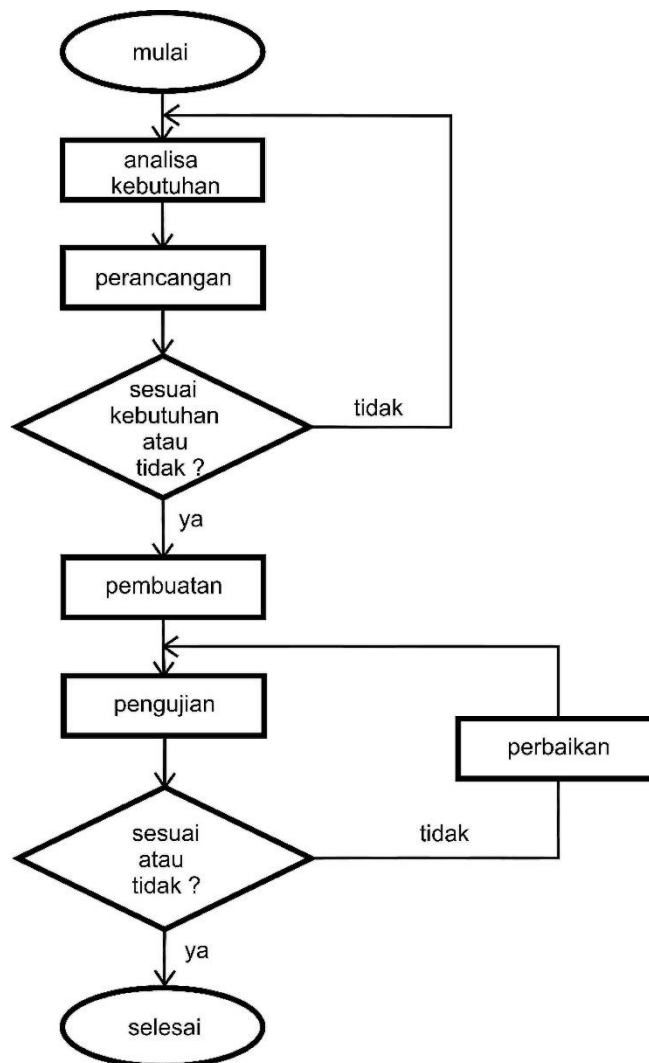
Jika ujung belitan rotor dihubungkan dengan slip-ring berupa dua cincin (disebut juga dengan cincin seret), seperti ditunjukkan Gambar 11. (1), maka dihasilkan listrik AC (arus bolak-balik) berbentuk sinusoidal. Bila ujung belitan rotor dihubungkan dengan komutator satu cincin Gambar 11.

(2) dengan dua belahan, maka dihasilkan listrik DC dengan dua gelombang positif.

Besarnya tegangan yang dihasilkan oleh sebuah generator DC, sebanding dengan banyaknya putaran dan besarnya arus eksitasi (arus penguat medan)

BAB III KONSEP RANCANGAN

Adapun langkah-langkah untuk melakukan proses pembuatan alat yang dilakukan seperti diagram alir berikut ini :



Gambar 12. Diagram Alir Pembuatan Alat

Diagram alir adalah suatu langkah kerja yang berisi tindakan untuk menyelesaikan pembuatan alat mulai dari menganalisa kebutuhan, perancangan, dan melakukan penilaian apakah barang sesuai atau tidak. Apabila sesuai maka

berlanjut ketahap pembuatan. Tahap pembuatan pertama kali dengan proses perancangan bisa dengan sket tangan atau desain grafis. Tahap perancangan sangat menentukan suatu alat berhasil atau gagal. Oleh karena itu, ketika melakukan desain harus disertai perhitungan yang matang. Proses selanjutnya yaitu pembuatan yang dilakukan dengan bahan-bahan yang telah ditentukan sehingga terbentuk alat sesuai dengan desain perancangan. Terakhir sampai pada tahap uji coba alat dengan melakukan berbagai pengukuran sehingga memperoleh data-data yang digunakan untuk mengukur apakah alat ini berhasil atau gagal. Apabila pengukuran sesuai atau mendapat hasil bagus, maka alat yang dibuat berhasil.

A. Analisa Kebutuhan

Dalam proses pembuatan *prototype* sistim listrik tenaga pikohidro, diperlukan alat dan bahan serta komponen yang tepat. Alat dan bahan komponen harus dapat digunakan dan bekerja sesuai dengan fungsinya. Pemilihan komponen yang digunakan juga berpengaruh pada kualitas hasil *prototype*. Karena pembuatan *prototype* pembangkit listrik tenaga pikohidro tergolong inofasi dari hasil yang sudah ada, maka diperlukan kreatifitas tinggi dalam proses pembuatannya. Faktor-faktor yang menjadi pertimbangan dalam proses pembuatan *prototype* ini meliputi nilai estetika, erhonomi, efisiensi serta kemudahan pembuatan dan perolehan bahan.

Proses pemasangan komponen-komponen *prototype* pembangkit listrik tenaga pikohidro seperti bearing, turbin, generator, pipa pesat, voltmeter dan ampermeter dikerjakan setelah melekukan perancangan layout dengan

mempertimbangkan aspek kenyamanan, keindahan serta, kemudahan. Ini bertujuan agar mahasiswa tidak kesulitan ketika menggunakan alat tersebut.

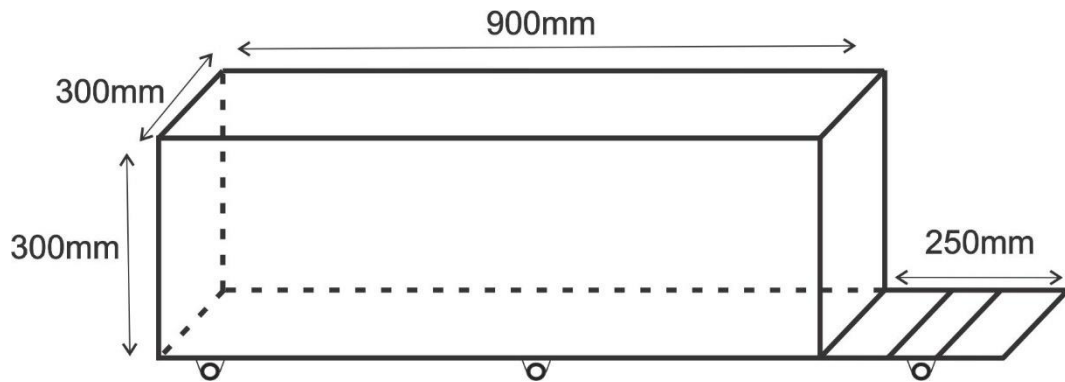
Proses awal perancangan layout *prototype* dilakukan dengan pengamatan ukuran dan berat komponen untuk mempertimbangkan kecepatan kedudukan komponen pada acrylic dan kerangka besi. Hal ini bertujuan agar tidak terjadi kesalahan ataupun kegagalan saat pengoperasian. Kemudian proses selanjutnya yaitu membuat rancangan kerangka menggunakan siku besi balok berukuran 40x40mm dengan ketebalan 2 mm, bentuk dan ukuran kerangka dibuat menyesuaikan layout atau tata letak dari komponen yang akan dipasang ada *prototype*.

B. Rancangan *Prototype* Pembangkit Listrik Tenaga Pikohidro

Prototype pembangkit listrik tenaga pikohidro merupakan *prototype* pengenalan teknologi pada sistem pembangkit listrik dengan menggunakan air sebagai penggerak turbin dan generator. Teknologi alat untuk mengubah energi potensial air menjadi menjadi energi mekanik. Energi mekanik ini kemudian diubah menjadi energi listrik oleh generator. Perancangan ini dibagi dalam 2 bagian utama yaitu desain rangka dan desain *prototype*, berikut desain keduanya :

1. Desain rangka

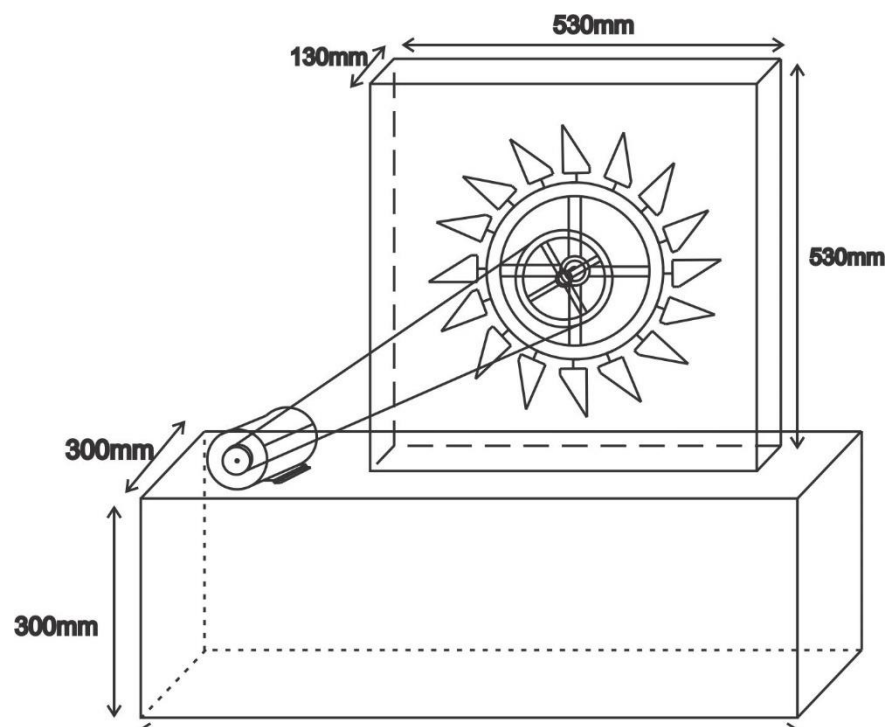
Desain rangka yang akan dibuat dapat pada gambar di bawah ini :



Gambar 13. Desain rangka.

2. Desain *prototype*

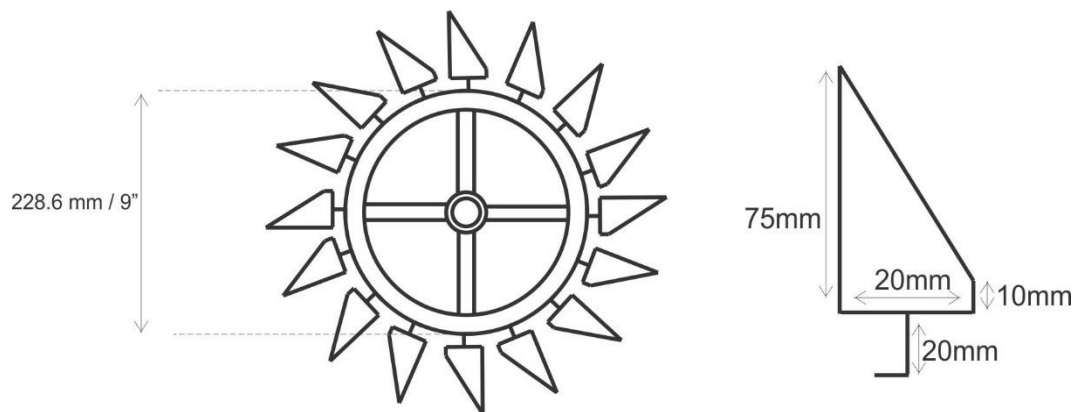
Desain *prototype/layout* yang akan dibuat dapat dilihat pada gambar di bawah ini :



Gambar 14. Desain *prototype/layout*

Desain turbin air yang akan dibuat dapat dilihat pada Gambar 14.

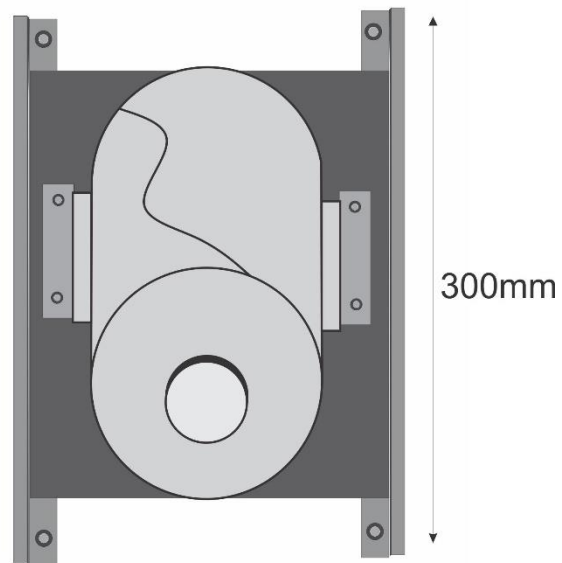
Pada *prototype* pembangkit listrik tenaga pikohidro ini mengaplikasikan desain turbin jenis pleton karena yang paling sesuai serta paling mudah dalam perawatan dan penggantian komponen-komponen bila mengalami kerusakan.



Gambar 15. Desain turbin

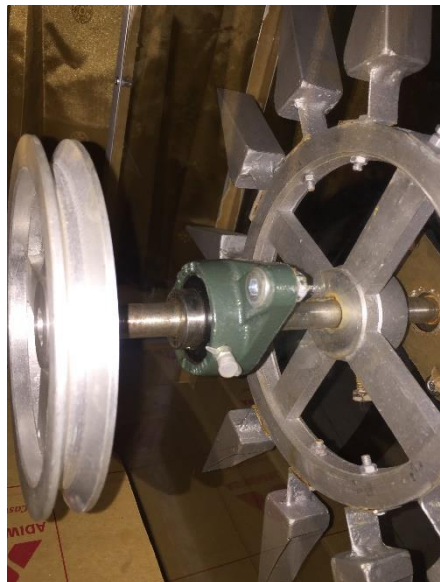
Desainudukan untuk generator dibuat sedemikian rupa dengan betumpu pada kerangka besi. Ini bertujuan agar kerangka dapat menahan getaran yang dihasilkan yang dihasilkan oleh generator ketika berputar.

Desain generator dapat dilihat pada Gambar 15, berikut :



Gambar 16. Desain generator

Gambar 17 dan Gambar 18, merupakan dua buah bearing yang dipasang sejajar pada box acrylic digunakan untuk dudukan turbin sehingga turbin dapat berputar dengan lancar.

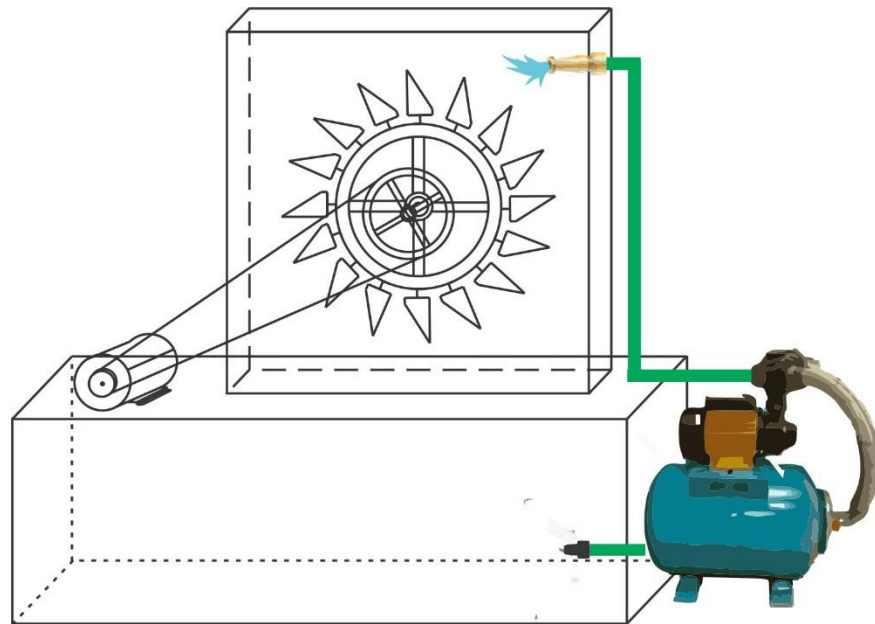


Gambar 17. Bearing sisi kanan



Gambar 18. Bearing sisi kiri

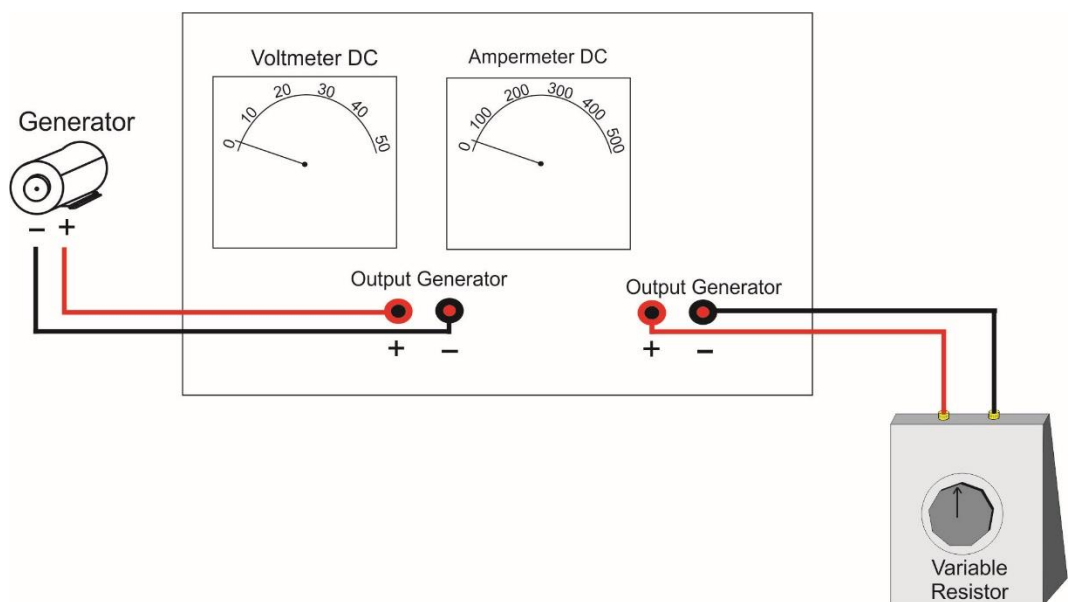
Pembangkit listrik tenaga air mengubah energi potensial air menjadi menjadi energi mekanik. Pada *prototype* ini energi potensial air didapatkan dari pompa air. Air yang keluar dari pompa air akan diarahkan ke turbin sehingga dapat memutar turbin yang seporos dengan generator yang akan menimbulkan gaya gerak listrik, dan menimbulkan adanya energi listrik oleh generator.



Gambar 19. Desain Reancangan Pompa Air

Pada gambar 20. adalah rancangan untuk alat ukur untuk *prototype*. Terdapat dua buah alat ukur, yaitu voltmeter untuk pengukuran tegangan dan amperemeter untuk pengukuran arus.

Gambar 20. Desain Rancangan Alat Ukur



C. Rencana Pengujian

Setelah selesai menentukan konsep rancangan yang akan diterapkan pada pembuatan *prototype*, langkah selanjutnya adalah membuat rancangan pengujian untuk menyimpulkan dan mengetahui keberhasilan kinerja serta mencapai tujuan dari pembuatan proyek akhir *prototype* Sistem pembangkit listrik tenaga Pikohidro.

Adapun pengujian yang dilakukan dalam proses pengujian *prototype* pembangkit listrik tenaga pikohidro ini, dengan melakukan uji fungsi *prototype*. Langkah yang dilakukan untuk uji fungsi yaitu dengan mengamati kerja *prototype* pembangkit listrik tenaga pikohidro, melakukan pengukuran dan pemeriksaan terhadap komponen komponennya.

Berikut konsep rancang pengujian yang akan dilakukan :

1. Pengujian

Koresponden yang akan menguji hasil pembuatan *prototype* pembangkit listrik tenaga pikohidro, dosen pembimbing dan beberapa rekan mahasiswa jurusan Pendidikan Teknik Elektro Universitas Negeri Yogyakarta.

2. Aspek aspek yang akan diuji

Rancangan aspek-aspek yang akan diuji dari hasil pembuatan *prototype* pembangkit listrik tenaga pikohidro ini meliputi uji fungsi kerja *prototype* yaitu yaitu pengujian kinerja dan fungsi *prototype*. Adapun rancangan tabel pengujian ditunjukkan pada tabel 3 dan tabel 4 :

Table 3. Rancangan Pengujian Beban Kosong Generator DC dengan Variasi Debit Air

No	Debit Air (liter/detik)	kecepatan putar turbin (Rpm)	Kecepatan Putar Generator (Rpm)	Output Generator		
				V DC (Volt)	I DC (A)	Daya (Watt)

Table 4. Rancangan Pengujian Dengan Variasi Debit Air Dan Beban

No	Debit Air (liter/detik)	Beban (Ohm)	kecepatan putar turbin (rpm)	Kecepatan Putar Generator (rpm)	Output generator		
					V DC (Volt)	I DC (A)	Daya (Watt)
1							
2							
3							
4							
5							

D. Rancangan Kebutuhan Alat Dan Bahan

Sebelum melakukan proses pembuatan *prototype* pembangkit listrik tenaga pikohidro, terlebih dahulu menentukan alat-alat dan bahan yang akan digunakan pada proses pengerjaannya. Berikut ini merupakan data kebutuhan alat dan bahan yang akan digunakan selama proses pengerjaan proyek akhir :

1. Rancangan kebutuhan alat

Beberapa peralatan yang akan digunakan pada proses pengerjaan proyek akhir ini ditunjukkan pada tabel 5.

Table 5. Kebutuhan Alat

No	Nama komponen	Spesifikasi	Jumlah	Satuan	Merk
1	Plat Akrilik	3mm dan 2mm	1959600	mm	Adiwarna Mika
2	Besi siku	tebal 2mm	6500	mm	-
4	Besi stall	tebal 2mm, panjang 75mm	12	mm	-
5	Mur&baut	-	secukupnya	buah	-

6	puli	9",6",1.5"	3	inci	-
7	vbelt	M-35	1	buah	bando
8	Kabel Jumper	NYAF, 1mm	secukupnya	mm	
9	Saklar on/off	Besar dan kecil	1	buah	-
10	Voltmeter	Rating 0 – 50 V DC	1	volt	HUA
11	Ampermeter	Rating 0 – 500 mA	1	amper	HUA
12	Fuse	-	1	Buah	
13	Rumah fuse		1	Buah	
14	nozlel	-	1	Buah	-
15	Gnerator	DC,400W,48v	1	buah	
16	pompa air		1	buah	
17	pipa PVC	3/4"	1	buah	wavin
18	Beairing	1/2"	2	bah	

2. Rancangan kebutuhan bahan

Rancangan kebutuhan bahan yang akan digunakan pada proses pengerjaan proyek akhir ditunjukkan pada tabel.

Table 6. Kebutuhan Bahan

No	Nama Alat	Spesifikasi	Jumlah	Satuan	Tipe/Merk
1	Tang	kombinasi	1	Buah	
2	Gergaji	Besi	1	Buah	
3	Solder	40 watt	1	Buah	
4	Bor listrik	Bor listrik AC	1	Buah	modern
5	Penggaris	100	1	cm	
6	Kunci ring	ukuran 12,14	2	buah	
7	Obeng Set	<i>plus(+),min (-)</i>	2	Buah	
8	Gerenda tangan		1	buah	
11	Gerinda duduk		1	Buah	
12	silicone sealant		2	Buah	
13	kunci L	satu set	1	set	

E. Kalkulasi Biaya

Kalkulasi biaya dibuat sebelum mulai melakukan pengerjaan proyek akhir.

Hal ini bertujuan agar biaya yang dibutuhkan dapat dipersiapkan terlebih dahulu

dan dapat disesuaikan dengan data yang ada. Berikut rincian biaya yang dibutuhkan untuk proses pengerjaan proyek akhir pembuatan *prototype* pembangkit listrik tenaga pikohidro ditunjukkan pada Tabel 7.

Table 7. Rincian Harga Bahan Pembuatan Proyek Akhir

No	Nama bahan	Harga satuan	Jumlah	Total
1	Puli turbin	60000	1	60000
2	Bearing	32000	2	64000
3	Puli kecil	15000	2	30000
4	As besi	20000	1	20000
5	Besi Stall	52000	1	52000
6	Jasa Bubut	110000	1	110000
7	Split	24000	1	24000
8	Generator	450000	1	450000
9	Acrylic	250000	2	500000
10	Siku aluminium	5000	2	10000
11	Besi siku	20000	4	80000
12	Amperemeter	26000	1	26000
13	Voltmeter	26000	1	26000
14	Mur&Baut	15000	1	15000
15	<i>silicone sealant</i>	20000	2	40000
16	Vbelt	20000	1	20000
Total				1527000

Semua biaya yang digunakan untuk pengerjaan proyek akhir ini ditanggung oleh pihak pertama yaitu mahasiswa, pihak kedua yaitu teman satu team pengerjaan proyek akhir. Kesepakatan ini telah disepakati oleh kedua belah pihak.

BAB IV PROSES, HASIL, DAN PENGUJIAN

A. Proses Pengerjaan *Prototype* Pembangkit Listrik Tenaga Pikohidro

1. Proses Pembuatan Kerangka Besi

Pembuatan rangka *prototype* ini menggunakan bahan siku besi ukuran 40x40mm dengan ketebalan 2mm, dengan pertimbangan lebih rapi dan kuat. Sedangkan untuk dudukan penggerak mula (pompa air) dan generator ditambahkan *spons* tebal dengan tebal 10mm untuk mengurangi getaran yang ditimbulkan oleh perputaran mesin tersebut. Untuk lebih jelas dapat dilihat pada gambar di bawah ini :



Gambar 21. Bentuk Rangka Dari Besi

Adapun langkah pembuatan rangka *prototype* adalah sebagai berikut :

- a. Memotong siku besi sesuai kebutuhan untuk rangka :
 - 1) 900mm sebanyak 4 buah
 - 2) 300mm sebanyak 8 buah
- b. Memotong siku besi untuk dudukan pompa air :
 - 1) 250mm sebanyak 5 buah
- c. Memotong siku besi untuk dudukan generator :
 - 1) 250mm sebanyak 2 buah
- d. Menyambung potongan siku besi dengan mur dan baut

Sesuai dengan gambar rangka *prototype* pembeajaran yang telah dirancang. Penyambungan siku besi sebagai rangka dan papan kayu sebagai tambahan dudukan menggunakan mur dan baut. Hal ini bertujuan agar didapatkan sambungan yang kuat dan apabila ada penggantian komponen atau penambahan komponen lebih mudah.

2. Proses Pembuatan Turbin Air

Pembuatan turbin air ini menggunakan dua bahan utama yaitu puli dengan ukuran diameter 228.6 mm dan besi stall ukuran 20x20 mm dengan tebal 1,5mm. Puli digunakan sebagai bidang untuk menempatkan mangkuk dari turbin air dan besi stall dibuat sedemikian rupa berbentuk mangkuk untuk menerima aliran air. Kedua benda tersebut dirangkai dengan menggunakan mur dan baut yang bertujuan apabila akan mengganti ukuran kincir dapat dilakukan dengan mudah dan efisien. Proses pembuatan turbin air dapat dilihat pada gambar di bawah ini :



Gambar 22. Bentuk Turbin Air

Adapun langkah pembuata turbin air adalah sebagai berikut :

- a. Memotong besi stall sesuai kebutuhan untuk mangkuk air :
 - 1) 750mm sebanyak 12 buah
- b. Memotong besi siku untuk dudukan mangkuk air :
 - 1) 50mm sebanyak 12 buah
- c. Memotong plat besi untuk menutup alas mangkuk air :
 - 1) 20x20mm sebanyak 12 buah
- d. Menyambung mangkuk air dan dudukan mangkuk air dengan metode pengelasan sesuai dengan gambar bentuk turbin air yang telah dirancang, penyambungan besi stall sebagai mangkuk air dengan plat besi sebagai penutup dan dudukan mangkuk air

menggunakan metode pengelasan, yaitu las listrik. Hal ini bertujuan didapat hasil sambungan yang kuat dan rapi.

- e. Menggerinda dan mengaplas mangkuk air.

Proses ini bertujuan agar permukaan mangkuk air dan bagian yang dilas menjadi lebih rata dan halus

- f. Mengebor puli

Proses ini dilakukan untuk melubangi beberapa bagian pada pul yang akan dibaut untuk tempat dipasangnya mangkuk air sebagai kincir air.

- g. Menyambung mangkuk air dengan dan puli dengan baut

Proses ini dilakukan untuk menyatukan dua bagian yang terpisah yaitu puli sebagai prototype penempatan mangkuk air dengan besi stall ang dibuat sedemikian rupa menjadi mangkuk air. Hasil dari proses penyambungan ditunjukkan pada Gambar 23, berikut :



Gambar 23. Sambungan Puli Dengan Mangkuk Air

h. Mengecat turbin air

Proses ini adalah proses terakhir dari pembuatan turbin air. Proses pengecatan diawali dengan pembersihan turbin dari segala macam kotoran dan karat kemudian langsung dicat. Cat yang digunakan adalah cat besi avian hamerrtone warna silver. Adapun langkah pengecatan adalah sebagai berikut :

- 1) Mendempul bagian bagian sudut hasil pengelasan.
- 2) Mengamplas semua permukaan magkuk air.
- 3) Membersihkan sisa sisa pengamplasan.
- 4) Melakukan pengecatan menggunakan kuas sampai merata.



Gambar 24. Foto Proses Pengecatan

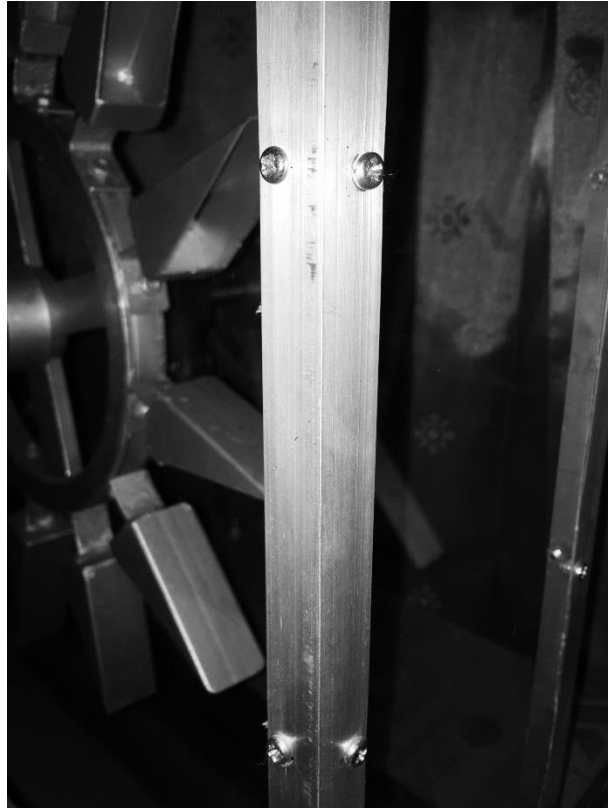
3. Proses Pembuatan Bidang *Prototype*

Bidang *prototype* dibuat dari acrylic bening. Terdapat dua bidang untuk *prototype* pembangkit listrik tenaga pikohidro, yang pertama adalah bidang *prototype* berbentuk box untuk penempatan turbin air. Yang kedua adalah bidang berbentuk box untuk bak tampungan air. Keduanya memiliki ukuran yang berbeda, pada box turbin digunakan acrylic dengan tebal 3mm dan ukuran 530mm x 530mm sebanyak 2 buah dan acrylic dengan tebal 3mm dan ukuran 530mm x 130mm sebanyak 2 buah. Pada box tampungan air memiliki tebal 2mm dan ukuran 900mm x 300mm sebanyak 4 buah dan acrylic dengan tebal 2mm dan ukuran 300mm x 300mm sebanyak 2 buah.

Proses pembuatan bidang untuk *prototype* sebagai berikut :

- a. Memotong acrylic dengan ukuran sesuai dengan rancangan desain *prototype*. Adapun foto pada saat memotong acrylic menggunakan gerinda tangan.
- b. Membuat lubang-lubang yang diperlukan pada penyambungan antar bagian acrylic untuk membentuk box sesuai rancangan desain *prototype*.
- c. Membuat lubang yang diperlukan untuk penempatan bearing sebagai dudukan poros turbin.
- d. Menyambung bagian bagian acrylic. Penyambungan bagian-bagian acrylic dengan menggunakan mur dan baut agar didapatkan hasil yang rapi dan efiseian apabila akan dibongkar pasang. Adapun foto

pada saat menyambung acrylic dengan mur dan baut ditunjukkan pada gambar 24 berikut ini :



Gambar 25. Pamasangan Acrylic

- e. Menempelkan *silicone sealant* pada box tampungan air. Penempelan *silicone sealant* di bagian sambungan antar bidang acrylic bertujuan agar tidak terjadi kebocor air melalui celah-celah sambungan acrylic. Adapun foto pada saat penempelan *silicone sealant* ditunjukkan pada gambar berikut ini :



Gambar 26. Pemberian Silicone Sealant

4. Proses Perakitan *Prototype* Pebangkit Listrik Tenaga Piko hidro
 - a. Memasang bearing untuk poros turbin air pada kedua sisi box *acrylic* pertama.
 - b. Memasang turbin dan poros pada bearing yang telah terpasang pada box *acrylic* pertama.
 - c. Memasang rangka besi pada box *acrylic* kedua sebagai tempat tempungan air. Fungsi dari rangka besi ini untuk memperkuat *acrylic* dalam menahan volume air sehingga mampu menahan air dalam volume yang penuh.
 - d. Memasang box *acrylic* pertama pada box *acrylic* kedua.

- e. Memasang generator pada rangka besi sesuai rancangan pada desain *prototype*
- f. Memasang puli pada turbin air dan generator, serta memasang vbelat pada kedua puli sebagai transmisi putaran turbin air ke generator.
- g. Memasang pompa air untuk sumber penggerak pada turbin air.

B. Hasil Pengujian

Sesuai dengan syarat pembuatan *prototype* yang dikemukakan oleh pada bab II dan dengan hasil dari uji kinerja *prototype* sebagai sistem pembangkit listrik tenaga air ini dinyatakan sangat baik dan dapat bekerja sebagaimana pembangkit listrik tenaga air. Proses pengujian *prototype* dilakukan dengan metode pengujian yaitu uji fungsional oleh dosen pembimbing dan teman-teman mahasiswa.

1. Tempat Pengambilan Data

Pengambilan data dari pengujian *prototype* pembangkit listrik tenaga pikohidro dilakukan di samping bengkel teknologi mekanik Jurusan Pendidikan Teknik Elektro UNY.

2. Alat dan Bahan untuk Pengujian

Alat dan bahan yang digunakan dalam uji teknis kinerja penstabil tegangan pada keluaran generator DC untuk *prototype* pembangkit listrik tenaga pikohidro yaitu meliputi :

Table 8. Alat dan Bahan Untuk Uji Teknis

No	Alat dan bahan	Jumlah
1.	<i>Amperemeter DC</i>	1 Buah
2.	<i>Multimeter</i>	1 Buah
3.	Kabel penghubung (<i>jumper</i>)	Secukupnya

4.	Taco meter	1 Buah
5.	Reostart	4 buah
6.	Water meter terpasang	1 buah

3. Langkah-langkah Uji Teknis

Dalam menguji kemampuan teknis pada keluaran generator DC untuk *prototype* pembangkit listrik tenaga pikohidro maka dilakukan pengujian tiap-tiap langkah mulai dari debit air yang mengalir, tegangan yang dihasilkan, putaran turbin dan generator, serta pengukuran tegangan dan arus ketika beban terpasang. Pengujian yang dilakukan meliputi:

- a. Langkah pertama yaitu memeriksa instalasi yang terpasang pada *prototype* pembangkit listrik tenaga pikohidro.
- b. Langkah kedua yaitu memeriksa kinerja dari setiap komponen – komponen yang terpasang pada *prototype* pembangkit listrik tenaga pikohidro.
- c. Langkah ketiga yaitu melakukan pengukuran dan pemeriksaan pada setiap komponen untuk mengetahui kondisi dan kinerja komponen.
- d. Langkah keempat yaitu mengamati hasil pengukuran tegangan keluaran generator DC.

Berikut ini adalah hasil pengujian yang telah dilakukan :

- a. Uji fungsional *prototype*
 - 1) Tujuan dari pengujian fungsional yaitu untuk mengetahui kinerja dari *prototype* yang telah dibuat.
 - 2) Hasil uji fungsional

a) *Prototype* pembangkit listrik tenaga pikohidro dapat berfungsi sebagai sistim pembangkit tenaga listrik ketika dioperasikan.

b) Hasil pemeriksaan berdasarkan kinerja masing-masing komponen sebagai berikut :

1. Generator

Generator bekerja dengan baik, generator dapat memberikan *output energy* listrik sesuai dengan apa yang diharapkan sebagai *prototype* pembangkit listrik tenaga pikohidro.

2. Turbin

Turbin yang digunakan bekerja dengan baik, mangkuk air dapat menampung air dari pancaran pompa dengan baik. Turbin berputar dengan lancar.

3. Alat ukur

Pengukuran hasil pengujian dilakukan dengan dua alat ukur, ampermeter DC dan voltmeter DC. Alat ukur tersebut bekerja dengan baik, dapat mengukur besaran arus dan tegangan yang dihasilkan dari generator.

b. Hasil Uji Pengukuran Output Generator

Pengambilan Data Tegangan Beban Kosong Keluaran dari Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui nilai keluaran tegangan output (keluaran) generator yang dibandingkan dengan debit aliran sungai, tekanan saluran air dan putaran pulipada turbin atau generator. Dari pengujian ini, diperoleh data berupa tegangan listrik dan arus listrik. Untuk perbandingan, RPM

pada beban kosong sebesar 169-348rpm (pada puli turbin) dan 596-907rpm (pada puli generator) dengan tegangan beban kosong antara 44-67 Volt. Proses pengambilan data menggunakan alat flow meter, voltmeter, tacometer digital.

Pada pengujian debit air menggunakan metode sederhana yaitu menggunakan perhitungan debit air sungai :

$$Q = V \times A$$

Keterangan :

Q = Debit air (m³/s)

V = Kecepatan aliran rata-rata (m/s)

A = Luas penampang aliran (m²)

Lalu data debit terukur dapat dibandingkan dengan tegangan yang terukur. Pengujian ini menggunakan alat stopwatch dan tabung air.

Untuk pengujian wattmeter menggunakan perkalian antara tegangan dan arus atau seperti rumus di bawah ini:

$$W = V \times I$$

Keterangan :

W = Daya Pembangkit (VA)

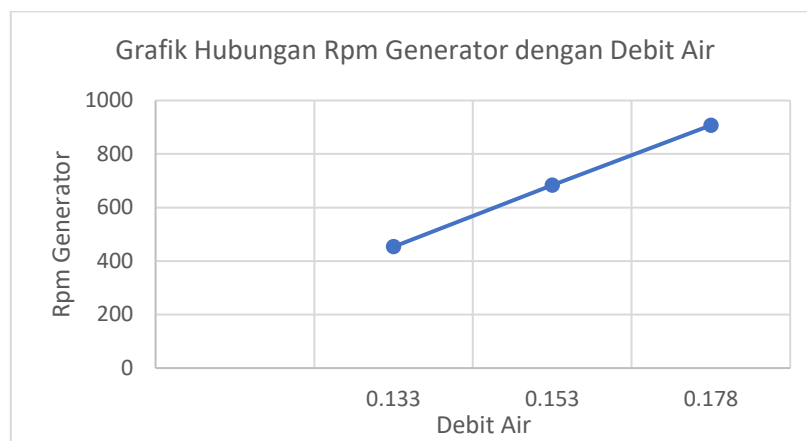
V = Tegangan (Volt)

I = Arus (Ampere)

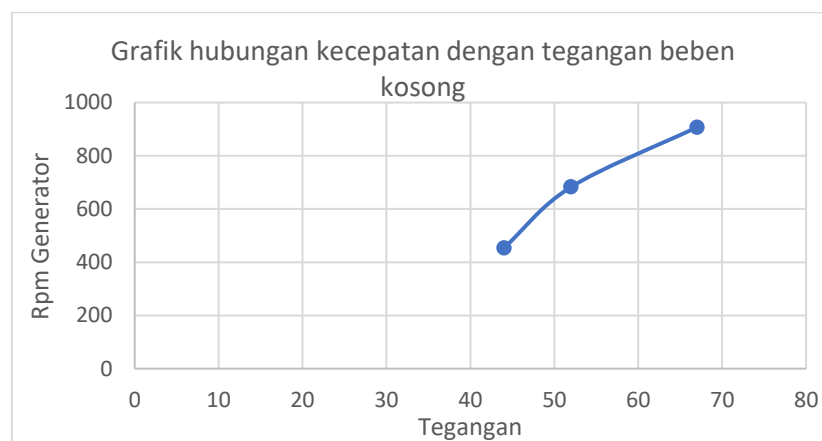
Hasil pengujian yang didapat, dilakukan selama uji unjuk kerja dicari rata-rata dari hasil pengukuran yang didapat :

Table 9. Hasil Pengukuran Output Generator Tanpa Beban

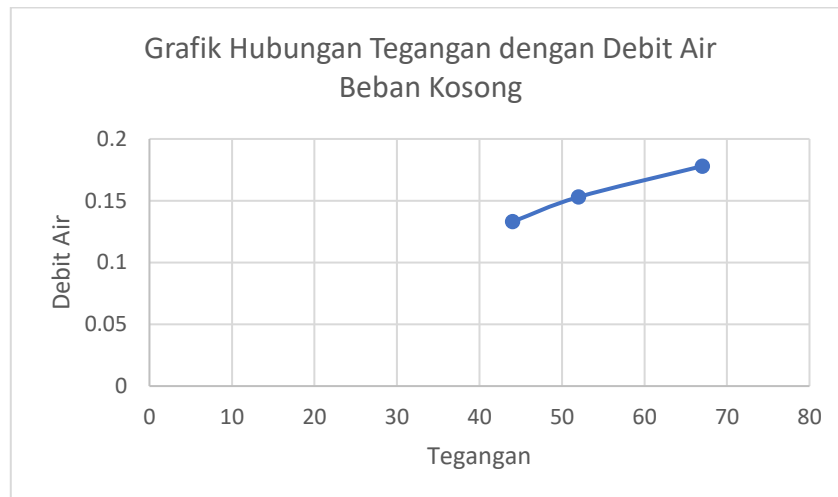
No	Debit Air (liter/detik)	kecepatan putar turbin (Rpm)	Kecepatan Putar Generator (Rpm)	Output Generator		
				V DC (Volt)	I DC (A)	Daya (Watt)
1	0.133	169.5	569.5	44		
2	0.153	199.9	682.8	52		
3	0.178	348.3	907.3	67		



Gambar 27. Grafik Hubungan antara Debit Air dengan Rpm Generator



Gambar 28. Grafik Hubungan antara Rpm Generator dengan Tegangan.



Gambar 29. Grafik Hubungan antara Rpm Generator dengan Tegangan.

Berdasarkan Tabel 8, menunjukkan bahwa hasil pengukuran debit air sangat mempengaruhi nilai pengukuran tegangan atau keluaran generator dengan hasil pengukuran yang terbilang stabil dengan pergerakan fluktuatif yang sangat sedikit yaitu dengan nilai pengukuran debit sebesar 0,133 liter/detik, sebesar 0,153 liter/detik, dan sebesar 0,178 liter/detik.

Seperti Gambar 29. dapat diketahui bahwa nilai tegangan rata-rata beban kosong terus berubah tergantung dari besar kecilnya debit air yang mengalir selama pengujian. Besar kecilnya debit air bias disetting dengan menggunakan stop kran yang sudah terpasang, disertai dengan alat ukur penunjukan volume aliran air.

Pergerakan data dari pengukuran tegangan untuk debit 0,133 liter/detik dapat menghasilkan tegangan keluaran generator beban kosong rata-rata 44 volt. Untuk debit 0,153 liter/detik dapat menghasilkan tegangan keluaran generator beban kosong rata-rata 52

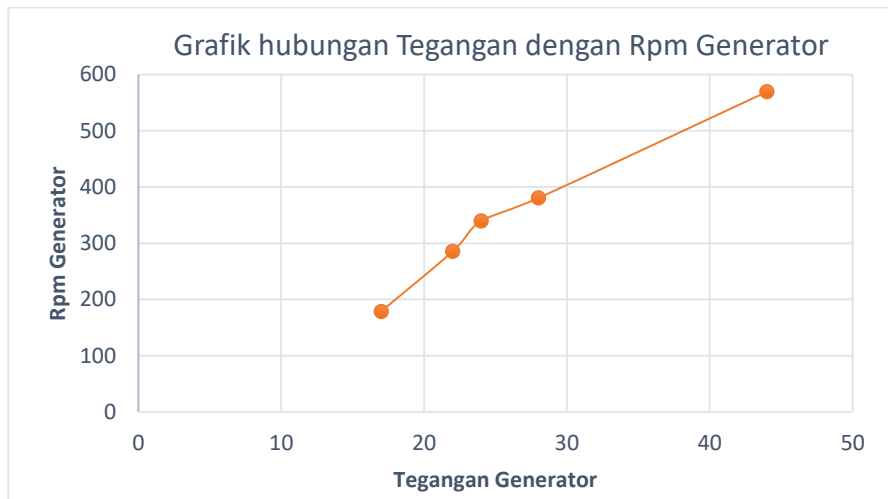
volt. Untuk debit 0,178 liter/detik dapat menghasilkan tegangan keluaran generator beban kosong rata-rata 67 volt.

Pada tabel terlihat bahwa debit air sangat berpengaruh pada putaran turbin dan generator. Dalam keadaan stop kran terbuka penuh nozel dapat memancarkan air sebesar 0.133 liter/detik menghasilkan putaran turbin sebesar 169.5 rpm dan putaran generator sebesar 569.5 rpm, dalam keadaan stop kran terbuka $\frac{3}{4}$ nozel dapat memancarkan air sebesar 0.153 liter/detik menghasilkan putaran turbin sebesar 199.9 rpm dan putaran generator sebesar 682.8 rpm, dalam keadaan stop kran terbuka $\frac{1}{2}$ nozel dapat memancarkan air sebesar 0.178 liter/detik menghasilkan putaran turbin sebesar 348.3 rpm dan putaran generator sebesar 907.3 rpm.

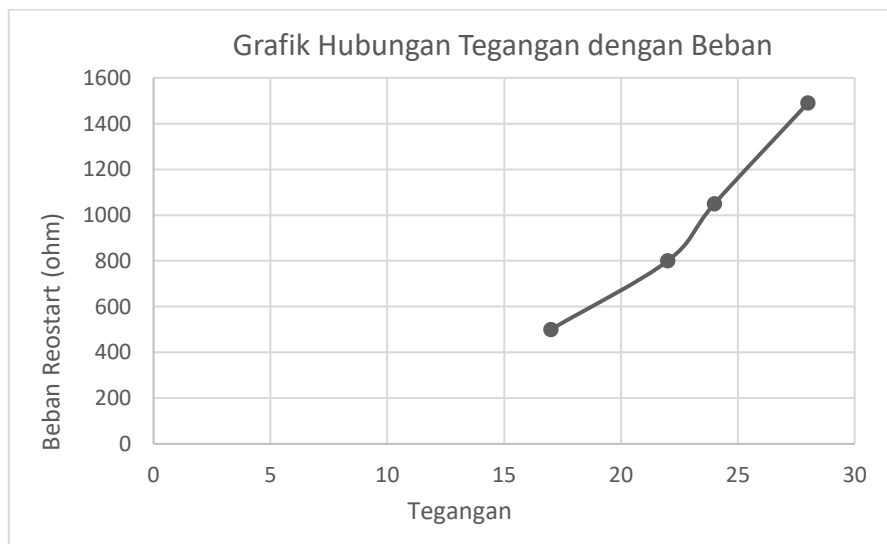
a. Pengambilan Data dengan Variasi debit air dan Variasi beban

Table 10. Hasil Pengukuran Output Generator pada Debit Air 0.133 dengan Variasi Beban

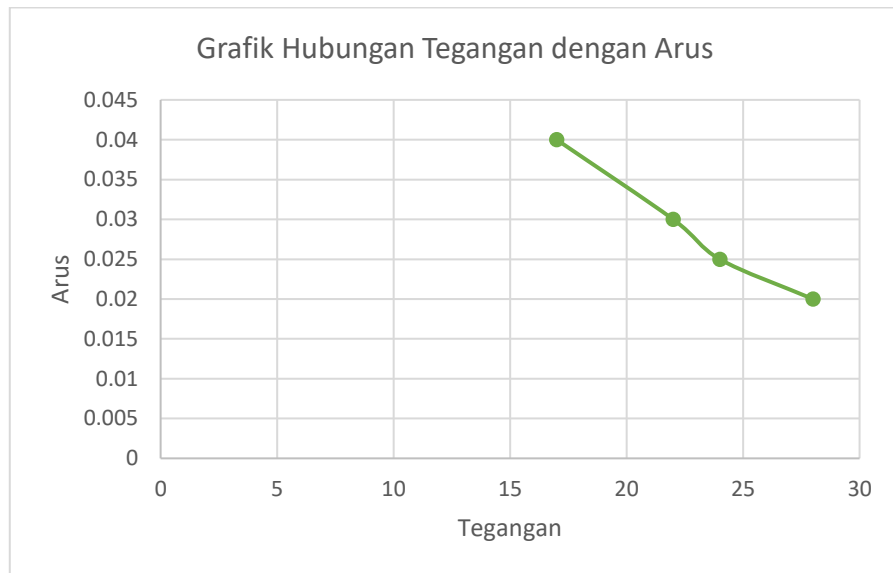
No	Debit Air (liter/detik)	Beban (Ohm)	kecepatan putar turbin (rpm)	Kecepatan Putar Generator (rpm)	Output generator		
					V DC (Volt)	I DC (A)	Daya (Watt)
1	0.133		169.5	569.5	44		
2	0.133	1490	149.8	380.5	28	0.02	0.56
3	0.133	1050	121.9	340	24	0.025	0.6
4	0.133	800	89.4	285.5	22	0.03	0.66
5	0.133	500	69.1	178.9	17	0.04	0.68



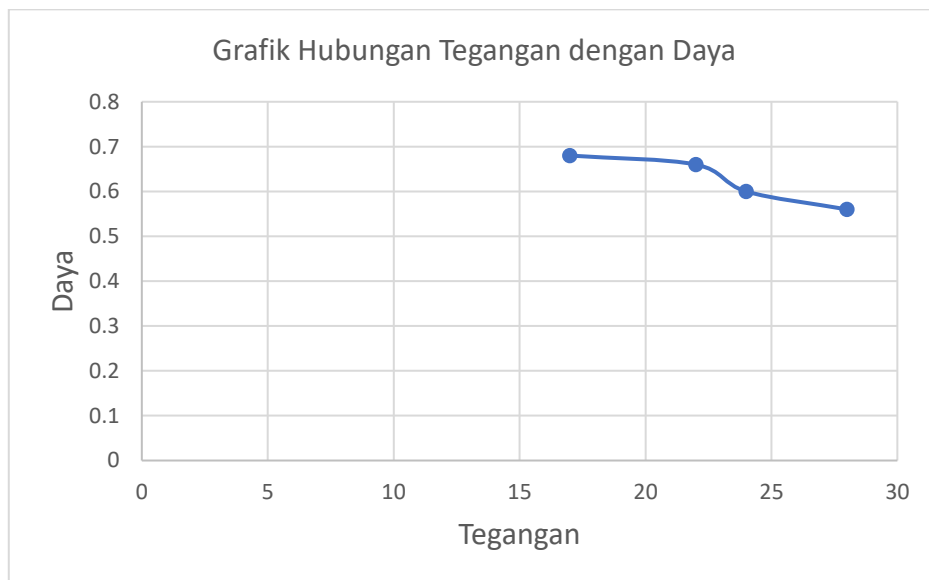
Gambar 30. Grafik Hubungan antara Tegangan dengan Rpm Generator.



Gambar 31. Grafik Hubungan antara Tegangan dengan Beban



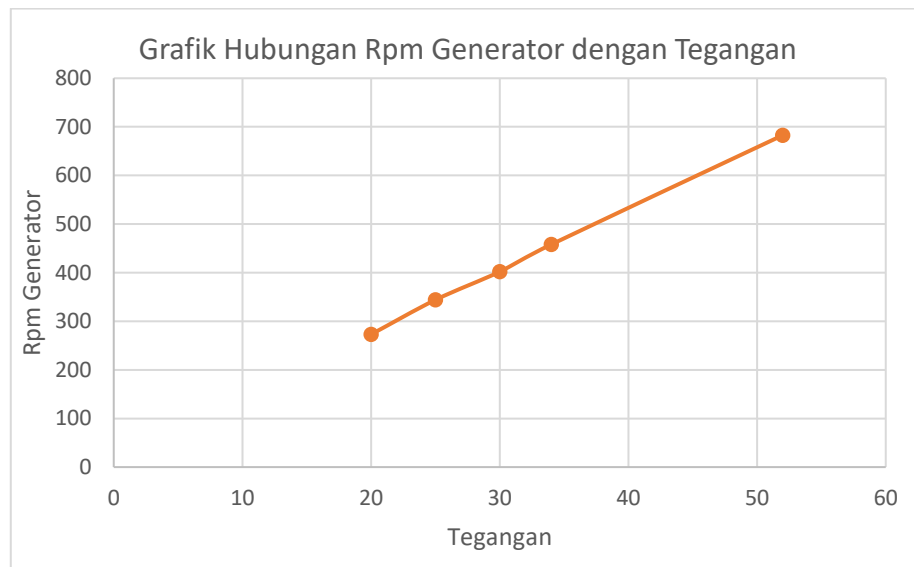
Gambar 32. Grafik Hubungan antara Tegangan dengan Arus.



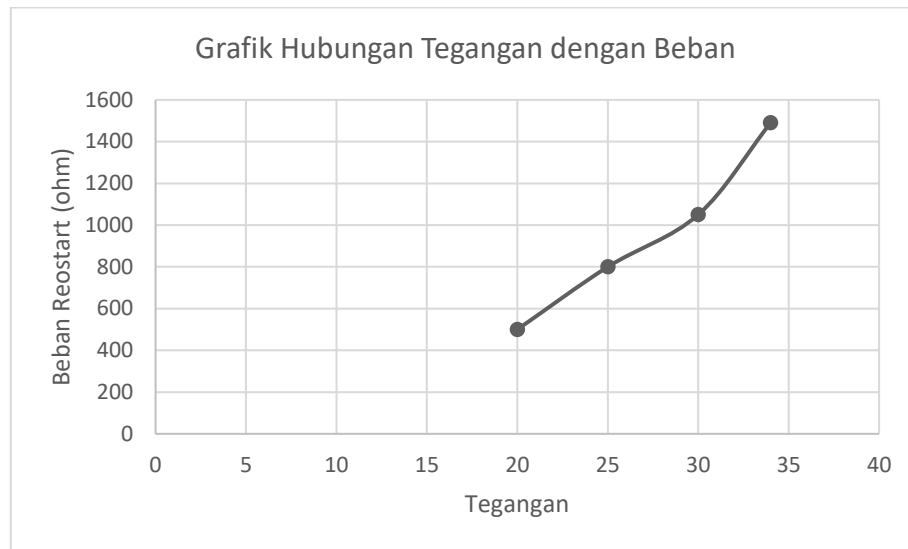
Gambar 33. Grafik Hubungan antara Daya dengan Tegangan

Table 11. Hasil Pengukuran Output Generator pada Debit Air 0.153 dengan Variasi Beban

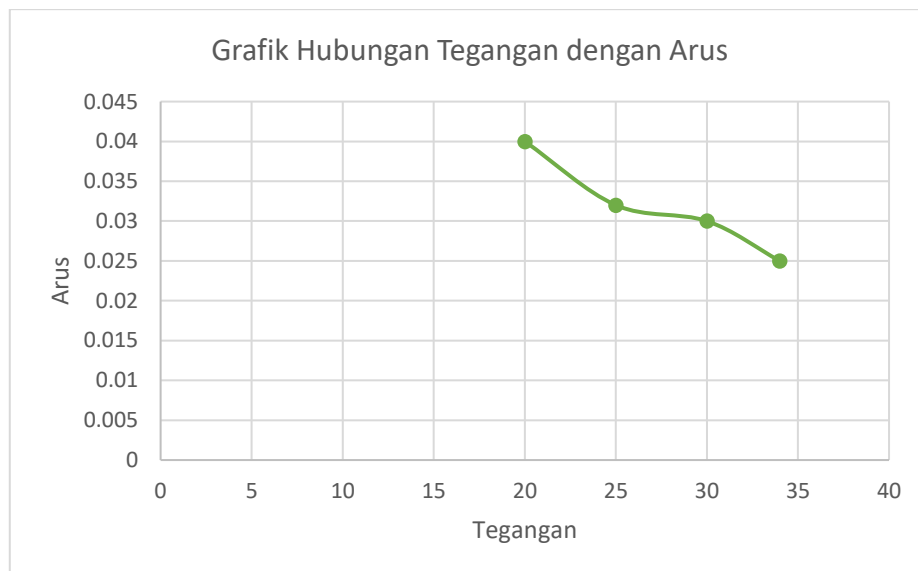
No	Debit Air (liter/detik)	Beban (Ohm)	kecepatan putar turbin (rpm)	Kecepatan Putar Generator (rpm)	Output generator		
					V DC (Volt)	I DC (A)	Daya (Watt)
1	0.153		199.9	682.8	52		
2	0.153	1490	168	458	34	0.025	0.85
3	0.153	1050	154	402	30	0.03	0.9
4	0.153	800	135	344	25	0.032	0.8
5	0.153	500	108	273	20	0.04	0.8



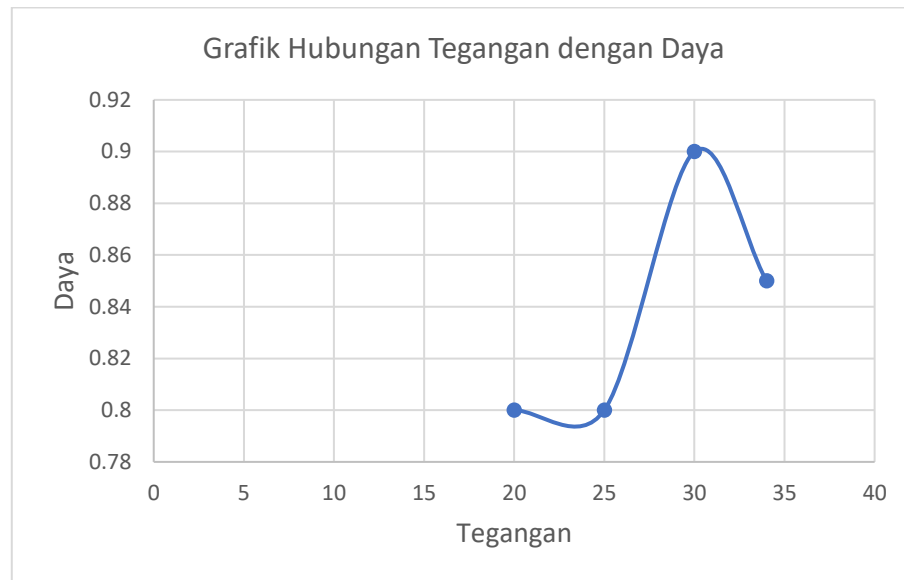
Gambar 34. Grafik Hubungan antara Tegangan dengan Rpm Generator



Gambar 35. Grafik Hubungan antara Tegangan dengan Beban.



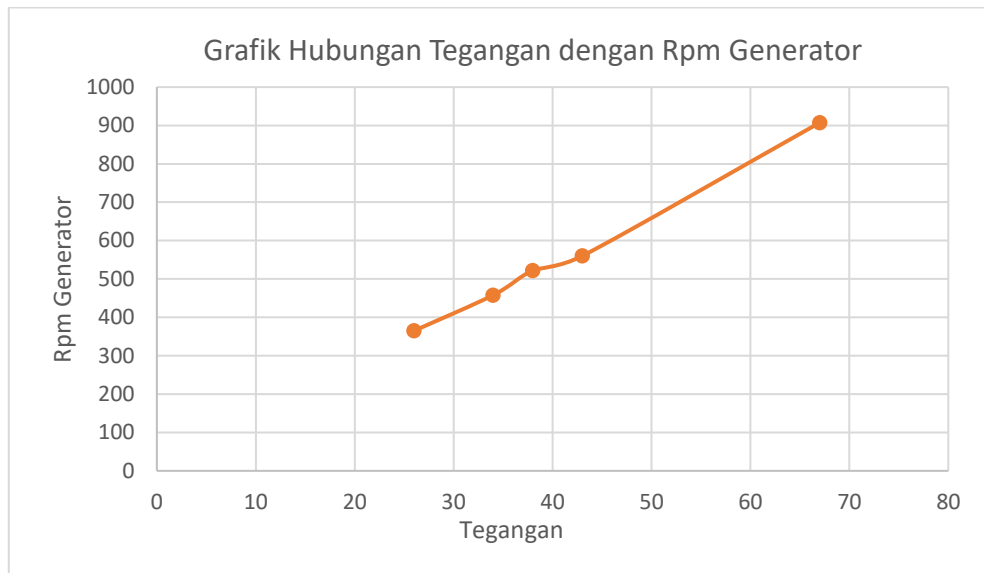
Gambar 36. Grafik Hubungan antara Tegangan dengan Arus



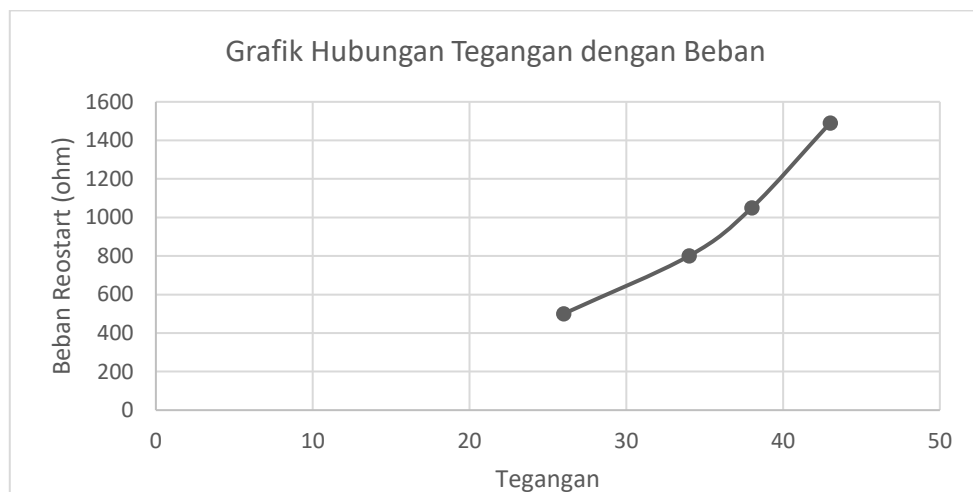
Gambar 37. Grafik Hubungan antara Daya dengan Tegangan.

Table 12. Hasil Pengukuran Output Generator pada Debit Air 0.178 dengan Variasi Beban

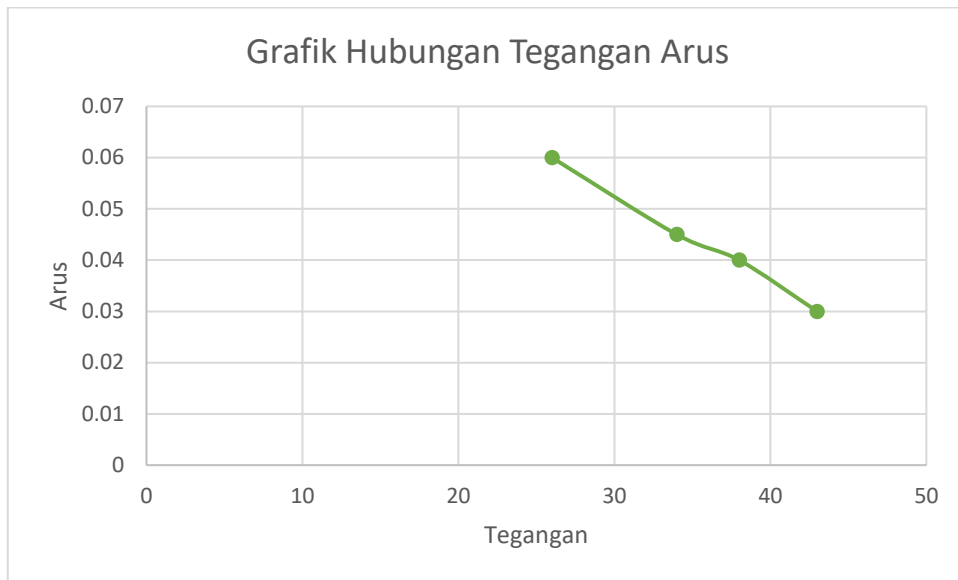
No	Debit Air (liter/detik)	Beban (Ohm)	kecepatan putar turbin (rpm)	Kecepatan Putar Generator (rpm)	Output generator		
					V DC (Volt)	I DC (A)	Daya (Watt)
1	0.178		348.3	907.3	67		
2	0.178	1490	189.9	560	43	0.03	1.29
3	0.178	1050	174	522	38	0.04	1.52
4	0.178	800	165	458	34	0.045	1.53
5	0.178	500	158	365	26	0.06	1.56



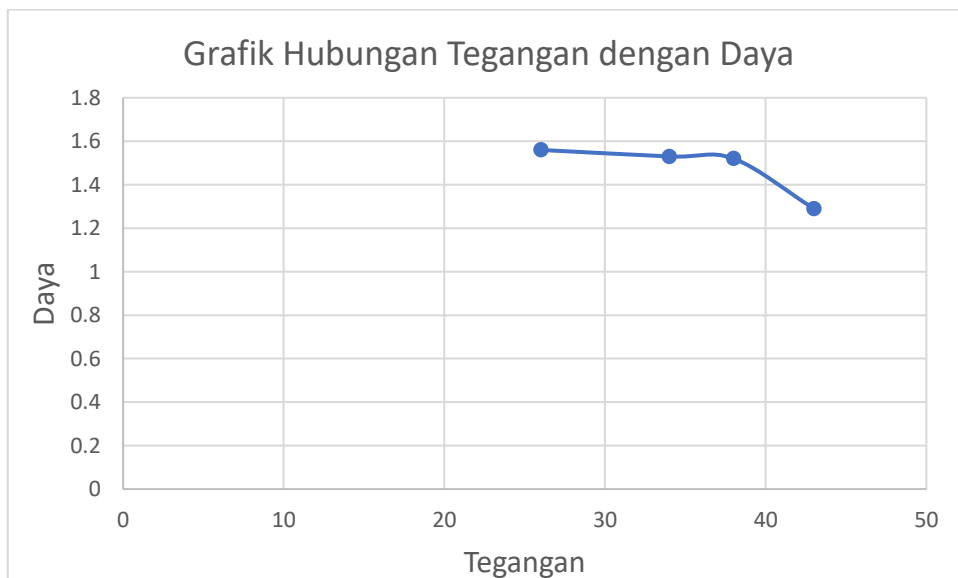
Gambar 38. Grafik Hubungan antara Tegangan dengan Rpm Generator



Gambar 39. Grafik Hubungan antara Tegangan dengan Beban



Gambar 40. Grafik Hubungan antara Tegangan dengan Arus

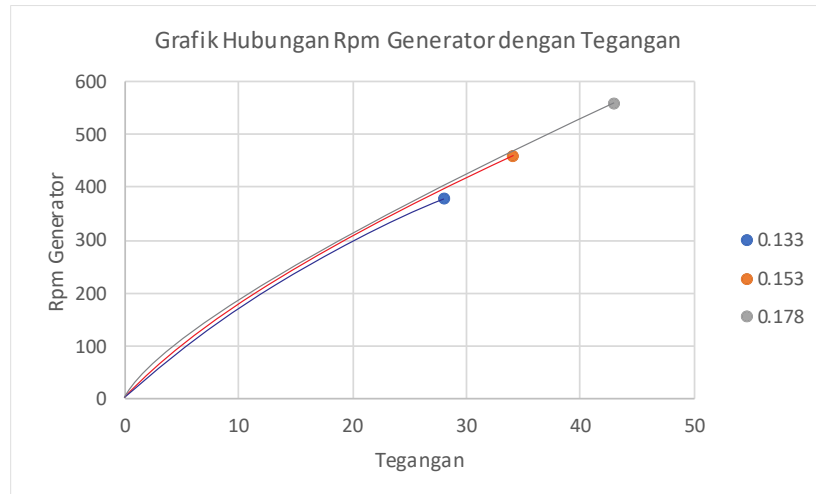


Gambar 41. Grafik Hubungan antara Daya dengan Tegangan

Berdasarkan data Tabel 10, 11, dan 12 di atas, didapat data yang menunjukkan bahwa pengaruh besar kecilnya debit air sangat berpengaruh pada output generator, semakin besar debit air maka

semakin besar pula energi listrik yang dihasilkan. Pada saat generator dibebani dengan reostart semakin kecil tahananannya maka arus yang mengalir semakin besar, hal ini mengakibatkan putaran generator menjadi lebih lambat disebabkan adanya beban yang membutuhkan energi listrik besar sehingga putaran generator akan lebih berat. Sebaliknya bila generator dibebani dengan reostart semakin besar tahananannya maka arus yang mengalir akan lebih kecil, sehingga putaran generator tidak akan berbeda jauh dari putaran generator saat beban kosong.

Saat generator dibebani reostart dengan tahanan yang kecil seketika itu pula putaran generator akan melambat dan putaran akan menjadi berat karena arus yang mengalir akan besar, putaran yang melambat akan mengakibatkan tegangan keluaran dari generator akan turun. Semakin besar beban yang terpasang maka semakin berat pula putaran generator, dan apabila beban terlalu berat generator akan berhenti berputar. Karena dorongan air tidak cukup mampu memutar turbin dan generator.



Gambar 42. Grafik pengukuran variasi debit air dengan beban 1490 ohm

Dari Gambar 33. Menunjukkan perbedaan yang signifikan pada putaran rpm generator yang dibebani sama rata dengan beban 1490 ohm. Terlihat dengan jelas perbedaan putaran generator pada setiap percobaan dengan membedakan besar debit air perdetiknya. Dari data di atas dapat disimpulkan bahwa semakin besar debit airnya maka semakin cepat pula putaran generatornya, sehingga dapat menghasilkan energi listrik yang besar dan apa bila dibebani generator masih dapat berputar walaupun dalam keadaan yang sangat lambat.

Dalam percobaan dengan menggunakan besar debit air 0.133 liter/detik ($\frac{1}{2}$ stop kran) dapat menghasilkan putaran generator sebanyak 569.5 rpm, tegangan sebesar 44 volt untuk beban kosong. Dan apabila dibebani dengan 500 ohm putaran generator berkurang menjadi 178.9 rpm, tegangan berkurang menjadi 17 volt, dan didapatkan arus 0.04 A.

C. Pembahasan

1. Pembahasan uji fungsional dan unjuk kerja *prototype* pembangkit listrik tenaga pikohidro
 - a. Kondisi komponen-komponen pada *prototype*
 - 1) Dari hasil pemeriksaan, kondisi turbin dalam keadaan baik, tidak ada yang kincir yang bergeser dari tempat semula.
 - 2) Dari hasil pemeriksaan, generator mampu menghasilkan output energi listrik dengan baik, putaran generator masih lancar tidak ada karat yang mengakibatkan penurunan kualitas alat.
 - 3) Dari hasil pemeriksaan, alat ukur yaitu ampermeter dan voltmeter masih dalam keadaan normal tidak ada konsleting, semua kabel dalam keadaan baik.
 - 4) Bak tampungan air berfungsi dengan baik, tidak ada air yang bocor, pompa air perputaran air untuk memutar turbin tidak mengalami kendala
 - 5) Dari hasil pemeriksaan, keseluruhan komponen tidak ada yang bermasalah. Seluruh komponen bekerja dengan baik.
 - b. *Prototype* dapat berfungsi dengan baik sebagai sistim pembangkit tenaga listrik ketika dioperasikan. Generator dapat berputar mengikuti putaran turbin dengan baik. Generator dapat menghasilkan output tegangan DC sesuai name plate. Pembacaan alat ukur yang mudah dipahami, ampermeter dan voltmeter bekerja dengan baik. Getaran yang

ditimbulkan dari putaran generator tidak begitu terasa Karena telah terredam oleh bantalan *spons*

- c. Hasil pengukuran keluaran generator pada *prototype* pembangkit listrik tenaga pikohidro menunjukkan hasil tegangan yang naik-turun bergantung pada debit air dan beban yang terpasang, semakin besar debit air maka semakin besar juga tegangan yang dikeluarkan oleh generator. Semakin besar tahanan pada beban (reostat) semakin besar pula tegangan yang didapatkan dan arus yang mengalir akan semakin kecil, hal ini sesuai dengan hukum ohm yang berbunyi "Kuat arus listrik pada suatu beban listrik berbanding lurus dengan tegangan dan berbanding terbalik dengan hambatan".

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Setelah selesai mengerjakan proyek akhir dengan judul “Pembuatan *Prototype* pembangkit listrik tenaga pikohidro” sampai dengan akhir penyusunan ini maka dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut :

1. Pembuatan *prototype* pembangkit listrik tenaga pikohidro diawali dengan menganalisa kebutuhan, perancangan alat, pembuatan alat dan pengujian alat. Dari pengujian alat ini dapat beroperasi layaknya pembangkit listrik tenaga pikohidro, sehingga proses pembuatan dinyatakan selesai.
2. Unjuk kerja dari *prototype* pembangkit listrik tenaga pikohidro didapatkan hasil rata-rata daya keluaran generator pada debit air 0.178 liter/detik sebesar 1.45 watt, dengan rata-rata tegangan 41 Volt DC. Dengan Debit air 0.178 liter/generator mampu menghidupkan beban setara 2 buah lampu 5 watt/12Volt Dc.

B. Keterbatasan

Keterbatasan dari *prototype* pembangkit listrik tenaga pikohidro ini pada bagian pengukuran tegangan dan arus masih menggunakan alat ukur analog. Beban yang digunakan untuk pengambilan data hanya menggunakan reostart. Tegangan output yang masih naik turun dengan drastis akan membuat penggunaan energi listrik dari generator tidak secara maksimal.

C. Saran

Berdasarkan keterbatasan pembuatan *prototype* pembangkit listrik tenaga pikohidro, saran yang dapat penulis sampaikan adalah untuk mendapatkan hasil

pengukuran yang lebih spesifik dan lebih mudah dalam pembacaan perlu adanya pengembangan di bagian alat ukur, diharapkan alat ukur analog dapat digantikan dengan alat ukur digital. *Prototype* pembangkit listrik tenaga pikohidro perlu dicoba dengan variasi beban lain tidak hanya menggunakan reostat. Adanya penyetabil tegangan pada keluaran generator akan lebih baik karena output akan langsung bias digunakan untuk berbagai beban, missal lampu DC 12 volt.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdilah, H.S., dan Destina. (2015). *Pengembangan miniatur pembangkit listrik tenaga air sebagai media pembelajaran fisika sekolah menengah atas*. Prosiding Seminar Nasional Fisika (E-Journal) SNF2015. 1-4.
- Arief S. Sadiman, 1990 *Media Pendidikan : Pengertian, Pengembangan dan Pemanfaatannya*, Jakarta : Pustekom Dikbud dan CV Rajawali.
- Basar, M.F., dan Musa. M. (2018). *An overview of the key components in the pico hydro power generation system*. Universiti Teknikal Malaysia Melaka. Latest Trends in Renewable Energy and Environmental Informatics. 1-8.
- Igor, M, Farhan. (2015). *Makalah Motor DC*. Diambil dari: <https://www.scribd.com/doc/291528919/Makalah-Motor-DC> pada tanggal 6 juli 2017.
- McKinney, J.D. (1983). *Microhydropower Handbook Volume 2*. USA: Springfield Virginia.
- Mujiman, dan Santosa, B (2011). *Pembangkit listrik tenaga Mikrohidro (PLTM)*. Teknik Elektro AKPRIND Yogyakarta. Seminar on Electrical, Informatic and Edeucation 2011.
- Odi, F. (2015). *Simulator pembangkit listrik tenaga piko hidro untuk modul praktikum di laboratorium konversi energi*. Penelitian. Teknik Elektro Universitas Tanjungpura.
- “_____”. *Statistika Ketenagalistrikan 2015*. Direktorat Jendral Ketenagalistrikan Kementrian Energi Dan Sumber Daya Mineral. 41.
- Winanti, N., Jaya, A., dan Suhariningsih. (2014). *Prototype PLTA dengan memanfaatkan energi kinetik air untuk penerangan*. Penelitian. Elektro Industri, Politeknik Elektronika Negeri Surabaya.
- Zh, Zang. (2016). *Pleton Turbines*
Switzerlan: Swiss Federal Instution of Technology in Zurich.

LAMPIRAN

Lampiran 1. Foto Dokumentasi

