

**RANCANG BANGUN DAN PENGUJIAN PROTOTIPE  
PICOHYDRO TIPE PROPELLER KAPASITAS 1000 W**



**LAPORAN TUGAS AKHIR**

**Diajukan untuk memenuhi salah satu syarat  
guna memperoleh Gelar Diploma Tiga (D-3)  
pada Politeknik Negeri Ujung Pandang**

**M. ALIF 342 07 010**

**IRSAN PRATAMA P 342 07 009**

**M. FADLI SYAM 06 35 033**

**PROGRAM STUDI TEKNIK KONVERSI ENERGI**

**JURUSAN TEKNIK MESIN**

**POLITEKNIK NEGERI UJUNG PANDANG**

**MAKASSAR**

**2010**

## HALAMAN PENGESAHAN PEMBIMBING

Laporan Tugas Akhir dengan judul **“Rancang Bangun dan Pengujian Prototipe Picohydro Tipe Propeller Kapasitas 1000 W”** oleh M. Alif, 342 07 010, Irsan Pratama Putra, 342 07 009 dan M. Fadli Syam, 06 35 033 telah diterima dan disahkan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Diploma Tiga (D-3) pada Program Studi Teknik Konversi Energi/ Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Ujung Pandang.

Makassar, 5 November 2010

Mengesahkan:

Pembimbing I

Pembimbing II

Ir. Abdi Wibowo, M.T.  
Nip. 19650117 199103 3 002

Ir. Andareas Pangkung, M.T.  
Nip. 19620828 198903 1 003

Mengetahui,

a.n. Direktur,  
Ketua Jurusan Teknik Mesin

Muh. Tekad, S.T., M.T.  
Nip. 19650824 199003 1 003

## PENERIMAAN PANITIA UJIAN

Pada hari ini, hari Kamis, Tanggal 16 Desember 2010, Panitia Ujian Sidang Tugas Akhir, telah menerima dengan baik hasil Tugas Akhir oleh mahasiswa: M. Alif, 342 07 010, Irsan Pratama Putra, 342 07 009 dan M. Fadli Syam, 06 35 033 dengan judul "Rancang Bangun dan Pengujian Prototipe Picohydro Tipe Propeller Kapasitas 1000 W".

Makassar, 16 Desember 2010

Panitia Ujian Sidang Tugas Akhir :

- 
1. Ir. Muh. Anshar, M.Si. Ketua (.....)
  2. Jamal, S.T., M.T. Sekretaris (.....)
  3. Akhmad Taufik, S.T., M.T. Anggota (.....)
  4. Sonong, S.T., M.T. Anggota (.....)
  5. Ir. Abdi Wibowo, M.T. Pembimbing I (.....)
  6. Ir. Andareas Pangkung, M.T. Pembimbing II (.....)

## KATA PENGANTAR

Puji dan syukur kehadiran Allah SWT yang telah memberikan iman, kekuatan dan rahmat Nya kepada penulis. Karena atas izin dan berkah Nya, penulis dapat menyelesaikan Proyek Akhir yang berjudul "*Rancang Bangun dan Pengujian Prototipe Picohydro Tipe Propeller Kapasitas 1000 W*" tepat pada waktunya.

Penulis menyadari bahwa dalam penyusunan tugas akhir ini melibatkan banyak bantuan dari berbagai pihak yang terkait. Untuk itu penulis ingin mengucapkan terimakasih sebanyak-banyaknya kepada:

1. Tuhan Yang Maha Esa berkat rahmat dan hidayahnya sehingga Tugas Akhir ini dapat terselesaikan.
2. Kedua orang tua penulis yang senantiasa membantu dan memberi motivasi tiada henti serta dukungan moril maupun materil kepada penulis sehingga Tugas Akhir ini dapat terselesaikan dengan baik.
3. Bapak Dr. Pirman, M.Si., selaku Direktur Politeknik Negeri Ujung Pandang
4. Bapak Muh. Tekad, S.T., M.T., selaku Ketua Jurusan Teknik Mesin, atas segala dukungan moral yang selama ini diberikan.
5. Bapak Jamal, S.T., M.T., selaku Ketua Program Studi Teknik Konversi Energi, atas arahan dan bimbingan selama penulis menuntut ilmu.
6. Bapak Ir. Abdi Wibowo, M.T., selaku pembimbing I, atas segala bimbingan, arahan, serta bantuannya selama penulis menyelesaikan proyek akhir ini.

7. Bapak Ir. Andareas Pangkung, M.T., selaku pembimbing II, atas bimbingan, dan bantuannya sehingga penulis dapat menyelesaikan proyek akhir ini.
8. Seluruh staf, para dosen pengajar, serta teknisi bengkel dan laboratorium Teknik Konversi Energi, atas bimbingannya selama penulis menuntut ilmu di Politeknik Negeri Ujung Pandang.
9. Seluruh sahabat kelas III<sub>A</sub> dan III<sub>B</sub> Energi, atas bantuan tenaga serta dukungan semangatnya selama menjalani masa pendidikan bersama – sama selama ini.
10. Seluruh sahabat mahasiswa Angkatan '07 serta kawan-kawan yang ada di HMM PNUP, BEM PNUP, HMB Cabang Makassar, dan HMI Komisariat PNUP yang selama ini menjadi rekan seperjuangan.
11. Pimpinan dan Karyawan CV. Anugrah Bahari, dan Bengkel Lima Jaya atas segala bantuan dan fasilitas yang diberikan selama menyelesaikan proyek akhir ini.

Dan pihak – pihak yang tidak dapat penulis sebutkan namanya satu persatu, penulis mengucapkan terima kasih. Semoga apa yang selama ini dikerjakan dapat bernilai pahala disisi Tuhan Yang Maha Esa. Amin

Makassar, 5 November 2010

Penulis

## DAFTAR ISI

Halaman Judul.....	i
Halaman Pengesahan Pembimbing.....	ii
Kata Pengantar.....	iii
Daftar Isi.....	v
Daftar Gambar.....	vii
Daftar Tabel.....	viii
Daftar Simbol.....	ix
Daftar Lampiran.....	x
Abstrak.....	xi
<b>BAB I PENDAHULUAN.....</b>	<b>1</b>
A. Latar Belakang Masalah.....	1
B. Rumusan Masalah.....	3
C. Tujuan Penelitian.....	3
D. Manfaat Penelitian.....	4
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....</b>	<b>5</b>
A. Pembangkit Listrik Tenaga Air (PLTA).....	5
B. Pengertian dan Konsep Dasar PLTA Jenis Picohydro.....	6
C. Dasar – Dasar Rancang Bangun.....	8
1. Pemilihan Lokasi Pemasangan Prototipe Picohydro.....	8
2. Perancangan Turbin Air.....	10
3. Pemilihan Generator.....	15

<b>BAB III METODE RANCANG BANGUN.....</b>	<b>20</b>
A. Waktu dan Tempat .....	20
B. Alat dan Bahan.....	20
C. Flowchart Rancang Bangun Prototipe Picohydro .....	23
D. Gambar Kerja.....	24
E. Prosedur Kerja.....	26
1. Tahap Perancangan Desain .....	26
2. Tahap Pembuatan .....	27
3. Tahap Perakitan.....	31
F. Prosedur Pengujian.....	32
G. Teknik Analisa Data.....	34
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>	<b>35</b>
A. Hasil Rancang Bangun .....	35
B. Hasil Pengujian .....	36
C. Pembahasan.....	37
<b>BAB V KESIMPULAN DAN SARAN .....</b>	<b>45</b>
A. Kesimpulan .....	45
B. Saran .....	45
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>47</b>

## DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 1 a. Prinsip Kerja PLTPh (tampak samping) .....	7
b. Prinsip Kerja PLTPh (tampak atas) .....	7
Gambar 2. Profil Segitiga Kecepatan .....	13
Gambar 3 a. Arah aliran tampak atas.....	14
b. Sketsa turbin kaplan/propeller.....	14
c. Desain turbin kaplan .....	14
Gambar 4 Generator Sinkron Satu Phase.....	16
Gambar 5 Karakteristik Beban Nol .....	17
Gambar 6 Flowchart/Diagram Alir Perancangan Prototipe Picohydro ....	23
Gambar 7 Komponen Prototipe Picohydro .....	24
Gambar 8 Sketsa Prototipe Picohydro .....	25
Gambar 9 Komponen picohydro yang telah siap untuk dirakit .....	32
Gambar 10 Hasil Rancang Bangun Prototipe Picohydro.....	35



## DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 1. Penggolongan turbin air berdasarkan beberapa kriteria .....	12
Tabel 2. Proses pembuatan komponen prototipe picohydro .....	27



## DAFTAR SIMBOL

Nama dan Simbol	Unit	Satuan
Panjang (L), Head (H), Diameter (D)	Meter	M
Gaya Gravitasi (g)	Meter kuadrat per second	m <sup>2</sup> /s
Daya Hidrolis (Ph), Daya Poros (Ps), Daya Generator (P <sub>g</sub> )	Watt	W
Massa jenis air (ρ)	Kilogram per meter kubik	kg/m <sup>3</sup>
Berat jenis air (w)	Newton per meter kubik	N/ m <sup>3</sup>
Debit air (Q)	Meter kubik per second	m <sup>3</sup> /s
Tekanan dalam pipa (P)	Newton meter	Nm
Kecepatan meridional atau kecepatan aliran (V <sub>m</sub> )	Meter per second	m/s
Luas Permukaan (A)	Meter kuadrat	m <sup>2</sup>
Torsi (T)	Newton meter	Nm
Putaran (n)	Rotation Per Minute	Rpm
Kecepatan Sudut ( ω )	Radian per Detik	rad/sec
Efisiensi Turbin ( η <sub>t</sub> ), Efisiensi Generator (η <sub>g</sub> )	Percent	%
Tegangan (V)	Volt	Volt
Arus (I)	Ampere	A
Jumlah Kutub (P)		
Frekuensi (f)	Hertz	Hz



## DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
Lampiran A. Data Hasil Pengujian.....	
Lampiran B. Grafik Hasil Analisa Data .....	
Lampiran C. Gambar Skema Pengujian Alat .....	
Lampiran D. Gambar Teknik (Detail) Prototipe Picohydro .....	
Lampiran E. Dokumentasi Kegiatan.....	



## ABSTRAK

Rancang Bangun dan Pengujian Prototipe Picohydro Tipe Propeller Kapasitas 1000 Watt , M. Alif, Irsan Pratama P, M. Fadli Syam dibimbing oleh Abdi Wibowo,Ir dan Andareas Pangkung,Ir.

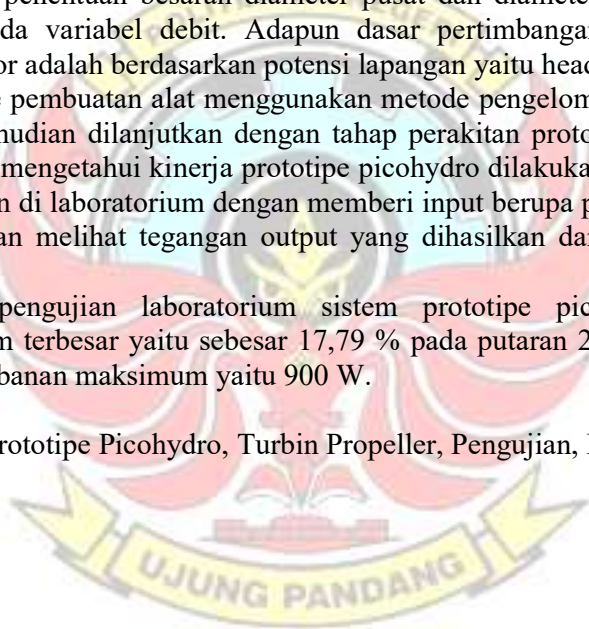
Untuk menghasilkan energi listrik melalui Rancang Bangun Prototipe Picohydro Tipe Propeller Kapasitas 1000 W dan untuk mengetahui kinerja prototipe picohydro melalui pengujian di Laboratorium (uji karakteristik generator dan uji sistem picohydro dalam kondisi berbeban) serta pengujian aktual di Lapangan.

Prototipe picohydro ini dibuat dengan menggunakan metode perancangan desain bertujuan untuk menentukan besaran dimensi turbin propeller, rumah turbin, poros penghubung serta pemilihan generator. Perancangan turbin dalam hal ini adalah penentuan besaran diameter pusat dan diameter luar turbin yang bergantung pada variabel debit. Adapun dasar pertimbangan pemilihan daya output generator adalah berdasarkan potensi lapangan yaitu head dan debit.

Metode pembuatan alat menggunakan metode pengelompokan komponen-komponen kemudian dilanjutkan dengan tahap perakitan prototipe picohydro itu sendiri. Untuk mengetahui kinerja prototipe picohydro dilakukan pengujian aktual di lapangan dan di laboratorium dengan memberi input berupa putaran motor pada turbin kemudian melihat tegangan output yang dihasilkan dari sistem prototipe picohydro.

Hasil pengujian laboratorium sistem prototipe picohydro diperoleh efisiensi system terbesar yaitu sebesar 17,79 % pada putaran 2920 rpm dan pada kondisi pembebanan maksimum yaitu 900 W.

Kata Kunci : Prototipe Picohydro, Turbin Propeller, Pengujian, Efisiensi Sistem.



# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **A. Latar Belakang**

Energi merupakan kebutuhan esensial bagi hidup dan kehidupan manusia, dan salah satu kebutuhan manusia di zaman modern ini yang telah menimbulkan ketergantungan adalah kebutuhan energi listrik. Ketersediaan energi listrik merupakan keharusan dalam menunjang aktifitas manusia saat ini karena energi listrik memiliki pengaruh yang besar untuk mempermudah dan memperlancar produktifitas manusia sehari-hari. Di sisi lain, kebutuhan akan energi listrik ini tidak dapat terpenuhi akibat krisis energi yang terjadi hari ini serta keterbatasan suplai energi listrik atau terisolasinya suatu daerah dari keberadaan energi listrik. Salah satu solusi dalam memenuhi kebutuhan energi listrik di daerah terpencil adalah melalui pemanfaatan energi alternatif seperti Pembangkit Listrik Tenaga Bayu (PLTB) atau Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMH). Menurut Nurdin, A. (Direktur PT. PLN (Persero) Sulselra) yang dikutip dari Majalah Warta PLN, (2009) mengatakan bahwa biaya produksi energi listrik yang terbesar selama ini adalah yang dibangkitkan oleh Pembangkit Listrik yang menggunakan bahan bakar termal seperti PLTD, PLTG dan PLTU, sedangkan biaya produksi energi listrik yang terkecil adalah yang dibangkitkan oleh Pembangkit Listrik Tenaga Air (PLTA). Selain itu PLTA juga merupakan pembangkit listrik yang ramah lingkungan dengan biaya operasional yang relatif murah.

Oleh karena itu, kebijakan pemerintah saat ini adalah membangun pembangkit listrik yang menggunakan energi air seperti PLTA maupun PLTMH (Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro) yang memiliki daya output diatas 5 kW. Pembangkit listrik tenaga Picohydro atau disingkat PLTPh merupakan bagian dari PLTMH dengan daya output yang lebih kecil yaitu antara ratusan watt hingga 5 kW.

Berdasarkan kajiankekinian tentang potensi energi alternatif khususnya PLTMH/PLTPh diwilayah Sulawesi Selatan menunjukkan bahwa daerah Sul-Sel kaya akan potensi air mulai dari debit dan head yang besar sampai pada debit dan head yang kecil seperti saluran irigasi persawahan di pedesaan yang sesuai untuk pembangunan PLTPh. Namun yang menjadi kendala adalah ketersediaan alat dan komponen PLTMH/PLTPh masih minim baik itu di Sul-Sel maupun di Indonesia secara umum. Sehingga bertitik tolak dari latar belakang diatas maka kami merasa perlu untuk mengangkat judul Tugas Akhir **“Rancang Bangun dan Pengujian Prototipe Picohydro Tipe Propeller Kapasitas 1000 W”**. Desain prototipe ini terdiri atas generator, panel box, poros, dan turbin propeller yang terkombinasi menjadi suatu Prototipe Picohydro yang siap untuk digunakan. Adapun generator yang digunakan bukanlah hasil rancangan tetapi menggunakan generator yang sudah tersedia di pasaran, dipilih berdasarkan daya dan putaran nominal yang dibutuhkan kemudian dimodifikasi. Selain itu untuk mengetahui kinerja prototipe maka dilakukan pula pengujian alat di Lab. dan di Lapangan.

## **B. Rumusan Masalah**

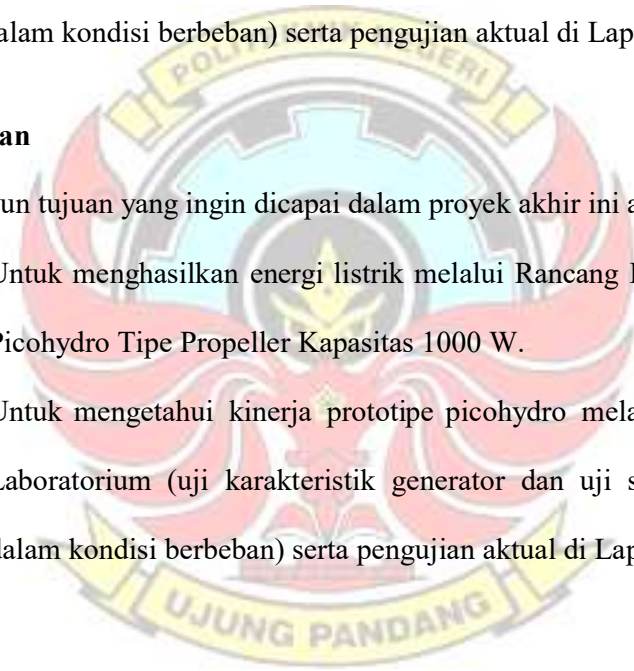
Berdasarkan uraian tersebut di atas, dapat dirumuskan masalah yang dihadapi sebagai berikut :

1. Bagaimana menghasilkan energi listrik melalui Rancang Bangun Prototipe Picohydro Tipe Propeller Kapasitas 1000 W.
2. Bagaimana mengetahui kinerja prototipe picohydro melalui pengujian di Laboratorium (uji karakteristik generator dan uji sistem picohydro dalam kondisi berbeban) serta pengujian aktual di Lapangan.

## **C. Tujuan**

Adapun tujuan yang ingin dicapai dalam proyek akhir ini adalah :

1. Untuk menghasilkan energi listrik melalui Rancang Bangun Prototipe Picohydro Tipe Propeller Kapasitas 1000 W.
2. Untuk mengetahui kinerja prototipe picohydro melalui pengujian di Laboratorium (uji karakteristik generator dan uji sistem picohydro dalam kondisi berbeban) serta pengujian aktual di Lapangan.



#### **D. Manfaat**

Manfaat yang diperoleh dalam pembuatan proyek akhir ini adalah:

1. Membantu program pemerintah dalam pengembangan energi alternatif, khususnya pemanfaatan pembangkit listrik yang tidak menggunakan bahan bakar termal.
2. Nilai tambah yang diperoleh dari sisi ipteks adalah diperolehnya suatu Prototipe Picohydro yang dapat dimanfaatkan untuk pengadaan energi listrik di pedesaan.
3. Melalui pengujian di laboratorium dan di lapangan membuat kita lebih yakin akan keandalan dan kinerja prototipe picohydro.





## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### A. Pembangkit Listrik Tenaga Air (PLTA)

Pembangkit Listrik Tenaga Air (PLTA) merupakan salah satu jenis pembangkit yang memanfaatkan energi air untuk menghasilkan energi listrik. Dalam aplikasinya PLTA banyak memanfaatkan turbin sebagai penggerak dari generator, dimana turbin adalah alat mekanik yang terdiri dari poros dan sudu-sudu. Sudu tetap atau *stationary blade*, tidak ikut bersama poros dan berfungsi mengarahkan aliran fluida. Sedangkan sudu putar atau *rotary blade*, mengubah arah dan kecepatan aliran fluida sehingga timbul gaya yang memutar poros. Air biasanya dianggap sebagai fluida yang tak kompresibel, yaitu fluida yang secara virtual massa jenisnya tidak berubah dengan tekanan. Turbin yang digunakan memiliki jenis yang berbeda-beda antara lain turbin aliran silang (*crossflow*), turbin pelton, turbin francis, dan turbin kaplan atau propeller. Adapun klasifikasi Pembangkit Listrik Tenaga Air menurut Planethijau.com© 2007-2010 Media Energi - Lingkungan – Teknologi A.division of EP Medianet yaitu :

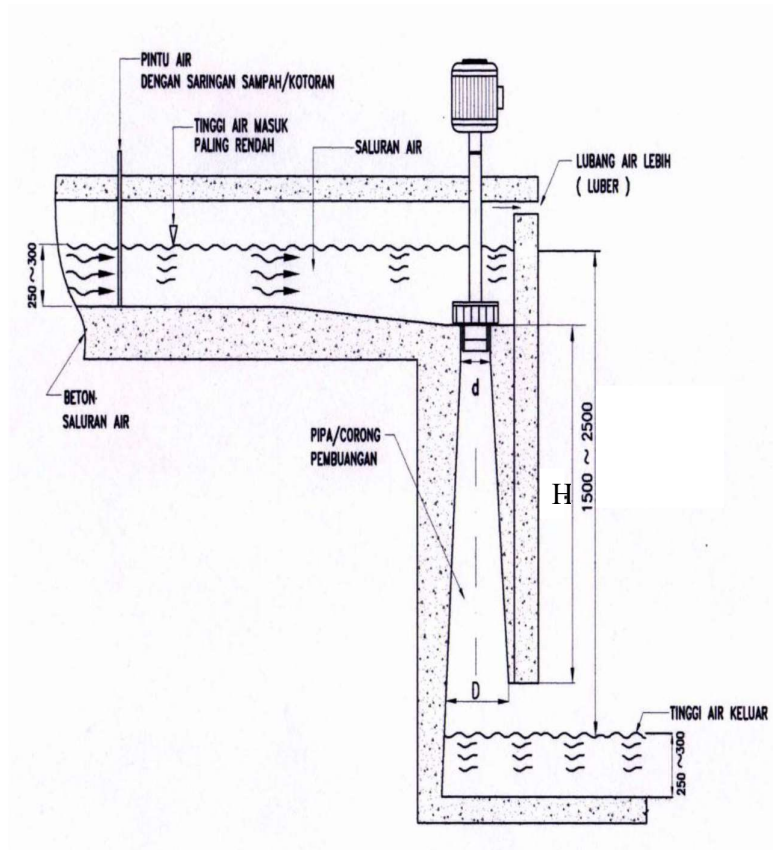
1. Large-hydro : lebih dari 100 MW
2. Medium-hydro : antara 15 – 100 MW
3. Small-hydro : antara 1 – 15 MW
4. Mini-hydro : daya diatas 100 kW,tetapi dibawah 1 MW

5. Micro-hydro : Output yang dihasilkan berkisar dari 5 kW sampai 100 kW, biasanya digunakan untuk penyediaan energi bagi komunitas kecil atau masyarakat pedesaan yang terpencil atau susah dijangkau
6. Pico-hydro : daya yang dikeluarkan berkisar ratusan watt sampai 5 kW

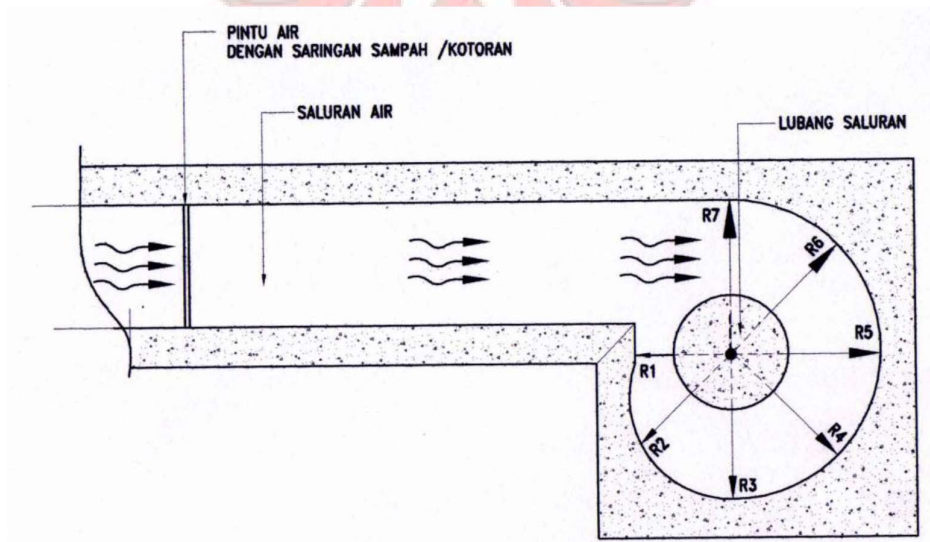
## **B. Pengertian dan Konsep Dasar PLTA Jenis Picohydro**

PLTA jenis Picohydro adalah suatu pembangkit listrik tenaga air yang berskala kecil dengan kapasitas daya dibawah 5000 watt (5 kW). Prinsip kerja pembangkit listrik tenaga air jenis turbin Picohydro yaitu air dalam jumlah tertentu yang diambil dari sumber air dan dialirkan dalam pipa dengan ketinggian tertentu, kemudian ditampung dalam suatu wadah sehingga didalam wadah terjadi aliran turbulen karena adanya air pembuangan. Aliran turbulen inilah yang memutar turbin. Kemudian putaran poros turbin tersebut digunakan untuk menggerakkan generator yang menghasilkan listrik.

Adapun prototipe picohydro yang kami desain bekerja dengan memanfaatkan aliran-aliran sungai atau irigasi yang memiliki beda ketinggian (head) antara 1,5 – 4 m, sebagaimana terlihat pada **Gambar 1** dibawah ini. Pada ujung saluran membentuk sebuah pusaran air yang akan menggerakkan turbin (*Prime Mover*) dengan kekuatan hisapan air akibat kondisi vacuum dari pipa keluatan turbin serta beda ketinggian yang dimiliki. Makin besar variabel beda ketinggian (*Head*) maka kekuatan atau daya hisap turbin akan semakin besar sehingga daya yang dihasilkanpun akan meningkat.



Gambar 1a. Prinsip Kerja PLTPh (tampak samping)



Gambar 1b. Prinsip Kerja PLTPh (tampak atas)

### C. Dasar – Dasar Rancang Bangun

Dalam rancang bangun prototipe picohydro ini, beberapa hal yang menjadi dasar-dasar desain dan perancangan yaitu:

#### 1. Pemilihan Lokasi Pemasangan Prototipe Picohydro

Salah satu syarat yang penting dalam pemilihan lokasi pemasangan PLTA jenis picohydro adalah pengukuran debit air ( $Q$ ) dan tinggi jatuh air ( $H$ ). Kedua faktor ini merupakan besaran yang sangat penting dalam pemanfaatan picohydro untuk menentukan daya listrik yang dibangkitkan.

Daya yang dapat dihasilkan diperlihatkan dalam persamaan berikut ini :

$$P_h = \rho \cdot g \cdot Q \cdot H \dots\dots\dots (2.1)$$

Dimana :

$P_h$  = Daya hidrolis (W)

$H$  = Head (m)

$\rho$  = Massa jenis air ( $\text{kg/m}^3$ )

$g$  = Gaya gravitasi ( $\text{m}^2/\text{s}$ )

$Q$  = Debit air ( $\text{m}^3/\text{s}$ )

Berikut mengenai perhitungan parameter *Head dan Debit* :

##### a. Pengukuran Tinggi Jatuh Air (*Head*)

Tinggi jatuh air merupakan salah satu faktor yang menentukan daya listrik yang dapat dibangkitkan oleh suatu pembangkit listrik tenaga air. tanpa terkecuali pada PLTA dengan daya yang besar atau dengan daya yang kecil. Tinggi jatuh air (*head*) adalah perbandingan antara ujung propeller turbin dengan ujung permukaan pembuangan air. Untuk

mendapatkan tinggi jatuh air (*head*) yang efektif maka digunakan persamaan sebagai berikut:

$$\frac{V_1^2}{2g} + \frac{P_1}{\gamma_1} + Z_1 = \frac{V_2^2}{2g} + \frac{P_2}{\gamma_2} + Z_2$$

Karena  $Z_1 - Z_2 = H$ , dan tekanan keluar sama dengan tekanan atmosfer maka :

$$\frac{P_1}{\gamma_1} - \frac{P_2}{\gamma_2} = 0 \text{ Sehingga diperoleh, } Z_1 - Z_2 = \frac{V_2^2 - V_1^2}{2g} \text{ maka :}$$

$$H_{\text{tot}} = h \dots \dots \dots (2.2)$$

Dimana :

$h$  = Tinggi jatuh air (m)

$H$  = Jarak antara permukaan propeller dengan ujung pipa keluaran (m)

$P$  = Tekanan yang terjadi di dalam pipa (Nm)

$V$  = Kecepatan aliran fluida (m/s)

**b. Pengukuran Kapasitas Aliran atau Debit (Q)**

Pengukuran kapasitas aliran atau debit yang merupakan jumlah aliran air rata – rata tiap satuan waktu. Pengukuran besarnya kapasitas aliran apabila tidak terlalu besar, dapat dilakukan dengan beberapa cara yaitu :

- Pengukuran waktu (*stop watch* )
- Alat yang bekerja berdasarkan prinsip Bernoulli, seperti orifice atau *venturi*
- Dengan alat ukur aliran PD meter (*positive displacement meter*)
- *Area meter*

Persamaan umum debit :

$$Q = V \cdot A \dots\dots\dots (2.3)$$

Dimana :

$Q$  = Debit air ( $m^3/s$ )

$V$  = Kecepatan ( $m/s$ )

$A$  = Luas permukaan ( $m^2$ )

## 2. Perancangan Turbin Air

Turbin konvensional, dalam kelompok mesin penggerak mula atau *prime movers* ada tiga macam. Turbin air dengan media kerja air, turbin gas dengan media kerja gas panas yang bertekanan, dan turbin uap dengan media kerja uap. Ketiga macam turbin tersebut mempunyai kemiripan dalam konstruksi, namun berbeda dalam termodinamika, karena fluida kerjanya yang tidak sama. Teknologi turbin air merupakan perkembangan dari kincir air (*water wheel*). Perbedaan utama kincir air dan turbin air adalah bahwa kincir air hanya mengubah kecepatan aliran, sedangkan turbin mengubah arah dan kecepatan aliran. Turbin air berperan mengubah energi air (energi potensial, tekanan, dan energi kinetik) menjadi energi mekanik dalam bentuk putaran poros.

### a. Pengelompokan Turbin Air

Berdasarkan prinsip kerjanya, turbin air dibagi menjadi dua kelompok :

#### 1) Turbin Impuls

Turbin jenis ini dibuat sedemikian sehingga rotor bekerja karena aliran air dimana beda tinggi diubah menjadi kecepatan karena

perbedaan tinggi. Sebagai contoh : turbin aliran silang (*cross flow*), pelton dan turgo.

## 2) Turbin Reaksi

Turbin jenis ini dibuat sedemikian hingga rotor bekerja karena aliran air dengan tinggi jatuh air karena tekanan. Sebagai contoh : turbin francis, turbin kaplan propeller, dan turbin jonval.

Pemilihan jenis turbin dapat ditentukan berdasarkan kelebihan dan kekurangan dari jenis – jenis turbin khususnya untuk suatu desain. Tahap awal, pemilihan jenis turbin dapat diperhitungkan dengan mempertimbangkan parameter – parameter khusus yang mempengaruhi sistem operasi turbin antara lain yaitu :

- Faktor Tinggi Jatuh Air (*Net Head*) dan kapasitas laju aliran (debit) yang akan dimanfaatkan untuk operasi turbin merupakan faktor utama yang mempengaruhi pemilihan jenis turbin.
- Faktor Daya (*Power*) yang diinginkan berkaitan dengan head dan debit yang tersedia.
- 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 turbin aliran silang (*cross flow*) berputar sangat lambat (*low speed*) yang akan menyebabkan sistem tidak beroperasi.

Berikut tabel penggolongan beberapa jenis turbin berdasarkan parameter khusus di atas yang mempengaruhi sistem operasi turbin.

**Tabel 1. Penggolongan turbin air berdasarkan beberapa kriteria**

Jenis Penggerak	Maks. Ketinggian ( <i>Head</i> ) dalam m	Maks. Tenaga dalam HP	Maks. Diameter roda dalam m	Kecepatan khusus
Pelton	300 – 2000	> 330.000	5,5	4 – 70
Francis	30 – 500	> 820.000	10	60 – 400
Kaplan	2– 70	> 150.000	10	300 – 1100

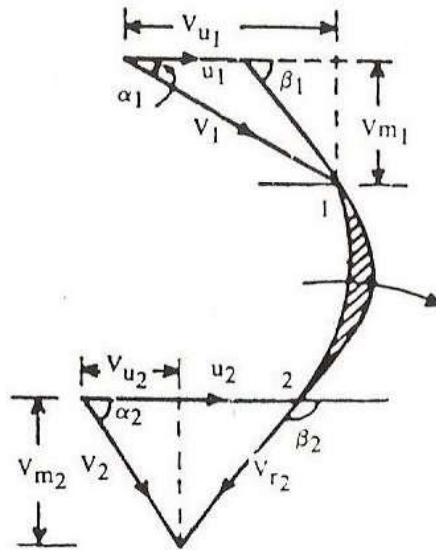
Sumber : Dandekar, M.M dan Sharma, K.N, 1991, *Pembangkit Listrik Tenaga Air*

Oleh karena itu, pada perencanaan PLTPH pilihan turbin yang cocok ialah jenis turbin reaksi dengan aliran kedalam atau yang lebih dikenal dengan turbin propeller atau turbin kaplan.

#### **b. Segitiga Kecepatan**

Pada turbin-turbin, air mengalir melalui penggerak dimana penggerak itu sendiri berputar dengan kecepatan tertentu. Air mengalir melalui penggerak dan meninggalkannya pada titik luarnya. Bagaimanapun bicara tentang kecepatan mutlak dari air sebelum alirannya ke penggerak, kecepatan relatif air (ketika air mengalir diatas penggerak) serta kecepatan mutlak air setelah meninggalkan penggerak semua itu berkenaan dengan penggerak. Dalam usaha untuk mengetahui dengan pasti hubungan antara kecepatan-kecepatan tersebut, dibuatlah diagram vektor kecepatan yang disebut sebagai segitiga kecepatan sebagaimana terlihat pada gambar 2 dibawah ini :



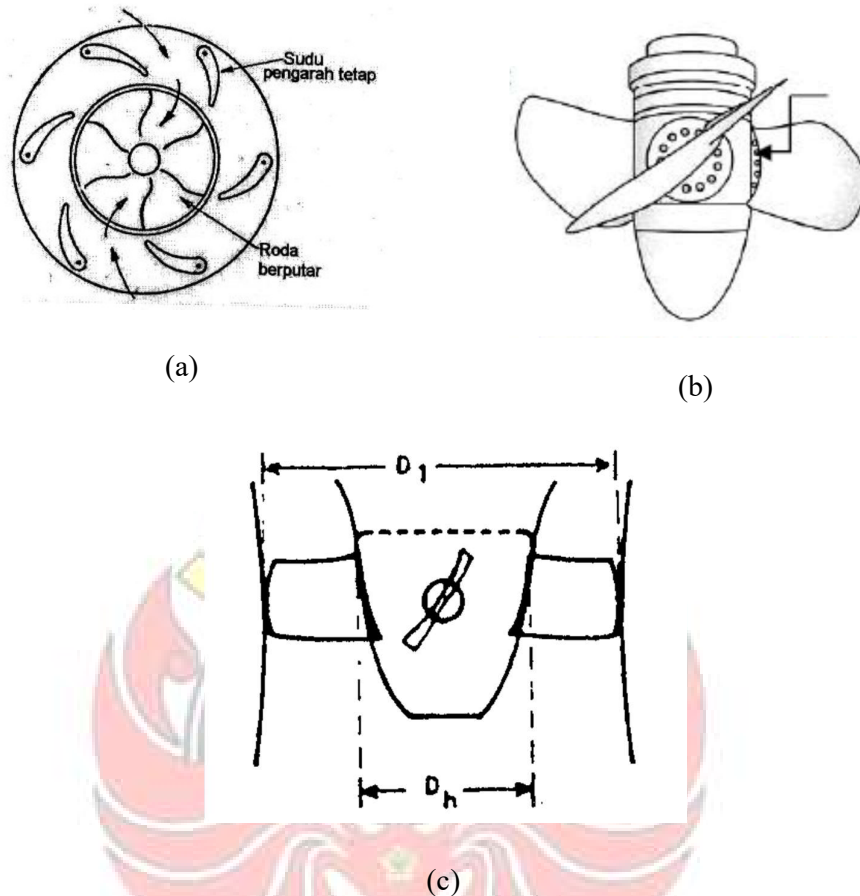


**Gambar 2.** Profil Segitiga Kecepatan

Komponen komponen  $V_{u1}$  dan  $V_{u2}$  disebut sebagai kecepatan putaran dan  $V_{m1}$  dan  $V_{m2}$  disebut sebagai kecepatan meridional atau kecepatan aliran.

### c. Turbin Kaplan

Baling-baling atau kaplan merupakan turbin aliran aksial. Penggerak turbin ini menyerupai sebuah ulir atau sebuah baling-baling yang terdiri dari pusat pada *periphery*, dimana baling-baling berbentuk lengkung dinaikkan. [Gambar 2(c)]. Jumlah dayung untuk sebuah baling-baling turbin kaplan bervariasi dari 3 sampai 8 tergantung pada jangkauan (*range*) kecepatan spesifik. Dalam hal *case* turbin kaplan, rumah-rumah poros penyelesaian mekanikal yang otomatis mengubah dayung tergantung pada beban.



**Gambar 3.** (a) Arah aliran tampak atas (b) Sketsa turbin kaplan /propeller (c) Desain turbin kaplan

Untuk turbin kaplan, persamaan didasarkan pada daerah aliran anular pada pemasukan penggerak. Jadi persamaan yang digunakan untuk menentukan besaran dimensi turbin yang sesuai (M.M. Dandekar dan K.N. Sharma, 1991) adalah:

$$Q = \frac{\pi}{4} (D_1^2 - D_h^2) \cdot V_m \dots\dots\dots (2.4)$$

Dimana :

$D_1$  = garis tengah ujung ke ujung dayung pada pemasukan dayung

$D_h$  = garis tengah pusat pada seksi yang sama (Gambar 3.)

$V_m$  = Kecepatan meridional atau kecepatan aliran.

Adapun perhitungan daya turbin atau sering disebut dengan daya poros menggunakan formula berikut :

$$P_s = T \cdot \omega \text{ (watt)} \dots\dots\dots (2.5)$$

$$\omega = \frac{2\pi \cdot n}{60} \text{ (rad/sec)} \dots\dots\dots (2.6)$$

Dimana :

$P_s$  = Daya poros merupakan keluaran daya mekanis turbin (watt)

T = torsi (Nm)

n = putaran (rpm)

**d. Efisiensi turbin:**

$$\eta_t = \frac{P_s}{P_h} \times 100 \dots\dots\dots (2.7)$$

Untuk berbagai kondisi kerja mesin, harga parameter tersebut akan bervariasi dan menunjukkan kemampuan kerja mesin untuk daerah kerja tertentu.

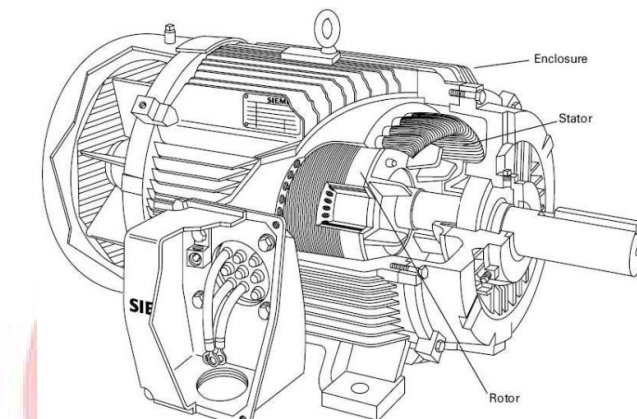
Jika dapat diasumsikan Efisiensi Turbin ( $\eta_t$ ) = 0,8 (Teoritis)

$$\text{Sehingga, } P_s = P_h \cdot \eta_t \text{ (watt)} \dots\dots\dots (2.8)$$

**3. Pemilihan Generator**

Generator sinkron adalah sebuah mesin listrik yang mengubah energi mekanik menjadi energi listrik. Generator terdiri dari dua bagian utama yaitu stator dan rotor dan mempunyai kumparan jangkar pada stator dan kumparan

medan pada rotor. Apabila kumparan medan pada rotor dikopel dengan poros penggerak mula (turbin) sehingga berputar dengan kecepatan putar tertentu maka pada kumparan jangkar stator terinduksi fluks magnet yang berputar dengan kecepatan yang sama dengan kecepatan putar rotor, maka kejadian ini dikatakan kondisi sinkron.



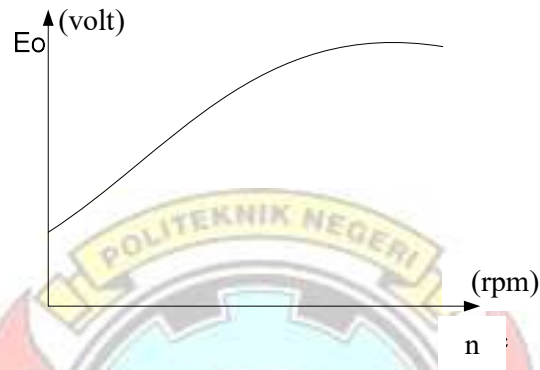
**Gambar 4.** Generator Sinkron Satu Phasa

Generator yang digunakan ialah generator sinkron tipe magnet semi permanent, dimana frekuensi listrik yang dihasilkan sebanding dengan jumlah kutub dan putaran yang dimilikinya. Listrik yang dihasilkan adalah listrik arus bolak balik (*Alternating Current*). Klasifikasi yang digunakan untuk generator AC adalah sebagai berikut : Generator tiga phasa (3 ), Generator satu phasa (1 ).

*Karakteristik Beban Nol  $E_0 = f(I_{exc}) ; I = 0 ; n = constant$*

Karakteristik Beban Nol diperoleh dengan mengoperasikan mesin tanpa beban, kemudian diamati perubahan tegangan terminal terhadap penambahan arus excitasi. Selama percobaan ini putaran konstan. Namun

untuk generator tipe magnet semi permanen maka dapat pula yang menjadi variabel adalah penambahan putaran dimana flux atau excitasi dalam hal ini dianggap konstan karena efek dari magnet atau penggunaan kapasitor. (Job Sheet Praktikum Mesin Listrik, 2009)



**Gambar 5.** Karakteristik Beban Nol

Tegangan yang dibangkitkan pada generator adalah sebanding dengan fluks dan putarannya:

$$E = c n \varnothing \text{ (volt) } \dots\dots\dots (2.9)$$

Dimana :

E = Tegangan GGL yang dibangkitkan

c = Constanta

n = Jumlah putaran

$\varnothing$  = fluks magnet

*Parameter yang dihitung :*

**a. Output Generator**

Output generator ditunjukkan dengan rumus berikut :

$$P_g = V . I . \cos \varphi \dots\dots\dots (2.10)$$

Dimana :

$P_g$  = Daya Generator (Watt)

$V$  = Tegangan (Volt)

$I$  = Arus (Ampere)

$\cos \varphi = 0,8$  (asumsi)

**b. Kecepatan dan jumlah kutub generator**

Nilai kecepatan putaran dispesifikasikan menurut frekuensi (50Hz) dari jaringan listrik dan jumlah kutub, seperti pada rumus berikut :

$$n = \frac{120 \cdot f}{P} \dots\dots\dots (2.11)$$

Dimana :

$P$  = Jumlah Kutub

$n$  = Putaran (rpm)

$f$  = Frekuensi (Hz)

**c. Efisiensi Generator**

$$\eta_g = \frac{P_s}{P_g} \times 100 \dots\dots\dots (2.12)$$

Dimana :

$\eta_g$  = Efisiensi Generator (%)

$P_g$  = Daya Generator (Watt)

$P_s$  = Daya Poros (Watt)

**d. Efisiensi Overall Sistem Prototipe Picohydro**

$$\eta_s = \frac{P_g}{P_h} \times 100 \dots\dots\dots (2.13)$$

Dimana :

$\eta_s$  = Efisiensi Sistem (%)

$P_g$  = Daya Generator (Watt)

$P_h$  = Daya hidrolis air (Watt)



## **BAB III**

### **METODE RANCANG BANGUN**

#### **A. Waktu dan Tempat**

Waktu pengerjaan dimulai dari minggu pertama bulan Agustus sampai dengan bulan Oktober. Tugas akhir ini dilakukan di Laboratorium Teknik Konversi Energi Politeknik Negeri Ujung Pandang serta Bengkel Anugrah Bahari, dan Pengecoran Logam.

#### **B. Alat dan Bahan**

Dalam pembuatan prototipe picohydro ini diperlukan beberapa alat dan bahan berikut ini :

##### **1. Pembuatan Turbin, Poros, dan Rumah Turbin**

###### *a. Peralatan*

- 1) Mesin Bubut
- 2) Mesin Las
- 3) Mesin Gerinda
- 4) Mesin Bor
- 5) Mesin Gergaji
- 6) Meteran
- 7) Vernier Caliper
- 8) Perlengkapan kerja bangku seperti : Palu, kikir, ragum duduk, kepala babi, dll.
- 9) Mistar Baja



- 10) Jangka
- 11) Busur Derajat
- 12) Gergaji Besi
- 13) Brander (Las Gas)
- 14) Tap ( W 16 x 3/8" )

*b. Bahan*

- 1) Besi Plat 3 mm
- 2) Besi Plat 6 mm
- 3) Besi Poros ST. 42  $\phi = 7/8"$
- 4) Kuningan
- 5) Besi Kotak
- 6) Elektroda Las
- 7) Pipa Galvanis
- 8) Karet Seal
- 9) Bantalan/Bearing
- 10) Snap Ring

**2. Generator**

Jenis yang digunakan : Generator ET1000 Yazuka, 1 Phasa, 1000 Watt, 1500 rpm. Dasar pertimbangan pemilihan daya output 1000 W adalah berdasarkan data potensi lapangan pada saat survey awal (PKMM Picohydro M. Alif dkk, 2010) dilakukan yaitu debit air sebesar 56 ltr/detik dan head 2 m. Disamping itu generator yang tersedia dipasaran memang memiliki spesifikasi daya 1000 W.

*DATA TEKNIS GENERATOR :*

Type : ET1000 Yazuka

AC Voltage : 220-250 V

DC Voltage : 12 V

Power Capacity : 1000 watt

Speed Ratio : 1500 rpm

Current Range : 5 A

**3. Kotak Panel**

*a. Peralatan :*

- 1) Multimeter
- 2) Solder
- 3) Timah
- 4) Tang Kombinasi, lancip, potong.
- 5) Obeng test, plus, minus.

*b. Bahan :*

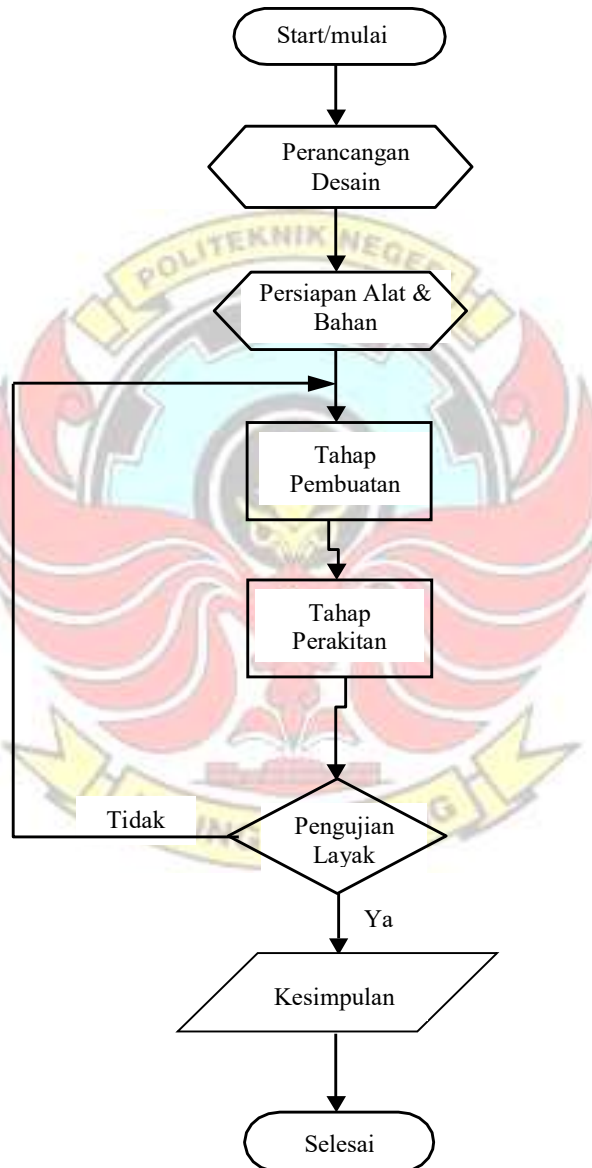
- 1) Kotak Panel
- 2) Panel Voltmeter
- 3) Switch ON/OFF
- 4) Stop Kontak
- 5) Kabel
- 6) Isolasi Listrik
- 7) Timah



8) Rangkaian Penstabil Tegangan

9) Baut dan Ring

### C. Flowchart Rancang Bangun Prototipe Picohydro



**Gambar 6.** Flowchart (Diagram Alir) Proses Perancangan Prototipe Picohydro

#### D. Gambar Kerja



**Gambar 7.** Komponen Prototipe Picohydro



**Gambar 8.** Sketsa Prototipe Picohydro Tipe Propeller

## E. Prosedur Kerja

### 1. Tahap Perancangan Desain

Dalam perancangan desain prototipe picohydro, ada beberapa hal yang perlu dilakukan baik dalam penentuan bagian-bagian komponen maupun dimensi komponen yang akan dibuat. Berikut langkah-langkah yang dilakukan :

- Membuat desain (gambar sketsa) dari alat yang akan dibuat.
- Merancang dimensi konstruksi komponen utama prototipe picohydro yaitu komponen turbin (*prime mover*), untuk menentukan besaran diameter pusat dan diameter luar.
- Merancang dimensi konstruksi komponen picohydro meliputi dudukan generator, poros penghubung antara turbin dan generator, pipa selongsong, dan rumah turbin.
- Merancang dimensi konstruksi serta jenis rangkaian komponen pendukung picohydro yaitu kotak panel sebagai rangkaian penstabil tegangan dan untuk memudahkan pengamatan terhadap parameter operasi prototipe picohydro.
- Pemilihan material dan pembuatan komponen-komponen desain konstruksi turbin picohydro.
- Menentukan jenis generator serta kapasitas yang diinginkan sesuai potensi lokasi dan kebutuhan masyarakat.



## 2. Tahap Pembuatan

Dalam proses pembuatan prototipe picohydro perlu diperhatikan urutan-urutan atau prosedur, baik dari perancangan yang akan dibuat maupun prosedur pembuatan komponen – komponen prototipe picohydro. Langkah-langkah pembuatan prototipe picohydro ini dilakukan berdasarkan pengelompokan komponen-komponen. Hal ini dimaksudkan untuk memudahkan dalam proses pengerjaan dan perakitan alat. Dalam pembuatan komponen juga tentunya didasari oleh hasil perhitungan dan perancangan desain. Terkhusus untuk perancangan turbin akhirnya digunakan metode pengelasan dengan pertimbangan material dan massa turbin untuk memperoleh torsi yang lebih besar. Disamping itu metode pengelasan juga lebih sederhana dalam hal pembuatannya karena tidak membutuhkan dies/cetakan sebagaimana dalam proses pengecoran.

Adapun penjelasan dari proses pembuatan komponen-komponen tersebut, dapat dilihat pada tabel dibawah ini :

**Tabel 2. Proses pembuatan komponen prototipe picohydro.**

No	Nama Komponen	Alat dan Bahan	Proses Pembuatan
1	Turbin Tipe Propeller 	<b>Alat:</b> Mesin bubut, mesin las listrik dan las gas, mesin gerinda, ragum, kunci pipa.  <b>Bahan:</b> Besi Pipa Ø 2”, besi plat, poros pejal, dempul,	Besi pipa dipanaskan dengan menggunakan las gas kemudian ditempa pada kedua ujungnya, poros pejal dimasukkan kedalam pada sisi atas dan bawah pipa kemudian disambung dengan menggunakan las. Setelah itu benda kerja dibubut. Pada sisi pertama dibubut hingga rata dan dibuatkan lubang ulir sebagai tempat mengikatnya

		cat/pilox, elektroda las.	poros. Kemudian sisi satunya dibubut tirus dengan kemiringan 30°. Setelah poros dalam jadi maka besi plat diprofil mengikuti potongan seperempat lingkaran. Kemudian dilengkungkan dan disambung dengan menggunakan las.
2	Rumah Turbin 	<b>Alat:</b> Mesin rol plat, mesin las gas, mesin gergaji potong, mesin bor tiang, mesin gerinda, tap M 8 x 1,25. <b>Bahan:</b> Besi plat 3 mm dan 8 mm, besi kotak 35 x 35, elektroda las, baut M8 x 1,25.	Besi plat 3 mm di rol hingga membentuk lingkaran dengan diameter dalam 184 mm. sedang untuk plat 8 mm dipotong dan diprofil melingkar dengan menggunakan las gas. Plat atas dibor kemudian di tap. Sudu pengarah terbuat dari besi kotak yang dipotong dari arah diagonalnya kemudian diatur penempatannya dengan kemiringan 60°. Pegangan antara rumah turbin dan selongsong pipa dikencangkan oleh empat buah baut.
3	Poros 	<b>Alat:</b> Mesin bubut, pahat bubut ulir metrik. <b>Bahan:</b> Besi Poros ST.42 Ø 7/8".	Besi poros di bubut rata pada salah satu permukaannya kemudian bubut ulir dengan kisaran M18 x 2,5. Besi poros dibalik kemudian dibubut permukaannya. Membuat lubang bor pada titik senter dengan diameter 8 mm. Selanjutnya pada ujung permukaan di bentuk tirus dengan kemiringan 3°. Lubang tadi kemudian dibuatkan ulir dengan menggunakan Tap M8 x 1,25.
4	Pipa Selongsong	<b>Alat:</b> Mesin bubut, mesin las listrik dan las gas, <b>Bahan:</b> Besi pipa	Besi pipa di potong hingga ukuran panjang 800 mm. Pada salah satu ujungnya dibubut dan dibuatkan ulir sebagai pengikat dudukan generator. Pada ujung satunya melekat plat lingkaran yang disambung



		<p>diameter 2 inch, besi plat 8 mm. Plastik nilon (bushing), pilox,</p>	<p>dengan menggunakan las, jarak dari ujung pipa diatur sedemikian hingga posisi turbin dan rumah turbin sesuai. Setelah disambung maka selongsong ini dibalancing dengan mesin bubut. Selanjutnya bushing yang terbuat dari bahan nilon dibubut hingga ukuran diameter dalam sama dengan ukuran poros yaitu 7/8”.</p>
5	<p>Dudukan Generator</p> 	<p><b>Alat:</b> Mesin bubut, mesin bor, kunci snapping.</p> <p><b>Bahan:</b> Aluminium cor, bearing 6304 C3, dan pilox.</p>	<p>Desain dudukan generator diserahkan kepada pengecoran logam. Hasil cor kemudian dibubut sesuai ukuran dan dimensi yang ditentukan. Sisi bawah dibubut dan dibuatkan lubang ulir yang sesuai dengan kisar ulir pada pipa selongsong. Pada bagian dalam ditempatkan bearing dan dudukan snap ring. Selanjutnya poros disetting dan generator didudukkan sesuai lubang baut pengikatnya. Terakhir finishing dudukan generator di cat/dipilox.</p>
6	<p>Kotak Panel</p>  <p>Tampak Dalam</p>	<p><b>Alat:</b> Tang potong, tang lancip, mesin bor, kikir setengah bulat, solder.</p> <p><b>Bahan:</b> Kabel, Komponen elektronika seperti : Power Suplay, dioda bridge, trafo regulasi, MCB, Panel Voltmeter, Inverter 1000</p>	<p>Rangkaian dirakit sesuai dengan gambar sistem panel box yang telah direncanakan (Terlampir). Pada prinsipnya rangkaian ini digunakan sebagai penstabil tegangan dimana jika tegangan sistem turun dari 220V maka relay akan bekerja dan segera terhubung ke rangkaian hingga masuk ke inverter dan mengeluarkan kembali tegangan stabil 220 V. Posisi komponen dan rangkaian ditempatkan sedemikian rupa didalam kotak panel yang telah</p>

		<p>W, Kapasitor, dan Relay 220 V.</p>	<p>dipilih.</p>
	<p>Stator dan Rotor</p> 	<p>Stator dan Rotor merupakan komponen yang tidak dibuat melainkan dipilih per set atau dalam bentuk generator berdasarkan kapasitas daya yang ingin dibangkitkan.</p>	



### 3. Tahap Perakitan

Dalam proses perakitan komponen prototipe picohydro perlu diperhatikan urutan-urutan atau prosedur, komponen yang telah dibuat berdasarkan gambar kerja dan komponen - komponen pendukung prototipe picohydro yang telah di buat (poros penghubung antara turbin dengan generator, dan kotak panel) dirakit menjadi suatu prototipe picohydro yang dapat difungsikan secara optimal. Adapun langkah-langkahnya :

- a. Pemasangan bantalan padaudukan generator kemudian dirakit dengan memasang poros penghubung.
- b. Generator dan dudukannya disambung dan dikencangkan dengan menggunakan baut.
- c. Pipa selongsong dihubungkan dengan dudukan generator dengan mekanisme ulir.
- d. Pemasangan blade atau turbin propeller pada ujung poros yang telah di buatkan pasangan ulir yaitu antara poros dan turbin.
- e. Selanjutnya konstruksi didudukkan diatas rumah turbin dan dikencangkan dengan empat buah baut.
- f. Terakhir kotak panel dipasang pada sisi generator.



**Gambar 9.** Komponen picohydro yang telah siap untuk dirakit.

## **F. Prosedur Pengujian**

Tahap prosedur pengujian bertujuan untuk menguji prototipe yang telah dirakit untuk mengetahui kinerja prototipe picohydro. Adapun tahap pengujian prototipe picohydro dibagi menjadi tiga tahap antara lain:

- 1. Uji generator pada kondisi tanpa pembebanan dengan variasi putaran untuk mengetahui karakteristik generator.**

*Gambar Skema Pengujian :*

(Dapat dilihat pada Lampiran C)

*Prosedur Pengujian :*

- Merangkai alat sesuai gambar diagram pengujian karakteristik generator tanpa pembebanan.
- Menghidupkan sumber listrik
- Mengatur suplay arus excitasi pada motor sebesar 0,35 A
- Mengatur suplay tegangan pada regulator untuk memperoleh variasi putaran. Percobaan dimulai pada putaran 200 rpm, hingga mencapai tegangan nominal dan pada setiap penambahan putaran tegangan output dicatat.
- Memasukkan data ke dalam tabel.

**2. Uji coba prototipe picohydro dalam membangkitkan energi listrik pada kondisi aktual di lapangan.**

*Gambar Skema Pengujian :*

(Dapat dilihat pada Lampiran C)

*Prosedur Pengujian :*

- Mempersiapkan konstruksi saluran dan wadah picohydro dengan mekanisme drum dan pipa PVC.
- Menguji kapasitas aliran dan debit air pada saluran.
- Membuka pintu air pada ujung saluran.
- Dalam keadaan beroperasi sejumlah beban di variasikan untuk menguji kinerja prototipe. Tegangan, arus, dan putaran dicatat pada setiap perubahan beban.

**3. Uji kinerja (unjuk kerja) sistem prototipe picohydro pada kondisi berbeban di Laboratorium dengan mensimulasikan penggerak air dengan motor listrik.**

*Gambar Skema Pengujian :*

(Dapat dilihat pada Lampiran C)

*Prosedur Pengujian :*

- Merangkai alat sesuai gambar diagram pengujian karakteristik generator tanpa pembebanan.
- Menghidupkan sumber listrik
- Mengatur suplay arus excitasi pada motor sebesar 0,35 A
- Mengatur suplay tegangan pada regulator untuk memperoleh variasi putaran. Percobaan dimulai pada putaran rendah hingga muncul tegangan.
- Pada posisi putaran tersebut dilakukan variasi beban mulai dari 20 W sampai 900 W. Tegangan dan Arus output dicatat dan dimasukkan kedalam tabel data.
- Penambahan putaran dilakukan dengan interval 200 rpm.

**G. Teknik Analisa Data**

Setelah melakukan proses pengujian, maka diperoleh data yang akan dianalisis secara deskriptif, yaitu data yang telah terkumpul dianalisis dengan melihat prototipe picohydro dapat mengefisiensikan tenaga dan waktu dalam menghasilkan tenaga listrik. Kemudian membandingkan unjuk kerja picohydro melalui pembebanan dan tanpa pembebanan, maka dapat diketahui tingkat keberhasilan dari prototipe picohydro tersebut.

## BAB IV

### HASIL DAN PEMBAHASAN

#### A. Hasil Rancang Bangun

Hasil desain atau konstruksi prototipe picohydro terbagi menjadi komponen-komponen yang terdiri atas : Propeller turbin, poros penghubung,udukan generator, pipa selongsong, rumah turbin, dan kotak panel. Komponen-komponen tersebut kemudian dirakit menjadi satu system prototipe picohydro.



**Gambar 10.** Hasil Rancang Bangun Prototipe Picohydro

## B. Hasil Pengujian

Proses pengujian ini dilakukan setelah proses rancang bangun selesai. Pengujian dilakukan untuk mengetahui kinerja prototipe picohydro dalam keadaan pembebanan. Pengujian dilakukan sebanyak dua kali yaitu di Laboratorium Konversi Energi dan di Lapangan (Desa Barambang Kabupaten Sinjai). Adapun pengujian Laboratorium terbagi dua tahap yaitu pengujian karakteristik generator dan pengujian sistem picohydro dalam kondisi berbeban.

### 1. Pengujian Laboratorium

Data pengujian baik pengujian karakteristik maupun kondisi berbeban dapat dilihat pada Lampiran A.

### 2. Pengujian Lapangan

Berikut beberapa parameter yang dihitung :

- a. Debit diperoleh dengan menggunakan metode *Pengukuran Waktu*.

$$Q = \frac{\text{Volume}}{\text{waktu}} \text{ (Ltr/det)}$$

Dimana :

Volume yang dihitung adalah volume wadah atau drum yang kemudian diisi dengan air yang berasal dari pipa pesat hingga penuh. Adapun volume drum adalah 200 liter. Waktu pengisian diperoleh dengan menggunakan stopwatch yaitu

Sehingga,

$$Q = \frac{200}{9} = 22 \text{ Liter/detik}$$



Jadi besarnya debit aktual dilapangan adalah  $Q = 22 \text{ Ltr/det}$

- b. Head yang diperoleh dilapangan adalah 2 m
- c. Daya Input atau Daya Hidrolis

$$\begin{aligned} P_h &= \rho \cdot g \cdot Q \cdot H \\ &= 1000 \cdot 9,81 \cdot 22 \cdot 2 \\ &= 431,64 \text{ Watt} \end{aligned}$$

Jika diasumsikan Efisiensi Turbin ( $\eta_t$ ) = 0,8 (Teoritis)

- d. Daya Poros

$$\begin{aligned} P_s &= P_h \cdot \eta_t \\ &= 431,64 \times 0,8 \\ &= 345,31 \text{ Watt} \end{aligned}$$

## C. Pembahasan

### 1. Hasil Desain Rancang Bangun

#### a. Turbin Propeller

Perancangan turbin dalam hal ini adalah penentuan besaran diameter pusat dan diameter luar turbin berdasarkan persamaan yang ada yaitu :

$$Q = \left\{ \frac{\pi}{4} (D_1^2 - D_h^2) \right\} \cdot V_m$$

Asumsi :

- ❖  $Q = 0,18 \text{ m}^3/\text{detik}$  (Asumsi ini berdasarkan pada besarnya debit maksimum yang ada di lokasi serta direncanakan mampu diterima turbin)

- ❖  $D_h = 3$  inch atau 76,2 mm (Untuk memenuhi persamaan diatas maka salah satu diameter harus ditentukan)
- ❖  $H = 4$  m (ketinggian untuk jenis turbin propeller bervariasi mulai 2 – 70 m, namun berdasarkan hasil survey dilokasi ketinggian yang ada maksimum 4 m).

Adapun kecepatan aliran dapat dihitung dengan persamaan berikut ini, dimana  $K_v = 0,98$  (Mesin Fluida, 2007) :

$$V_m = K_v \cdot \sqrt{2 \cdot g \cdot H}$$

$$= 0,98 \cdot \sqrt{2 \cdot 9,81 \cdot 4} = 0,98 \cdot (8,85) = 8,67 \frac{m}{sec}$$

Sehingga,

$$\frac{\pi}{4} (D_{1^2} - D_{h^2}) \cdot V_m = Q \longrightarrow \frac{\pi}{4} (D_{1^2} - D_{h^2}) = Q / V_m$$

$$0,785 (D_{1^2} - 0,0762^2) = \frac{0,18}{8,67}$$

$$0,785 D_{1^2} - 0,004558 = 0,02076$$

$$0,785 D_{1^2} = 0,02076 + 0,004558$$

$$0,785 D_{1^2} = 0,02531$$

$$D_{1^2} = \frac{0,02531}{0,785}$$

$$D_{1^2} = 0,03225$$

$$D_1 = \sqrt{0,03225}$$

$$D_1 = 0,179 \text{ m}$$

Atau di bulatkan menjadi,  $D_1 = 0,18 \text{ m} = 180 \text{ mm}$

#### b. Rumah Turbin

Pembuatan rumah turbin ini di sesuaikan dengan dimensi turbin propellernya dengan ukuran toleransi antara turbin dan dinding rumah turbin antara 1 – 2 mm. Bahan yang digunakan adalah besi plat ukuran 3 mm untuk bagian bawah dan plat ukuran 8 mm untuk lingkaran atas. Untuk plat 3 mm di rol hingga membentuk lingkaran sedang untuk plat 8 mm di potong dengan menggunakan Las Gas. Selanjutnya sisi atas dibuatkan sudu pengarah yang berfungsi untuk mengarahkan air masuk menumbuk sudu turbin. Sudu pengarah terbuat dari besi kotak yang dipotong dari arah diagonalnya kemudian diatur penempatannya dengan kemiringan 60°. Pegangan antara rumah turbin dan selongsong pipa dikencangkan oleh empat buah baut.

*c. Poros Penghubung*

Poros terbuat dari bahan besi ST.42 berdiameter 7/8” dengan panjang 85 mm. Kedua ujungnya dibubut dan disesuaikan dengan ulir pada turbin untuk sisi bawah yaitu M 18 x 2,5. Sedangkan untuk sisi atas yang terhubung dengan generator terdapat sebuah lubang ulir yaitu M 8 x 1,25 dengan sisi luar yang berbentuk tirus. Setelah selesai poros tersebut di setting keseimbangan (*Balancing*) dengan metode pembubutan di antara dua senter. Agar diperoleh titik senter keseimbangan antara turbin, poros, dan generator.

*d. Dudukan Generator*

Dudukan generator merupakan komponen pendukung pada generator yang sengaja didesain khusus dengan lubang ulir untuk pipa selongsong serta dudukan bearing. Terbuat dari bahan aluminium yang dicor dalam kondisi padat kemudian dibubut.

*e. Pipa Selongsong*

Pipa selongsong terbuat dari bahan pipa besi dengan  $\varnothing = 2$  inch, panjang pipa didasarkan pada panjang keseluruhan poros yaitu 80 mm. Pada ujung bawah melekat penutup rumah turbin yang disambung dengan menggunakan las kemudian di balancing dengan mesin bubut. Dalam ujung pipa juga melekat bushing poros yang terbuat dari bahan plastik/nilon agar terhindar dari korosi dan tahan terhadap gesekan air. Tujuan pemasangan bushing ini yaitu agar kedudukan poros tetap seimbang atau tidak bergeser dari titik sentrisnya.

*f. Kotak Panel*

Kotak panel merupakan salah satu komponen terpenting dalam rancangan prototipe picohydro, karena didalamnya terdapat rangkaian elektronika yang berfungsi untuk menstabilkan tegangan output dari picohydro. Ukuran dimensi panel yang telah dirancang adalah 120 x 200 x 300 mm.

*Keterangan : Gambar Teknik Setiap Komponen diatas dapat dilihat pada Lampiran D.*

## **2. Pengujian Karakteristik Generator**

Berdasarkan pengujian yang dilakukan di Lab. Konversi Energi yaitu pada pengujian karakteristik generator diperoleh grafik karakteristik seperti (Grafik 1). Sehingga dapat dikatakan bahwa untuk jenis generator yang dipilih kondisi tegangan mulai muncul adalah pada putaran 2080 rpm yaitu sebesar 15 V dan stabil dengan tegangan 220 V pada putaran 3020 rpm. Artinya tegangan yang dihasilkan akan stabil jika mencapai putaran nominal generator.

Efek tersebut juga disebabkan oleh tipe generator yang menggunakan magnet semi permanen. Didalamnya dilengkapi dengan sebuah kapasitor yang menyimpan tegangan awal dan ketika penuh dan putaran mencapai nominal maka tegangan output baru dihasilkan. Berbeda halnya dengan generator tipe magnet permanen yang mampu mengeluarkan tegangan secara bertahap/linier seiring dengan bertambahnya putaran.

### **3. Pengujian Lapangan**

Setelah uji karakteristik generator maka dilakukan uji kinerja prototipe di lapangan yang dalam hal ini dipilih lokasi di Desa Barambang Kabupaten Sinjai. Mekanisme pengujian yang digunakan adalah dengan menggunakan media bambu untuk mengalirkan air dan drum plastik sebagai wadah / tempat masukan air yang menampung dan mengarahkan air yang berasal dari media bambu masuk menumbuk sudu turbin. Dasar pertimbangan perubahan metode pengujian dari saluran terbuka (*open chanel*) menjadi saluran tertutup adalah berdasarkan faktor kondisi geografis lokasi yang tidak

memungkinkan penerapan saluran terbuka serta lama waktu pembuatan saluran. Dimana pengujian menggunakan saluran tertutup lebih sederhana dalam hal pembuatannya dan tidak memakan waktu yang lama. Namun pada akhirnya berimplikasi pada kurangnya debit air yang dihasilkan dimana beda ketinggian atau head pada ujung saluran adalah sebesar 2 m. Sehingga pada saat kondisi pengujian prototipe dalam keadaan beroperasi dihasilkan putaran yang sangat rendah (kurang dari 500 rpm).

Putaran tersebut diasumsikan sama dengan putaran turbin yang dihasilkan pada kondisi debit dan head yang ada di lokasi. Hal ini berdampak pada tidak adanya tegangan keluaran yang dihasilkan. Analisis yang diperoleh adalah debit air yang tersedia di lokasi tidak mampu untuk memutar turbin hingga mencapai putaran nominal generator. Dapat pula dikatakan bahwa dalam pemilihan generator untuk jenis pembangkit tenaga air lebih efektif jika menggunakan generator tipe magnet permanen.

#### **4. Pengujian Sistem Prototipe Picohydro di Lab. Konversi Energi**

Setelah dilakukan pengujian di lapangan dengan kondisi seperti yang telah dijelaskan diatas, maka dilakukanlah simulasi pengoperasian prototipe dengan mengganti penggerak air yang ada di lapangan dengan motor listrik. Berdasarkan data yang dihasilkan terlihat bahwa sistem picohydro mulai dapat beroperasi dan menghasilkan tegangan yang stabil mulai pada putaran motor 1340 rpm. Karena daya input hidrolis digantikan oleh penggerak motor sehingga pada putaran tersebut data torsi dicatat sebagai data perhitungan

untuk daya poros. Efisiensi overall system picohydro diperoleh berdasarkan perbandingan daya generator dengan daya poros pada motor. Uji pembebanan yang dilakukan dengan mengakumulasikan sejumlah beban mulai dari lampu, mesin bor tiang, hingga mesin bor tangan dengan total beban yang diuji sebesar 900 W. Pada kondisi pembebanan tegangan maksimum yaitu 180 V dihasilkan pada putaran motor 1840 rpm.

*Analisis Data :*

Sebagai contoh perhitungan digunakan data 3 pada Tabel 3 yaitu pada putaran motor 1510 rpm pada kondisi pembebanan maksimum 900 W.

Dik :  $V = 150 \text{ V}$

$I = 1,3 \text{ A}$

$m = 6 \text{ kg}$

$s = 10,1 \text{ cm} = 0,101 \text{ m}$

Dimana torsi diperoleh dengan menggunakan alat ukur torsimeter analog yang dikonversi melalui perhitungan berikut :

$$T = F \cdot s \longrightarrow F = m \cdot g = 6 \times 9,81 = 58,86 \text{ N}$$

$$= 58,86 \times 0,101 = 5,94 \text{ N.m}$$

Dit : a.  $P_g = \dots\dots\dots \text{ watt}$

b.  $P_s = \dots\dots\dots \text{ watt}$

c.  $\eta_s = \dots\dots\dots \%$

*Penyelesaian :*

a.  $P_g = V \cdot I \cdot \cos\phi = 150 \cdot 1,3 \cdot 0,8 = 156 \text{ watt}$

b.  $P_s = \frac{2\pi \cdot N \cdot T}{60} = \frac{2,314 \cdot 1510 \cdot 5,94}{60} = 970,4 \text{ watt}$

$$c. \eta_s = \frac{P_g}{P_s} \times 100\% = \frac{156}{970,4} \times 100\% = 16,62 \%$$

#### **5. Pengujian Sistem Prototipe Picohydro dengan modifikasi generator menggunakan magnet permanen.**

Pada pengujian ini terlihat perubahan karakteristik generator yang tadinya hanya mampu mengeluarkan tegangan pada putaran nominal. Setelah menggunakan magnet permanen tegangan sudah muncul pada putaran 320 rpm dengan tegangan 5 V. Tegangan keluaran yang diharapkan mampu menjadi suplay inverter (yang masuk ke dalam rangkaian pada kotak panel) yaitu sebesar 14 volt dihasilkan pada putaran 860 rpm.





## KESIMPULAN DAN SARAN

### A. Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisa dan pembahasan yang telah dijelaskan, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Melalui rancang bangun prototipe picohydro tipe propeller kapasitas 1000 W maka dapat dihasilkan energi listrik pada putaran minimum 2680 rpm dengan tegangan output 130 V melalui pengujian laboratorium.
2. Hasil pengujian aktual prototipe picohydro dilapangan tidak diperoleh tegangan keluaran. Sedangkan hasil pengujian prototipe picohydro di laboratorium diperoleh efisiensi system terbesar yaitu 17,79 % pada putaran 2920 rpm dan pada kondisi pembebanan maksimum yaitu 900 W.

### B. Saran

1. Untuk pengembangan riset selanjutnya, berdasarkan hasil pengujian yang diperoleh karakteristik generator yang dipilih tidak layak digunakan pada PLTPh maka disarankan agar menggunakan generator tipe magnet permanen.
2. Pada kondisi aktual dilapangan jika debit air yang tersedia sangat kecil dan head yang rendah maka disarankan untuk menggunakan mekanisme transmisi sabuk dan puli dengan perbandingan tertentu agar dihasilkan putaran nominal yang diinginkan.

3. Desain perlu dikembangkan pada sistem panel kontrol yaitu dengan mengganti rangkaian dengan Automatic Voltage Regulator (AVR) sehingga dimensi panel menjadi lebih kecil dan sederhana.



## DAFTAR PUSTAKA

- Fritz, D. 1988, *Turbin, Pompa dan Kompresor*, Jakarta.
- Jackt Fritz, 1984, *Small and Mini Hydropower System*, Mc. Graw-Hill Book Company, New York.
- Khurmi, R.S. Gupta, J.K. 1984. *Machine Design*. Ed.3. New Delhi: Eurasia Publishing House Ltd.
- Meriam, J.L. and Kraige. L.G. 1988. *Mekanika Teknik-Dinamika*, Jilid I, Versi SI, edisi II, Jakarta.: Erlangga.
- Sularso. Kiyokatsu, Suga. 1991. *Dasar-dasar Perancangan dan Pemilihan Elemen Mesin*. Jakarta: Pradnya Paramita.
- Sulaiman, T.M. Prof, 1983, *Pedoman Pembangkit Tenaga Listrik*, Ganeca, Bandung.
- Zuhal, 1991, *Dasar-dasar Tenaga Listrik*, Penerbit ITB Bandung.
- Paryatmo, Wibowo, 2007, *Turbin Air*, Jakarta Selatan : Universitas Pancasila
- Planethijau.com © 2007 - 2010  
Media Energi - Lingkungan – Teknologi A division of EP Medianet
- Pangkung, Andreas, 2009, *Jurnal INTEK (Informasi Teknologi)*, Makassar : Politeknik Negeri Ujung Pandang.
- Dandekar, M.M dan Sharma, K.N, 1991, *Pembangkit Listrik Tenaga Air*, Jakarta : Universitas Indonesia.



## **LAMPIRAN A**

# **DATA HASIL PENGUJIAN**

**Lampiran A :**

**DATA HASIL PENGUJIAN**

**Tabel 1. Data Pengujian Karakteristik Generator Berpenguat Terpisah**

<b>No.</b>	<b>N<sub>m</sub> (rpm)</b>	<b>N<sub>g</sub> (rpm)</b>	<b>V<sub>g</sub> (volt)</b>
1	100	200	0
2	340	680	0
3	550	1100	0
4	800	1600	0
5	1040	2080	15
6	1260	2520	20
7	1320	2640	200
8	1430	2860	210
9	1510	3020	220

Sumber : Pengujian Laboratorium.Tek.Energi

**Tabel 2. Data Pengujian Karakteristik Generator Berpenguat Sendiri**

<b>No</b>	<b>N<sub>m</sub> (rpm)</b>	<b>N<sub>g</sub> (rpm)</b>	<b>V<sub>g</sub> (Volt)</b>
1	160	320	5
2	240	480	7
3	330	660	10
4	430	860	14
5	570	1140	18
6	660	1320	22
7	730	1460	26.5
8	800	1600	30
9	930	1860	34
10	1020	2040	40

Sumber : Pengujian Laboratorium.Tek.Energi

**Tabel 3. Data Pengujian Sistem Picohydro Kondisi Berbeban**

<b>N<sub>m</sub> (rpm)</b>	<b>N<sub>g</sub> (rpm)</b>	<b>V (volt)</b>	<b>I (Ampere)</b>	<b>Beban</b>	<b>P (watt)</b>
1340	2680	130	0,1	40	10,4
		130	0,2	60	20,8
		130	0,25	80	26
		130	0,27	100	28,08
		130	0,4	350	41,6
		120	0,57	450	54,72
1460	2920	150	0,1	20	12
		150	0,1	40	12
		150	0,2	60	24
		150	0,25	80	30
		150	0,28	100	33,6
		150	0,53	350	63,6
		140	0,69	450	77,28
		130	1,2	900	124,8
1510	3020	160	0,09	20	11,52
		160	0,1	40	12,8
		160	0,2	60	25,6
		160	0,25	80	32
		155	0,28	100	34,72
		155	0,61	350	75,64
		150	0,76	450	91,2
		150	1,3	900	156

Sumber : Pengujian Laboratorium Tek.Energi

<b>N<sub>m</sub> (rpm)</b>	<b>N<sub>g</sub> (rpm)</b>	<b>V (volt)</b>	<b>I (Ampere)</b>	<b>Beban</b>	<b>P (Watt)</b>
1650	3300	180	0,01	20	1,44
		180	0,1	40	14,4
		180	0,2	60	28,8
		180	0,25	80	36
		180	0,3	100	43,2
		180	0,76	350	109,44
		170	0,9	450	122,4
		160	1,4	900	179,2
1730	3460	190	0,1	20	15,2
		190	0,125	40	19
		190	0,2	60	30,4
		185	0,25	80	37
		185	0,3	100	44,4
		185	0,81	350	119,88
		185	0,95	450	140,6
		185	1,44	900	213,12
1840	3680	200	0,1	20	16
		200	0,15	40	24
		200	0,2	60	32
		200	0,25	80	40
		200	0,3	100	48
		200	0,97	350	155,2
		190	1,2	450	182,4
		180	1,6	900	230,4

Sumber : Pengujian Laboratorium Tek.Energi

**Tabel 4. Tabel Hasil Analisa Data Pengujian system Prototipe pada kondisi berbeban.**

$N_m$ (rpm)	$N_g$ (rpm)	V (volt)	I (Ampere)	T (Nm)	$P_g$ (watt)	$P_s$ (watt)	$\eta$ sistem (%)
1340	2680	130	0,1	3.44	10.4	482.47	2.16
		130	0,2		20.8		4.31
		130	0,25		26		5.39
		130	0,27		28.08		5.82
		130	0,4		41.6		8.62
		120	0,57		54.72		11.34
1460	2920	150	0,1	4.59	12	701.41	1.71
		150	0,1		12		1.71
		150	0,2		24		3.42
		150	0,25		30		4.28
		150	0,28		33.6		4.79
		150	0,53		63.6		9.07
		140	0,69		77.28		11.02
		130	1,2		124.8		17.79
1510	3020	160	0,09	5.94	11.52	938.80	1.23
		160	0,1		12.8		1.36
		160	0,2		25.6		2.73
		160	0,25		32		3.41
		155	0,28		34.72		3.70
		155	0,61		75.64		8.06
		150	0,76		91.2		9.71
		150	1,3		156		16.62



$N_m$ (rpm)	$N_g$ (rpm)	V (volt)	I (Ampere)	T (Nm)	P <sub>g</sub> (Watt)	P <sub>s</sub> (watt)	$\eta$ sistem (%)
1650	3300	180	0,01	7.36	1.44	1271.07	0.11
		180	0,1		14.4		1.13
		180	0,2		28.8		2.27
		180	0,25		36		2.83
		180	0,3		43.2		3.40
		180	0,76		109.44		8.61
		170	0,9		122.4		9.63
		160	1,4		179.2		14.10
1730	3460	190	0,1	-	15.2	-	
		190	0,125		19		
		190	0,2		30.4		
		185	0,25		37		
		185	0,3		44.4		
		185	0,81		119.88		
		185	0,95		140.6		
		185	1,44		213.12		
1840	3680	200	0,1	-	16	-	
		200	0,15		24		
		200	0,2		32		
		200	0,25		40		
		200	0,3		48		
		200	0,97		155.2		
		190	1,2		182.4		
		180	1,6		230.4		

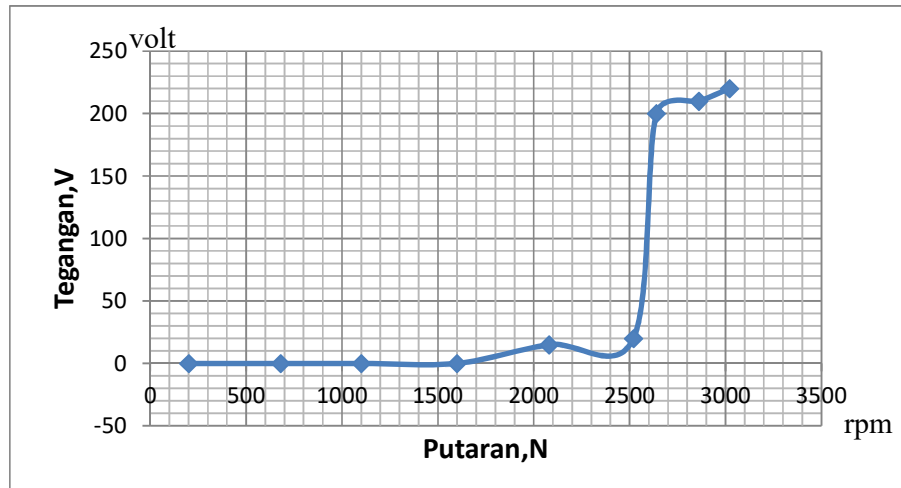
**LAMPIRAN B**  
**GRAFIK HASIL ANALISA DATA**



**Lampiran B :**

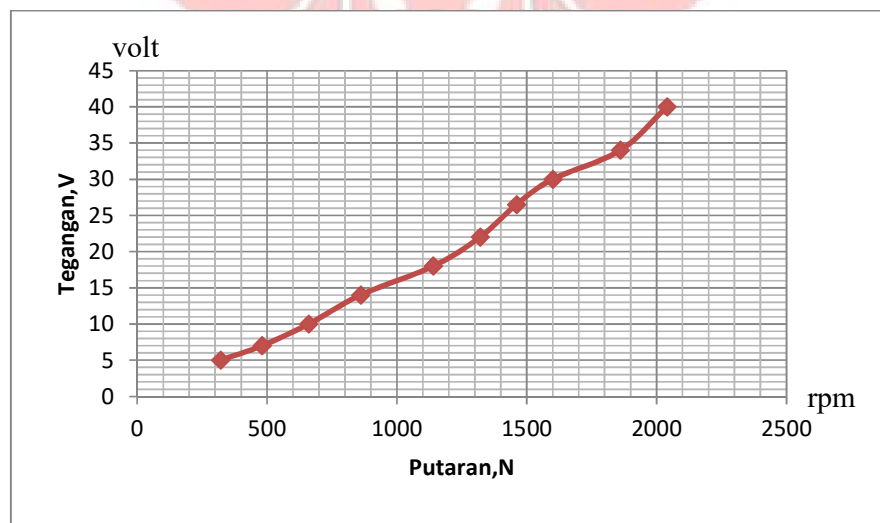
**GRAFIK HASIL ANALISA DATA**

1. Grafik Hasil Pengujian Karakteristik Generator YT 1000 Berpenguat Terpisah



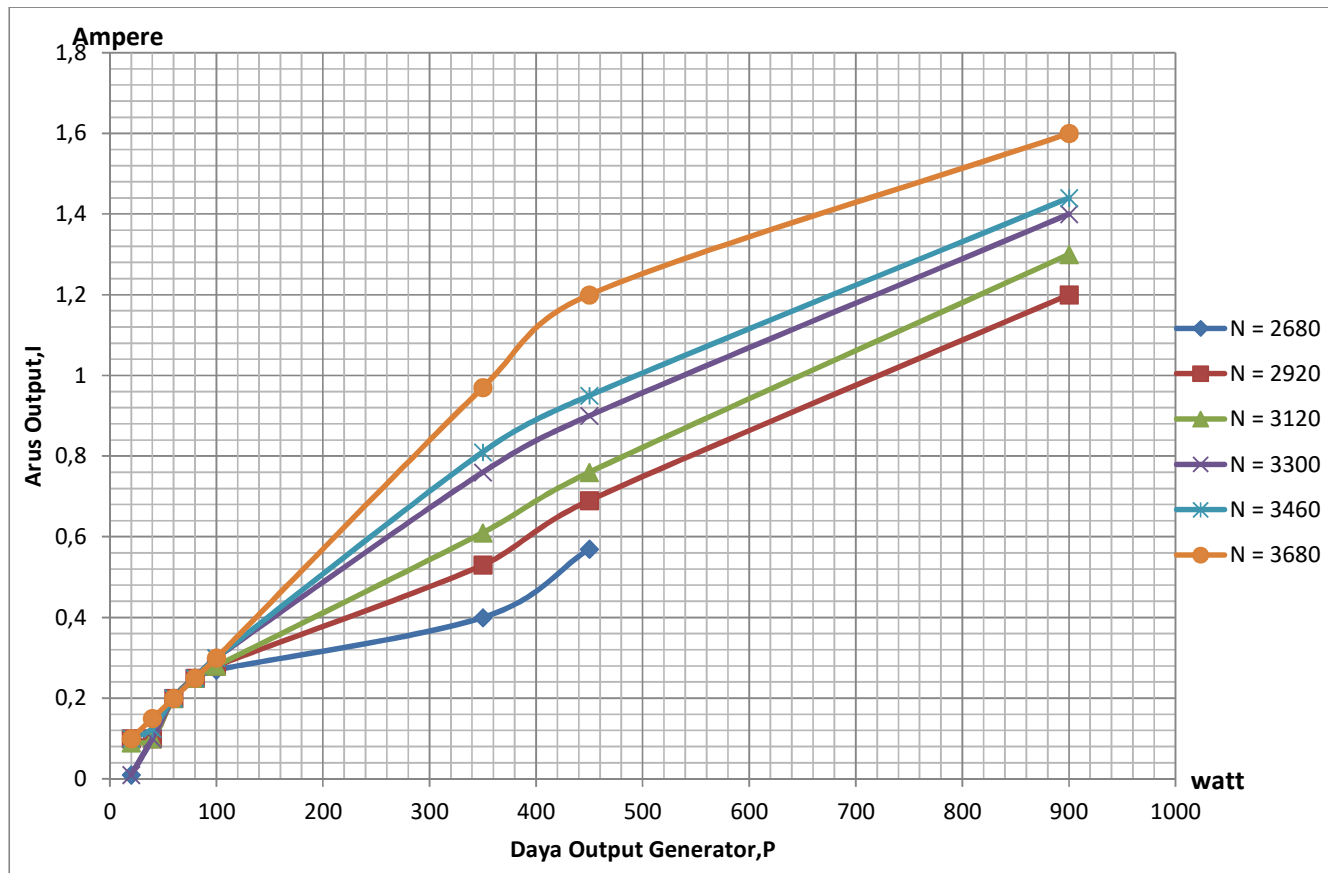
**Grafik 1.** Karakteristik Generator Hubungan Putaran terhadap Tegangan

2. Grafik Hasil Pengujian Karakteristik Generator YT 1000 Berpenguat Sendiri



**Grafik 2.** Karakteristik Generator Hubungan Putaran terhadap Tegangan

3. Grafik Hasil Pengujian Sistem Picohydro dalam keadaan berbeban



Grafik 3. Grafik hubungan antara daya output generator dengan arus output pada pengujian berbeban



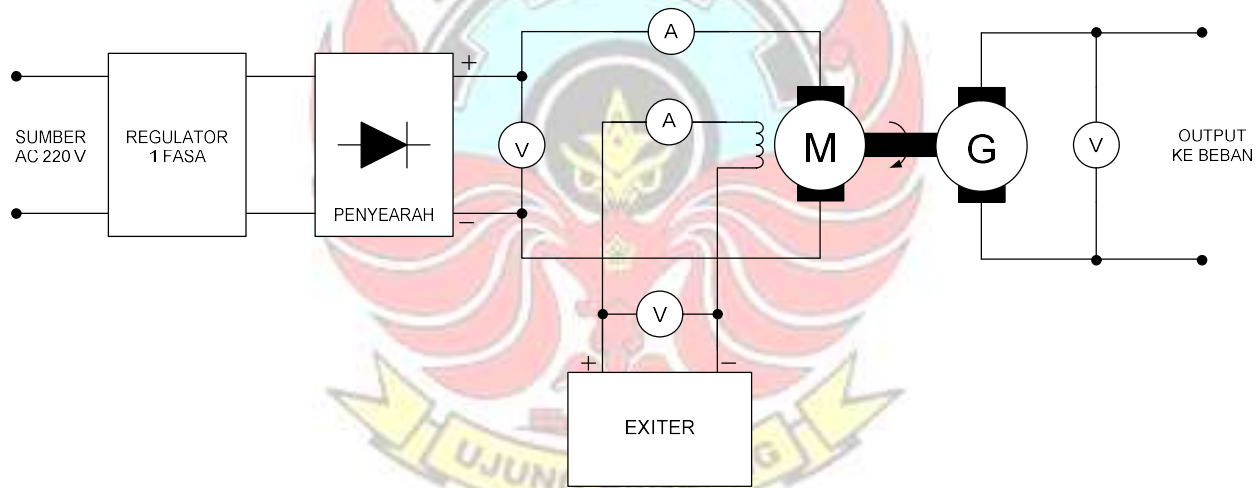
## **LAMPIRAN C**

# **GAMBAR SKEMA ATAU DIAGRAM PENGUJIAN**

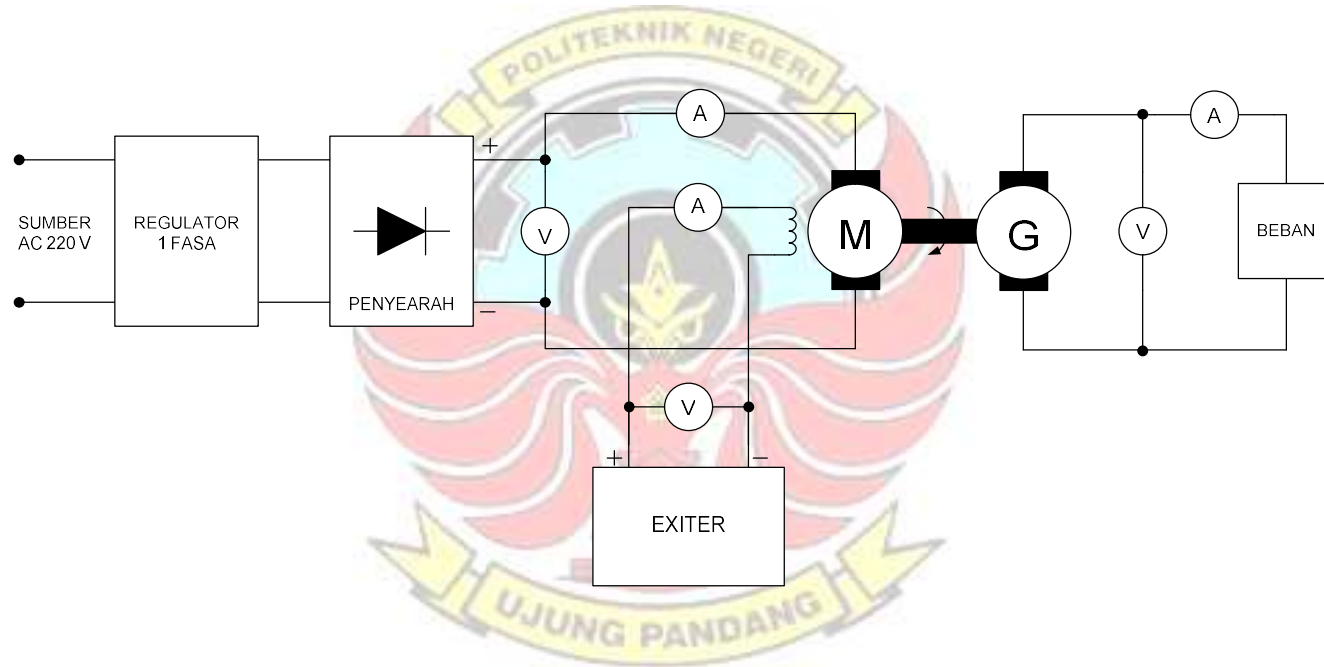
Lampiran C :

GAMBAR SKEMA ATAU DIAGRAM PENGUJIAN

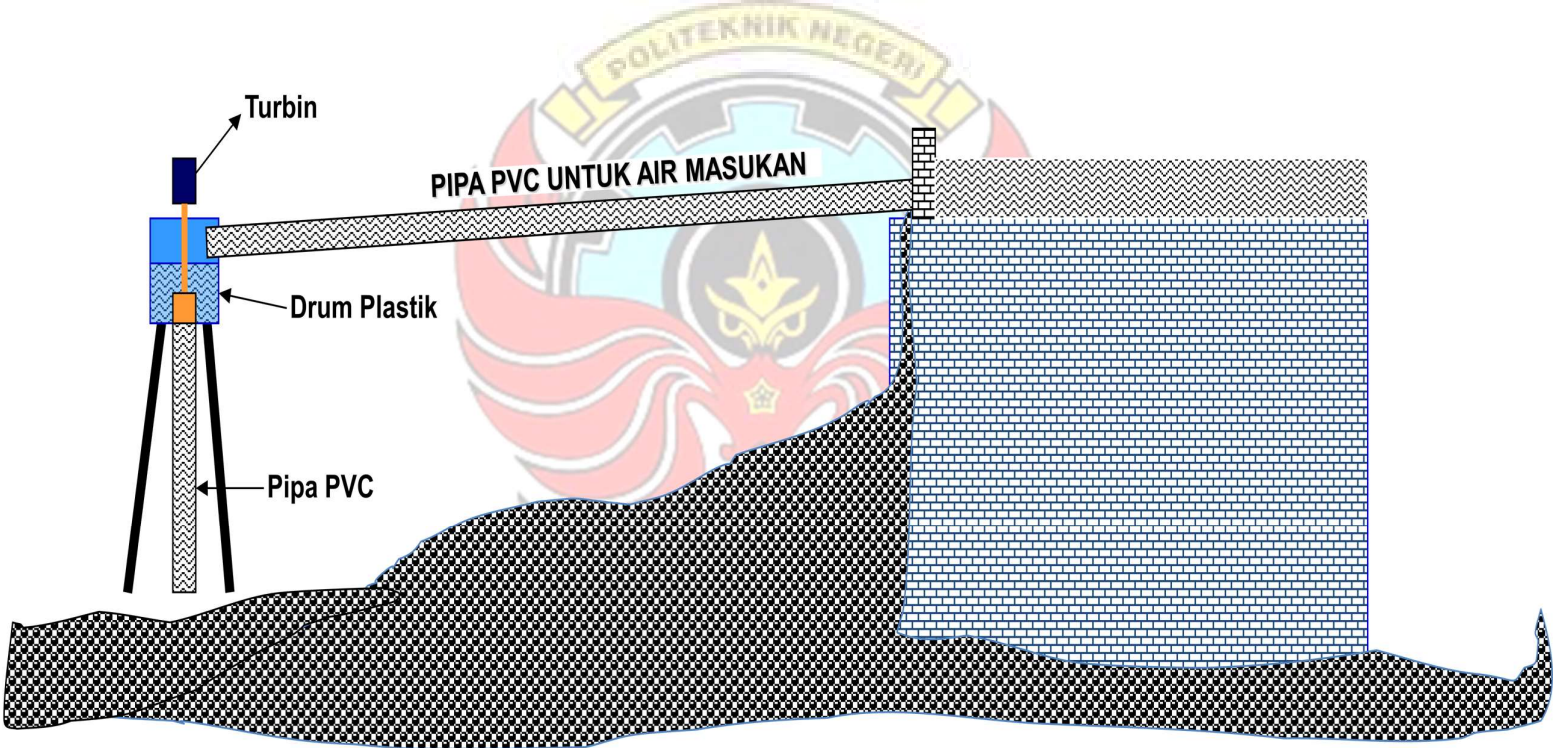
Diagram Pengujian Karakteristik Generator



**Diagram Pengujian Sistem Picohydro dalam kondisi berbeban**



Skema Pengujian Prototipe Picohydro di Lapangan





**LAMPIRAN D**

**GAMBAR DETAIL ALAT  
PROTOTYPE PICOHYDRO**

**(TERDAPAT DALAM FOLDER TERPISAH)**





**LAMPIRAN E**

**DOKUMENTASI KEGIATAN**

# 1. Pembuatan Turbin Propeller



Proses Pemanasan Pipa



Proses Pengelasan Pipa



Proses Pembubutan badan turbin



Proses Pemotongan bagian blade Turbin



Setelah melalui proses



Hasil Akhir Turbin Kaplan



Proses Pembuatan Mall Pipa Selongsong



Proses Pembubutan dan balancing pipa selongsong



Rangkaian Panel Kontrol



Proses Gerinda dan finishing Rumah Turbin



Proses Pengeboran Bahan Nilon yang akan digunakan sebagai bushing



Hasil Perakitan Sementara antara Dudukan generator terhadap Poros



Turbin Picohydro dan Panel Kontrol

### 3. Pengujian Aktual



Pengumpulan data potensi actual

Proses Pemotongan bambu yang difungsikan sebagai Pipa Penstock



Proses Pemahatan untuk menghilangkan tulang bagian tengah



Proses Pemasangan Saluran



Proses Perakitan saluran keluaran turbin.



Proses Persiapan Uji Coba Sistem



Aliran air dalam medium bambu sebagai Pipa Penstock menuju ke wadah picohydro



Proses Pemasangan Instalasi pengujian dalam kondisi berbeban



Bentuk Aliran Air yang masuk.



Kondisi operasi atau pengujian alat.