

**EVALUASI UNJUK KERJA PLTMH 80 KW  
DI DESA BUNGIN KECAMATAN BUNGIN  
KABUPATEN ENREKANG**



**LAPORAN TUGAS AKHIR**

**Diajukan untuk memenuhi salah satu syarat  
guna memperoleh Gelar Diploma III  
pada Politeknik Negeri Ujung Pandang**

**Oleh**

**Nur Rahmat  
05 35 053**

**Antonius Baan LS  
05 35 055**

**PROGRAM STUDI TEKNIK KONVERSI ENERGI  
JURUSAN TEKNIK MESIN  
POLITEKNIK NEGERI UJUNG PANDANG  
MAKASSAR  
2008**

## HALAMAN PENGESAHAN PEMBIMBING

Laporan Tugas Akhir dengan judul “Evaluasi Unjuk Kerja PLTMH 80 kW Di Desa Bungin Kecamatan Bungin Kabupaten Enrekang”

Oleh : Nur Rahmat                      NIM : 0535053  
         Antonius Baan LS                NIM : 0535055


Telah diterima dan disahkan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Diploma III pada Program studi Teknik Konversi Energi Politeknik Negeri Ujung Pandang.

Makassar, 31 Oktober 2008

Mengesahkan,

Pembimbing I

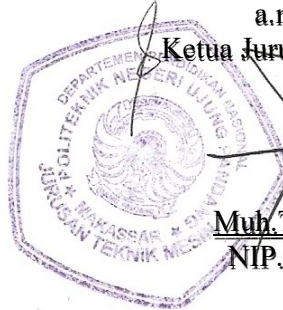
Pembimbing II

  
A.M. Shiddiq Yunus, ST.M.Eng.Sc.  
NIP. 132 297 026

  
Musrady Mulyadi, S.ST.  
NIP. 132 297 137

Mengetahui,  
a.n. Direktur,  
Ketua Jurusan Teknik Mesin

  
Muh. Tekad, ST.MT  
NIP. 131 884 322



## HALAMAN PENERIMAAN PANITIA UJIAN

Pada hari ini, Jum'at, 31 Oktober 2008, Panitia Ujian Sidang Tugas Akhir, telah menerima dengan dengan baik Tugas Akhir oleh:

Nur Rahmat                      NIM : 0535053  
Antonius Baan LS              NIM : 0535055

Dengan judul : Evaluasi Unjuk Kerja PLTMH 80 kW Di Desa Bungin Kecamatan Bungin Kabupaten Enrekang.

Makassar, 31 Oktober 2008

Panitia Ujian Sidang Tugas Akhir :

- 
1. Ir.Makmur Saini, MT.                      Ketua (.....)
  2. Marwan, ST.M.Eng.Sc.                      Sekertaris (.....)
  3. Ir.Lewi, MT.                      Anggota (.....)
  4. Abd. Rahman, S.ST.                      Anggota (.....)
  5. A.M.Shiddiq Yunus, ST.M.Eng.Sc.                      Pembimbing I (.....)
  6. Musrady Mulyadi, S.ST.                      Pembimbing II (.....)

## KATA PENGANTAR

Puji dan Syukur kehadiran Tuhan Yang Maha Kuasa atas limpahan Berkah dan Karunia-Nya, sehingga penulisan tugas akhir ini dapat selesai.

Dalam penyusunan tugas akhir ini penulis telah berusaha semaksimal mungkin untuk menyajikannya dalam bentuk materi yang sebaik-baiknya, walaupun dengan segala keterbatasan, penulis menyadari bahwa penulisan ini masih jauh dari kesempurnaan, untuk itu dengan segala kelapangan dada kami sangat mengharapkan kritik dan masukan dari berbagai pihak demi penyempurnaan tugas Akhir ini.

Oleh sebab itu dengan penuh ketulusan hati perkenankanlah kami menghaturkan terima kasih dan penghargaan yang setinggi-tingginya atas segala bimbingan, tuntunan, bantuan dan dorongan baik moril maupun materil, kepada :

1. Bapak Muh.Tekad, S.T.,MT selaku ketua Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Ujung Pandang.
2. Bapak Jamal, S.T.,MT sebagai Ketua Program Studi Teknik Konversi Energi.
3. Bapak A.M.Shiddiq Yunus S.T.M.Eng.Sc selaku pembimbing I dan bapak Musrady Mulyadi, S.ST selaku pembimbing II yang telah berkenan memberikan bimbingan dan pengarahan dalam penyusunan tugas akhir ini.



4. Seluruh Staf Dosen Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Ujung Pandang yang telah banyak membagikan ilmunya kepada kami selama kuliah.
5. Bapak Drs. Sultan Harus selaku Kepala Desa Bungin Kecamatan Bungin Kabupaten Enrekang dan Bapak Undink yang telah banyak membantu dalam penelitian ini.
6. Seluruh Staf Akademik Teknik Mesin Politeknik Negeri Ujung Pandang atas pelayanan yang diberikan kepada kami.
7. Ucapan Terima kasih terkhusus buat kedua orang tua, saudara/i dan Seluruh sanak keluarga kami yang tercinta dan terkasih atas segala asuhan dan bimbingannya serta segala jerih payah dan tanggung jawabnya dalam mendidik, membesarkan dan membiayai kami.
8. Seluruh rekan mahasiswa/i Teknik Mesin.
9. Seluruh rekan mahasiswa/i Pondok Arham dan Pondok 102.

Akhir kata semoga tugas akhir ini dapat bermanfaat bagi pembaca. Sebagai penulis kami mengharapkan masukan yang bermanfaat dari semua pihak demi kesempurnaan laporan tugas akhir ini.

Makassar, 20 Desember 2008

**PENULIS**

## DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL .....	i
HALAMAN PENGESAHAN .....	ii
HALAMAN PENERIMAAN PANITIA UJIAN .....	iii
KATA PENGANTAR .....	iv
DAFTAR ISI .....	vi
DAFTAR GAMBAR .....	ix
DAFTAR TABEL .....	xiii
DAFTAR LAMPIRAN .....	xv
ABSTRAK .....	xvi
<b>BAB I PENDAHULUAN</b>	
A. Latar Belakang .....	1
B. Rumusan Masalah .....	2
C. Batasan Masalah .....	2
D. Tujuan Penelitian .....	2
E. Manfaat Penulisan .....	3
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA</b>	
A. Bendungan .....	4
1. Tempat Pemasukan (Intake/Diversion) .....	4
2. Bak Penenang (Forebay) .....	6
B. Turbin .....	8
1. Dasar Pemilihan Turbin .....	9
2. Turbin Propeller .....	11

C. Pipa Pelepas Air (Draft Tube).....	15
D. Generator.....	15
1. Generator Induksi .....	16
2. Prinsip Kerja Generator Induksi Dengan Kapasitor .....	19
E. Sistem Kontrol.....	20
F. Penghantar.....	23

### BAB III METODE PENELITIAN

A. Alat yang digunakan .....	27
B. Waktu dan Tempat Pelaksanaan.....	27
1. Metode Pengumpulan Data .....	27
2. Metode Analisa Data.....	28

### BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Hasil Pengamatan dan Keadaan PLTMH .....	29
1. Pusat Pembangkit dan Beban .....	29
2. Sistem Transmisi dan Distribusi.....	30
3. Sistem Beban dan Pengaturan Pembangkit.....	32
4. Sistem Pemeliharaan PLTMH.....	33
a. Pemeriksaan Harian .....	33
b. Pemeriksaan Periodik.....	34
5. Data-data Sistem PLTMH Bungin.....	34
a. Turbin .....	34
b. Generator .....	36
c. Pipa Pelepas Air (Draft Tube) .....	36

d. Load Stabilizer.....	37
e. Panel Kontrol.....	38
f. Data Lapangan dan Data Pengamatan.....	42
B. Pembahasan.....	42
1. Turbin.....	42
2. Generator.....	45
3. Penghantar.....	53
BAB V PENUTUP	
A. Kesimpulan.....	55
B. Saran.....	56
DAFTAR PUSTAKA	



## DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.	Bendungan PLTMH Bungin .....	4
Gambar 2.	Tempat Pemasukan Tipe Direct PLTMH Bungin Kab. Enrekang .....	5
Gambar 3.	Saluran Pembawa ke bak penenang PLTMH Bungin Kab. Enrekang .....	5
Gambar 4.	Bak penenang PLTMH.....	6
Gambar 5.	Konstruksi Tampak Atas Bak Penenang PLTMH Bungin Kab. Enrekang .....	7
Gambar 6.	Konstruksi Tampak Samping Bak Penenang PLTMH Bungin Kab. Enrekang .....	7
Gambar 7.	Kisaran Penggunaan Turbin .....	10
Gambar 8.	Kurva efisiensi turbin propeller .....	12
Gambar 9.	Bentuk turbin propeller .....	13
Gambar 10.	Penentuan blade turbin propeller .....	14
Gambar 11.	Diagram Generator induksi dengan kapasitor .....	19
Gambar 12.	Grafik Pembangkitan yang menggunakan ELC/IGC.....	20
Gambar 13.	Diagram satu gasis sistem kontrol dalam PLTMH.....	20
Gambar 14.	Diagram dasar dari sistem pengatur beban digital dengan metode 2 langkah pada ballast.....	22
Gambar 15.	PLTMH di desa Bungin Kab. Enrekang .....	30
Gambar 16.	PLTMH Bungin tampak dari belakang.....	30
Gambar 17.	Saluran Transmisi dan Distribusi pada PLTMH Bungin .....	31
Gambar 18.	Kabel Transmisi pada PLTMH bungin PLTMH Bungin Kab. Enrekang .....	31

Gambar 19.	Instalasi konsumen pada tiap rumah .....	31
Gambar 20.	Kondisi konsumen pada tiap rumah pada malam hari .....	32
Gambar 21	Pembangkit yang menggunakan turbin propeller poros vertikal.....	35
Gambar 22.	Sistem pengaturan turbin dengan Guide Vane .....	35
Gambar 23.	Generator pada PLTMH Bungin Kab. Enrekang.....	36
Gambar 24.	Pipa Pelepas air pada PLTMH Bungin .....	37
Gambar 25.	Load Stabilizer.....	37
Gambar 26.	Batang Pemanas.....	38
Gambar 27	Batang Pemanas yang rusak pada PLTMH Bungin.....	38
Gambar 28.	Panel Kontrol pada PLTMH Bungin Kab. Enrekang .....	38
Gambar 29.	Panel Kontrol untuk generator PLTMH Bungin Kab. Enrekang .....	39
Gambar 30.	Panel Kontrol untuk sinkronisasi PLTMH Bungin Kab. Enrekang .....	39
Gambar 31.	Diagram satu garis sistem kontrol dalam PLTMH Bungin.....	40
Gambar 32.	Grafik pemakaian arus konsumen untuk fasa R pada PLTMH Bungin .....	40
Gambar 33.	Grafik pemakaian arus konsumen untuk fasa S pada PLTMH Bungin .....	41
Gambar 34.	Grafik pemakaian arus konsumen untuk fasa T pada PLTMH Bungin .....	41
Gambar 35.	Penentuan dimensi turbin propeller .....	44
Gambar 36.	Grafik pembangkitan daya pada PLTMH Bungin.....	52
Gambar 37.	Grafik pemakaian daya konsumen pada PLTMH Bungin.....	52
Gambar 38.	Grafik pemakaian daya ballast pada PLTMH Bungin.....	53



Gambar 39.	Pengukuran debit pada saluran irigasi.....	58
Gambar 40.	Pengukuran ketinggian jatuh air .....	60
Gambar 41.	Pengukuran ketinggian dengan Metode phitagoras .....	61
Gambar 42.	Power House PLTMH Bungin Kab. Enrekang Tampak Depan .....	83
Gambar 43.	Peneliti Bersama Operator PLTMH Bungin Kab. Enrekang .....	83
Gambar 44.	Operator menjelaskan cara kerja guide vane turbin.....	83
Gambar 45.	Operator mengatur guide vane turbin .....	84
Gambar 46.	Generator unit pembangkit I tampak dari samping.....	84
Gambar 47.	Puli dan sabuk transmisi.....	84
Gambar 48.	Generator unit pembangkit I tampak dari depan .....	85
Gambar 49.	Generator unit pembangkit II tampak dari depan .....	85
Gambar 50.	Ballast unit pembangkit I tampak dari depan .....	85
Gambar 51.	Batang-batang pemanas pada ballast unit pembangkit I.....	86
Gambar 52.	Panel kontrol pada PLTMH Bungin Kab. Enrekang .....	86
Gambar 53.	Panel kontrol generator PLTMH Bungin Kab. Enrekang .....	86
Gambar 54.	Panel kontrol sinkronisasi PLTMH Bungin Kab. Enrekang .....	87
Gambar 55.	Kondisi rumah pada malam hari di Desa Bungin Kab. Enrekang .....	87
Gambar 56.	Kondisi instalasi listrik rumah di Desa Bungin Kab. Enrekang .....	87
Gambar 57.	Kondisi sungai di Desa Bungin Kab. Enrekang .....	88
Gambar 58.	Bendungan PLTMH di Desa Bungin Kab.Enrekang .....	88
Gambar 59.	Pintu air pada bendungan PLTMH di Desa Bungin Kab.Enrekang .....	88

Gambar 60.	Intake saluran pembawa PLTMH di Desa Bungin Kab.Enrekang .....	89
Gambar 61.	Bak Penenang PLTMH di Desa Bungin Kab.Enrekang .....	89
Gambar 62.	Saluran Transmisi PLTMH di Desa Bungin Kab. Enrekang .....	89
Gambar 63.	Pintu penguras bak penenang PLTMH di Desa Bungin Kab.Enrekang .....	90
Gambar 64.	Pintu air turbin beserta saringan .....	90
Gambar 65.	Kondisi saluran pembawa PLTMH di Desa Bungin Kab.Enrekang .....	90
Gambar 66.	Nama Kontraktor yang menangani bendungan PLTMH .....	91
Gambar 67.	PLTMH di Desa Bungin Kab.Enrekang tampak dari belakang.....	91
Gambar 68.	Tail race PLTMH di Desa Bungin Kab.Enrekang.....	91
Gambar 69.	Situasi masyarakat dalam merayakan 17 Agustus di Desa Bungin .....	92
Gambar 70.	Kantor Kecamatan Bungin Kab.Enrekang .....	92
Gambar 71.	Koperasi Batu Ciak di Desa Bungin Kab.Enrekang .....	92
Gambar 72.	Tim Peneliti di depan Kantor Desa Bungin Kab.Enrekang.....	93
Gambar 73.	Kondisi Ballast yang rusak pada PLTMH Bungin .....	93
Gambar 74.	Kondisi Pembangkit Unit 2 dalam proses perbaikan .....	93
Gambar 75.	Kondisi Sabuk Pembangkit Unit 2 dalam proses perbaikan .....	94

## DAFTAR TABEL

Tabel 1.	Daerah operasi turbin.....	9
Tabel 2.	Penentuan kecepatan spesifik turbin .....	11
Tabel 3.	Penentuan kecepatan spesifik turbin standar ESHA .....	14
Tabel 4.	Range kecepatan spesifik turbin standar ESHA.....	15
Tabel 5.	Resistivitas dari bahan konduktor standar untuk berbagai temperatur .....	26
Tabel 6.	Hasil analisa data pembangkitan daya generator berdasarkan pengaturan guide vane .....	48
Tabel 7.	Hasil analisa data pembangkitan daya generator pada malam hari pukul 21.00 WITA .....	48
Tabel 8.	Hasil analisa data pembangkitan daya generator pada pagi hari pukul 07.00 WITA .....	48
Tabel 9.	Hasil analisa data pembangkitan daya generator pada hari Rabu, 19 November 2008 .....	49
Tabel 10.	Hasil analisa data pembangkitan daya generator pada hari Kamis, 20 November 2008 .....	50
Tabel 11.	Hasil analisa data pembangkitan daya generator pada hari Jum'at, 21 November 2008 .....	51
Tabel 12.	Hasil pengamatan pengukuran debit .....	59
Tabel 13.	Penentuan tarif listrik berdasarkan MCB .....	62
Tabel 14.	Data pembangkitan daya berdasarkan pengaturan guide vane .....	65
Tabel 15.	Data pembangkitan daya pada malam hari pukul 21.00 WITA.....	65
Tabel 16.	Data pembangkitan daya pada siang hari pukul 07.00 WITA.....	65
Tabel 17.	Data pembangkitan daya pada pagi hari Rabu, 19 November 2008 .....	66
Tabel 18.	Data pembangkitan daya pada pagi hari Kamis, 20 November 2008 .....	68

Tabel 19. Data pembangkitan daya pada pagi hari Jum'at, 21 November 2008 .....	70
Tabel 20. Data kelistrikan yang ada pada konsumen.....	72
Tabel 21. Luas penampang nominal terkecil kabel dan penghantar udara .....	72
Tabel 22. KHA terus menerus kabel pilin udara berpenghantar aluminium atau tembaga, berisolasi XLPE atau PVC dengan tegangan pengenal 0,6/1 kV (1,2 kV), untuk saluran tegangan rendah dan saluran pelayanan, pada suhu keliling maksimum 30°C. ....	73
Tabel 23. Daftar konstruksi kabel instalasi .....	75
Tabel 24. Resistans penghantar (kabel) instalasi tetap pada suhu 20 °C. ....	81



## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1.	Laporan Survey Lapangan .....	57
Lampiran 2.	Data Pembangkitan dan Kelistrikan .....	65
Lampiran 3.	Surat Keterangan .....	82
Lampiran 4.	Foto keadaan PLTMH Bungin Kab. Enrekang .....	83
Lampiran 5.	Hasil analisa dengan software RetScreen .....	95



## **BAB I PENDAHULUAN**

### **A. Latar Belakang**

Negara Indonesia adalah negara kepulauan yang masih memiliki banyak daerah terpencil dan belum ada penerangan listrik karena belum terjangkau oleh jaringan distribusi listrik PLN. Padahal listrik atau penerangan sangat dibutuhkan oleh daerah tersebut agar tidak ketinggalan dalam memperoleh informasi yang bertujuan untuk memajukan daerah tersebut dan dapat meningkatkan produktifitas masyarakatnya.

Sejalan dengan pemikiran di atas maka kita mencoba melihat keadaan di Provinsi Sulawesi Selatan yang mempunyai banyak sumber air yang berpotensi untuk dikembangkan sebagai sumber tenaga, khususnya sebagai pembangkit listrik baik dalam skala besar maupun skala mini atau mikro (Sangka,1989).

Desa Bungin, Kecamatan Bungin Kabupaten Enrekang adalah salah satu dari sekian banyak desa yang mempunyai sumber air yang cukup potensial. Sekarang telah dibangun pembangkit listrik tenaga mikrohidro (PLTMH) yang menghasilkan daya sekitar 80 KW untuk melayani kebutuhan listrik di beberapa rumah tangga di desa tersebut.

Karena kebutuhan masyarakat akan energi listrik semakin hari semakin meningkat maka kemampuan sebuah PLTMH perlu dipertimbangkan keandalannya dalam mensuplai listrik secara kontinyu terutama pada saat pemakaian *peak* atau beban puncak.



Berdasarkan pertimbangan di atas, maka untuk mengetahui keandalan unjuk kerja PLTMH 80 KW di Desa Bungin, penulis berinisiatif untuk mengevaluasi PLTMH tersebut, melalui tugas akhir dengan judul *“Evaluasi Unjuk Kerja PLTMH 80 KW Di Desa Bungin Kecamatan Bungin Kabupaten Enrekang”*.

## **B. Rumusan Masalah**

Dari uraian di atas, maka diperoleh beberapa rumusan masalah dalam penulisan ini, yaitu sebagai berikut :

1. Bagaimana mengavaluasi suatu PLTMH yang terpasang di Desa Bungin, Kecamatan Bungin, Kabupaten Enrekang.
2. Bagaimana optimalisasi PLTMH khususnya pada saat kondisi beban puncak.

## **C. Batasan Masalah**

Penelitian pada PLTMH di Desa Bungin, Kecamatan Bungin dibatasi hanya pada mengevaluasi pemilihan design pembangkit dan keandalan pembangkit.

## **D. Tujuan Penelitian**

Tujuan yang ingin dicapai dari penelitian ini adalah :

1. Dapat mengevaluasi suatu PLTMH yang terpasang di desa Bungin.
2. Untuk mengetahui cara mengoptimalkan PLTMH pada saat kondisi beban puncak.

## **E. Manfaat Penelitian**

Setelah selesai penelitian ini diharapkan dapat bermamfaat sebagai berikut:

1. Memberikan masukan perbaikan pada sistem PLTMH.
2. Dengan adanya evaluasi diharapkan ketersediaan listrik yang optimal bagi masyarakat.
3. Pengembangan potensi dipedesaan khususnya industri rumah tangga.



## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **A. Bendungan**

Maksud pembuatan bendungan ialah memaksakan air untuk masuk ke dalam saluran. Dengan demikian tidak ada perbedaan antara bendungan keperluan irigasi dan keperluan tenaga air. Bendungan terdiri dari dinding penahan tanah disebelah kiri dan kanan bendungan, pir, saluran penggelontor, pintu air dan tempat pemasukan. Lantai tempat pemasukan diletakkan setinggi mungkin di atas dasar sungai untuk mencegah krikil dan batu-batu masuk ke dalam saluran.



Gambar 1. Bendungan PLTMH Bungin Kab. Enrekang

#### **1. Tempat Pemasukan (Intake/Diversion)**

Tempat pemasukan berfungsi untuk mengelakkan air dari sungai dalam jumlah yang diinginkan dan Penyaring berfungsi untuk mengurangi sebanyak mungkin benda-benda terapung dan fraksi-fraksi sediment kasar yang masuk ke jaringan saluran irigasi.

Tempat pemasukan untuk jenis turbin yang berkapasitas kecil tidak meminta kekhususan, asalkan pembangunan strukturnya yang aman lebih diperhatikan. Terutama terhadap kemungkinan erosi dan banjir. Selama musim kemarau harus bisa dipastikan bahwa sejumlah debit aliran masih tetap tersadap masuk, sementara kepentingan ekologi masih menyisakan sejumlah air mengalir disungai.



Gambar 2. Tempat Pemasukan Tipe Direct PLTMH Bungin Kab. Enrekang



Gambar 3. Saluran Pembawa ke bak penenang PLTMH Bungin Kab. Enrekang

## 2. Bak Penenang (Forebay)

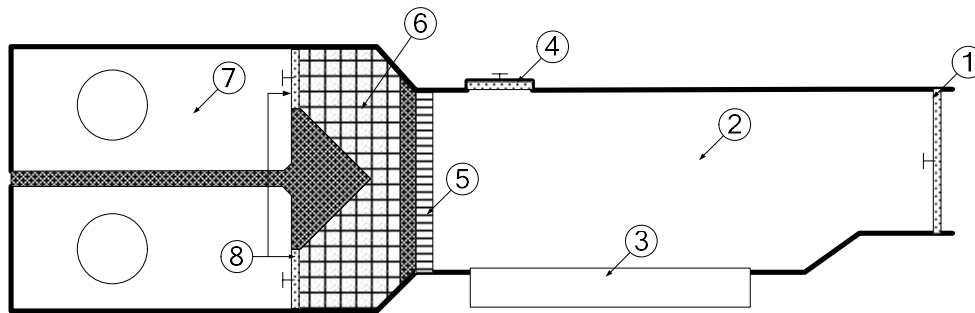
Bak penenang dalam bangunan ini juga dapat berfungsi sebagai kantong Lumpur atau bak pengendap. Jadi disamping sebagai tempat konsentrasi aliran air yang masuk ke dalam bendungan juga berfungsi sebagai tempat mengendapnya sedimen-sedimen yang halus.

Sehubungan dengan debit yang mengalir kecil, maka ukuran bak ini boleh kecil pula, cukup untuk membuat kecepatan aliran rendah sehingga kandungan kotoran dapat mengendap. Dari waktu ke waktu endapan dibuang dengan membuka pintu atau katup bilas sehingga terbuka aliran masuk ke sungai, Apabila debit air yang ada cukup berlebih, pembersihan dapat dilakukan tanpa menghentikan operasi pusat tenaga. Bak penenang ini diharapkan nantinya dapat mengkondisikan aliran kecepatan air yang diinginkan. Jadi air akan masuk tetapi harus ditenangkan terlebih dahulu untuk menghindari fluktuasi debit air berlebih.



Gambar 4. Bak Penenang PLTMH Bungin Kab. Enrekang





Gambar 5. Konstruksi Bak Penenang PLTMH Bungin Kab. Enrekang  
Tampak atas.



Gambar 6. Konstruksi Bak Penenang PLTMH Bungin Kab. Enrekang  
Tampak samping.

Bagian-bagian dari PLTMH di atas adalah:

1. Pintu air
2. Bak penenang
3. Saluran pelimpah yang berfungsi mengalirkan debit air lebih kembali ke sungai.
4. Pintu penguras sekaligus juga sebagai control ketinggian



5. Saringan air, menggunakan jari dari besi
6. Awal air yang masuk ke dalam rumah turbin beserta saringan,
7. Rumah turbin
8. Pintu air untuk rumah turbin
9. Generator beserta puly dan sabuk.
10. Turbin propeller
11. Pipa Pelepas Air

## **B. Turbin**

Turbin air berperan untuk mengubah energi air menjadi energi mekanik dalam bentuk putaran poros. Putaran poros turbin ini akan diubah oleh generator menjadi tenaga listrik, Berdasarkan prinsip kerjanya , turbin air dibagi menjadi dua kelompok ([WWW.Clearinghouse Energi terbarukan & Konversi Energi.Com](http://WWW.ClearinghouseEnergiTerbarukan&KonversiEnergi.Com)):

- Turbin impuls (cross-flow, pelton & turgo)

Energi yang tersedia pada turbin impuls, pertama-pertama dikonversikan menjadi energi kinetik dalam nozzle kemudian diteruskan masuk ke dalam penyemprot (jet) yang akan menyembrotkan air ke sudu-sudu sehingga roda berputar, di mana proses ekspansi dari fluida kerjanya hanya terjadi dalam sudu-sudu tetapnya.

- Turbin reaksi ( francis, Kaplan/propeller)

Prinsip kerja turbin reaksi, rotor berputar karena adanya aliran air dan tekanan. Jadi energi yang diberikan selain energi kinetik juga energi

tekanan, dimana proses ekspansi dari fluida kerjanya terjadi baik dalam sudu tetapnya maupun sudu gerakannya.

Secara umum hasil survey lapangan mendapatkan potensi pengembangan PLTMH dengan tinggi jatuh air dapat ditentukan berdasarkan tabel berikut:

Tabel 1. Daerah Operasi Turbin

Jenis Turbin	Variasi Head, m
Kaplan dan Propeller	$2 < H < 20$
Francis	$10 < H < 350$
Pelton	$50 < H < 1000$
Crossflow	$6 < H < 100$
Turgo	$50 < H < 250$

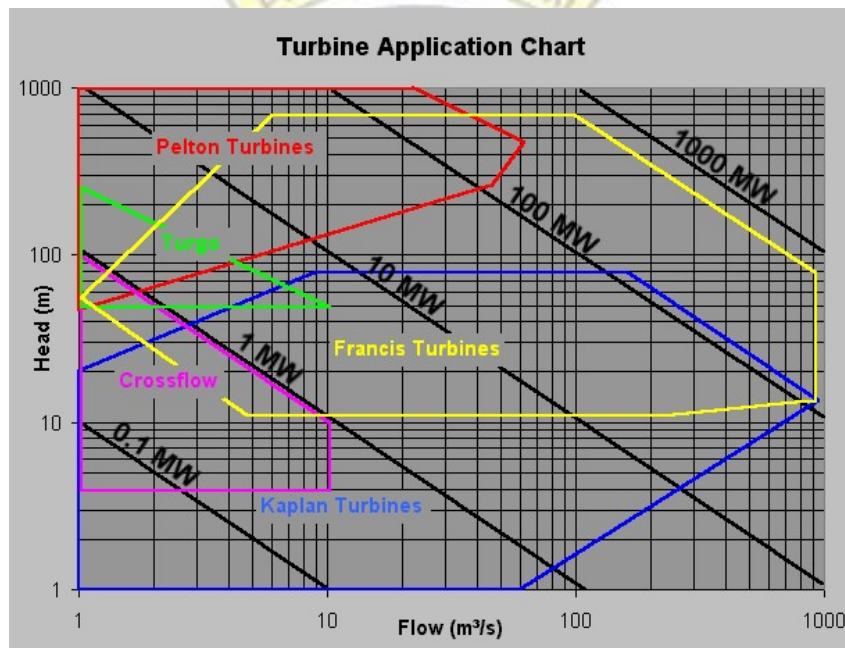
Sumber : [WWW.Clearinghouse Energi terbarukan & Konversi Energi.Com](http://WWW.ClearinghouseEnergiTerbarukan&KonversiEnergi.Com)

### 1. Dasar Pemilihan 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 ([WWW.Clearinghouse Energi terbarukan & Konversi Energi.Com](http://WWW.ClearinghouseEnergiTerbarukan&KonversiEnergi.Com)), yaitu :

- Faktor tinggi jatuh 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.

- 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 crossflow berputar sangat lambat (low speed) yang akan menyebabkan sistem tidak beroperasi.



Gambar 7. Kisaran Penggunaan Turbin.  
[http://en.wikipedia.org/wiki/Water\\_turbine](http://en.wikipedia.org/wiki/Water_turbine)

Kecepatan spesifik setiap turbin memiliki kisaran (range) tertentu berdasarkan data eksperimen. Kisaran kecepatan spesifik beberapa turbin air adalah sebagai tabel berikut:

Tabel 2. Penentuan kecepatan spesifik turbin

Type Turbin		Ns [MKS]	Ns [SI]	Ns [FPS]
Axil Flow [kaplan]	Slow	300-450	14,8-22,2	67,5-101,2
	Normal	450-700	22,2-34,6	101,2-157,4
	Fast	700-1200	34,6-59,3	157,4-270,0
Radial and Mixed Flow [Francis and Deriaz]	Slow	60-150	2,9-7,4	5,5-33,7
	Normal	150-250	7,4-12,4	33,7-56,2
	Fast	250-400	12,4-19,8	56,2-90,0
Impuls [Pelton]	Slow	4-10	0,2-0,5	0,9-2,3
	Normal	10-25	0,5-1,2	2,3-5,6
	Fast	25-60	1,2-3,0	5,6-13,5

Sumber : *A Course In Power Plant Engineering*

$$\begin{aligned} N_s[SI] &= N_s[MKS] \times 0,0494 \\ &= N_s[FPS] \times 0,2203 \end{aligned}$$

## 2. Turbin Propeller

Turbin propeller merupakan salah satu jenis turbin reaksi yang cara kerjanya merubah seluruh energi air yang tersedia menjadi energi puntir (WWW.Clearinghouse Energi terbarukan & Konversi Energi.Com).

Daya hidrolik yang dihasilkan dapat ditentukan dari persamaan

$$P_h = \rho \cdot Q \cdot g \cdot H \quad [kW] \dots\dots\dots (2-1)$$

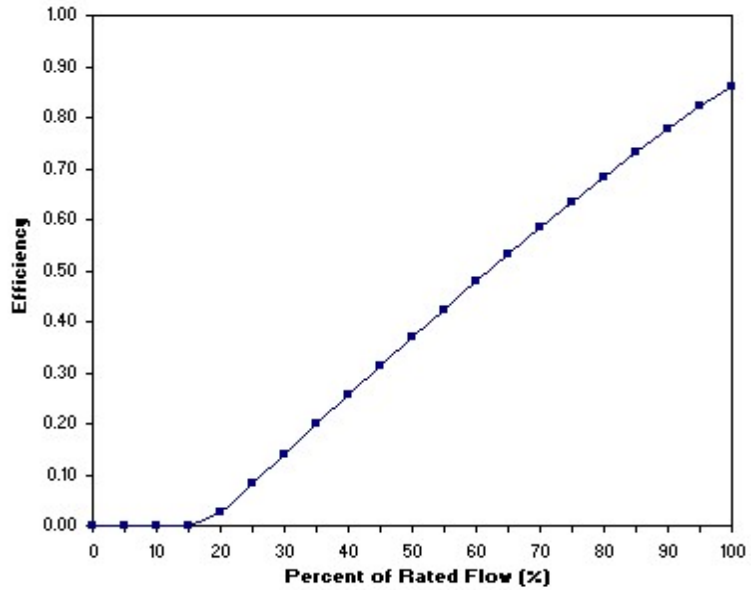
Daya mekanik dari turbin dapat ditentukan dengan

$$P_{mek} = P_h \cdot \eta_t \quad [kW] \dots\dots\dots (2-2)$$

Dimana;

- $\rho$  = massa jenis air [kg/m<sup>3</sup>]
- $Q$  = debit air [m<sup>3</sup>/s]
- $g$  = percepatan gravitasi [m/s<sup>2</sup>]
- $H$  = tinggi jatuh bersih [m]
- $\eta_t$  = efisiensi turbin (WWW.Clearinghouse Energi terbarukan & Konversi Energi.Com)

- = 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



Gambar 8. Kurva efisiensi turbin propeller (RetScreen)

Untuk turbin propeller, Moody memperoleh korelasi sebagai berikut:

$$N_s = \frac{9431}{H + 9,75} + 155 \dots\dots\dots (2-3)$$

Atau dengan

$$N_s = \frac{N_T \sqrt{P_{mek}}}{H^{5/4}} \dots\dots\dots (2-4)$$

Dimana tinggi terjun (m) dan kecepatan spesifik (metrik) yang disajikan pada Tabel 2 di atas. Berdasarkan ketinggian tinggi terjun dapat pula diketahui jumlah blade yang cocok untuk turbin dengan merujuk pada Gambar 9.

Menurut standar ESHA kecepatan spesifik turbin propeller juga dapat dihitung dengan persamaan yang berdasarkan Tabel 3.

$$N_s = \frac{2,716}{H^{0,5}} \dots\dots\dots (2-5)$$



Gambar 9. Bentuk turbin propeller ([www.hslu.ch/tfmf/2000\\_family\\_hydro\\_a\\_propeller\\_type\\_micro\\_turbine.pdf](http://www.hslu.ch/tfmf/2000_family_hydro_a_propeller_type_micro_turbine.pdf))

Dengan mengkorelasikan persamaan menurut Moody dan standar ESHA maka diameter turbin dapat dihitung.

Diameter dari ujung ke ujung blade dapat ditentukan dari persamaan

$$D_e = 8,45 \cdot (0,79 + 1,602 \cdot N_s) \frac{\sqrt{H}}{N} \quad [m] \dots\dots\dots (2-6)$$

Sedangkan diameter sebelah dalam;

$$D_i = \left( 0,25 + \frac{0,0951}{N_s} \right) \cdot D_e \quad [m] \dots\dots\dots (2-x)$$

Dimana ;

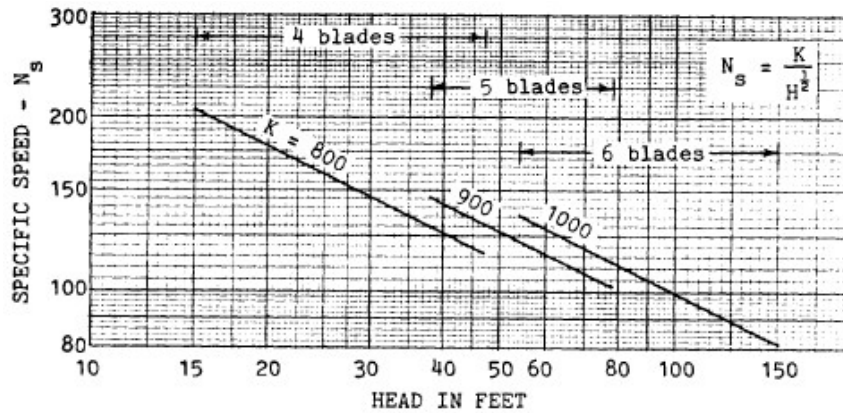
$N_s$  = kecepatan spesifik

$N_T$  = putaran turbin

$D_e$  = Diameter dari ujung ke ujung blade

$D_i$  = Diameter sebelah dalam





Gambar 10. Penentuan blade turbin propeller (Selecting Reaction-Type Hydraulic Turbines and Pump Turbines and Hydroelectric Generators and Generator-Motors).

Tabel 3. Penentuan kecepatan spesifik turbin standar ESHA

<b>Pelton (1 nozzle)</b>	$N_s = \frac{0,0859}{H_n^{0,243}}$	<b>Siervo dan Lugaresi</b>
Francis	$N_s = \frac{1,924}{H_n^{0,512}}$	Lugaresi dan Massa
Kaplan	$N_s = \frac{2,294}{H_n^{0,486}}$	Schweiger dan Gregory
Propeller	$N_s = \frac{2,716}{H_n^{0,5}}$	USBR
Bulbs	$N_s = \frac{1,528}{H_n^{0,2837}}$	Kpordze dan Warnick

Sumber : *Guide on How to Develop a Small Hydropower Plant.* [www.eere.energy.gov/tribalenergy/pdf/course\\_tcd\\_12hydro.pdf](http://www.eere.energy.gov/tribalenergy/pdf/course_tcd_12hydro.pdf)

Tabel 4. Range kecepatan spesifik turbin standar ESHA

<b>Pelton 1 nozzle</b>	<b><math>0,005 \leq N_s \leq 0,025</math></b>
Pelton n nozzle	$0,005 \cdot n^{0,5} \leq N_s \leq 0,025 \cdot n^{0,5}$

Francis	$0,05 \leq N_s \leq 0,33$
Kaplan, propeller, bulbs	$0,19 \leq N_s \leq 1,55$

Sumber : *Guide on How to Develop a Small Hydropower Plant.* [www.eere.energy.gov/tribalenergy/pdf/course\\_tcd\\_12hydro.pdf](http://www.eere.energy.gov/tribalenergy/pdf/course_tcd_12hydro.pdf)

### C. Pipa Pelepas (Draft Tube)

Menurut Patty, 1995 Pipa ini mempunyai 2 tujuan yaitu:

1. Menggunakan tinggi jatuhnya air dari tempat keluar turbin ke muka air saluran pembuangan atau menggunakan tinggi statis.
2. Menggunakan energi statis air yang keluar dari turbin atau menggunakan tinggi dinamis (dynamic draft head)

Tujuan ini tercapai dengan memberi suatu bentuk pada pipa pelepas air yang penampangnya makin besar. Jadi pipa pelepas air merupakan suatu bagian yang tidak dapat dipisahkan dari turbin.

### D. Generator

Generator adalah sebuah mesin listrik yang dapat mengubah daya mekanis menjadi daya listrik (Rijono, 2004). Jenis generator yang banyak digunakan pada PLTMH adalah ([www.Clearinghouse Energi terbaru & Konversi Energi.Com](http://www.ClearinghouseEnergi.com)):

- Generator sinkron, sistem eksitasi tanpa atau dengan sikat (brushless excitation) dengan penggunaan dua tumpuan bantalan (two bearing).
- Induction Motor sebagai Generator (IMAG) sumbu vertikal, pada turbin propeller open flume.

Spesifikasi generator adalah putaran 1500 rpm, 50 Hz, 3 phasa dengan keluaran tegangan 220 V/380 V, Efisiensi generator secara umum adalah

([WWW.Clearinghouse Energi terbaru & Konversi Energi.Com](http://WWW.ClearinghouseEnergi.com)):

- Aplikasi < 10 KVA efisiensi 0,7 - 0,8.
- Aplikasi 10 - 20 KVA efisiensi 0,8 - 0,85.
- Aplikasi 20 - 50 KVA efisiensi 0,85.
- Aplikasi 50 - 100 KVA efisiensi 0,85 - 0,9.
- Aplikasi > - 100 KVA efisiensi 0,9 - 0,95.

### **1. Generator Induksi**

Menurut Suban, 2008, Penggunaan Motor Induksi Sebagai Generator (MISG) telah diterapkan secara luas pada PLTMH dan diakui keandalannya. Meskipun dari segi efisiensi, khususnya pada beban tidak penuh (part load), MISG tidak sebaik generator Sinkron, tetapi karena motor induksi banyak tersedia dipasaran dengan range daya yang luas dan konstruksi motor induksi jauh lebih sederhana dibanding generator sinkron sehingga lebih handal terhadap run a way speed serta lebih mudah perawatannya. Maka MISG dapat dipakai sebagai alternatif dari generator sinkron untuk pembangkit Mikrohidro. Prinsip kerja MISG secara sederhana akan lebih mudah dipahami dari prinsip kerja motor induksi. Apabila motor induksi dihubungkan dengan tegangan tiga fasa, pada kumparan statornya akan timbul medan magnet putar. Kecepatan medan magnet putar ( tergantung disebut sebagai kecepatan sinkron) tergantung dari frekuensi tegangan listrik yang dihubungkan dan jumlah kutub statornya. Medan magnet putar pada kumparan stator akan memotong batang konduktor pada kumparan rotor, akibatnya pada kumparan akan dibangkitkan tegangan induksi. Pada kumparan rotor, karena batang konduktor (umumnya berupa slot aluminium yang

dihubungsingkatkan pada kedua ujungnya) merupakan rangkaian yang tertutup, tegangan induksi pada rotor yang disebabkan oleh medan magnet putar stator akan menghasilkan arus listrik. Interaksi antara medan magnet putar pada stator pada arus rotor akan menimbulkan kopel yang akan memutar rotor searah dengan medan magnet putar pada stator. Seperti yang telah diterangkan diatas, tegangan induksi pada rotor timbul karena terpotongnya batang konduktor pada rotor oleh medan magnet putar, agar tegangan induksi selalu dapat dibangkitkan pada rotor, diperlukan perbedaan relatif antara kecepatan medan magnet putar dengan kecepatan rotor yang biasa disebut sebagai slip. Pada saat beroperasi sebagai motor, motor induksi akan mempunyai slip positif, artinya kecepatan medan magnet putar (kec. Sinkron) akan selalu lebih besar daripada kecepatan rotor. Proses yang sebaliknya akan terjadi apabila motor induksi digunakan sebagai generator. Kopel pada rotor digerakan oleh turbin, adanya magnetisasi sisa (remannent magnetism) pada rotor umumnya cukup untuk membangkitkan tegangan awal, seperti halnya prinsip kerja sebagai motor. Agar pada kumparan stator dapat dibangkitkan tegangan listrik diperlukan daya reaktif untuk membangkitkan medan magnet putar. Pada kasus MISG beroperasi sendiri (Isolated Grid) daya reaktif tersebut harus disuplai lewat kapasitor eksitasi. Pada kasus MISG dikoneksikan dengan jaringan listrik lain ( Grid Connected) daya reaktif disuplai lewat jaringan tersebut, kapasitor umumnya hanya dipakai sebagai kompensator. Kebalikan dari proses sebagai motor, sebagai generator slip yang terjadi haruslah negatif, artinya kecepatan rotor harus selalu lebih besar dari kecepatan medan magnet putarnya. Tidak semua motor induksi cocok digunakan

sebagai MISG. Jenis motor yang cocok digunakan untuk MISG adalah jenis sangkar tupai (Squirrel Cage Motor).

Menurut Rijono, 2004, Keuntungan memakai motor induksi sebagai generator adalah:

- Sederhana dan daya tahan kuat (konstruksi hampir tidak pernah terjadi kerusakan , khususnya tipe *squirrel cage*)
- Harga relative murah dan perawatan mudah
- Efisiensi tinggi pada kondisi berputar normal, tidak membutuhkan sikat dan karenanya rugi-rugi daya yang diakibatkannya dapat dikurangi.
- Tidak harus sinkron

Sedangkan kerugian memakai motor induksi sebagai generator adalah :

- Kecepatan tidak dapat berubah tanpa pengorbanan efisiensi.
- Tidak seperti generator atau motor shunt, kecepatannya menurun seiring dengan tambahan beban
- Kopel awal mutunya rendah dibanding dengan generator shunt.

Kecepatan putar stator adalah

$$N_{st} = \frac{120 \times f}{P} \quad [\text{rpm}] \dots\dots\dots (2-7)$$

Besar slip pada generator adalah

$$S = \frac{N_s - N_r}{N_s} \quad [\%] \dots\dots\dots (2-8)$$

Frekuensi rotor adalah

$$f_r = S \times f_s \quad [\text{Hz}] \dots\dots\dots (2-9)$$

Daya yang dihasilkan kumparan stator generator adalah

$$P_g = 3 \times V_{LN} \times I_L \times \cos \phi \quad [\text{Watt}] \dots\dots\dots (2-10)$$

Efisiensi output generator adalah

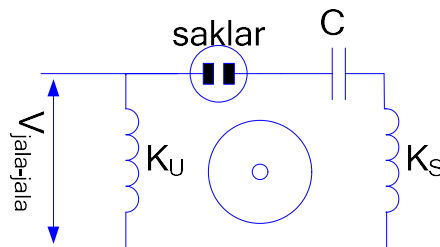
$$\eta_g = \frac{P_g}{P_{mek}} \times 100\% \quad [\%] \dots\dots\dots (2-11)$$

Efisiensi sistem adalah

$$\eta_{st} = \eta_T \times \eta_g \quad [\%] \dots\dots\dots (2-11)$$

## 2. Prinsip Kerja Generator Induksi Dengan Kapasitor

Penggunaan kapasitor pada generator adalah sebagai penggerak mula, apabila generator mulai berputar arus akan melalui kumparan bantu dan utama. Arus yang melalui kumparan bantu akan melalui kapasitor dan saklar sentrifugal. Dengan pemasangan kapasitor secara seri pada kumparan bantu maka timbul beda fasa antara kumparan bantu dan kumparan utama. Apabila kecepatan putar generator mendekati 75% dari putaran penuh, kontaktor saklar sentrifugal akan terlepas.

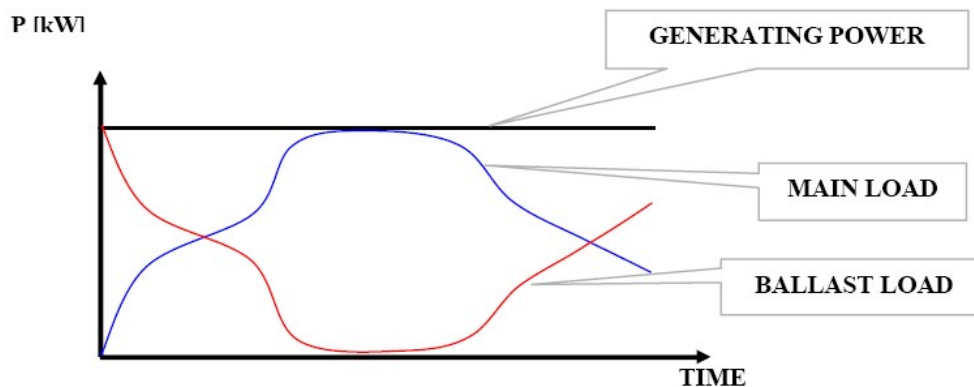


Gambar 11. Diagram generator induksi dengan kapasitor

### E. Sistem Kontrol



Sistem kontrol yang digunakan pada PLTMH menggunakan pengaturan beban sehingga jumlah output daya generator selalu sama dengan beban. Apabila terjadi penurunan beban di konsumen, maka beban tersebut akan dialihkan ke sistem pemanas udara (air heater) yang dikenal sebagai *ballast load/dummy load* (WWW.Clearinghouse Energi terbarukan & Konversi Energi.Com).



Gambar 12. Grafik Pembangkitan yang menggunakan ELC/IGC

Sistem pengaturan beban yang digunakan pada PLTMH terdiri atas:

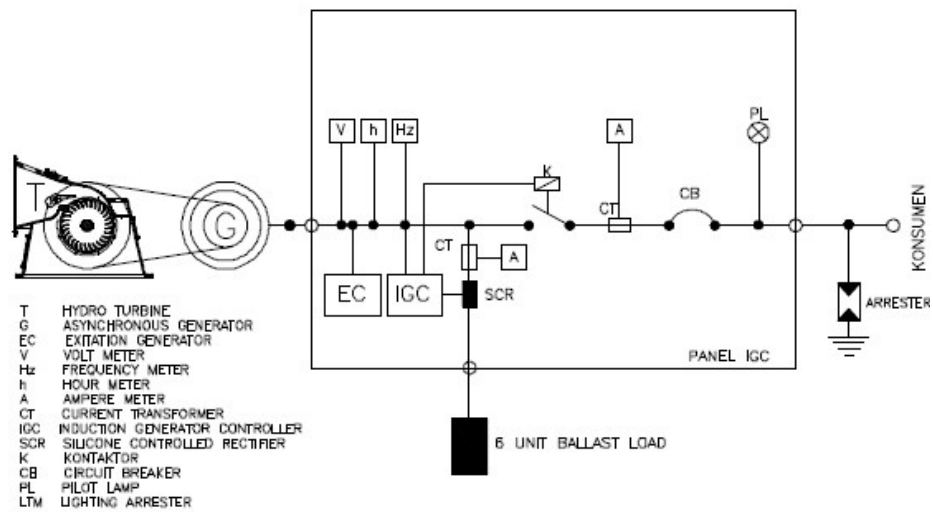
- Electronic Load Controller (ELC) untuk penggunaan generator sinkron
- Induction Generator Controller (IGC) untuk penggunaan IMAG

Sistem kontrol tersebut telah dapat dipabrikasi secara lokal, dan terbukti handal pada penggunaan di banyak PLTMH, Sistem kontrol ini terintegrasi pada panel kontrol (www.Clearinghouse Energi terbarukan & Konversi Energi.Com).

Fasilitas operasi panel kontrol minimum terdiri dari:

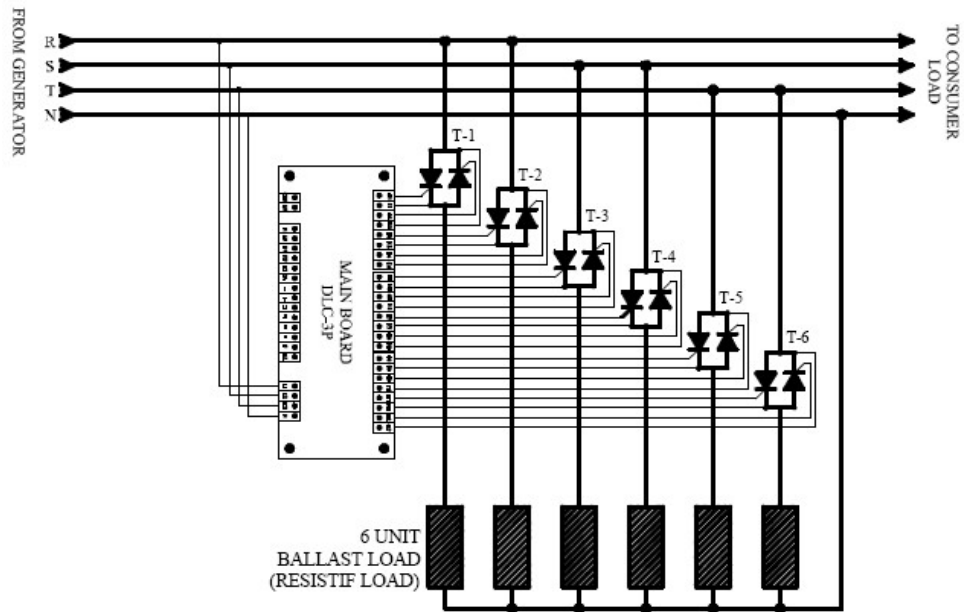
- Kontrol start/stop, baik otomatis, semi otomatis, maupun manual

- Stop/berhenti secara otomatis
- Trip stop (berhenti pada keadaan gangguan: over-under voltage, over-under frekuensi,
- Emergency shut down, bila terjadi gangguan listrik (misal arus lebih).



Gambar 13. Diagram satu garis sistem kontrol dalam PLTMH .  
(Methodology For Preparation Of Mini And Micro  
Hydropower Project Proposals.pdf ).





Gambar 14. Diagram dasar dari sistem pengatur beban digital dengan metode 2 langkah pada ballast (Digital Load Controller.pdf).

Pengatur beban elektronik adalah governor elektronik yang berfungsi sebagai pengatur tegangan dan frekuensi pada generator. Pengatur beban memungkinkan untuk dipakai pada sistem pembangkit mikro hidro dengan sistem aliran sungai atau dengan menggunakan bendungan.

Beberapa keuntungan menggunakan pengatur beban :

- i. Menghindari penggunaan peralatan mekanik/elektrik yang mahal
- ii. Relative murah dan sederhana
- iii. Memungkinkan untuk digunakan pada beban yang sangat besar
- iv. Perawatannya sederhana.

ELC fungsinya seperti pengatur kecepatan turbin (governor) untuk suatu sistem pembangkit yang menggunakan generator sinkron, sedangkan IGC

berfungsi seperti pengatur tegangan (AVR) untuk suatu sistem pembangkit yang menggunakan generator induksi (IMAG)

## **F. Konduktor**

### **1) Jenis Bahan Konduktor**

Bahan-bahan yang dipakai untuk konduktor harus memenuhi persyaratan sebagai berikut ([dunia-listrik.blogspot.com/2008/09/konduktor.html](http://dunia-listrik.blogspot.com/2008/09/konduktor.html)):

- Konduktifitasnya cukup baik
- Kekuatan mekanisnya (kekuatan tarik) cukup tinggi
- Koefisien muai panjangnya kecil
- Modulus kenyalnya (modulus elastisitas) cukup besar.

Bahan-bahan yang biasa digunakan sebagai konduktor, antara lain :

- Logam biasa seperti tembaga, aluminium, besi, dan sebagainya
- Logam campuran (alloy) adalah tembaga atau aluminium yang diberi campuran dalam jumlah tertentu dari logam jenis lain yang gunanya untuk menaikkan kekuatan mekanisnya.
- Logam paduan (composite) yaitu dua jenis logam atau lebih yang dipadukan dengan cara kompresi, peleburan (smelting) atau pengelasan (welding).

### **2) Klasifikasi Konduktor**

Klasifikasi Konduktor Menurut Bahannya :

- a) Kawat Logam Biasa

Contoh :

1. BBC (Bare Copper Konduktor)
2. AAC (All Aluminium Alloy Konduktor)

b) Kawat Logam Campuran (Alloy)

Contoh

1. AAAC (All Aluminium Alloy Konduktor)
2. Kawat Logam Paduan (composite)

Contoh :

- Copper Clad Steel (Kawat baja berlapis tembaga)
- Aluminium Clad Steel (Kawat baja berlapis Aluminium)

c) Kawat Lilit Campuran

Yaitu kawat yang lilitannya terdiri dari dua jenis logam atau lebih.

Contoh :

ASCR (Aluminium Cable Steel Reinforced)

Klasifikasi Konduktor Menurut Konstruksinya :

1. Kawat padat (solid wire) berpenampang bulat
2. Kawat berlilit (standart wire) terdiri 7 sampai dengan 61 kawat padat yang dililit menjadi satu, biasanya berlapis dan konsentris
3. Kawat berongga (hollow conductor) adalah kawat berongga yang dibuat untuk mendapatkan garis tengah luar yang besar.

Klasifikasi Menurut Bentuk Fisiknya

1. Konduktor telanjang
2. Konduktor berisolasi

Konduktor berisolasi adalah konduktor telanjang yang pada bagian luarnya diisolasi sesuai dengan peruntukan tegangan kerja.

Contoh :

1. Kabel Twisted
2. Kabel NYY
3. Kabel NYCY
4. Kabel NYFGBY

### 3) Karakteristik Konduktor

Ada 2 (dua) jenis karakteristik konduktor, yaitu :

1. Karakteristik Mekanik

Karakteristik mekanik menunjukkan keadaan fisik dari konduktor yang menyatakan kekuatan tarik dari pada konduktor.

2. Karakteristik Listrik.

Karakteristik listrik menunjukkan kemampuan dari konduktor terhadap arus listrik yang melewatinya.

Resistivas dari suatu penghantar (konduktor) tersebut didefinisikan sebagai berikut:

$$\rho = \frac{R.A}{L} \text{ [ohm.meter] ..... (2-12)}$$



Tabel 5. Resistivitas dari bahan konduktor-bahan konduktor standar untuk berbagai temperatur.

Material	Mikro – Ohm - cm						
	$\rho_0$	$\rho_{20}$	$\rho_{25}$	$\rho_{50}$	$\rho_{75}$	$\rho_{80}$	$\rho_{100}$
Cu 100%	1,58	1,72	1,75	1,92	2,09	2,12	2,26
Cu 97,5%	1,62	1,77	1,80	1,97	2,14	2,18	2,61
Al 61%	2,60	2,83	2,89	3,17	3,46	3,51	3,74

Sumber: (Transmisi Daya Listrik).

Penentuan luas penampang penghantar yang digunakan pada sistem transmisi primer PLTMH Bungin dapat dicari dengan menggunakan persamaan berikut ini :

$$A = \frac{\sqrt{3} \times L \times I \times \rho \times \cos \phi}{V} \quad [\text{mm}^2] \dots\dots\dots (2-12)$$

Dimana:

A = Luas penampang (mm<sup>2</sup>)

L = Panjang penghantar (m)

R = Tahanan penghantar (ohm)

$\rho$  = Resistivitas konduktor

I = Arus nominal generator (A)

V = Tegangan generator (V)

## **BAB III METODE PENELITIAN**

### **A. Alat yang digunakan**

Pada Penelitian mengenai PLTMH yang dilakukan di desa Bungin, digunakan alat-alat sebagai berikut:

1. Stopwatch
2. Pengukur panjang
3. Multimeter

### **B. Waktu dan Tempat Pelaksanaan**

Dalam penelitian mengenai pembangkit listrik tenaga mikrohidro yang dilakukan di desa Bungin Kecamatan Bungin pada tanggal 11 Agustus sampai dengan 14 Agustus 2008.

#### **1. Metode Pengumpulan Data**

Dalam metode ini ada beberapa cara yang penulis lakukan antara lain:

- a. Observasi langsung

Metode ini dilakukan dengan cara turun langsung ke lapangan dalam proses pengambilan data debit air sungai dan data teknis PLTMH diantaranya dimensi pipa pelepas, spesifikasi turbin, spesifikasi generator, dan pemilihan kabel.

b. Wawancara

Metode ini dilakukan dengan mengadakan wawancara langsung dengan penanggung jawab dan operator PLTMH tentang cara pengoperasian PLTMH pada kondisi normal (siang hari) dan kondisi beban puncak (malam hari), rumah yang terjangkau listrik, serta pemeliharaan PLTMH dan masalah yang pernah terjadi pada PLTMH.

**2. Metode Analisa Data**

Dalam metode ini digunakan persamaan yang berhubungan dengan PLTMH, adapun yang akan di analisa yaitu pemilihan turbin, generator serta pemilihan kabel yang dipakai.



## **BAB IV**

### **HASIL DAN PEMBAHASAN**

#### **A. Hasil Pengamatan dan Keadaan PLTMH**

##### **1. Pusat Pembangkit dan Beban**

Dengan memperhatikan sistem kelistrikan SUL-SEL yang dikelola PLN sekarang, pencapaian listrik ke desa atau tempat yang terpencil atau daerah pengunungan adalah sangat kecil. Seiring dengan kemajuan teknologi dalam bidang pembangkitan memungkinkan untuk dibangun suatu pembangkit sesuai dengan potensi alam yang dimiliki oleh suatu daerah atau tempat untuk mensuplai listrik di suatu desa atau kecamatan.

Di kecamatan Bungin desa Bungin telah dibangun suatu pembangkit mikro hidro dengan kapasitas daya sekitar 2×40 kW yang mulai disurvei pada tahun 2005 dan pelaksanaan pembangun pada tahun 2007 yang ditangani oleh IBEKA pada bagian konstruksi sipil, Pembangkit yang sekarang ada hanya menghasilkan daya maksimum sekitar 40 kW dengan satu unit yang operasi dengan melayani rumah sebanyak 158 rumah dan masih ada yang belum terjangkau oleh listrik sebanyak 157 rumah. Sedangkan pembangkit unit II mengalami kerusakan pada salah satu ballast dan ada suara yang aneh pada sisi turbin setelah kemasukan benda asing pada turbin dan sekarang diadakan perbaikan pada turbin dan menunggu ballast pengganti.

Pembangkit yang ada berada dekat pada aliran sungai dan cukup jauh dari daerah pemukiman penduduk dan sistem pembangkit yang menggunakan

pengaturan semi otomatis. Dimana pengaturan kecepatan turbin secara manual dan pengaturan generator dan listrik secara otomatis.



Gambar 15. PLTMH di desa Bungin Kab. Enrekang



Gambar 16. PLTMH Bungin tampak dari belakang

## 2. Sistem Transmisi dan Distribusi

Sistem transmisi listrik yang ada pada PLTMH dengan tegangan 230 volt dengan panjang saluran transmisi utama 2 km dari pusat pembangkit dengan menggunakan kabel NFA2X-T 70 mm<sup>2</sup> dan sistem distribusi menggunakan kabel



NFA 25 mm<sup>2</sup> dan 16 mm<sup>2</sup>, sedangkan untuk konsumen menggunakan kabel NYM 2,5 mm<sup>2</sup> dan NYM 1,5 mm<sup>2</sup>.



Gambar 17. Saluran Transmisi dan Distribusi pada PLTMH Bungin Kab. Enrekang.



Gambar 18. Kabel Transmisi pada PLTMH Bungin Kab. Enrekang.



Gambar 19. Instalasi konsumen pada tiap rumah di desa Bungin Kab. Enrekang.



### 3. Sistem Beban dan Pengaturan Pembangkit

Konsumen listrik yang ada di desa Bungin didominasi oleh rumah tangga dengan beban utama setiap rumah adalah penerangan/lampu dan hanya segelintir rumah yang memakai beban lain seperti TV, rice cooker atau beban yang memakai daya besar, maka pemakaian listrik inilah yang menghasilkan beban puncak pada malam hari. Setiap rumah yang terjangkau listrik dikenakan biaya tergantung besarnya arus yang masuk kesetiap rumah yang ditangani oleh koperasi.

Untuk menjaga kestabilan pembangkit disarankan kepada masyarakat melalui Kepala Desa untuk tidak memakai beban yang daya besar pada malam hari seperti rice cooker dan strika. Sedangkan pada pembangkit itu sendiri pada pagi hari daya yang dihasilkan diturunkan dengan mengatur guide vane pada posisi 10% - 20% dengan maksud agar ballast tidak terlalu panas dan pada malam hari pembukaan guide vane pada posisi 50% - 70% yang dilakukan seorang operator.



Gambar 20. kondisi konsumen pada tiap rumah pada malam hari

#### 4. Sistem Pemeliharaan PLTMH

##### a. Pemeriksaan Harian

Pasilitas dan Peralatan	Hal yang diperiksa	Tindakan
Intake dan saluran air	Sampah pada saringan	Membersikan setiap saatnya
	Kebocoran pada Dam dan pintu air	Menyimpan datanya, memperbaiki jika diperlukan
	Sedimentasi tanah	Membersikan jika diperlukan,
	Deformasi dan keretakan pada struktur	Menyimpan datanya, memperbaiki jika diperlukan
Saluran Pembawa	Material/bahan sepanjang saluran	Membersikan jika diperlukan
	Sedimentasi tanah	Membersikan jika diperlukan
Bak penenang	Sampah pada saringan	Membersikan setiap saat
	Kelebihan aliran air (over flow) dari saluran pelimpah	Mengurangi pengambilan air pada intake
Penstock/Pipa isap	Kebocoran dan deformasi	Menyimpan datanya
Turbin dan generator	Suara yang aneh dan vibrasi	Menyimpan datanya, memeriksa apa penyebabnya
	Suhu	Menyimpan datanya
	Kerusakan belt	Menggantinya jira diperlukan
Load stabilizer	Keadaan load stabilizer	Memeriksa keadaannya
	Kerusakan pemanas	Menggantinya jika diperlukan

## b. Pemeriksaan Periodik

Pasilitas dan Peralatan	Hal yang diperiksa	frekuensi	Tindakan
Intake ~ pipa dan tail race	Kebocoran , deformasi dan kerusakan struktur	6 Bulan	Menyimpan datanya, memperbaiki jika diperlukan
Turbin	Memberikan pelumas	6 Bulan	
	Mengganti poros	3 Tahun	
	Hubungan baut	1 Tahun	memperbaikinya
Generator	Memberikan pelumas pada poros	6 Bulan	
	Mengganti poros	3 Tahun	
	Kekuatan isolasi angin (winding)	6 Bulan	Mengganti generator
	Hubungan baut	1 Tahun	memperbaikinya
Stabilizer	Penampakan dari stabilizer beban	6 Bulan	Menggantinya jika diperlukan
	Kerusakan pemanas	1 bulan	Menggantinya jika diperlukan

## 5. Data-Data Sistem PLTMH Bungin

### a. Turbin

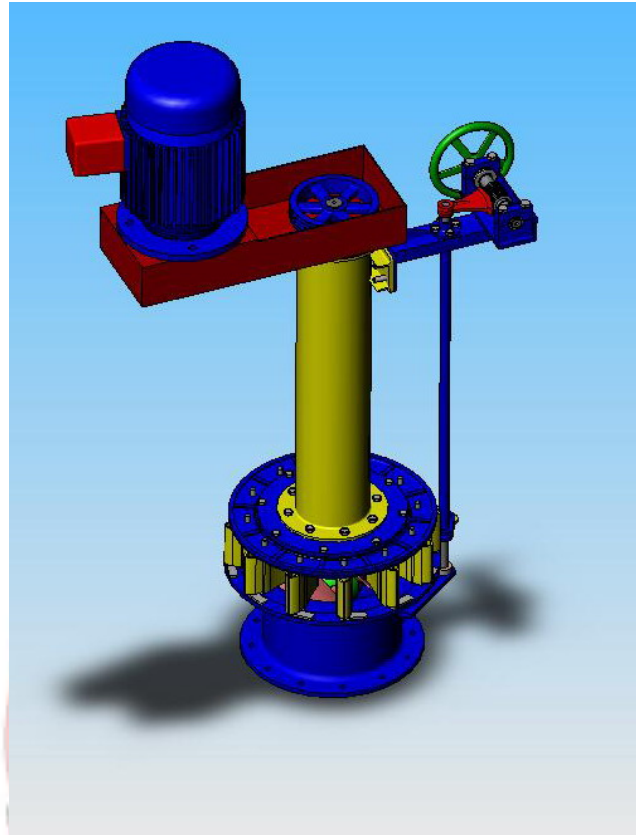
Turbin Propeller batang vertikal

Diameter puli turbin 23 cm

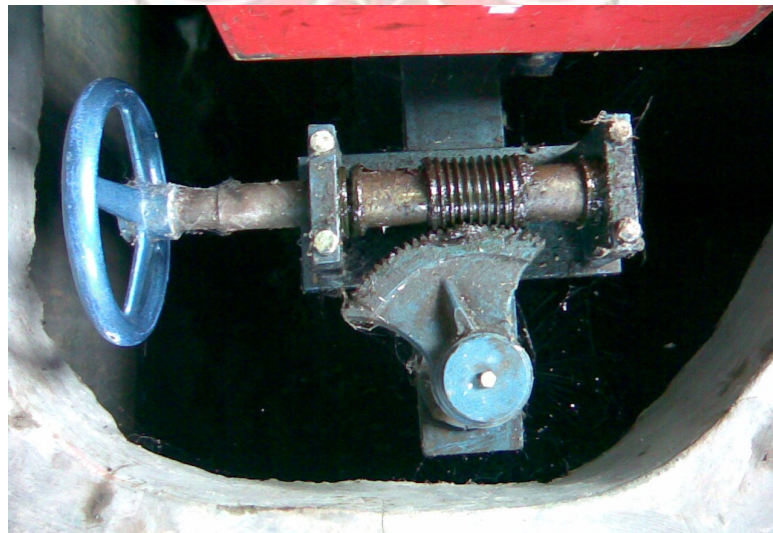
Diameter puli generator 17 cm

Jumlah sabuk yang dipakai 6 buah

Sistem pengaturan dengan guide vane



Gambar 21. Pembangkit yang menggunakan turbin propeller poros vertikal



Gambar 22. Sistem Pengaturan Turbin dengan Guide vane

## **b. Generator**

Spesifikasi generator unit pembangkit 1 dan 2 sebagai berikut:

Motor Induksi 3 fasa dengan kapasitor

Daya motor = 60 HP / 45 kW

Tegangan = 220 V [ $\Delta$ ] / 380 V [Y]

Arus = 148,5 A [ $\Delta$ ] / 86 A [Y]

Putaran = 1470 Rpm

Tipe Isolasi = F

Temperatur = 40 °C

Merek = TECO ELEC & MACH PTE,LTD



Gambar 23. Generator pada PLTMH Bungin Kab. Enrekang

## **c. Pipa Pelepas Air (Draft Tube)**

Spesifikasi pipa pelepas air unit pembangkit 1 dan 2 sebagai berikut

Panjang pipa adalah 8,75 m

Diameter pipa besar 77,954 cm

Diameter pipa kecil 49,318 cm dan Kemiringan  $\pm 40^\circ$





Gambar 24. Pipa pelepas air PLTMH Bungin Kab. Enrekang

**d. Load Stabilizer**

Load stabilizer unit pembangkit 1 dan 2 masing menggunakan 6 batang pemanas yang masing-masing pemanas 8 kW.



Gambar 25. Load stabilizer PLTMH Bungin Kab. Enrekang





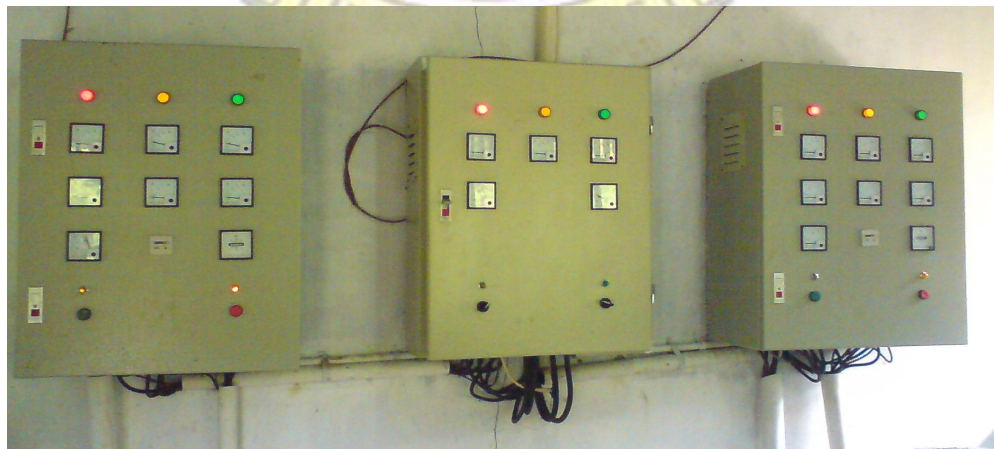
Gambar 26. Batang pemanas PLTMH Bungin Kab. Enrekang



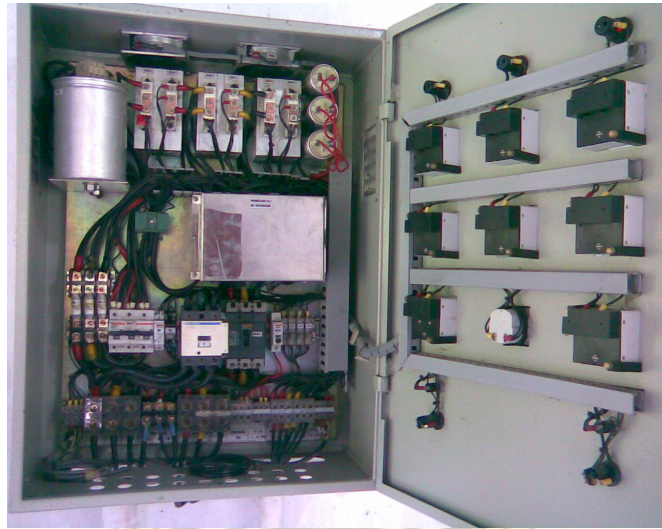
Gambar 27. Batang pemanas yang rusak pada PLTMH Bungin Kab. Enrekang

**e. Panel Kontrol**

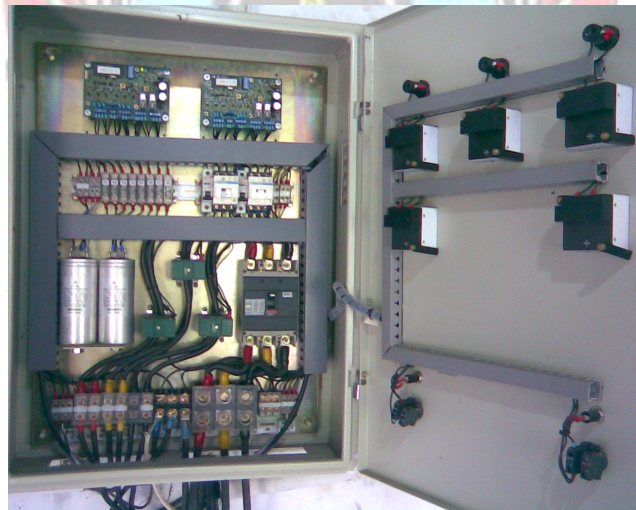
Panel kontrol yang terpasang pada PLTMH Bungin terdiri atas 2 panel untuk masing-masing pembangkit dan 1 panel untuk sinkronisasi pembangkit.



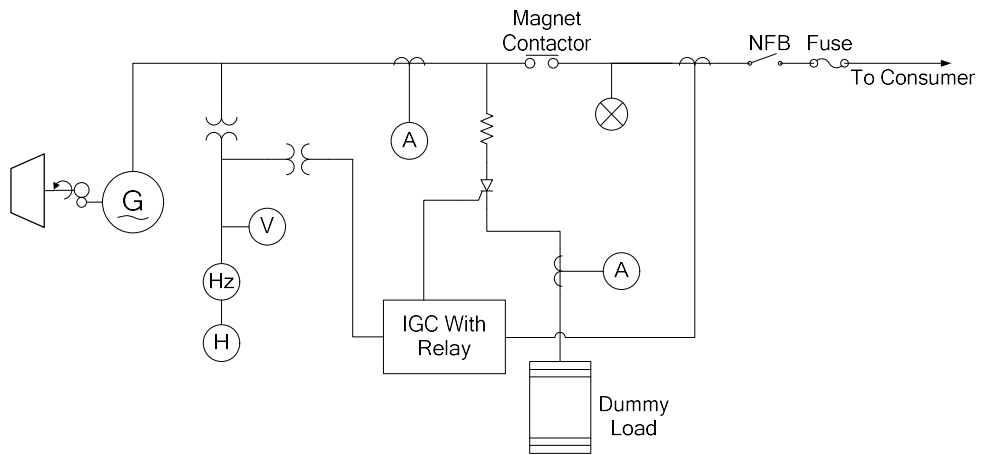
Gambar 28. Panel Kontrol pada PLTMH Bungin Kab. Enrekang



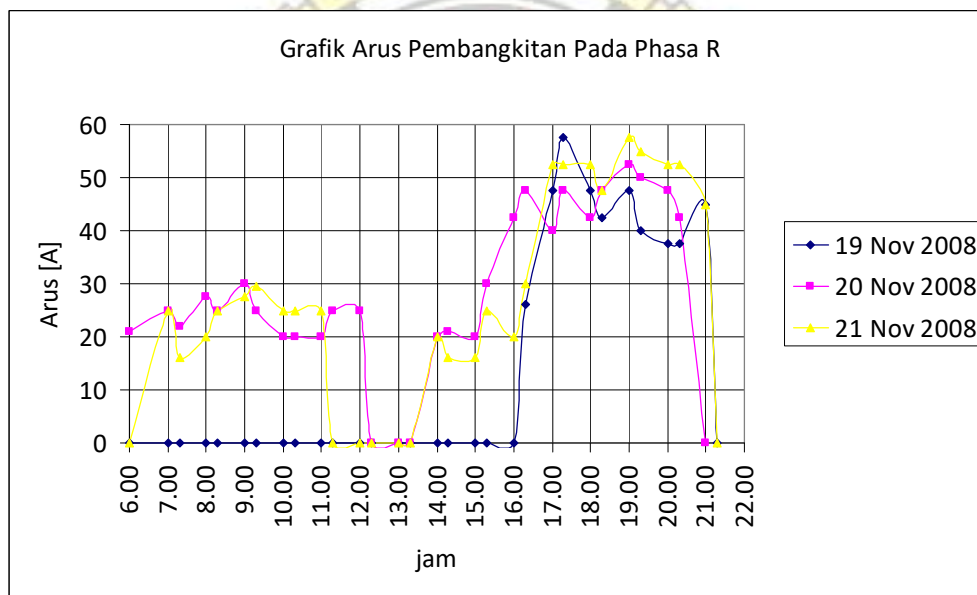
Gambar 29. Panel Kontrol untuk generator PLTMH Bungin Kab. Enrekang



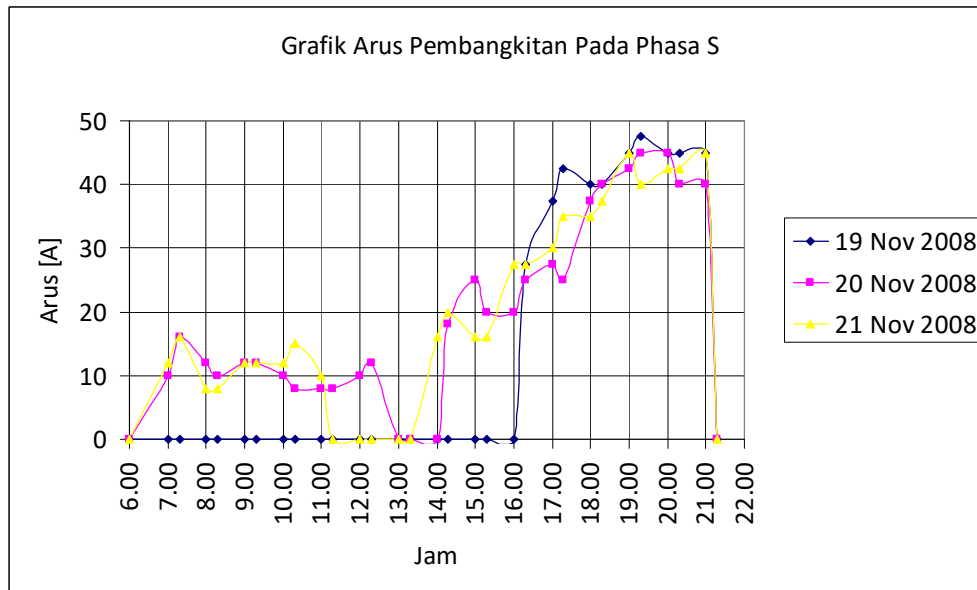
Gambar 30. Panel Kontrol Sinkronisasi PLTMH Bungin Kab. Enrekang



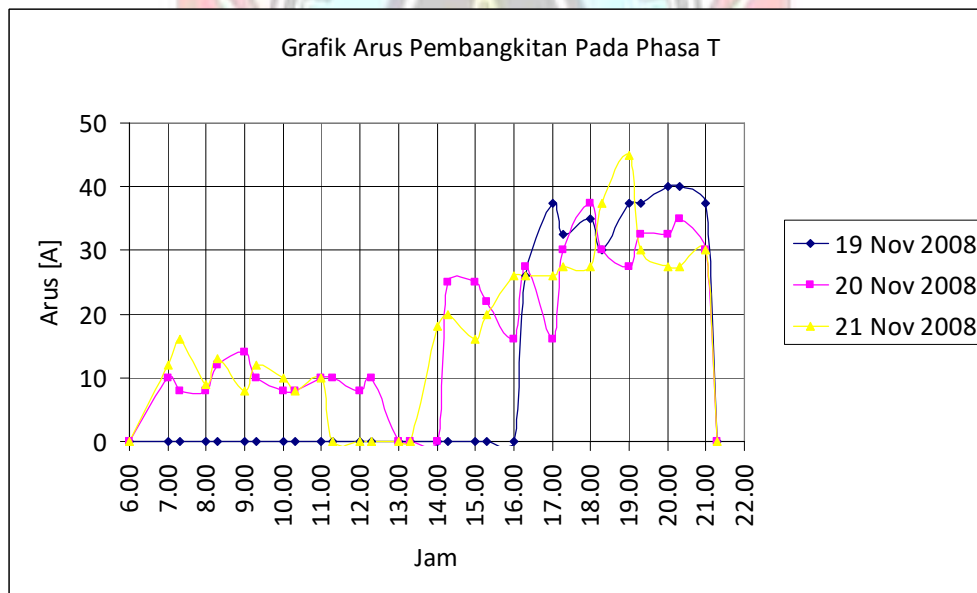
Gambar 31. Diagram satu garis sistem kontrol dalam PLTMH Bungin



Gambar 32. Grafik pemakaian arus konsumen untuk phasa R pada PLTMH Bungin



Gambar 33. Grafik pemakaian arus konsumen untuk phasa S pada PLTMH Bungin



Gambar 34. Grafik pemakaian arus konsumen untuk phasa T pada PLTMH Bungin

## f. Data Lapangan dan Data Pengamatan

Setelah melakukan pengukuran debit air dengan metode sistem pelampung dan didapatkan hasil untuk debit air sungai pada saat ini adalah 800 ltr/dtk (Lampiran 1). Data pengamatan pembangkit dan data kelistrikan konsumen dapat dilihat pada Lampiran 2.

## B. Pembahasan

### 1. Turbin

Data survey

$$\text{Debit Air [Q]} = 0,800 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$\text{Head [H]} = 6,52 \text{ m}$$

$$\text{Panjang Pipa pelepas[L]} = 8,75 \text{ m}$$

$$\text{Efisiensi Turbin } [\eta_T] = 0,8 \text{ (Teoritis)}$$

$$\text{Efisiensi Sabuk Transmisi } [\eta_{SB}] = 0,9 \text{ (Teoritis)}$$

$$\text{Diameter puli turbin} = 23 \text{ cm}$$

$$\text{Diameter puli generator} = 17 \text{ cm}$$

$$\text{Kemiringan} = \pm 40^\circ$$

Daya hidrolik yang dihasilkan,

$$\begin{aligned} P_h &= \rho \cdot Q \cdot g \cdot H \\ &= 1000 \times 0,800 \times 9,81 \times 6,52 \\ &= 51,1669 \text{ kW} \end{aligned}$$

Daya mekanik dari turbin,

$$\begin{aligned} P_{mek} &= P_h \times \eta_T \\ &= 51,1669 \text{ kW} \times 0,8 \\ &= 40,9335 \text{ kW} \end{aligned}$$



Untuk turbin propeller, Moody memperoleh kecepatan spesifik sebagai berikut;

$$\begin{aligned} N_s &= \frac{9431}{H + 9,75} + 155 \\ &= \frac{9431}{6,52 + 9,75} + 155 \\ &= 36,2925 \text{ [SI]} \end{aligned}$$

Putaran maksimum turbin propeller,

$$\begin{aligned} N_T &= \frac{N_s \times H^{5/4}}{\sqrt{P_{mek}}} \\ &= \frac{36,2925 \times 6,52^{5/4}}{\sqrt{40,9335}} \\ &= 1196,29 \text{ Rpm} \end{aligned}$$

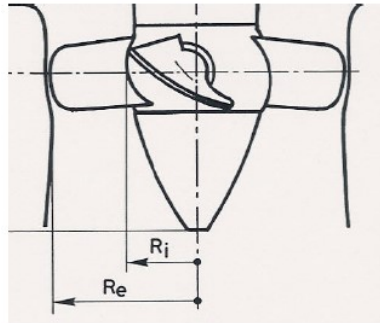
Kecepatan spesifik turbin menurut Standar ESHA untuk propeller,

$$\begin{aligned} N_s &= \frac{2,716}{H^{0,5}} \\ &= \frac{2,716}{6,52^{0,5}} \\ &= 1,06369 \end{aligned}$$

Diameter dari ujung ke ujung blade,

$$\begin{aligned} D_e &= 8,45 \cdot (0,79 + 1,602 \cdot N_s) \frac{\sqrt{H}}{N_T} \\ &= 8,45 \cdot (0,79 + 1,602 \cdot 1,06369) \frac{\sqrt{6,52}}{1196,29} \\ &= 0,44982 \text{ m} \\ R_e &= 0,224 \text{ m} \end{aligned}$$





Gambar 35. Penentuan dimensi turbin propeller (Guide on How to Develop a Small Hydropower Plant. [www.eere.energy.gov/tribalenergy/pdf/course\\_tcd\\_12hydro.pdf](http://www.eere.energy.gov/tribalenergy/pdf/course_tcd_12hydro.pdf))

Sedangkan diameter sebelah dalam,

$$\begin{aligned}
 D_i &= \left( 0,25 + \frac{0,0951}{N_s} \right) \cdot D_e \\
 &= \left( 0,25 + \frac{0,0951}{1,06369} \right) \cdot 0,44982 \\
 &= 0,15267 \text{ m} \\
 R_i &= 0,077 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Rasio puley turbin~generator } [R_{TG}] &= \frac{\text{Diameter puli turbin}}{\text{Diameter puli generator}} \\
 &= \frac{23}{17} \\
 &= 1,35
 \end{aligned}$$

Putaran maksimum generator berdasarkan puley,

$$\begin{aligned}
 N_G &= N_T \times R_{TG} \times \eta_{SB} \\
 &= 1196,29 \times 1,35 \times 0,9 \\
 &= 1453,49 \text{ Rpm}
 \end{aligned}$$

Berdasarkan dari data survey lapangan pemilihan turbin propeller sudah sesuai menurut standar baku (tabel 1, gambar 5) serta faktor kondisi alam, sedangkan

berdasarkan dari hasil analisa data pemilihan pemilihan turbin sudah sesuai (Tabel 2, Gambar 7 dan Tabel 3)

## 2. Generator

Berdasarkan data pada tabel 4.1 pembangkitan generator:

Tegangan [Vg]	=	230 V [Y]
Arus [I <sub>R</sub> ]	=	10 A
Arus [I <sub>S</sub> ]	=	10 A
Arus [I <sub>T</sub> ]	=	15 A
Arus [I <sub>BR</sub> ]	=	5 A
Arus [I <sub>BS</sub> ]	=	5 A
Arus [I <sub>BT</sub> ]	=	5 A
Putaran [N <sub>g</sub> ]	=	1470 Rpm
Frekuensi [f]	=	53 Hz
Jumlah kutub	=	4
Daya output turbin [P <sub>mek</sub> ]	=	40,934 kW

Kecepatan putar stator generator

$$\begin{aligned} N_{St} &= \frac{120 \times f}{\text{Jumlah Kutub}} \\ &= \frac{120 \times 53}{4} \\ &= 1590 \text{ rpm} \end{aligned}$$

Besar slip pada generator adalah

$$S = \frac{N_s - N_r}{N_s}, \text{ dimana } N_r = N_g$$

$$= \frac{1590 - 1470}{1590}$$

$$= 0,07$$

Frekuensi rotor adalah

$$f_r = S \times f_s$$

$$= 0,07 \times 53 \text{ Hz}$$

$$= 4 \text{ Hz}$$

Untuk menentukan Faktor daya ( $\phi$ ) dapat ditentukan dari data name plate pada

turbin yaitu dengan  $= \text{Cos}\left(\frac{P}{3 \times V \times I}\right)$

$$= \text{Cos}\left(\frac{45000}{3 \times 380 \times 86}\right)$$

$$= 0,89$$

Arus rata-rata yang serap oleh beban masyarakat adalah

$$I_{\text{rata-rata}} = \frac{I_R + I_S + I_T}{3} = \frac{10 + 10 + 15}{3} = 11,67 \text{ A}$$

Daya yang diserap oleh beban masyarakat adalah

$$P_{\text{Beban}} = 3 \times V_{LN} \times I_{LN} \times \cos \phi$$

$$= 3 \times V_g \times I_{\text{rata-rata}} \times \cos \phi$$

$$= 3 \times 230 \times 11,67 \times 0,89$$

$$= 7,22 \text{ kW}$$

Arus rata-rata yang serap oleh ballast adalah

$$I_{\text{rata-rata}} = \frac{I_R + I_S + I_T}{3} = \frac{5 + 5 + 5}{3} = 5 \text{ A}$$

Daya yang diserap oleh masyarakat adalah

$$\begin{aligned} P_{\text{Ballast}} &= 3 \times V_{\text{LN}} \times I_{\text{LN}} \times \cos \phi \\ &= 3 \times V_g \times I_{\text{rata-rata}} \times \cos \phi \\ &= 3 \times 230 \times 5 \times 0,89 \\ &= 3,09 \text{ kW} \end{aligned}$$

Daya yang dibangkitkan oleh generator adalah

$$\begin{aligned} P_G &= P_{\text{Beban}} + P_{\text{Ballast}} \\ &= 7,22 + 3,09 \\ &= 10,30 \text{ kW} \end{aligned}$$

Efisiensi generator;

$$\begin{aligned} \eta_g &= \frac{P_{\text{out}}}{P_{\text{in}}} \times 100\% \\ &= \frac{P_{\text{akt}}}{P_{\text{mek}}} \times 100\% \\ &= \frac{10,30}{40,934} \times 100\% \\ &= 25,19\% \end{aligned}$$

Efisiensi sistem;

$$\begin{aligned} \eta_{\text{St}} &= \eta_T \times \eta_g \\ &= 0,8 \times 0,2519 \\ &= 20,15\% \end{aligned}$$

Dengan cara yang sama untuk data selanjutnya dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 6. Hasil analisa data pembangkitan daya generator berdasarkan pengaturan guide vane.

No	Waktu (Jam)	Vg [Volt]	f [Hz]	P <sub>Beban</sub> [kW]	P <sub>Ballast</sub> [kW]	P <sub>G</sub> [kW]	η <sub>Gen</sub> [%]	η <sub>St</sub> [%]
1	-	230	53	7.22	3.09	10.31	25.19%	20.15%
2	-	230	53	7.22	6.19	13.40	32.74%	26.19%
3	-	230	53	7.22	6.19	13.40	32.74%	26.19%
4	-	232	53	7.22	9.28	16.50	40.30%	32.24%
5	-	232	53	7.22	12.37	19.59	47.85%	38.28%
6	-	232	53	7.22	15.46	22.68	55.41%	44.33%

Tabel 7. Hasil analisa data pembangkitan daya generator pada malam hari pukul 21.00 WITA

No	Waktu (Jam)	Vg [Volt]	f [Hz]	P <sub>Beban</sub> [kW]	P <sub>Ballast</sub> [kW]	P <sub>G</sub>	η <sub>Gen</sub> [%]	η <sub>St</sub> [%]
1		232	53	21.42	3.12	24.54	59.96%	47.97%
2		232	53	21.42	3.12	24.54	59.96%	47.97%
3		232	53	21.42	3.12	24.54	59.96%	47.97%
4		232	53	21.42	3.12	24.54	59.96%	47.97%
5		232	53	21.42	3.12	24.54	59.96%	47.97%

Tabel 8. Hasil analisa data pembangkitan daya generator pada pagi hari pukul 07.00 WITA

No	Waktu (Jam)	Vg [Volt]	f [Hz]	P <sub>Beban</sub> [kW]	P <sub>Ballast</sub> [kW]	P <sub>G</sub> [kW]	η <sub>Gen</sub> [%]	η <sub>St</sub> [%]
1	-	232	53	13.52	12.48	26.00	63.51%	50.81%
2		232	53	13.10	12.06	25.17	61.48%	49.19%
3		232	53	13.10	12.69	25.79	63.01%	50.40%
4		232	53	13.31	12.90	26.21	64.02%	51.22%
5		232	53	12.48	12.48	24.96	60.97%	48.78%
6		232	53	12.48	12.48	24.96	60.97%	48.78%

Tabel 9. Hasil analisa data pembangkitan daya generator pada hari Rabu, 19 November 2008

No	Waktu (Jam)	Vg [Volt]	f [Hz]	P <sub>Beban</sub> [kW]	P <sub>Ballast</sub> [kW]	P <sub>G</sub> [kW]	$\eta_{Gen}$ [%]	$\eta_{st}$ [%]
1	6.00	-	-	-	-	-	-	-
2	7.00	-	-	-	-	-	-	-
3	7.30	-	-	-	-	-	-	-
4	8.00	-	-	-	-	-	-	-
5	8.30	230	53	0.00	3.09	3.09	7.56%	6.04%
6	9.00	230	53	0.00	3.09	3.09	7.56%	6.04%
7	9.30	230	53	0.00	3.09	3.09	7.56%	6.04%
8	10.00	230	53	0.00	3.09	3.09	7.56%	6.04%
9	10.30	230	53	0.00	3.09	3.09	7.56%	6.04%
10	11.00	230	53	0.00	3.09	3.09	7.56%	6.04%
11	11.30	230	53	0.00	3.09	3.09	7.56%	6.04%
12	12.00	230	53	0.00	3.09	3.09	7.56%	6.04%
13	12.30	230	53	0.00	3.09	3.09	7.56%	6.04%
14	13.00	230	53	0.00	3.09	3.09	7.56%	6.04%
15	13.30	230	53	0.00	3.09	3.09	7.56%	6.04%
16	14.00	230	53	0.00	3.09	3.09	7.56%	6.04%
17	14.30	230	53	0.00	3.09	3.09	7.56%	6.04%
18	15.00	230	53	0.00	3.09	3.09	7.56%	6.04%
19	15.30	230	53	0.00	3.09	3.09	7.56%	6.04%
20	16.00	230	53	0.00	3.09	3.09	7.56%	6.04%
21	16.30	230	53	16.39	3.09	19.49	47.60%	38.08%
22	17.00	230	53	25.26	0.62	25.88	63.22%	50.57%
23	17.30	210	53	24.95	0.56	25.51	62.32%	49.86%
24	18.00	225	53	24.71	0.61	25.31	61.84%	49.48%
25	18.30	225	53	22.69	1.21	23.90	58.39%	46.72%
26	19.00	230	53	26.81	0.62	27.42	67.00%	53.60%
27	19.30	230	53	25.77	0.62	26.39	64.48%	51.58%
28	20.00	230	53	25.26	0.62	25.88	63.22%	50.57%
29	20.30	230	53	25.26	1.24	26.50	64.73%	51.78%
30	21.00	230	53	26.29	0.62	26.91	65.74%	52.59%

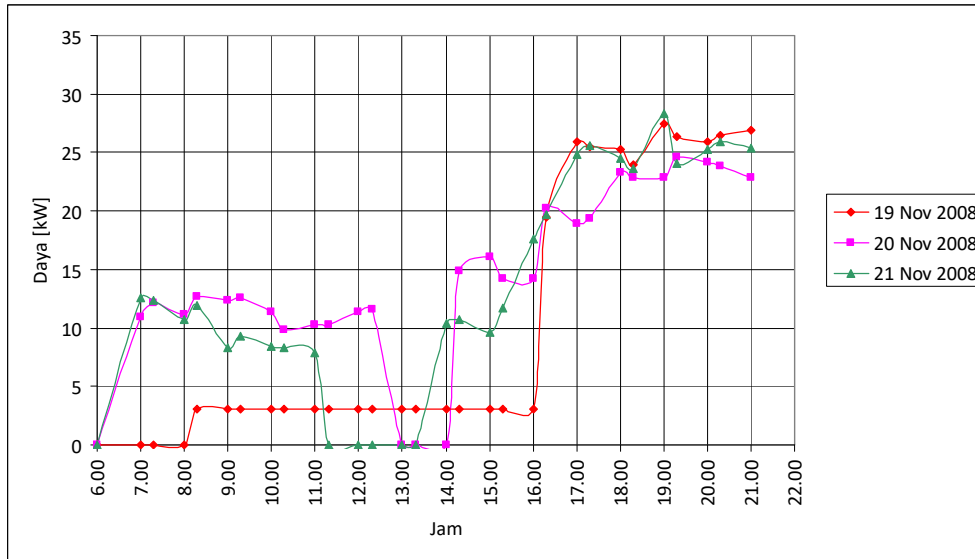


Tabel 10. Hasil analisa data pembangkitan daya generator pada hari Kamis, 20 November 2008

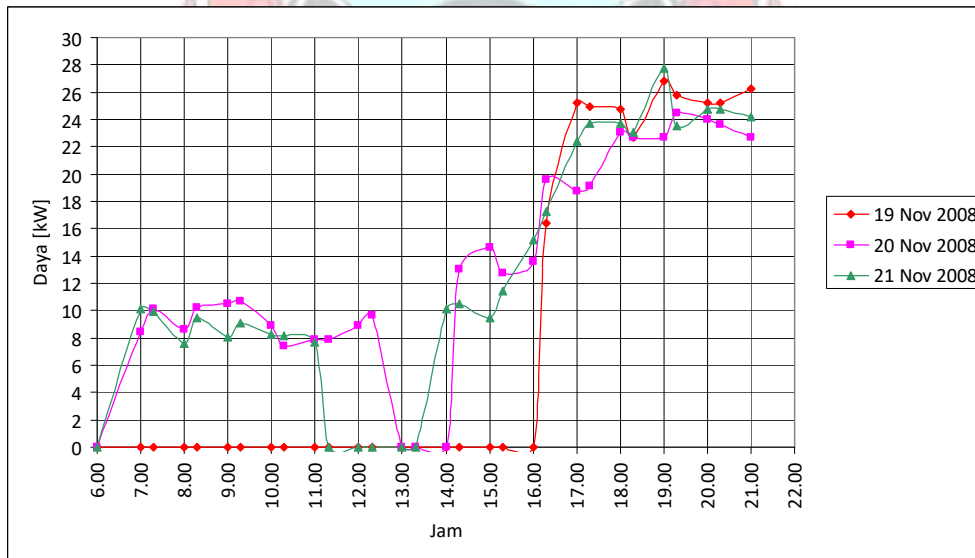
No	Waktu (Jam)	Vg [Volt]	f [Hz]	P <sub>Beban</sub> [kW]	P <sub>Ballast</sub> [kW]	P <sub>G</sub> [kW]	$\eta_{Gen}$ [%]	$\eta_{st}$ [%]
1	6.00	-	-	-	-	-	-	-
2	7.00	230	53	8.45	2.47	10.93	26.70%	21.36%
3	7.30	230	53	10.10	2.06	12.17	29.72%	23.78%
4	8.00	230	53	8.6 6	2.47	11.13	27.20%	21.76%
5	8.30	230	53	10.21	2.47	12.68	30.98%	24.78%
6	9.00	230	53	10.52	1.86	12.37	30.22%	24.18%
7	9.30	230	53	10.72	1.86	12.58	30.73%	24.58%
8	10.00	230	53	8.87	2.47	11.34	27.71%	22.16%
9	10.30	230	53	7.42	2.47	9.90	24.18%	19.34%
10	11.00	230	53	7.84	2.47	10.31	25.19%	20.15%
11	11.30	230	53	7.84	2.47	10.31	25.19%	20.15%
12	12.00	230	53	8.87	2.47	11.34	27.71%	22.16%
13	12.30	230	53	9.69	1.86	11.55	28.21%	22.57%
14	13.00	-	-	-	-	-	-	-
15	13.30	-	-	-	-	-	-	-
16	14.00	-	-	-	-	-	-	-
17	14.30	230	53	12.99	1.86	14.85	36.27%	29.01%
18	15.00	230	53	14.64	1.44	16.08	39.29%	31.43%
19	15.30	230	53	12.78	1.44	14.23	34.76%	27.81%
20	16.00	230	53	13.61	0.62	14.23	34.76%	27.81%
21	16.30	230	53	19.59	0.62	20.21	49.37%	39.49%
22	17.00	230	53	18.76	0.21	18.97	46.34%	37.07%
23	17.30	225	53	19.16	0.20	19.36	47.31%	37.85%
24	18.00	210	53	23.06	0.19	23.25	56.80%	45.44%
25	18.30	225	53	22.69	0.20	22.89	55.93%	44.74%
26	19.00	215	53	22.65	0.19	22.84	55.80%	44.64%
27	19.30	210	53	24.47	0.19	24.66	60.25%	48.20%
28	20.00	210	53	24.00	0.19	24.19	59.10%	47.28%
29	20.30	215	53	23.61	0.19	23.80	58.15%	46.52%
30	21.00	225	53	22.69	0.20	22.89	55.93%	44.74%

Tabel 11. Hasil analisa data pembangkitan daya generator pada hari Jum'at, 21 November 2008

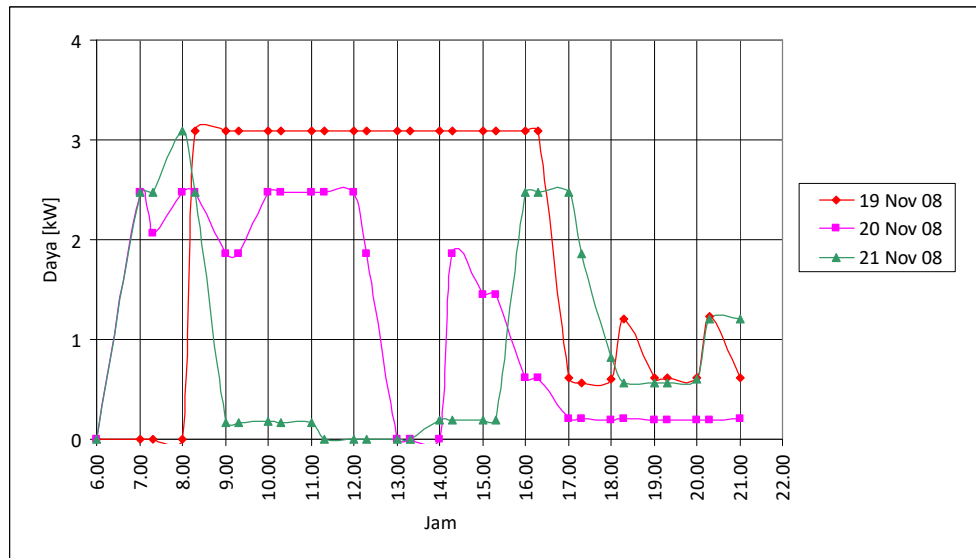
No	Waktu (Jam)	Vg [Volt]	f [Hz]	P <sub>Beban</sub> [kW]	P <sub>Ballast</sub> [kW]	P <sub>G rata-rata</sub> [kW]	$\eta_{Gen}$ [%]	$\eta_{st}$ [%]
1	6.00	-	-	-	-	-	-	-
2	7.00	230	53	10.10	2.47	12.58	30.73%	24.58%
3	7.30	230	53	9.90	2.47	12.37	30.22%	24.18%
4	8.00	230	53	7.63	3.09	10.72	26.19%	20.96%
5	8.30	230	53	9.48	2.47	11.96	29.22%	23.37%
6	9.00	190	49	8.09	0.17	8.26	20.18%	16.15%
7	9.30	190	49	9.11	0.17	9.28	22.68%	18.14%
8	10.00	195	49	8.22	0.17	8.39	20.50%	16.40%
9	10.30	190	49	8.18	0.17	8.35	20.39%	16.31%
10	11.00	190	49	7.67	0.17	7.84	19.14%	15.31%
11	11.30	-	-	-	-	-	-	-
12	12.00	-	-	-	-	-	-	-
13	12.30	-	-	-	-	-	-	-
14	13.00	-	-	-	-	-	-	-
15	13.30	-	-	-	-	-	-	-
16	14.00	210	49	10.17	0.19	10.35	25.30%	20.24%
17	14.30	210	49	10.54	0.19	10.73	26.22%	20.97%
18	15.00	220	49	9.47	0.20	9.66	23.61%	18.89%
19	15.30	210	49	11.48	0.19	11.67	28.52%	22.81%
20	16.00	230	53	15.16	2.47	17.63	43.07%	34.46%
21	16.30	230	53	17.22	2.47	19.69	48.11%	38.48%
22	17.00	230	53	22.37	2.47	24.85	60.70%	48.56%
23	17.30	230	53	23.71	1.86	25.57	62.46%	49.97%
24	18.00	230	53	23.71	0.82	24.54	59.94%	47.96%
25	18.30	210	53	23.06	0.56	23.63	57.72%	46.18%
26	19.00	210	53	27.77	0.56	28.33	69.22%	55.38%
27	19.30	210	53	23.53	0.56	24.10	58.87%	47.10%
28	20.00	225	53	24.71	0.61	25.31	61.84%	49.48%
29	20.30	225	53	24.71	1.21	25.92	63.32%	50.66%
30	21.00	225	53	24.21	1.21	25.42	62.09%	49.67%



Gambar 36. Grafik pembangkitan daya pada PLTMH Bungin



Gambar 37. Grafik pemakaian daya konsumen pada PLTMH Bungin



Gambar 38. Grafik pemakaian daya ballast pada PLTMH Bungin

Berdasarkan Gambar 35 menunjukkan daya total yang dibangkitkan oleh generator sedangkan pada Gambar 36 diatas, menunjukkan daya yang diserap oleh konsumen dan pada Gambar 37 menunjukkan daya yang diserap oleh dummy load. Daya maksimum yang dibangkitkan oleh pembangkit adalah 28,33 kW, dengan efisiensi maksimun generator 69,22% dan efisiensi sistem adalah 55,38%.

### 3. Penghantar

Luas penghantar atau konduktor perlu diperhatikan dalam suatu PLTMH karena juga memegang peranan penting dalam ketersediaan listrik yang optimal, jika penghantar terlalu besar maka akan terjadi rugi-rugi arus yang besar sedangkan jika terlalu kecil akan terjadi rugi-rugi tegangan yang besar. Untuk luas penghantar berdasarkan hubungannya adalah sebagai berikut:

Penentuan Luas Penghantar bila hubungan bintang dengan satu unit pembangkit yang beroperasi.

- Panjang penghantar (L) = 2 km
- Tegangan generator (V) = 230
- Arus nominal generator (I) = 86 A
- Tahanan jenis penghantar Al ( $\rho$ ) =  $2,83 \times 10^{-6} \Omega \cdot \text{cm}$
- Faktor daya ( $\phi$ ) = 0,898

$$\begin{aligned} A &= \frac{\sqrt{3} \times L \times I \times \rho \times \cos \phi}{eV} \\ &= \frac{\sqrt{3} \times 200000 \text{ cm} \times 86 \text{ A} \times 2,83 \times 10^{-6} \Omega \cdot \text{cm} \times 0,89}{230 \text{ V}} \\ &= 0,3262 \text{ cm}^2 = 32,62 \text{ mm}^2 = 35 \text{ mm}^2 \text{ (PUIL 2000)} \end{aligned}$$

Dari analisa luas penghantar untuk transmisi pada PLTMH Bungin Kab. Enrekang dengan satu unit pembangkit yang beroperasi maka besar penghantar yang seharusnya dipakai adalah  $35 \text{ mm}^2$  yang sudah sesuai standar PUIL 2000 dengan hubungan bintang pada jaringan transmisi. Sedangkan jika menggunakan dua unit pembangkit yang operasi maka kabel yang digunakan seharusnya  $70 \text{ mm}^2$ .

## **BAB V PENUTUP**

### **A. Kesimpulan**

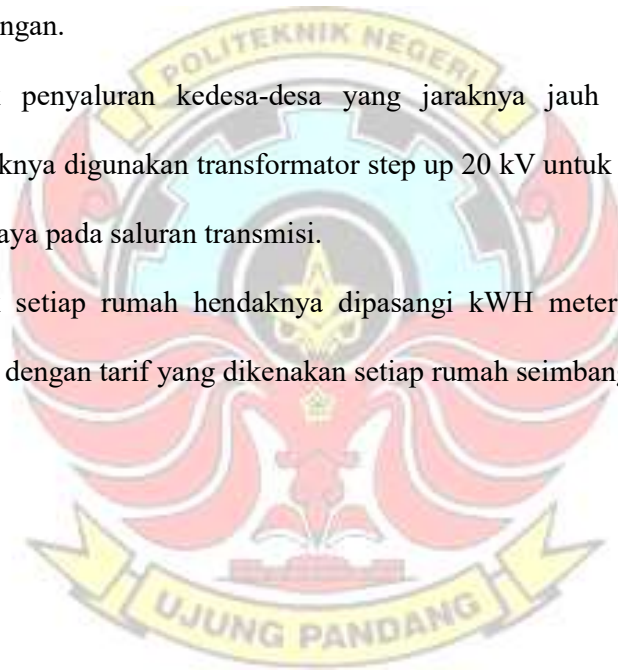
Dari pembahasan pada penelitian maka disimpulkan :

1. Dari evaluasi Pembangkit Unit I didapatkan daya generator yang dapat dibangkitkan oleh PLTMH Bungin Kab. Enrekang adalah 28,33 kW pada posisi guide vane 70% dengan efisiensi generator 69,22% yang disebabkan karena adanya rugi-rugi pada transmisi poros dan rugi-rugi didalam generator itu sendiri dan untuk efisiensi sistem Pembangkit Unit I adalah 55,38%, sedangkan Pembangkit Unit II tidak beroperasi karena mengalami kerusakan pada salah satu ballast dan adanya gangguan mekanik pada sisi turbin.
2. Untuk optimalisasi pada PLTMH Bungin Kab. Enrekang maka guide vane diatur pada posisi pembukaan antara 50% s/d 70% pada malam hari (beban puncak) sedangkan pada siang hari posisi pembukaan guide vane 10% s/d 20%.



## **B. Saran**

1. Untuk menjaga stabilitas dan efektifitas jaringan listrik diharapkan adanya sebuah panel kontrol yang dekat dari pemukiman untuk memudahkan pemasangan dan pembagian jaringan.
2. Untuk menjaga kontinuitas debit air sepanjang tahun, maka diharapkan kepada masyarakat dan instansi terkait agar menjaga kelestarian hutan di sepanjang sungai serta pengerukan sungai secara berkala disekitar bendungan.
3. Untuk penyaluran kedesa-desa yang jaraknya jauh dari pembangkit hendaknya digunakan transformator step up 20 kV untuk mengurangi rugi-rugi daya pada saluran transmisi.
4. Untuk setiap rumah hendaknya dipasang kWh meter agar pemakaian beban dengan tarif yang dikenakan setiap rumah seimbang.



## DAFTAR PUSTAKA

- Domkundwar, S dan Arora, Subhash C. 1980. A Course In Power Plant Engineering. Dhanpant Rai & Sons. Delhi.
- ESHA, Guide on How to Develop a Small Hydropower Plant.  
[www.eere.energy.gov/tribalenergy/pdfs/course\\_tcd\\_12hydro.pdf](http://www.eere.energy.gov/tribalenergy/pdfs/course_tcd_12hydro.pdf). (diakses 17 Juni 2008).
- Hutaruruk. 1990. *Transmisi Daya Listrik*. Erlangga. Jakarta.
- Nafis, Suban. 2008. Motor Induksi Sebagai Generator (MISG), (online).  
<http://ccitonline.Com> (diakses 8 Agustus 2008).
- Muslimin, dkk. 1995. *Perencanaan dan Pengujian Pembangkit Listrik Mikrohidro di Desa Latimojong Kecamatan Baraka Kabupaten Enrekang*, Tugas Akhir. Politeknik Negeri Ujung Pandang.
- Patty O. F. 1995. *Tenaga Air*. Erlangga: Jakarta.
- Pembangkit Energi Listrik Tenaga Mikrohidro. <http://adesalbg.wordpress.com> (diakses 17 juni 2008)
- Rijono, Yon.2004. *Dasar Teknik Tenaga Listrik (Edisi Revisi)*. Andi: Yogyakarta.
- Sangka, Samuel. 1994. Pemanfaatan Turbin Mikrohidro untuk Pembangkit Tenaga Listrik di Dusun Parangbobo Desa Tonasa Kecamatan Tinggi Moncong Kabupaten Gowa, Ujung Pandang.
- Siwi, dkk. 2006. Turbin Air. [agungchynta.files.wordpress.com/2007/03/turbin-air.pptv](http://agungchynta.files.wordpress.com/2007/03/turbin-air.pptv) (diakses 8 Agustus 2008).

*Lampiran 1.*

**LAPORAN SURVEY LAPANGAN  
PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA MIKROHIDRO  
DESA BUNGIN KEC.BUNGIN KAB.ENREKANG  
SULAWESI SELATAN**



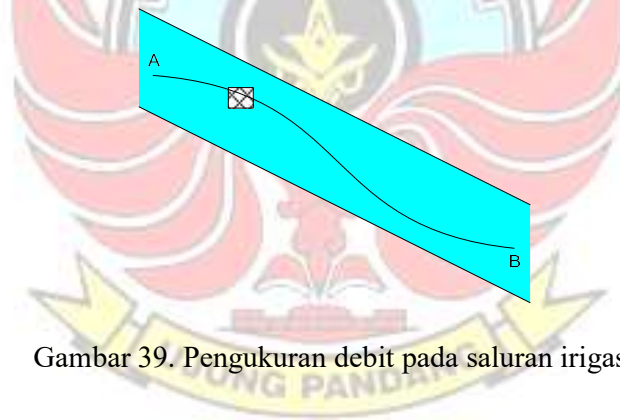
**NUR RAHMAT  
ANTONIUS BAAN LS**

**POLITEKNIK NEGERI UJUNG PANDANG  
MAKASSAR  
2008**

## 1. Survey Lokasi

Besar kecilnya tenaga listrik yang dapat dibangkitkan oleh sebuah pembangkit listrik tenaga mikrohidro berbanding lurus dengan besar kecilnya debit air ( $\text{m}^3/\text{det}$ ) dan tinggi air jatuh semakin besar pula daya listrik yang akan dibangkitkan.

Debit air adalah volume yang dinyatakan dalam satuan waktu tertentu ( $\text{m}^3/\text{det}$ ). Debit air diukur pada saluran irigasi. Data debit air yang digunakan untuk menentukan daya PLTMH adalah debit air minimum yang diukur pada musim kemarau. Cara pengukuran debit (Saluran irigasi) secara sederhana dapat dilakukan sebagai berikut (Gambar1)



Gambar 39. Pengukuran debit pada saluran irigasi

1. Mencari saluran irigasi yang lurus dengan panjang 19 m dengan kedalaman 1 m
2. Meletakkan pelampung (potongan sandal jepit) atau sejenisnya dititik kemudian dilepas.
3. Menghitung waktu yang diperlukan pelampung dari titik A ke titik B dengan menggunakan stopwatch.

Tabel 12. Hasil Pengamatan pengukuran debit air

No	Waktu (dt)
1	34,3
2	37,3
3	36,0
4	34,0
5	36,5

Jadi waktu rata-rata saat pengukuran adalah 35,62 dt

Perhitungan debit :

➤ Panjang irigasi = 19 m

➤ kedalaman rata-rata saluran irigasi (a) = 1 m

➤ lebar saluran irigasi (b) = 1,5 m

➤ kecepatan air (c) =  $\frac{\text{Panjang irigasi}}{\text{Waktu tempuh dari A ke B}}$

$$= \frac{19}{35,62} = 0,533 \text{ m/dt}$$

sehingga  $Q = a * b * c$

$$Q = 0,800 \text{ m}^3/\text{dt}$$

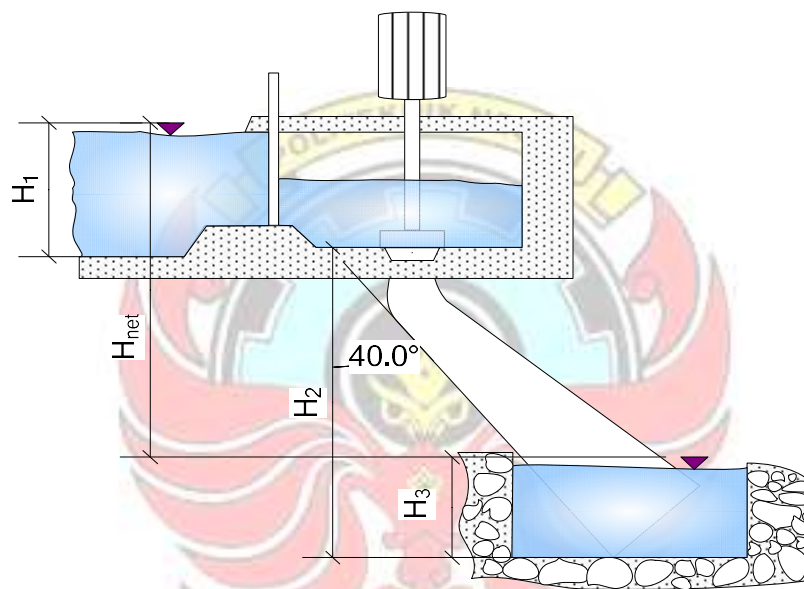
$$Q = 800 \text{ ltr/dt}$$

## 2. Tinggi Jatuh Air

Beda tinggi yang diukur pada :

Turbin Crossflow dihitung dari muka air pada bak penampung hingga poros (shaft) *runner* turbin.

Turbin Propeller dihitung dari muka air di bak penampung hingga ujung permukaan air.



Gambar 40. Pengukuran ketinggian jatuh air

Dimana:

$H_1$  = ketinggian air pada bak penenang [m]

$H_2$  = ketinggian turbin ke tail race [m]

$H_3$  = ketinggian air pada tail race [m]

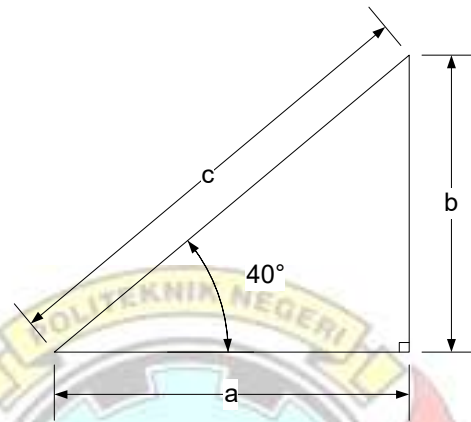
$H_{net}$  = Tinggi jatuh bersih air [m]

Tinggi  $H_1$  di dapatkan pada pengukuran kedalam pada bak penenang yaitu

150cm sedangkan  $H_3$  juga didapatkan dari pengukuran kedalaman air pada tail



race yaitu 150cm, sedangkan untuk ketinggian H2 dilakukan dengan metode phitagoras karena panjang pipa dapat diketahui dari pengukuran dan perkiraan kemiringan pipa.



Gambar 41. Pengukuran ketinggian dengan Metode phitagoras

$$\begin{aligned} b &= c \cdot \sin(\alpha) \text{ dimana } c = \text{panjang pipa pelepas air yaitu } 8,75 \text{ m} \\ &= 8,75 \cdot \sin 40 \\ &= 6,52 \text{ m} \end{aligned}$$

Jadi Tinggi jatuh bersih air dari survey adalah :

$$\begin{aligned} H_{\text{net}} &= (H_1 + H_2) - H_3 \\ &= (1,5 + 6,52) - 1,5 \\ &= 6,52 \text{ m} \end{aligned}$$

### 3. Evaluasi kapasitas daya pembangkit

Dari hasil survey diatas, maka kapasitas daya yang dibangkitkan adalah :

- Daya yang dibangkitkan harus lebih besar dari daya untuk pemakaian, mengingat adanya rugi-rugi pada instalasi listrik untuk itu daya yang dibangkitkan
- Daya input turbin = 51,116 kW
- Daya output turbin = 40,9335 kW
- Daya output generator = 28,33 kW

#### 4. Penggunaan Listrik

Dengan kebutuhan listrik yang ada, maka pada jumlah rumah yang dialiri listrik yang terjangkau listrik adalah 158 rumah dan 157 rumah yang belum terjangkau listrik.

Pada desa bungin terdapat 80 rumah yang memakai MCB 0,5A, 74 rumah yang memakai MCB 2A, 4 rumah yang memakai MCB 6A, 1 puskesmas yang memakai MCB 6A. Untuk setiap rumah dikenakan tarif berdasarkan jenis MCB yang dipakai setiap rumah dan dikelola oleh Koperasi Batu Ciak.

Tabel 13. Penentuan Tarif Listrik berdasarkan jenis MCB

Jenis MCB	Tarif
0,5A	Rp. 15.000
2A	Rp. 35.000
4A	Rp. 70.000
6A	Rp. 100.000
12A	Rp. 140.000

## 5. Pembangkit

Pembangkit yang ada di Desa Bungin ada 2 unit dan sekarang operasi satu unit dengan spesifikasi sebagai berikut:

### a. Turbin

Menggunakan turbin tipe propeller dengan diameter puli 23 cm, diameter puli generator 17 cm dan menggunakan sabuk transmisi sebanyak 6 buah.

### b. Pipa Pelepas Air

Pipa pelepas air yang panjangnya 8,75 m dengan kemiringan 40° dan memiliki model corong.

### c. Generator

Spesifikasi generator pembangkit unit I dan II sebagai berikut:

Code AEVBKB040060YU

Daya motor = 60 HP / 45 kW

Tegangan = 220 V [ $\Delta$ ] / 380 V [Y]

Arus = 148,5 A [ $\Delta$ ] / 86 A [Y]

Putaran = 1470 Rpm

Tipe Isolasi = F

Temperatur = 40 °C

TECO ELEC & MACH PTE,LTD

d. Load Stabilizer

Menggunakan load stabilizer tipe pemanas udara atau ballast dengan kapasitas daya serap 48 kW

e. Penghantar dan tiang transmisi

Untuk kabel transmisi utama menggunakan kabel NFA2X-T 70 mm<sup>2</sup> dan distribusi menggunakan kabel NFA 25 mm<sup>2</sup>, 16 mm<sup>2</sup> dan 10 mm<sup>2</sup>. Sedangkan untuk instalasi setiap rumah menggunakan kabel NYM 2,5 mm<sup>2</sup> dan NYM 1,5 mm<sup>2</sup>. Untuk tiang transmisi standar hanya menggunakan 10 buah.

f. Sistem Kontrol

Menggunakan satu sistem kontrol untuk setiap pembangkit dan satu control untuk sinkronisasi pembangkit.

6. Penanggung jawab pembangkit adalah Kepala Desa Bungin dengan seorang Operator

## Lampiran 2.

### Data Pembangkitan dan Kelistrikan

Tabel 14. Data pembangkitan daya berdasarkan pengaturan guide vane

No	$V_g$ [Volt]	$f$ [Hz]	$I_R$ [Amp]	$I_S$ [Amp]	$I_T$ [Amp]	$I_{B1}$ [Amp]	$I_{B2}$ [Amp]	$I_{B3}$ [Amp]	Posisi %
1	230	53	10	10	15	5	5	5	15
2	230	53	10	10	15	10	10	10	20
3	230	53	10	10	15	10	10	10	30
4	232	53	10	10	15	15	15	15	35
5	232	53	10	10	15	20	20	20	40
6	232	53	10	10	15	25	25	25	50

Tabel 15. Data pembangkitan daya pada malam hari pukul 21.00 WITA  
[Selasa, 12 Agustus 2008]

No	$V_g$ [Volt]	$f$ [Hz]	$I_R$ [Amp]	$I_S$ [Amp]	$I_T$ [Amp]	$I_{B1}$ [Amp]	$I_{B2}$ [Amp]	$I_{B3}$ [Amp]
1	232	53	32	36	35	5	5	5
2	232	53	32	36	35	5	5	5
3	232	53	32	36	35	5	5	5
4	232	53	32	36	35	5	5	5
5	232	53	32	36	35	5	5	5

Tabel 16. Data pembangkitan daya pada pagi hari pukul 07.00 WITA  
[Rabu, 13 Agustus 2008]

No	$V_g$ [Volt]	$f$ [Hz]	$I_R$ [Amp]	$I_S$ [Amp]	$I_T$ [Amp]	$I_{B1}$ [Amp]	$I_{B2}$ [Amp]	$I_{B3}$ [Amp]
1	232	53	25	20	20	20	20	20
2	232	53	25	20	18	18	20	20
3	232	53	27	19	17	17	22	22
4	232	53	27	19	18	18	22	22
5	232	53	27	17	16	16	22	22
6	232	53	25	15	20	20	20	20

Tabel 17. Data pembangkitan daya pada pagi hari Rabu, 19 November 2008

Waktu (Jam)	V <sub>g</sub> [Volt]	f [Hz]	I <sub>R</sub> [Amp]	I <sub>S</sub> [Amp]	I <sub>T</sub> [Amp]	I <sub>Ballast 1</sub> [Amp]	I <sub>Ballast 2</sub> [Amp]	I <sub>Ballast 3</sub> [Amp]
6.00	-	-	-	-	-	-	-	-
7.00	-	-	-	-	-	-	-	-
7.30	-	-	-	-	-	-	-	-
8.00	-	-	-	-	-	-	-	-
8.30	230	53	-	-	-	5	5	5
9.00	230	53	-	-	-	5	5	5
9.30	230	53	-	-	-	5	5	5
10.00	230	53	-	-	-	5	5	5
10.30	230	53	-	-	-	5	5	5
11.00	230	53	-	-	-	5	5	5
11.30	230	53	-	-	-	5	5	5
12.00	230	53	-	-	-	5	5	5
12.30	230	53	-	-	-	5	5	5
13.00	230	53	-	-	-	5	5	5
13.30	230	53	-	-	-	5	5	5
14.00	230	53	-	-	-	5	5	5
14.30	230	53	-	-	-	5	5	5
15.00	230	53	-	-	-	5	5	5
15.30	230	53	-	-	-	5	5	5
16.00	230	53	-	-	-	5	5	5
16.30	230	53	26	27.5	26	5	5	5
17.00	230	53	47.5	37.5	37.5	1	1	1



17.30	210	53	57.5	42.5	32.5	1	1	1
18.00	225	53	47.5	40	35	1	1	1
18.30	225	53	42.5	40	30	2	2	2
19.00	230	53	47.5	45	37.5	1	1	1
19.30	230	53	40	47.5	37.5	1	1	1
20.00	230	53	37.5	45	40	1	1	1
20.30	230	53	37.5	45	40	2	2	2
21.00	230	53	45	45	37.5	1	1	1
21.30	-	-	-	-	-	-	-	-



Tabel 18. Data pembangkitan daya pada pagi hari Kamis, 20 November 2008

Waktu (Jam)	V <sub>g</sub> [Volt]	f [Hz]	I <sub>R</sub> [Amp]	I <sub>S</sub> [Amp]	I <sub>T</sub> [Amp]	I <sub>Ballast 1</sub> [Amp]	I <sub>Ballast 2</sub> [Amp]	I <sub>Ballast 3</sub> [Amp]
6.00	-	-	-	-	-	-	-	-
7.00	230	53	21	10	10	4	4	4
7.30	230	53	25	16	8	4	3	3
8.00	230	53	22	12	8	4	4	4
8.30	230	53	27.5	10	12	4	4	4
9.00	230	53	25	12	14	3	3	3
9.30	230	53	30	12	10	3	3	3
10.00	230	53	25	10	8	4	4	4
10.30	230	53	20	8	8	4	4	4
11.00	230	53	20	8	10	4	4	4
11.30	230	53	20	8	10	4	4	4
12.00	230	53	25	10	8	4	4	4
12.30	230	53	25	12	10	3	3	3
13.00	-	-	-	-	-	-	-	-
13.30	-	-	-	-	-	-	-	-
14.00	-	-	-	-	-	-	-	-
14.30	230	53	20	18	25	3	3	3
15.00	230	53	21	25	25	3	2	2
15.30	230	53	20	20	22	3	2	2
16.00	230	53	30	20	16	1	1	1
16.30	230	53	42.5	25	27.5	1	1	1

17.00	230	53	47.5	27.5	16	1	0	0
17.30	225	53	40	25	30	1	0	0
18.00	210	53	47.5	37.5	37.5	1	0	0
18.30	225	53	42.5	40	30	1	0	0
19.00	215	53	47.5	42.5	27.5	1	0	0
19.30	210	53	52.5	45	32.5	1	0	0
20.00	210	53	50	45	32.5	1	0	0
20.30	215	53	47.5	40	35	1	0	0
21.00	225	53	42.5	40	30	1	0	0
21.30	-	-	-	-	-	-	-	-



Tabel 19. Data pembangkitan daya pada pagi hari Jumat, 21 November 2008

Waktu (Jam)	V <sub>g</sub> [Volt]	f [Hz]	I <sub>R</sub> [Amp]	I <sub>S</sub> [Amp]	I <sub>T</sub> [Amp]	I <sub>Ballast 1</sub> [Amp]	I <sub>Ballast 2</sub> [Amp]	I <sub>Ballast 3</sub> [Amp]
6.00	-	-	-	-	-	-	-	-
7.00	230	53	25	12	12	4	4	4
7.30	230	53	16	16	16	4	4	4
8.00	230	53	20	8	9	7	4	4
8.30	230	53	25	8	13	4	4	4
9.00	190	49	27.5	12	8	1	0	0
9.30	190	49	29.5	12	12	1	0	0
10.00	195	49	25	12	10	1	0	0
10.30	190	49	25	15	8	1	0	0
11.00	190	49	25	10	10	1	0	0
11.30	-	-	-	-	-	-	-	-
12.00	-	-	-	-	-	-	-	-
12.30	-	-	-	-	-	-	-	-
13.00	-	-	-	-	-	-	-	-
13.30	-	-	-	-	-	-	-	-
14.00	210	49	20	16	18	1	0	0
14.30	210	49	16	20	20	1	0	0
15.00	220	49	16	16	16	1	0	0
15.30	210	49	25	16	20	1	0	0
16.00	230	53	20	27.5	26	4	4	4
16.30	230	53	30	27.5	26	4	4	4
17.00	230	53	52.5	30	26	4	4	4

17.30	230	53	52.5	35	27.5	3	3	3
18.00	230	53	52.5	35	27.5	2	1	1
18.30	210	53	47.5	37.5	37.5	1	1	1
19.00	210	53	57.5	45	45	1	1	1
19.30	210	53	55	40	30	1	1	1
20.00	225	53	52.5	42.5	27.5	1	1	1
20.30	225	53	52.5	42.5	27.5	2	2	2
21.00	225	53	45	45	30	2	2	2
21.30	-	-	-	-	-	-	-	-

Keterangan :

$V_g$  = Tegangan fasa generator

$f$  = frekuensi generator

$I_R$  = Arus untuk fasa R

$I_S$  = Arus untuk fasa S

$I_T$  = Arus untuk fasa T

$I_{B1}$  = Arus ballast/dummy load kelompok 1

$I_{B2}$  = Arus ballast/dummy load kelompok 2

$I_{B3}$  = Arus ballast/dummy load kelompok 3

Tabel 20. Data kelistrikan yang ada pada konsumen

Type MCB [A]	Jumlah Rmh [Bh]
0,5	80
2	74
4	2
6	1
12	1

Tabel 21. Luas penampang nominal terkecil kabel dan penghantar udara

No	Macam kabel dan penghantar udara	Luas minimum penampang nominal (mm <sup>2</sup> )
1	Kabel udara berisolasi PVC jenis NYM-T dan NYMZ, (Tabel 7.1-10 lajur 1 dan 2)	1,5
2	Kabel udara berisolasi PVC jenis NFYM (Tabel 7.1-10 lajut 3)	6
3	Kabel pilin udara berisolasi PVC atau XLPE - penghantar tembaga - penghantar aluminium	6 10
4	Penghantar udara tembaga telanjang (BCC, Tabel 7.1-7)	6
5	Penghantar udara aluminium telanjang (AAC, Tabel 7.1-8)	16
6	Penghantar udara aluminium paduan telanjang (AAAC, Tabel 7.1-9)	16

Sumber : PUIL 2000



Tabel 22. KHA terus menerus kabel pilin udara berpenghantar aluminium atau tembaga, berisolasi XLPE atau PVC dengan tegangan pengenal 0,6/1 kV (1,2 kV), untuk saluran tegangan rendah dan saluran pelayanan, pada suhu keliling maksimum 30°C

Jenis kabel	Penampang nominal (mm <sup>2</sup> )	KHA terus menerus	Penggunaan
1	2	3	4
NFA2X	2 x 25 + 25	103	Saluran tegangan rendah
	2 x 35 + 25	125	
	2 x 50 + 35	154	
	2 x 70 + 50	196	
	2 x 95 + 70	242	
	3 x 25 + 25	Sda	
	3 x 35 + 25		
	3 x 50 + 35		
	3 x 70 + 50		
	3 x 95 + 70		
	3 x 25 + 25 + 2 x 16	s.d.a	Saluran pelayanan
	3 x 35 + 25 + 2 x 16		
	3 x 50 + 35 + 2 x 16		
	3 x 70 + 50 + 2 x 16		
	3 x 95 + 70 + 2 x 16		
2 x 10 re	54	Saluran pelayanan	
2 x 10 rm	54		
2 x 16 rm	72		
4 x 10 re	54		
4 x 10 rm	54		
4 x 16 rm	72		
4 x 25 rm	102		
2 x 6 re 54	54		
2 x 6 rm 54	54		
2 x 10 re 73	73		
2 x 10 rm 73	73		
2 x 16 rm 97	97		
4 x 6 re 54	54		
4 x 6 rm 54	54		
4 x 10 re 73	73		
4 x 10 rm 73	73		
4 x 16 rm 97	97		
4 x 25 rm 133	133		

Sumber : PUIL 2000

Tabel 22. Lanjutan

Jenis kabel	Penampang nominal (mm <sup>2</sup> )	KHA terus menerus	Penggunaan
1	2	3	4
NFAY	2 x 10 re 2 x 10 rm 2 x 16 rm NFAY 4 x 6 re 4 x 6 rm 4 x 16 rm 4 x 25 rm	42 42 42 42 42 58 75	
NFY	2 x 6 re 2 x 6 rm 2 x 10 re 2 x 10 rm NFY 4 x 6 re 4 x 6 rm 4 x 10 re 4 x 10 rm 4 x 16 rm 4 x 25 rm	42 42 60 60 42 42 60 60 75 107	

Sumber : PUIL 2000



Tabel 23. Daftar konstruksi kabel instalasi

No	Nama Kabel	Nomenklatur	Tegangan nominal (antara penghantar)	Jumlah inti	Luas penampang nominal inti mm <sup>2</sup>	Daerah penggunaan			
						Dalam ruang kering	Dalam ruang lembab, basah dan yang sejenis, juga di alam terbuka	Dalam tempat kerja dan gudang dengan bahaya kebakaran	Dalam tempat kerja dan gudang dengan bahaya ledakan
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	Kabel lampu termoplastik	NYFA NYFAF NYFAZ NYFAD	230/400 (300) 230/400 (300) 230/400 (300) 230/400 (300)	1,3 & 4 1,3 & 4 2 3	0,5 & 0,75 sda sda sda	Untuk pasangan tetap di dalam dan pada lampu			
2	Kabel lampu termoplastik tahan panas sampai 105 oC	NYFAw NYFAFw NYFAZw NYFADw	230/400 (300) 230/400 (300) 230/400 (300) 230/400 (300)	1,3 & 4 1,3 & 4 2 3	0,5 .... 1 0,5 .... 1 0,5 & 0,75 0,5 & 0,75	Untuk pasangan tetap di dalam dan pada lampu			
3	Kabel rumah termoplastik	NYA NYAF	400/690 (600) 400/690 (600)	1 1	0,5 .... 400 0,5 .... 400	Dalam pipa yang dipasang di atas atau di dalam plesteran (pada kamar mandi di rumah dan di hotel, hanya pipa plastik),pasangan terbuka pada isolator di atas plesteran di luar jangkauan tangan, dalam alat listrik, lemari hubung bagi	Tidak diperbolehkan	Tidak diperbolehkan	Tidak diperbolehkan

Tabel 23. Lanjutan

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
4	Kabel termoplastik khusus	NSYA NSYAF NSYAW	400/690 (600) 400/690 (600) 400/690 (600)	1 1 1	1,5 .. 400 1,5 .. 400 1,5 .. 400	sda	Dipasang secara terbuka pada isolator di luar jangkauan tetapi tidak di alam terbuka. Terutama sebagai penghantar masuk di luar jangkauan tangan.	Dipasang di pipa plastik di atas dan di dalam plesteran	Dalam lemari hubung-bagi diperbolehkan
5	Kabel lampu tabung termoplastik	NYL	4000 atau 8000 terhadap tanah	1	1,5	Hanya di dalam pipa baja dalam udara, atau dalam pipa seperti itu di atas dan di bawah plesteran, selanjutnya untuk dipasang dalam kotak lampu reklame dan benda relief juga dalam kanal hantaran dari logam (juga pada kendaraan)	Tidak diperbolehkan	Tidak Diperbolehkan	

Tabel 23. Lanjutan

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
6	Kabel termoplastik pipih a. berselubung karet b. berselubung termoplastik	NYIF NYIFY	230/400 (300) 230/400 (300)	2 ... 5 2 ... 5	1,5 & 2,5 1,5 & 2,5 Pada kabel berinti 2 dan 3, juga sampai 4 mm	Di dalam dan di bawah plesteran juga pada kamar mandi di rumah dan di hotel di dalam celah-celah dari langit-langit dan dinding tanpa plesteran, yang terbuat dari bahan yang tidak dapat terbakar selanjutnya dalam langit-langit balok kayu dari bangunan masif antara langit-langit palsu dan langit-langit yang diplester. Tidak diperbolehkan pada rumah kayu dan bangunan yang dipakai untuk pertanian.	Tidak diperbolehkan	Tidak diperbolehkan	Tidak diperbolehkan
7	Kabel gantung termoplastik tahan panas sampai 105°C	NYPLY	230/400 (300)	2 ... 4	0,75	Untuk lampu gantung Ringan			

Tabel 23. Lanjutan

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
8	a. Kabel rumah termoplastik berselubung b. Kabel rumah termoplastik berselubung oval	NYM NYM-O	230/400 (300) 230/400 (300)	1 ... 5 2 dan 3	1,5 ... 35 Bila berinti tunggal hanya sampai 16 mm	Di atas, di dalam dan di bawah plesteran. Juga di atas kayu	Di atas, di dalam di bawah plesteran juga di atas kayu	Di atas, di dalam di bawah plesteran juga di atas kayu	Di atas, di dalam dan di bawah plesteran dengan memperhatikan pengaruh kimia dan termis. Juga di atas kayu
9	Kabel termoplastik berperisai logam	NYRAMZ	230/400 (300)	2 ... 5	1 ... 5	sda	Tidak diperbolehkan	Di atas, di dalam dan di bawah plesteran. Juga di atas kayu	Sda
10	Kabel termoplastik berperisai logam berselubung termoplastik	NYRUZY NYRUYr	300/500 (400) 300/500 (400)	2 ... 5 2 ... 5	1,5 ... 25 1,5 ... 25 Berinti lima hanya sampai 16 mm <sup>2</sup>	Di atas, di dalam dan di bawah plesteran, tetapi tidak pada kamar mandi dalam rumah dan hotel. Juga di atas kayu.	Di atas, di dalam dan di bawah plesteran. Juga di atas kayu	Di atas, di dalam dan di bawah plesteran. Juga di atas kayu	Tidak Diperbolehkan
11	Kabel termoplastik berperisai logam berpelindung listrik berselubung termoplastik.	NHYRUZY NHYRUZYr	300/500 (400) 300/500 (400)	2 ... 5 2 ... 5	1,5 ... 25 1,5 ... 25 Berinti lima hanya sampai 6 mm <sup>2</sup>	Di atas, di dalam dan di bawah plesteran, tetapi tidak pada kamar mandi dalam rumah dan hotel, dalam ruangan dengan instalasi frekuensi tinggi. Juga di atas kayu.	Di atas di dalam dan di bawah plesteran, dalam ruang dengan instalasi frekuensi tinggi. Juga di atas kayu	Di atas di dalam dan di bawah plesteran, dalam ruang dengan instalasi frekuensi tinggi. Juga di atas kayu	Tidak Diperbolehkan



Tabel 23. Lanjutan

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
12	Kabel termoplastik berselubung timah hitam dan termoplastik.	NYBUY	300/500 (400)	2 ... 5	1,5 ... 35 Berinti lima hanya sampai 6 mm <sup>2</sup>	Di atas, di dalam dan di bawah plesteran, tetapi tidak pada kamar mandi dalam rumah dan hotel. Juga di atas kayu.	Di atas, di bawah plesteran. Juga di atas kayu	Di atas, di dalam dan di bawah plesteran. Juga di atas kayu	Di atas, di dalam dan di bawah plesteran. engan memperhatikan pengaruh kimia dan termis. Juga di atas kayu
13	Kabel termoplastik lampu tabung dengan selubung termoplastik	NYLRZY	4000 dan 8000 terhadap tanah.	1	1,5	Di atas, dan di bawah plesteran. Juga di atas kayu.	Di atas, dan di bawah plesteran. Juga di atas kayu.	Tidak diperbolehkan	Tidak Diperbolehkan
14	Kabel rumah karet	NGA	300/500 (400)	1	1 ... 95	Dalam pipa yang di pasang di atas atau di dalam plesteran (pada kamar mandi di rumah dan hotel hanya pipa plastik). Pemasangan terbuka pada isolator di atas plesteran di luar jangkauan tangan, dalam alat listrik, lemari hubung bagi.	Tidak diperbolehkan	Tidak diperbolehkan	Tidak Diperbolehkan

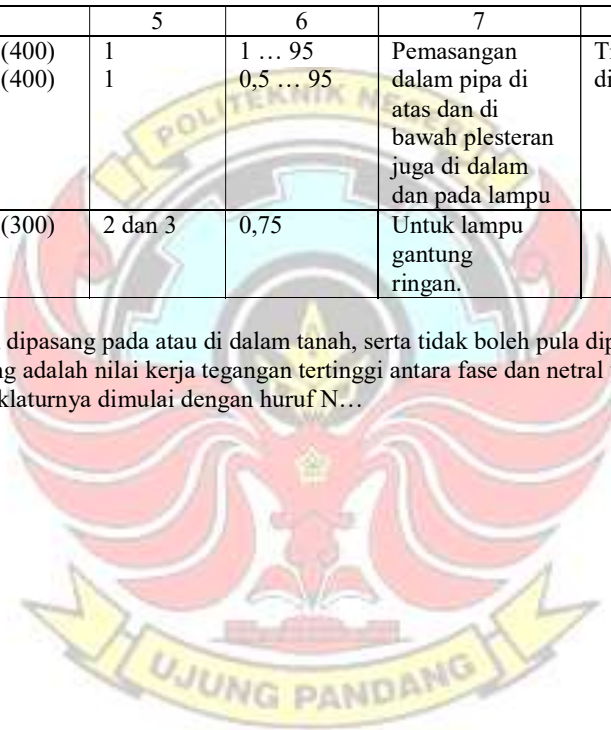
Tabel 23. Lanjutan

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
15	Kabel karet tahan panas	N2GAU N2GAU	300/500 (400) 300/500 (400)	1 1	1 ... 95 0,5 ... 95	Pemasangan dalam pipa di atas dan di bawah plesteran juga di dalam dan pada lampu	Tidak diperbolehkan	Pemasangan di dalam pipa plastik di atas dan di bawah plesteran.	Di dalam lemari hubung bagi
16	Kabel karet	NPL	230/400 (300)	2 dan 3	0,75	Untuk lampu gantung ringan.		Tidak diperbolehkan	

CATATAN :

- a) Kabel instalasi dalam tabel di atas tidak boleh dipasang pada atau di dalam tanah, serta tidak boleh pula dipasang sebagai kabel udara.
- b) Nilai tegangan pengenal di dalam tanda kurung adalah nilai kerja tegangan tertinggi antara fase dan netral yang diperbolehkan.
- c) Untuk kabel berpengantar tembaga, No menklaturnya dimulai dengan huruf N...

Sumber : PUIL 2000



Tabel 24. Resistans penghantar (kabel) instalasi tetap pada suhu 20 °C (R20)

Luas Penampang Nominal (mm <sup>2</sup> )	Jumlah Kawat minimum	Berlapis Logam		Polos		Aluminium	
		Inti Tunggal (ohm/km)	Inti Banyak (ohm/km)	Inti Tunggal (ohm/km)	Inti Banyak (ohm/km)	Inti Tunggal (ohm/km)	Inti Banyak (ohm/km)
1	2	3	4	5	6	7	8
0,5	1	36,0	36,7	35,3	36,0	-	-
0,75	1	24,3	24,8	24,0	24,5	-	-
1	1	17,9	18,2	17,7	18,1	29,3	29,9
1,5	1	12,0	12,2	11,9	12,1	19,7	20,0
2,5	1	7,21	7,35	7,14	7,28	11,8	12,0
4	1	4,51	4,60	4,47	4,56	7,39	7,54
6	1	3,0	3,06	2,97	3,03	4,91	5,01
10	1	1,79	1,83	1,77	1,81	2,94	3,0
16	1	1,13	1,15	1,12	1,14	1,85	1,89
0,5	7	42,4	43,10	41,7	42,40	-	-
0,75	7	27,0	27,50	26,8	27,0	-	-
1	7	21,2	21,60	20,8	21,20	34,8	35,4
1,5	7	13,6	13,80	13,3	13,60	22,2	22,7
2,5	7	7,41	7,56	7,27	7,41	12,1	12,4
4	7	4,6	4,70	4,52	4,61	7,55	7,70
6	7	3,05	3,11	3,02	3,08	4,99	5,09
10	7	1,81	1,84	1,79	1,83	2,96	3,02
16	7	1,41	1,16	1,13	1,15	1,87	1,91
25	7 (19)	0,719	0,734	0,712	0,727	1,18	1,20
35	19	0,519	0,529	0,514	0,524	0,851	0,868
50	19	0,383	0,391	0,379	0,387	0,628	0,641
70	7	0,265	0,270	0,262	0,268	0,435	0,443
95	7	0,191	0,195	0,189	0,193	0,313	0,320
120	7	0,151	0,154	0,150	0,153	0,248	0,253
150	7	0,123	0,126	0,122	0,124	0,202	0,206
185	7	0,0982	0,100	0,0972	0,0991	0,161	0,164
240	7	0,0747	0,0762	0,0740	0,0754	0,122	0,125
300	7 (19)	0,0595	0,0607	0,059	0,0601	0,976	0,100
400	19	0,0465	0,0475	0,0461	0,0470	0,0763	0,0778
500	19	0,0369	0,0377	0,0366	0,0373	0,0605	0,0617

Sumber : PUIL 2000

**Lampiran 3.**

**Surat Keterangan Penelitian**



**PEMERINTAH KABUPATEN ENREKANG  
KECAMATAN BUNGIN  
DESA BUNGIN**

*Kantor : Jln. Pendidikan No. 10 Panataan Kode Pos 91763*

**SURAT KETERANGAN**

Nomor : 36 / DB / VIII / 2008

Yang bertanda tangan dibawah ini Kepala Desa Bungin menerangkan bahwa:

1. Nur Rahmat [ 05 35 053 ]
2. Antonius Baan LS [ 05 35 055 ]

Adalah Mahasiswa Politeknik Negeri Ujung Pandang Jurusan Teknik Mesin Program Studi Teknik Konversi Energi telah melakukan penelitian terhadap Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro Di Desa Bungin Kecamatan Bungin, Pada tanggal 11 Agustus sampai dengan 14 Agustus 2008.

Demikian surat keterangan ini untuk dipergunakan sebagaimana mestinya.

Bungin, 14 Agustus 2008

Kepala Desa Bungin



Drs. Sultan Harun

*Lampiran 4.*

**Foto keadaan PLTMH Bungin Kab. Enrekang**



Gambar 42. Power House PLTMH Bungin Kab. Enrekang Tampak Depan



Gambar 43. Peneliti Bersama Operator PLTMH Bungin Kab. Enrekang



Gambar 44. Operator menjelaskan cara kerja guide vane turbin





Gambar 45. Operator mengatur guide vane turbin



Gambar 46. Generator unit pembangkit I tampak dari samping



Gambar 47. Puli dan sabuk transmisi





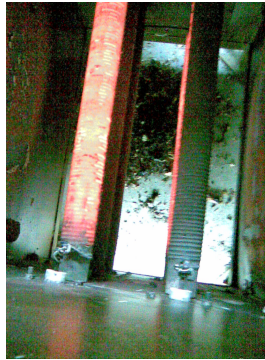
Gambar 48. Generator unit pembangkit I tampak dari depan



Gambar 49. Generator unit pembangkit II tampak dari depan



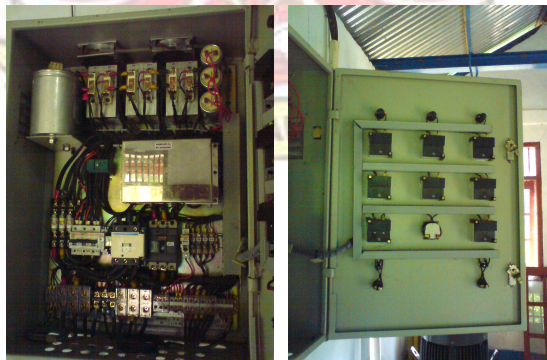
Gambar 50. Ballast unit pembangkit I tampak dari depan



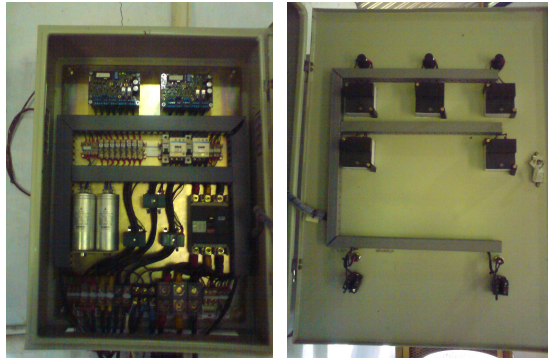
Gambar 51. Batang-batang pemanas pada ballast unit pembangkit I



Gambar 52. Panel kontrol pada PLTMH Bungin Kab. Enrekang



Gambar 53. Panel kontrol generator PLTMH Bungin Kab. Enrekang



Gambar 54. Panel kontrol sinkronisasi PLTMH Bungin Kab. Enrekang



Gambar 55. Kondisi rumah pada malam hari di Desa Bungin Kab. Enrekang



Gambar 56. Kondisi instalasi listrik rumah di Desa Bungin Kab. Enrekang





Gambar 57. Kondisi sungai di Desa Bungin Kab. Enrekang



Gambar 58. Bendungan PLTMH di Desa Bungin Kab.Enrekang



Gambar 59. Pintu air pada bendungan PLTMH di Desa Bungin Kab.Enrekang



Gambar 60. Intake saluran pembawa PLTMH di Desa Bungin Kab.Enrekang



Gambar 61. Bak Penenang PLTMH di Desa Bungin Kab.Enrekang



Gambar 62. Saluran Transmisi PLTMH di Desa Bungin Kab.Enrekang



Gambar 63. Pintu penguras bak penenang PLTMH di Desa Bungin Kab.Enrekang



Gambar 64. Pintu air turbin beserta saringan



Gambar 65. Kondisi saluran pembawa PLTMH di Desa Bungin Kab.Enrekang





Gambar 66. Nama Kontraktor yang menangani bendungan PLTMH



Gambar 67. PLTMH di Desa Bungin Kab.Enrekang tampak dari belakang



Gambar 68. Tail race PLTMH di Desa Bungin Kab.Enrekang



Gambar 69. Situasi masyarakat dalam merayakan 17 Agustus di Desa Bungin



Gambar 70. Kantor Kecamatan Bungin Kab.Enrekang



Gambar 71. Koperasi Batu Ciak di Desa Bungin Kab.Enrekang



Gambar 72. Tim Peneliti di depan Kantor Desa Bungin Kab.Enrekang



Gambar 73. Kondisi Ballast yang rusak pada PLTMH Bungin Kab.Enrekang



Gambar 74. Kondisi Pembangkit Unit 2 dalam proses perbaikan




Gambar 75. Kondisi Sabuk Pembangkit Unit 2 dalam proses perbaikan








## Lampiran 5

### Hasil analisa dengan software RetScreen


Natural Resources Canada / Ressources naturelles Canada







www.retscreen.net


Perangkat Lunak Analisa Proyek Energi Bersih

#### Informasi proyek [Lihat pusat data proyek](#)

Nama proyek	PLTMH 80 kW Bungin
Lokasi proyek	Desa Bungin Kab. Enrekang
Disiapkan untuk	Tugas Akhir
Disiapkan oleh	Antonius Baan LS
Tipe proyek	Daya
Teknologi	Turbin hidro
Tipe jaringan	Jaringan terisolasi
Tipe analisa	Metode 1
Acuan nilai kalor	Nilai kalor rendah (LHV)
Tunjukkan penyetelan	<input checked="" type="checkbox"/>
Bahasa	Indonesia - Bahasa Indonesia
Panduan pengguna	English - Inggris
Mata uang	Indonesia
Unit	Unit Metrik

#### Kondisi daerah acuar [Pilih lokasi data iklim](#)





Lokasi data iklim	Rantepao
Tunjukkan data	<input checked="" type="checkbox"/>



	Lokasi data	
	iklim	Lokasi proyek
Garis lintang	°U	-3.0
Garis bujur	°T	119.9
Ketinggian	m	514
Suhu rancangan pemanasan	°C	19.9
Suhu rancangan pendinginan	°C	27.6
Suhu bumi amplitudo	°C	6.1

Bulan	Suhu udara	Kelembaban relatif	Radiasi matahari harian - horizontal	Tekanan atmosfer	Laju angin	Suhu bumi	Pemanasan derajat-hari	Suhu pendinginan-hari
	°C	%	kWh/m <sup>2</sup> /d	kPa	m/s	°C	°C-d	°C-d
Januari	23.5	83.3%	5.07	95.3	2.2	25.0	0	419
Februari	23.6	81.1%	5.18	95.3	2.2	25.1	0	382
Maret	23.8	82.1%	5.31	95.3	1.8	25.4	0	428
April	24.0	83.3%	5.45	95.3	1.4	25.4	0	419
Mei	23.9	82.7%	5.28	95.3	2.2	25.2	0	431
Juni	23.6	81.1%	5.16	95.3	2.5	24.8	0	408
Juli	23.4	78.0%	5.26	95.4	2.9	24.5	0	414
Agustus	24.1	71.1%	5.83	95.4	3.0	25.5	0	437
September	24.6	70.3%	5.93	95.3	2.5	26.2	0	458
Oktober	24.4	77.0%	5.72	95.3	1.7	26.0	0	445
November	23.8	83.5%	5.29	95.3	1.7	25.4	0	413
Desember	23.6	83.2%	4.98	95.3	1.9	25.2	0	420
<b>Tahunan</b>	<b>23.8</b>	<b>79.7%</b>	<b>5.37</b>	<b>95.3</b>	<b>2.2</b>	<b>25.3</b>	<b>0</b>	<b>5,054</b>
Diukur pada	m					10.0	0.0	

[Lembar Model Energi Lengkap](#)

RETScreen4 2008-07-08
© Minister of Natural Resources Canada 1997-2008.
NRC/CETC - Varennes

**Sistem pembangkit listrik** **Inkremen biaya awal**

Teknologi: Turbin hidro

Tipe analisa: Metode 1 / Metode 2

Analisa sumberdaya

Proyek diusulkan	Aliran sungai		
Metode hidrologi	Ditentukan pengguna		
Tekanan bruto	21.3 m	ft	21.3
Efektif air larian maksimum	4.0 m	ft	4.0
Aliran residual	17.057 m³/s	ft³/s	17.057
Persentase waktu tersedianya aliran kuat	99.75 %		
Aliran pasti	0.40 m³/s	ft³/s	14.13

Turbin hidro

Aliran rancangan	0.800 m³/s	ft³/s	28.252
Tipe	Baling-baling		
Model	Ditentukan pengguna		
Jumlah turbin	1		
Perusahaan manufaktur	Hydro Innovation		
Model	Baling-baling		
Koefisien rancangan	4.5		
Pengaturan efisiensi	1.0%		
Efisiensi puncak turbin	85.6%		
Aliran pada efisiensi puncak	0.8 m³/s	ft³/s	28.3
Efisiensi turbin pada aliran rancangan	85.6%		

%	Aliran m³/s	Efisiensi turbin	Jumlah turbin	Efisiensi gabungan
0%	0.00	0.00	0	0.00
5%	0.00	0.00	1	0.00
10%	0.00	0.34	1	0.34
15%	0.00	0.52	1	0.52
20%	0.00	0.61	1	0.61
25%	0.00	0.65	1	0.65
30%	0.00	0.68	1	0.68
35%	0.00	0.69	1	0.69
40%	0.00	0.70	1	0.70
45%	0.00	0.71	1	0.71
50%	0.00	0.71	1	0.71
55%	0.00	0.72	1	0.72
60%	0.00	0.73	1	0.73
65%	0.00	0.74	1	0.74
70%	0.00	0.74	1	0.74
75%	0.00	0.75	1	0.75
80%	0.00	0.75	1	0.75
85%	0.00	0.77	1	0.77
90%	0.00	0.77	1	0.77
95%	0.00	0.78	1	0.78
100%	0.00	0.79	1	0.79

Kerugian hidrolik maksimum: 7.0%

Kerugian lainnya: 5.0%

Efisiensi generator: 95.0%

Ketersediaan: 95.0%

Ringkasan

Kapasitas daya: 37 kW

Faktor pengaturan aliran tersedia: 1.00

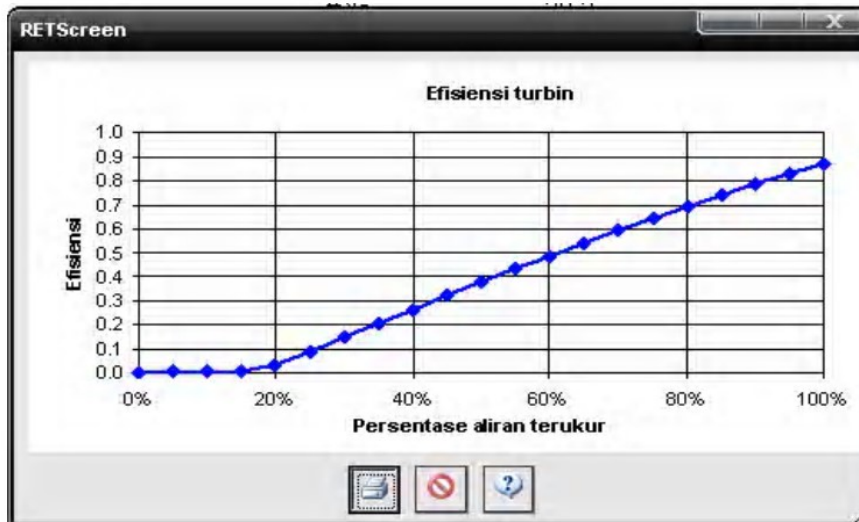
Faktor kapasitas: 32.1%

Listrik yang diekspor ke jaringan: 103 MWh

Harga ekspor listrik: IDR/MWh 100,000.00

Pasir: 23

IDR/kWh: 100,000





Sistem pembangkit diusulkan		Turbin hidro		Inkremen biaya awal	
Teknologi		Turbin hidro			
Tipe analisa	C G	Metode 1 Metode 2			
Analisa sumberdaya					
Proyek diusulkan		Aliran sungai			
Metode hidrologi		Ditentukan pengguna			
Tekanan bruto	m	1.50	ft	21.3	
Efektif air larian maksimum	m³/s	0.500	ft³/s	17.657	
Aliran residual	%	20.0%			
Persentase waktu tersedianya aliran kuat	m³/s	0.40	ft³/s	14.13	
Aliran pasti					
Turbin hidro					
Aliran rancangan	m³/s	0.800	ft³/s	28.252	
Tipe		Baling-baling			
Efisiensi turbin		standar			
Jumlah turbin		1			
Perusahaan manufaktur		Hydro Innovation			
Model		Baling-baling			
Koefisien rancangan		4.5			
Pengaturan efisiensi	%	1.0%			
Efisiensi puncak turbin	%	85.0%			
Aliran pada efisiensi puncak	m³/s	0.5	ft³/s	28.3	
Efisiensi turbin pada aliran rancangan	%	85.6%			
	%	Aliran m³/s	Efisiensi turbin	Jumlah turbin	Efisiensi gabungan
0%	0.00	0.01	0	0.00	
5%	0.50	0.01	1	0.01	
10%	0.50	0.01	1	0.01	
15%	0.50	0.01	1	0.01	
20%	0.50	0.03	1	0.03	
25%	0.50	0.09	1	0.09	
30%	0.50	0.15	1	0.15	
35%	0.50	0.21	1	0.21	
40%	0.50	0.27	1	0.27	
45%	0.50	0.32	1	0.32	
50%	0.50	0.38	1	0.38	
55%	0.50	0.43	1	0.43	
60%	0.50	0.49	1	0.49	
65%	0.50	0.54	1	0.54	
70%	0.50	0.59	1	0.59	
75%	0.50	0.64	1	0.64	
80%	0.50	0.69	1	0.69	
85%	0.50	0.74	1	0.74	
90%	0.50	0.79	1	0.79	
95%	0.50	0.83	1	0.83	
100%	0.50	0.87	1	0.87	
Kerugian hidrolis maksimum	%	7.0%			
Kerugian lainnya	%	5.0%			
Efisiensi generator	%	95.0%			
Ketersediaan	%	95.0%			
Ringkasan			Pasti	23	
Kapasitas daya	KW	37			
Faktor pengaturan aliran tersedia	%	100%			
Faktor kapasitas					
Listrik yang diekspor ke jaringan	MWh	54			
Harga ekspor listrik	IDR/MWh	100.000.00	IDR/MWh	100.000	

