



**STUDI POTENSI PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA PIKO HIDRO  
DI ALIRAN SUNGAI SEKITAR BANGUNMULYO,  
GIRIKERTO, TURI, SLEMAN**

**LAPORAN TUGAS AKHIR**

Diajukan kepada Fakultas Teknik Universitas Negeri Yogyakarta  
untuk Memenuhi Sebagian Persyaratan  
Guna Memperoleh Gelar Ahli Madya Teknik



Oleh :

Silvester Sandy Asmara

12506134047

**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS NEGERI YOGYAKARTA**

**2016**

PENGESAHAN

**LEMBAR PERSETUJUAN**

**PROYEK AKHIR**

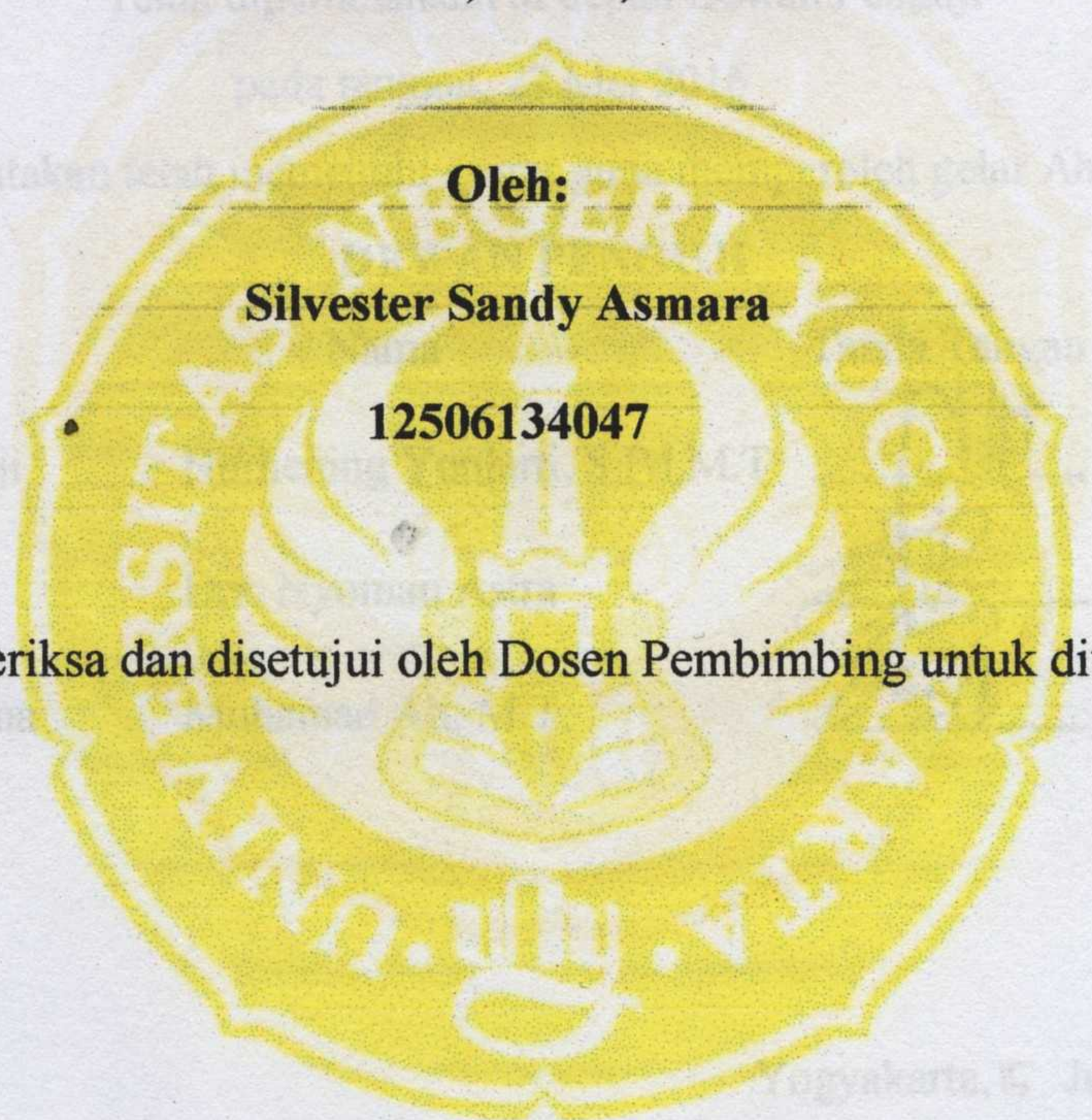
**STUDI POTENSI PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA PIKO HIDRO  
DI ALIRAN SUNGAI SEKITAR BANGUNMULYO,  
GIRIKERTO, TURI, SLEMAN**

Oleh:

**Silvester Sandy Asmara**

**12506134047**

Telah diperiksa dan disetujui oleh Dosen Pembimbing untuk diujikan.



Yogyakarta, 17 Mei 2016

Dosen Pembimbing,

Nurhening Yuniarti, S.Pd,M.T

NIP.19750609 200212 1 002

**PENGESAHAN**

**PROYEK AKHIR**

Dengan Judul

**“ STUDI POTENSI PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA PIKO HIDRO  
DI ALIRAN SUNGAI SEKITAR BANGUNMULYO,  
GIRIKERTO, TURI, SLEMAN”**

Telah dipertahankan di depan Dewan Penguji  
pada tanggal, 27 Mei 2016

dan dinyatakan telah memenuhi syarat guna memperoleh gelar Ahli Madya

**DEWAN PENGUJI**

Jabatan	Nama	Tanda Tangan	Tanggal
Ketua Penguji	Nurhening Yuniarti, S.Pd,M.T		14/6 - 2016
Sekretaris	Drs. Nyoman Astra		15/6 - 2016
Penguji Utama	Muhamad Ali, M.T.		15/6 - 2016


Yogyakarta, 5 Juni 2016

Fakultas Teknik

Universitas Negeri Yogyakarta

Dekan,



  
Dr. Moch. Bruri Triyono, M.Pd.

NIP. 19560216 198603 1 003

## **SURAT PERNYATAAN**

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam proyek akhir ini tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar Ahli Madya atau gelar lainnya di suatu Perguruan Tinggi, dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang telah ditulis oleh orang lain, kecuali secara tertulis diacu dalam naskah ini disebutkan dalam daftar pustaka.

Yogyakarta, Mei 2016

Yang menyatakan,



**Silvester Sandy Asmara**  
**NIM. 12506134047**

## **MOTTO**

*“Berusahalah untuk tidak menjadi manusia yang berhasil tapi berusahalah menjadi manusia yang berguna”(Einstein)*

*“Untuk mendapatkan kesuksesan, keberanianmu harus lebih besar daripada ketakutanmu”*

*“Lakukan yang terbaik kelak kamu akan mendapatkan hasil yang maksimal”*

*“Hidup tidak menghadiahkan barang sesuatupun kepada manusia tanpa bekerja keras”*

*“Kerjakanlah apapun yang kamu inginkan dengan keyakinan”*

## **PERSEMBAHAN**

Dengan penuh rasa syukur kepada Tuhan yang Maha Esa, kupersembahkan karya ini kepada:

Kedua Orang Tuaku yang telah memberikan dukungan serta do'a untuk kebahagiaan dan keselamatanku

Keluarga besar yang selalu memberikan motivasi dan menjaga kekompakan dan keutuhan dalam keluarga

Keluarga kecilku , Istriku dan Anakku yang telah memberiku semangat untuk segera menyelesaikan masa studiku

Teman-teman seperjuangan Teknik Elektro-D3 angkatan 2012 yang telah memberikan bantuan dan semangat.

Semoga Tuhan selalu melindungi dan memberikan kebaikan kepada kalian semua.

**STUDI POTENSI PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA PIKO HIDRO  
DI ALIRAN SUNGAI SEKITAR BANGUNMULYO,  
GIRIKERTO, TURI, SLEMAN**

Oleh:  
Silvester Sandy Asmara  
12506134047

**ABSTRAK**

Tujuan pembuatan proyek akhir yang berjudul “Studi Potensi Pembangkit Listrik Tenaga Piko Hidro di Aliran Sungai Sekitar Bangunmulyo, Girikerto, Turi, Sleman” adalah untuk mengetahui: (1) berapa debit air yang dapat dihasilkan dari sungai di lokasi tersebut dan (2) berapa potensi daya yang bisa dibangkitkan dari sungai di lokasi tersebut. Selain itu, bertujuan dapat memberikan rekomendasi di lokasi tersebut dibangun Pembangkit Listrik Tenaga Piko Hidro.

Proyek Akhir ini dilakukan dengan tahapan, seperti berikut: persiapan, studi literatur, observasi, pengumpulan data, analisis data, kesimpulan dan saran atau rekomendasi. Obyek dalam proyek akhir ini adalah sebuah sungai yang berlokasi di Desa Bangunmulyo. Data pengukuran pada proyek akhir kali ini meliputi kecepatan air, *head*, debit air, potensi hidrolik dan estimasi daya dibangkitkan. Data tersebut kemudian akan dianalisis.

Hasil dari studi potensi PLTPH yang dilakukan, diperoleh kecepatan aliran air sungai tersebut 0,576 m/detik dengan luas penampang 0,25cm. Berdasarkan hasil pengukuran kecepatan air dan luas penampang diperoleh debit rata-rata 0,143 m<sup>3</sup>/detik. Berdasarkan hasil pengukuran debit air dan dengan *head* 5,2m didapatkan hasil rata-rata potensi hidrolik sebesar 7,5 kW. Berdasarkan hasil potensi hidrolik maka diketahui estimasi daya dibangkitkan sebesar 3,67 kW. Studi potensi yang dilakukan juga menghasilkan rekomendasi bahwa lokasi tersebut dapat dibangun Pembangkit Listrik Tenaga Piko Hidro dengan daya dibangkitkannya sebesar 3,67 kW.

*Kata kunci: piko hidro, debit air, studi potensi*

## KATA PENGANTAR

Segala puji dan syukur kepada Tuhan yang Maha Esa yang telah memberikan Rahmat serta Hidayah-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini. Berdoa kepada Tuhan, keluarga, sahabat, dan pengikutnya hingga akhir zaman.

Penulis sadar tanpa bantuan berbagai pihak, Proyek Akhir ini tidak akan terlaksana dengan baik. Oleh karena itu, pada kesempatan ini penulis dengan ketulusan hati mengucapkan terima kasih atas dukungan, bimbingan dan bantuannya baik secara moril maupun materil kepada :

1. Allah SWT yang telah melimpahkan Rahmat dan Nikmat Islam.
2. Bapak Dr. Moch. Bruri Triyono selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Negeri Yogyakarta.
3. Bapak Totok Heru Tri Maryadi, M.Pd. selaku Ketua Jurusan Pendidikan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Negeri Yogyakarta
4. Bapak Moh. Khairudin, M.T. Ph.D. selaku Ketua Program Studi Teknik Elektro.
5. Ibu Nurhening Yuniarti, M.T. selaku Pembimbing Proyek Akhir.
6. Bapak Sigit Yatmono, M.T. selaku Pembimbing Akademik Jurusan Pendidikan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Negeri Yogyakarta.
7. Bapak Drs. Nyoman Astra selaku Kordinator Proyek Akhir D3 Pendidikan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Negeri Yogyakarta.



8. Para Dosen, Teknisi dan Staf Jurusan Pendidikan Teknik Elektro yang telah banyak memberikan ilmu pengetahuan.
9. Bapak, Ibu, dan kakakku terima kasih atas semua do'a, dukungan dan saran yang selalu diberikan.
10. Keluarga kecilku Istri dan Anakku yang senantiasa menemaniku disaat membutuhkan semangat.
11. Teman-teman elektro D3 angkatan 2012 yang senantiasa memberi semangat dan bantuan.
12. Semua pihak yang telah banyak memberikan bantuan atas terselesaikannya proyek akhir ini.

Dalam penyusunan tugas akhir ini, penulis menyadari bahwa masih banyak kekurangan, untuk itu masukan berupa kritik dan saran yang membangun sangat diharapkan demi kesempurnaan proyek akhir ini. Penulis berarap semoga proyek akhir ini bermanfaat bagi penulis dan semua pihak.

Yogyakarta,

Hormat saya,

Penulis

## DAFTAR ISI

	Halaman
<b>HALAMAN JUDUL</b> .....	i
<b>HALAMAN PERSETUJUAN</b> .....	ii
<b>HALAMAN PENGESAHAN</b> .....	iii
<b>SURAT PERNYATAAN KEASLIAN</b> .....	iv
<b>MOTTO</b> .....	v
<b>PERSEMBAHAN</b> .....	vi
<b>ABSTRAK</b> .....	vii
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	viii
<b>DAFTAR ISI</b> .....	x
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	xiv
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	xv
<b>BAB I PENDAHULUAN</b> .....	1
A. Latar Belakang .....	1
B. Identifikasi Masalah .....	3
C. Batasan Masalah .....	4
D. Rumusan Masalah .....	4
E. Tujuan .....	4
F. Manfaat .....	5
G. Keaslian Gagasan .....	5
<b>BAB II PENDEKATAN PEMECAHAN MASALAH</b> .....	7

A. Pembangkit Listrik Tenaga Piko Hidro .....	7
B. Lokasi .....	8
C. Aksesibilitas.....	10
D. Siklus Hidrologi.....	11
E. Demografi.....	12
a. Penggunaan Energi.....	12
b. Infrastruktur .....	12
F. Pengukuran dan Perkiraan Debit Sungai .....	12
1. Pengukuran Debit Secara Langsung.....	13
a. Pengukuran Kecepatan Arus dengan Pelampung.....	13
b. Pengukuran Kecepatan Arus dengan <i>Velocity Head Road</i> ....	15
c. Pengukuran Kecepatan Arus dengan <i>Trupp Ripple Meter</i> .....	16
d. Pengukuran Kecepatan Arus dengan Current Meter.....	18
G. Pengukuran Beda Tinggi / <i>Head</i> .....	21
H. Potensi Hidrolik.....	22
I. Potensi Daya Pembangkit.....	22
J. Turbin Air.....	23
1. Turbin Impuls .....	24
a. Turbin Pelton.....	24
2. Turbin Reaksi .....	25
a. Turbin Francis .....	26
b. Turbin Propeller Kaplan.....	26
3. Fungsi Turbin .....	27

4. Prinsip Kerja Turbin .....	28
K. Generator AC tiga fasa .....	28
1. Stator.....	30
a. Rangka Stator .....	30
b. Inti Stator .....	30
c. Alur (slot) dan Gigi .....	30
d. Kumparan Stator.....	31
2. Rotor .....	31
a. <i>Slip Ring</i> .....	31
b. Kumparan Rotor .....	31
c. Poros Rotor.....	31
3. Prinsip Kerja Generator Sinkron .....	32
<b>BAB III METODE PROYEK AKHIR .....</b>	<b>34</b>
A. Tahap-tahap Proyek Akhir .....	34
1. Persiapan.....	34
2. Studi Literatur.....	34
3. Observasi .....	34
4. Pengumpulan Data.....	35
5. Analisis Data .....	35
B. Flowchart .....	36
C. Lokasi dan Waktu Analisis .....	36
D. Teknik Pengumpulan Data.....	36
1. Studi Pustaka .....	37

2. Observasi .....	37
3. Pengukuran .....	37
E. Teknik Analisis Data.....	37
1. Menganalisis Pengukuran Kecepatan Aliran dan Debit Air.....	37
2. Analisa Potensi Hidrolik.....	38
3. Analisa Daya Dibangkitkan.....	39
4. Menganalisa Curah Hujan .....	39
F. Rancangan Proyek Akhir .....	39
G. Tabel Pengamatan .....	40
<b>BAB IV HASIL PROYEK AKHIR DAN PEMBAHASAN .....</b>	<b>46</b>
A. Pengujian.....	46
1. Pengambilan data dan pengolahan data .....	46
2. Hasil .....	46
a. Hasil Pengukuran Kecepatan Air.....	46
b. Data Curah Hujan dari BMKG DIY Tahun 2015.....	49
c. Hasil Perhitungan Debit Air .....	49
d. Pengukuran <i>Head</i> .....	51
e. Hasil Potensi Hidrolik.....	53
f. Estimasi Daya yang Dibangkitkan.....	55
B. Analisis Data .....	57
1. Curah Hujan .....	57
2. Analisis Pengukuran Kecepatan Air .....	58
3. Analisis Pengukuran Debit Air .....	60

4. Analisis Potensi Hidrolik.....	62
5. Analisis Hasil Estimasi Daya yang Dibangkitkan .....	66
<b>BAB V KESIMPULAN DAN SARAN .....</b>	<b>70</b>
A. Kesimpulan .....	70
B. Keterbatasan Proyek Akhir .....	70
C. Saran.....	70
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>72</b>
<b>LAMPIRAN.....</b>	<b>74</b>

## DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 1. Lokasi Sungai di Bangunmulyo .....	9
Gambar 2. Keadaan Singai di Bangunmulyo .....	10
Gambar 3. Siklus Hidrologi Air .....	11
Gambar 4. Pengukuran Debit Air Menggunakan Pelampung .....	15
Gambar 5. Pengukuran Kecepatan Arus dengan <i>Velocity Head Rod</i> .....	17
Gambar 6. Pengukuran Kecepatan Arus dengan <i>Trupp Ripple Meter</i> .....	18
Gambar 7. <i>Current Meter</i> Tipe Sumbu Tegak .....	20
Gambar 8. <i>Current Meter</i> Tipe Sumbu Mendatar .....	21
Gambar 9. Turbin Pelton .....	25
Gambar 10. Turbin Francis .....	26
Gambar 11. Turbin Kaplan .....	27
Gambar 12. Konstuksi Generator Sinkron .....	29
Gambar 13. Bentuk-bentuk Alur .....	30
Gambar 14. Kaidah Tangan Kanan Fleming .....	33
Gambar 15. Diagram Alir Analisi Data .....	36
Gambar 16. Cara Mengukur Permukaan Air dengan Posisi Forebay .....	52
Gambar 17. Pengukuran dari Titik Tertinggi ke Titik Terendah .....	52
Gambar 18. Jumlah dari Hasil Pengukuran Seluruhnya .....	53
Gambar 19. Grafik Curah Hujan pada Tahun 2015 .....	57
Gambar 20. Grafik Kecepatan Air pada Minggu I .....	58

Gambar 21. Grafik Kecepatan Air pada Minggu II .....	59
Gambar 22. Grafik Debit Air pada Minggu I.....	60
Gambar 23. Grafik Debit Air pada Minggu II .....	61
Gambar 24. Hasil dari Potensi Hidrolik.....	65
Gambar 25. Grafik Estimasi Daya yang Dibangkitkan.....	68



## DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 1. Hubungan antara X dan W pada <i>Trupp Ripple Meter</i> .....	17
Tabel 2. Pengelompokan Turbin Air.....	23
Tabel 3. Data Debit Air .....	40
Tabel 4. Data Curah Hujan.....	40
Tabel 5. Hasil Pengukuran Kecepatan Aliran Air Minggu I.....	41
Tabel 6. Hasil Pengukuran Kecepatan Aliran Air Minggu II .....	42
Tabel 7. Data Head.....	43
Tabel 8. Data Potensi Hidrolik Minggu I.....	43
Tabel 9. Data Potensi Hidrolik Minggu II .....	44
Tabel 10. Data Estimasi Daya yang Dihasilkan pada Minggu I .....	44
Tabel 11. Data Estimasi Daya yang Dihasilkan pada Minggu II.....	45
Tabel 12. Hasil Pengukuran Kecepatan Air Minggu I.....	47
Tabel 13. Hasil Pengukuran Kecepatan Air Minggu II.....	48
Tabel 14. Data Curah Hujan.....	49
Tabel 15. Hasil Perhitungan Debit Air pada Minggu I .....	50
Tabel 16. Hasil Perhitungan Debit Air pada Minggu II.....	51
Tabel 17. Hasil Pengukuran <i>Head</i> .....	53
Tabel 18. Data Potensi Hidrolik pada Minggu I .....	54
Tabel 19. Data Potensi Hidrolik pada Minggu II.....	55
Tabel 20. Data Estimasi Daya yang dihasilkan pada Minggu I.....	56

Tabel 21. Data Estimasi Daya yang dihasilkan pada Minggu II.....	57
Tabel 22. Rata-rata Estimasi Daya Dibangkitkan .....	69

# BAB I

## PENDAHULUAN

### A. Latar Belakang Masalah

Energi listrik merupakan salah satu faktor yang sangat penting bagi pengembangan pembangunan suatu bangsa. Pemanfaatan energi listrik yang tepat akan menjadi suatu modal dalam merangsang pertumbuhan perekonomian negara. Berdasarkan alasan tersebut, dapat dimengerti apabila pada akhir-akhir ini permintaan akan pembangkit energi listrik semakin meningkat, berdasarkan data laporan statistik PLN pada tahun 2013 beban puncak mencapai 30.834 MW sedangkan pada tahun 2014 meningkat 8,06% mencapai angka 33.321,15 MW. Dalam *Executive Summary: Sumber Energi Alternatif Menuju Ketahanan Energi Nasional* oleh Lemhanas (Lembaga Ketahanan Nasional) tahun 2006, disebutkan bahwa kebutuhan listrik dunia diproyeksikan akan meningkat dari 14.275 Milyar Watt di tahun 2002, melonjak menjadi 26.018 Milyar Watt di tahun 2025, dan sumber energi listrik tersebut sebagian besar di peroleh dari batubara (hampir 40%), diikuti dengan gas yang kecenderungannya semakin meningkat. Di Asia diproyeksikan kebutuhan energi akan meningkat hingga dua kali lipat dalam jangka waktu 23 tahun (2002-2025).

Penggunaan energi alternatif terutama untuk memenuhi kebutuhan energi di pedesaan, dimana sebagian Desa Bangunmulyo terutama di kebun salak secara ekonomis sulit terjangkau oleh listrik PLN. Matahari merupakan sumber energi

utama di bumi ini. Secara langsung dan tidak langsung sumber energi lain berasal dari energi matahari. Secara langsung, energi matahari dapat diubah menjadi energi listrik dengan teknologi fotovoltaik. Energi angin misalnya, adalah udara yang bergerak dikarenakan adanya perbedaan temperatur (akibat panas matahari) dan tekanan udara. Beberapa daerah mengalami perbedaan temperatur dan tekanan yang cukup ekstrim sehingga menimbulkan pergerakan udara yang berpotensi untuk dijadikan sumber energi angin.

Selain energi matahari dan angin, dari siklus hidrologi air, kita dapat memanfaatkan energi air dari ombak atau gelombang, arus sungai atau pun energi potensial air akibat dari perbedaan ketinggian muka air. Energi air ini merupakan sumber energi potensial yang belum dimanfaatkan secara optimal. Secara umum, pemanfaatan sumber energi ini dilakukan pada skala yang besar yang mengakibatkan biaya yang dibutuhkan menjadi besar.

Indonesia mempunyai potensi Pembangkit Listrik Tenaga Air (PLTA) sebesar 70.000 mega watt (MW). Potensi ini baru dimanfaatkan sekitar 6 persen atau 3.529 MW atau 14,2 persen dari jumlah energi pembangkitan PT PLN. Sebagai perbandingan, potensi tenaga air di negara-negara bekas Uni Soviet yang di sebut *Commonwealth of Independen States* (CIS) mencapai 98.000 MW dengan jumlah bendungan sekitar 500 buah dengan keseluruhan daya terpasang PLTA 66.000 MW atau sekitar 67 persen dari potensi yang tersedia.

Peluang pembangunan PLTA di Indonesia masih besar, apalagi Indonesia masih dilanda kesulitan bahan bakar minyak (BBM). Pemanfaatan

sumber daya air sebagai salah satu sumber energi primer yang terbarukan bisa disinergikan dengan memanfaatkan air untuk meningkatkan ketahanan pangan. Selain itu, PLTA juga menjadi jawaban untuk pembangkit tenaga yang tidak menghasilkan CO<sub>2</sub> seperti dihasilkan bahan bakar fosil. Karena itu pada pencaanangan energi 10.000 MW berikutnya diharapkan 7000 MW diantaranya dari tenaga air. Indonesia mempunyai jumlah air permukaan terbanyak ke lima di dunia ( PLN, 2005).

Desa Bangunmulyo terdapat beberapa sungai yang menurut pengamatan mempunyai aliran yang cukup stabil, sehingga debit aliran airnya dapat dimanfaatkan sebagai pembangkit energi listrik dengan daya keluaran mulai dari skala puluhan sampai ribuan watt, tergantung debit air, *head*, dan teknologi pembangkit yang digunakan. Berdasarkan hal tersebut, pada studi ini akan dilakukan suatu kajian tentang potensi energi air yang dimiliki oleh sungai di sekitar dusun Bangunmulyo yang bisa dimanfaatkan untuk membuat suatu Pembangkit Listrik Tenaga Piko Hidro.

## **B. Identifikasi Masalah**

Berdasarkan latar belakang masalah di atas maka dapat diidentifikasi beberapa permasalahan sebagai berikut:

1. Semakin meningkatnya permintaan akan pembangkit tenaga listrik.
2. Potensi pembangkit listrik tenaga air di Indonesia baru dimanfaatkan sekitar 6 persen dari total potensi pembangkit listrik tenaga air yang ada.

3. Masih kurangnya pembangkit listrik alternatif yang dikarenakan mahal biaya pembangunan pembangkit listrik.
4. Sebagian Desa Bangunmulyo terutama di kebun salak masih sulit terjangkau oleh listrik dari PLN.
5. Secara umum, pemanfaatan sumber energi ini dilakukan pada skala yang kecil sehingga daya yang dihasilkan tidak terlalu besar.

### **C. Batasan Masalah**

Berdasarkan uraian pada identifikasi masalah di atas, maka “Studi Potensi Pembangkit Listrik Tenaga Piko Hidro di Aliran Sungai sekitar Bangunmulyo, Girikerto, Turi, Sleman” di batasi pada :

1. Pembahasan ini dikhususkan pada studi potensi energi pada sungai di Desa Bangunmulyo.
2. Menganalisa potensi hidrolis dan berapa daya yang dapat dibangkitkan.

### **D. Rumusan Masalah**

Berdasarkan pembahasan yang telah diuraikan seperti di atas maka dirumuskan permasalahan, yaitu sebagai berikut :

1. Berapa debit air yang dapat dihasilkan dari sungai tersebut?
2. Berapa potensi daya yang bisa dibangkitkan dari sungai tersebut?

### **E. Tujuan**

Proyek Akhir “Studi Potensi Pembangkit Listrik Tenaga Piko Hidro di Aliran Sungai sekitar Bangunmulyo, Girikerto, Turi, Sleman” ini memiliki tujuan sebagai berikut :

1. Menghitung debit air sungai yang berada di Desa Bangunmulyo.
2. Menganalisa potensi energi yang dimiliki oleh aliran sungai di Desa Bangunmulyo.

#### **F. Manfaat**

1. Bagi Mahasiswa
  - a. Menerapkan teori yang telah didapatkan selama mengikuti perkuliahan.
  - b. Memperluas pengetahuan atau wawasan penulis khususnya dalam bidang pembangkitan energi listrik listrik.
  - c. Memeroleh pengalaman dalam merancang dan membangun PLTPH.
2. Bagi Lembaga Pendidikan
  - a. Mendorong mahasiswa maupun dosen mengembangkan energi alternatif.
  - b. Dapat mendorong gagasan baru dalam membantu mengurangi dampak dari krisis energi global.
3. Bagi Masyarakat
  - a. Membantu masyarakat dalam menyediakan pasokan energi listrik.
  - b. Membantu mengurangi dampak krisis energi.

#### **G. Keaslian Gagasan**

Penyusunan proyek akhir dengan judul “STUDI POTENSI PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA PIKO HIDRO DI ALIRAN SUNGAI sekitar BANGUNMULYO, GIRIKERTO, TURI, SLEMAN”, adalah asli gagasan dari penulis. Hal tersebut didapat ketika sedang berkunjung Bersama teman saya ke sungai di daerah Desa Bangunmulyo, setelah melihat lokasi

tersebut muncul ide untuk membangun Pembangkit Listrik Tenaga Piko Hidro, judul diatas saya dapatkan setelah berdiskusi dengan dosen di Jurusan Pendidikan Teknik Elektro UNY.



## BAB II

### PENDEKATAN PEMECAHAN MASALAH

#### A. Pembangkit Listrik Tenaga Piko Hidro

Menurut Arismunandar dan Susumumu Kuwahara (1974), berdasarkan output yang dihasilkan, Pembangkit Listrik Tenaga Air dibedakan menjadi :

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

Pembangkit Listrik Tenaga Piko Hidro adalah suatu pembangkit yang dapat menghasilkan energi listrik kurang dari 5 kW dan dapat diklasifikasikan sebagai pembangkit listrik berskala kecil. Prinsip pembangkitan tenaga air adalah suatu bentuk perubahan tenaga dari tenaga air dengan ketinggian dan debit tertentu menjadi tenaga listrik, dengan menggunakan turbin dan generator. Pembangkit listrik tenaga air skala piko pada prinsipnya memanfaatkan beda ketinggian dan jumlah debit air per detik yang ada pada aliran sungai. Aliran air ini selanjutnya menggerakkan turbin, lalu turbin menggerakkan generator dan generator menghasilkan listrik. Pembangkit Listrik Tenaga Piko Hidro memiliki berbagai keunggulan sebagai pembangkit listrik berskala kecil, diantaranya yaitu:

1. Energi yang tersedia tidak akan habis selagi siklus dapat kita jaga dengan baik, seperti daerah tangkapan atau *catchment area*, vegetasi sungai dan sebagainya.
2. Proses yang dilakukan mudah dan murah, tidak menimbulkan polusi seperti yang ditimbulkan dari pembangkit listrik tenaga fosil.
3. Dapat di produksi di Indonesia, sehingga jika terjadi kerusakan tidak akan sulit untuk mendapatkan sparepart-nya.
4. Mengurangi tingkat konsumsi energi fosil, langkah ini akan berperan dalam mengendalikan laju harga minyak di pasar Internasional.
5. Ukurannya yang kecil cocok digunakan di daerah pedesaan yang belum terjangkau jaringan aliran listrik PLN.

Tetapi PLTPH juga mempunyai kekurangan, diantaranya :

1. Sumber pembangkit berupa air, besarnya listrik yang dihasilkan PLTPH bergantung pada tinggi jatuhnya air dan volume air. Pada musim kemarau kemampuan PLTPH akan menurun karena jumlah air biasanya berkurang.
2. Ukuran Generator tidak menunjukkan kemampuan produksi listriknya karena semuanya tergantung pada jumlah air dan ketinggian jatuh air sehingga ukuran generator bukan penentu utama kapasitas PLTPH.

## **B. Lokasi**

Lokasi potensial pembangunan PLTPH berada di Bangunmulyo, Girikerto, Turi, Sleman. Sungai tersebut berada ditengah-tengah kebun salak oleh

masyarakat umum biasa digunakan sebagai irigasi kebun salak. PLTPH berada pada posisi:  $7^{\circ}37'18''\text{S}$   $110^{\circ}23'50''\text{E}$  dengan ketinggian sekitar 500m di atas permukaan air laut.



Gambar 1. Lokasi Sungai di Bangunmulyo

(sumber: <http://wikimapia.org/lang=id&lat=7.621675&lon=110.397438&z=17&m=b>)

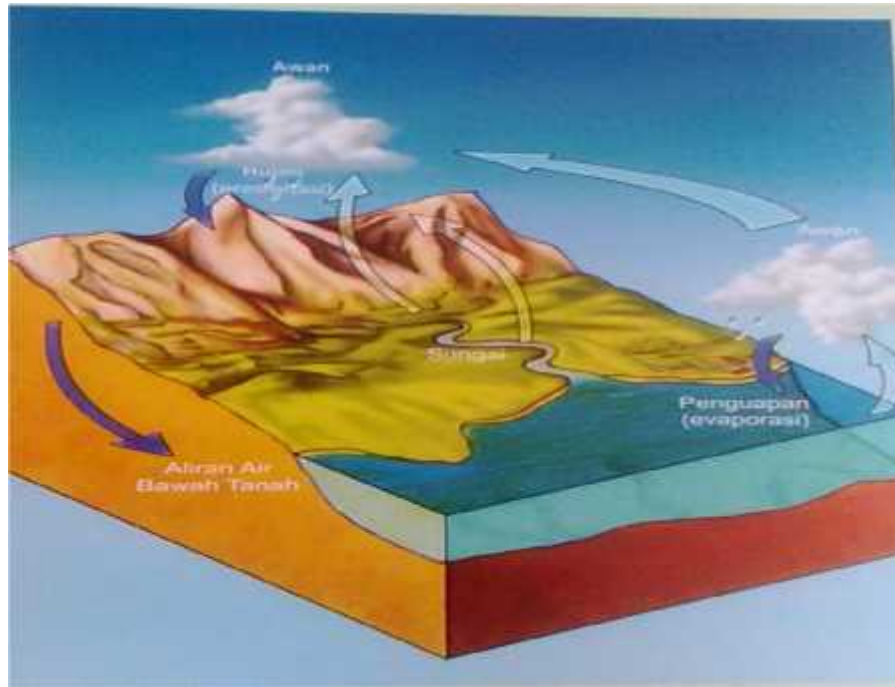


Gambar 2 . Keadaan Sungai di Bangunmulyo

### C. Aksesibilitas

Aksesibilitas untuk mencapai lokasi PLTPH Desa Bangunmulyo dari Universitas Negeri Yogyakarta langsung dapat mengendarai kendaraan roda dua ataupun roda empat, perjalanan sejauh 23 km yang ditempuh selama 1-1,5 jam. Waktu perjalanan juga dipengaruhi jalan yang akan dilewati dalam keadaan macet atau tidak. Setelah sampai di rumah rekan saya Kristiyanto, mobil diparkir lalu berjalan kaki sekitar 100m melewati jalan setapak menuju lokasi tepi sungai yang aliran airnya digunakan sebagai PLTPH.

#### D. Siklus Hidrologi



Gambar 3. Siklus Hidrologi Air

(Tutun Nugraha, PhD dan Didik Sunardi. *Sains Energi Terbarukan*  
*ENERGI AIR*)

Air di permukaan bumi ini sesungguhnya senantiasa bergerak. Dalam proses ini, air bergerak dari satu lokasi ke lokasi lain yang berada di atas permukaan bumi, di atmosfer bumi, bahkan di dalam tanah di bawah permukaan bumi. Selain itu air juga dapat berubah wujud menjadi bentuk padat seperti es dan salju, bahkan bisa juga menjadi gas seperti uap air. Perubahan wujud ini dikenal juga dengan istilah penguapan, pembekuan serta pelelehan molekul air (mencair). Pergerakan dan perubahan wujud air secara alami ini membentuk sebuah perputaran siklus. Dan pergerakan air yang disertai perubahannya di alam

ini disebut dengan istilah siklus air (*water cycle*) atau siklus hidrologi (*hydrologic cycle*).

## **E. Demografi**

### **1. Penggunaan Energi**

Rencana penggunaan energi yang dihasilkan dari PLTPH direncanakan untuk penerangan pada kebun salak dan sebagai pengisian battery. Penerangan digunakan jika akan panen atau merawat di kebun salak dalam keadaan mendung atau malam hari dapat dilakukan, sedangkan pengisian battery dilakukan agar dapat digunakan sebagai sumber cahaya saat terjadinya pemadaman listrik.

### **2. Infrastruktur**

Untuk pembangunan PLTPH, pengadaan material bahan-bahan yang akan digunakan jaraknya relatif jauh, hal ini dikarenakan lokasi PLTPH Desa Bangunmulyo terletak di pedesaan sehingga dalam pembelian bahan sedikit memakan waktu dan biaya bahan bakar.

## **F. Pengukuran dan Perkiraan Debit Sungai**

Penentuan debit sungai dapat dilaksanakan dengan cara pengukuran aliran dan cara analisis. Pelaksanaan pengukuran debit sungai dapat dilakukan secara langsung dan cara tidak langsung, yaitu dengan melakukan pendataan terhadap parameter alur sungai. Dalam hidrologi masalah penentuan debit sungai dengan cara pengukuran termasuk dalam bidang hidrometri, yaitu ilmu yang mempelajari masalah pengukuran air atau

pengumpulan data dasar untuk analisis mencakup data tinggi muka air, debit dan sedimentasi.

### **1. Pengukuran Debit Secara Langsung**

Besarnya aliran tiap waktu atau disebut dengan debit, akan tergantung pada luas tampang aliran dan kecepatan aliran rerata. Pendekatan nilai debit dapat dilakukan dengan cara mengukur tampang aliran dan mengukur kecepatan aliran tersebut. Cara ini merupakan prosedur umum dalam pengukuran debit sungai secara langsung.

Pengukuran luas tampang aliran dilakukan dengan mengukur tinggi muka air dan lebar dasar alur sungai. Untuk mendapatkan hasil yang lebih teliti, pengukuran tinggi muka air dapat dilakukan pada beberapa titik pada sepanjang tampang aliran. Selanjutnya debit aliran dihitung sebagai penjumlahan dan semua luasan pias tampang aliran yang terukur.

Pengukuran kecepatan aliran dilakukan dengan alat ukur kecepatan arus. Berikut ini beberapa cara pengukuran kecepatan arus aliran sungai yang banyak digunakan adalah sebagai berikut ini:

#### **a. Pengukuran Kecepatan Arus dengan Pelampung**

Pengukuran kecepatan aliran dengan menggunakan pelampung dapat dilakukan apabila dikehendaki besaran kecepatan aliran dengan tingkat

ketelitian yang relatif rendah. Cara ini masih dapat digunakan untuk praktek dalam keadaan:

1. untuk memperoleh gambaran kasar tentang kecepatan aliran,
2. karena kondisi sungai yang sangat sulit diukur, misal dalam keadaan banjir, sehingga dapat membahayakan petugas pengukur.

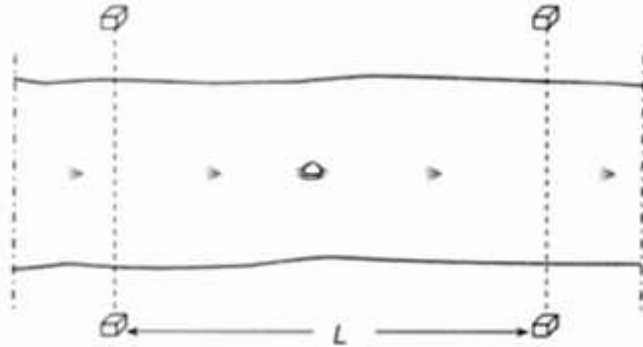
Cara pengukuran adalah dengan prinsip mencari besarnya waktu yang diperlukan untuk Bergeraknya pelampung pada sepanjang jarak tertentu. Selanjutnya kecepatan rerata arus didekati dengan nilai panjang jarak tersebut dibagi dengan waktu tempuhnya. Pengukuran dapat dilakukan dengan cara sebagai berikut

1. Tetapkan satu titik pada salah satu sisi sungai, misal ditandai dengan patok kayu atau pohon dan satu titik yang lain di seberang sungai yang jika dihubungkan dua titik tersebut akan berupa garis tegak lurus arah aliran.
2. Tentukan jarak L, misal 20 meter dan garis yang dibuat pada langkah pertama dan buat garis yang sama (tegak lurus aliran) pada titik s
3. Hanyutkan pelampung (dapat berupa sembarang benda yang dapat terapung, misal bola ping-pong, gabus, dan kayu .) pada tempat di hulu garis pertama, pada saat melewati garis pertama tekan tombol stopwatch dan ikuti terus pelampung tersebut. Pada saat pelampung melewati garis kedua stopwatch ditekan kembali,



sehingga akan didapat waktu aliran pelampung yang diperlukan, yaitu  $T$ .

4. Kecepatan arus dapat dihitung dengan  $L/T$



Gambar 4. Pengukuran Debit Air Menggunakan Pelampung

(Sumber: Analisis Hidrologi, Sri Harto Br., 1993)

Perlu mendapat perhatian bahwa cara ini akan mendapatkan kecepatan arus pada permukaan, sehingga untuk memperoleh kecepatan rerata pada penampang sungai, hasil hitungan perlu dikoreksi dengan koefisien antara 0,85-0,95. Selain itu pengukuran dengan cara ini harus dilakukan beberapa kali mengingat distribusi aliran permukaan yang terjadi tidak merata. Dianjurkan paling tidak pengukuran dilakukan 3 kali atau lebih, kemudian hasilnya dirata-ratakan.

**b. Pengukuran Kecepatan Arus dengan *Velocity Head Rod***

Dengan alat ini hasil pengukuran yang didapat juga tidak terlalu akurat dan yang terukur adalah kecepatan aliran permukaan. Sebaiknya

digunakan pada pengukuran yang dikehendaki secara cepat pada kecepatan aliran yang lebih besar. Cara pengukuran dapat dijelaskan sebagai berikut ini:

1. letakkan alat pada tempat yang akan diukur dengan posisi sejajar dengan arus aliran.
2. setelah aliran kembali tenang, baca ketinggian muka air ( $H_1$ ).
3. Putar alat  $90^\circ$ , sehingga tegak lurus aliran, kemudian baca tinggi muka air yang terjadi ( $H_2$ ).
4. Kecepatan arus aliran dapat didekati dengan :

$$V = \sqrt{2g(H_2 - H_1)}$$



Gambar 5. Pengukuran Kecepatan Arus dengan *Velocity Head Rod*

(Sumber: Analisis Hidrologi, Sri Harto Br., 1993)

### 3. Pengukuran Kecepatan Arus dengan *Trupp's Ripple Meter*

Alat ukur kecepatan arus ini mempunyai ketelitian hasil yang lebih baik daripada alat yang sebelumnya. Prinsip yang digunakan adalah dengan mengamati sudut yang dibentuk oleh riak pada hilir batang yang dipancang pada aliran sungai. Makin besar kecepatan aliran, sudut akan semakin mengecil. Pengukuran dapat dilakukan sebagai berikut ini:

1. Masukkan alat ukur kedalam air dan amati dua buah riak yang terbentuk pada masing-masing batang.
2. Ukur jarak antara titik pengukuran sampai dengan titik perpotongan antara kedua riak tersebut.
3. Kecepatan aliran permukaan dapat didekati dengan :  $V = C + XL$

Dengan :

$V$  = kecepatan aliran permukaan (feet/det).

$C$  = tetapan sebesar 0,40

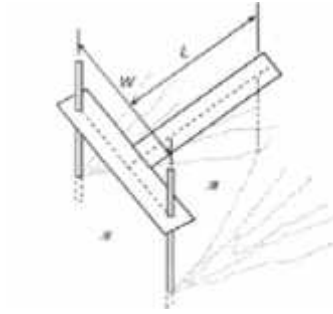
$X$  = variabel yang tergantung dan nilai  $W$  seperti pada Tabel 1.

W (ink)	X
4	0,280
6	0,206
8	0,161
9	0,145
12	0,109

Tabel 1. Hubungan antara X dan W pada *Trupp Ripple Meter*

(Sumber: Analisis Hidrologi, Sri Harto Br., 1993)

Mengingat faktor tetapan C dalam rumus empiris tersebut, maka penggunaan nilai 0,40 perlu diuji kebenarannya, dapat dilakukan dengan kalibrasi alat tersebut di laboratorium.



Gambar 6. Pengukuran Kecepatan Arus dengan *Trupp Ripple Meter*

(Sumber: Analisis Hidrologi, Sri Harto Br.,1993)

#### 4. Pengukuran Kecepatan Arus dengan *Current Meter*

Alat ini sering digunakan karena dapat menghasilkan ketelitian yang cukup baik. Prinsip kerja alat ukur ini adalah dengan mencari hubungan antara kecepatan aliran air dan kecepatan putar baling-baling *current meter* tersebut.

Umumnya hubungan tersebut dinyatakan dalam bentuk sebagai berikut:

$$V = an+b$$

Dengan:  $V$  = kecepatan aliran,

$N$  = jumlah putaran tiap waktu tertentu,

$A, b$  = tetapan yang ditentukan dengan kalibrasi alat di

laboratorium.

Alat ini ada dua macam, yaitu *current meter* dengan sumbu mendatar dan dengan sumbu tegak seperti terlihat pada gambar 6. Bagian alat ini terdiri dari :

- a. baling-baling sebagai sensor terhadap kecepatan, terbuat dari *streamlin styling* yang dilengkapi dengan propeler, generator, sirip pengarah dan kabel-kabel.
- b. contact box, merupakan bagian pengubah putaran menjadi signal elektrik yang berupa suara atau gerakan jarum pada kotak monitor berskala, kadang juga dalam bentuk digital,
- c. head phone yang digunakan untuk mengetahui jumlah putaran baling-baling (dengan suara “klik”), kadang bagian ini diganti dengan monitor box yang memiliki jendela penunjuk kecepatan aliran secara langsung.

Dengan alat ini dapat dilakukan pengukuran pada beberapa titik dalam suatu penampang aliran. Dalam praktek digunakan untuk pengukuran kecepatan aliran rerata pada satu vertikal dalam suatu tampang aliran tertentu. Mengingat bahwa distribusi kecepatan aliran secara vertikal tidak merata, maka pengukuran dapat dilakukan dengan beberapa cara sebagai berikut ini.

- a. Pengukuran pada satu titik yang umumnya dilakukan jika kedalaman aliran kurang dan 1 meter. Alat ditempatkan pada kedalaman  $0.6 H$  diukur dari muka air.

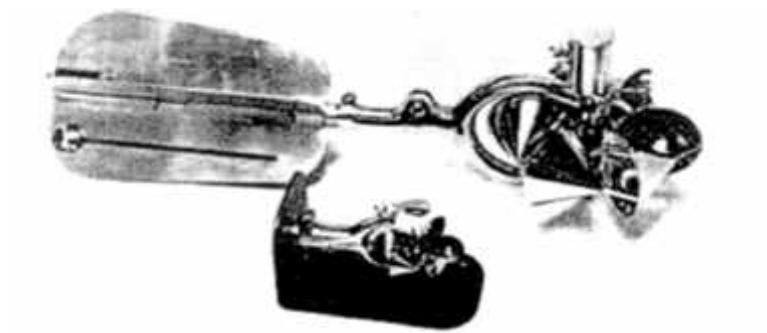
- b. Pengukuran pada beberapa titik, dilakukan pada kedalaman 0.2 H dan 0.8 H diukur dari muka air. Kecepatan rerata dihitung sebagai berikut:

$$V=0,5(V_{0,2} +V_{0,8})$$

- d. Pengukuran dengan tiga titik dilakukan pada kedalaman 0.2 H, 0.6 H dan juga pada 0.8 H. Hasilnya dirata-ratakan dengan rumus:

$$V = 1/ 3(V_{0,2} +V_{0,6}+V_{0,8})$$

Hitungan debit aliran untuk seluruh luas tampang aliran adalah merupakan penjumlahan dan debit setiap pias tampang aliran. Dalam hitungan ini dilakukan dengan anggapan kecepatan rata-rata satu pias yang dibatasi oleh garis pertengahan antara dua garis vertikal yang diukur. Cara hitungan ini disebut dengan metode mid area method. Gambar 6. menunjukkan sket penjelasan cara hitungan debit aliran berdasarkan data tinggi muka air dan kecepatan arus tersebut.



Gambar 7. *Current Meter* Tipe Sumbu Tegak.



Gambar 8. *Current Meter* Tipe Sumbu Mendatar

(Sumber: Analisis Hidrologi. Sri Harto Br., 1993)

#### **G. Pengukuran Beda Tinggi / *Head***

Dalam pengukuran beda tinggi / *head* saya menggunakan selang plastik, pengukuran beda tinggi dengan selang plastik sebetulnya tidak jauh berbeda dengan pengukuran menggunakan *water pass*. Hanya saja selang plastik yang dipergunakan harus harus memenuhi beberapa syarat sebagai berikut:

1. Diameter sepanjang selang plastik sama
2. Tidak bocor
3. Tidak berlipat dan
4. Tidak ada gelembung udara.

## H. Potensi Hidrolik

Potensi hidrolik adalah potensi energi yang ditimbulkan oleh tekanan air akibat gaya gravitasi bumi. Potensi energi pikohidro yang tersedia di alam adalah merupakan energi dalam bentuk energi potensial. Besarnya potensi hidrolik ditentukan oleh besarnya debit air  $Q$  dan ketinggian kemiringan sungai atau head ( $h$ ). Secara matematis, besarnya potensi hidrolik dari suatu potensi energi mikrohidro dapat dijelaskan dengan persamaan berikut:

$$P_h = \rho \times g \times Q \times h$$

Dengan:

$P_h$  = Daya teoritis air (kW)

$\rho$  = Kerapatan atau massa jenis air (1000 kg/m<sup>3</sup>)

$g$  = Percepatan gravitasi (m/s<sup>2</sup>)

$Q$  = Debit aliran air (m<sup>3</sup>/detik)

$h$  = Kemiringan sungai atau *head*

## I. Potensi Daya Pembangkit

Tidak seluruh energi yang dimiliki air dalam bentuk potensi hidrolik dapat diubah menjadi tenaga listrik. Pada saat konversi dari energi potensial menjadi energi listrik sebagian energi akan hilang atau dikenal sebagai losses. Selain itu besarnya energi listrik yang dapat diperoleh sangat bergantung pada besarnya efisiensi turbin dan generator yang digunakan. Secara sederhana kapasitas daya dapat dihitung dengan persamaan berikut:



$$P_{el} = t \times P_h$$

dimana

$P_{el}$  = Kapasitas daya terbangkit, kW

$P_h$  = Potensi hidrolik, kW

$t$  = Efisiensi total, %

## J. Turbin Air

Dalam pembangkit listrik tenaga air (PLTA) turbin air merupakan peralatan utama selain generator. Turbin air adalah alat untuk mengubah energi potensial air menjadi energi mekanik. Energi mekanik ini kemudian di ubah menjadi energi listrik oleh generator. Turbin air dikembangkan pada abad 19 dan digunakan secara luas untuk pembangkit tenaga listrik. Menurut Djiteng Marsudi (2004 : 53-56) prinsip kerja turbin dalam mengubah energi potensial air menjadi energi kinetik, turbin air dibedakan menjadi dua kelompok yaitu turbin impuls dan turbin reaksi.

Pengelompokkan turbin air ditunjukkan oleh Tabel 1 berikut :

Tabel 2. Pengelompokan Turbin Air

	High head	Medium head	Low head
Turbin Impuls	Pelton		
Turbin Reaksi		Francis	Propeller Kaplan

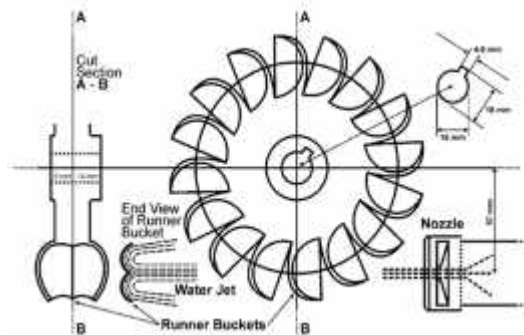
## 1. Turbin Impuls

Turbin impuls adalah turbin air yang cara kerjanya merubah seluruh energi air (yang terdiri dari energi potensial+tekanan+kecepatan) yang tersedia menjadi energi kinetik untuk memutar turbin, sehingga menghasilkan energi kinetik. Energi potensial air di ubah menjadi energi kinetik pada *nozle*. Air keluar *nozle* yang mempunyai kecepatan tinggi membentur sudu turbin. Setelah membentur sudu arah kecepatan aliran berubah sehingga terjadi perubahan momentum (*impulse*). Akibatnya roda turbin akan berputar. Turbin impuls adalah turbin tekanan sama karena aliran air yang keluar dari *nozle* tekanannya adalah sama dengan tekanan atmosfer sekitarnya. Semua energi tinggi tempat dan tekanan ketika masuk ke sudu jalan turbin di rubah menjadi energi kecepatan. Contoh turbin impuls adalah turbin Pelton.

### a. Turbin Pelton

Turbin pelton sering dipakai untuk aliran air yang berupa terjunan. Sekarang jenis porosnya mendatar (*horizontal*) adalah yang paling banyak di pakai. Dahulu, jenis poros tegaklah (*vertical*) yang sering banyak di pakai. Rotornya dilengkapi dengan ember yang di pasang pada sekeliling piringan. Ember tersebut menerima semprotan dari mulut pancaran, yang kemudian mengembalikan pancaran air ini setelah membaginya ke arah kiri dan kanan dengan bantuan sebuah punggung yang terdapat di tengah ember, ember ini mengalihkan tenaga pada piringan dan baut dan di cor

menjadi satu dengan piringannya. Sebuah jarum di pasang pada pusat mulut pancaran untuk mengatur jumlah aliran air, yaitu dengan menggerakkannya maju dan mundur, dan untuk mengisi lubang ke luar dari mulut pancaran; ini digerakkan oleh pengatur kecepatan sesuai dengan perubahan beban



Gambar 9. Turbin Pelton

( sumber : <http://www.slideshare.net/motasemash/impulse-turbines> )

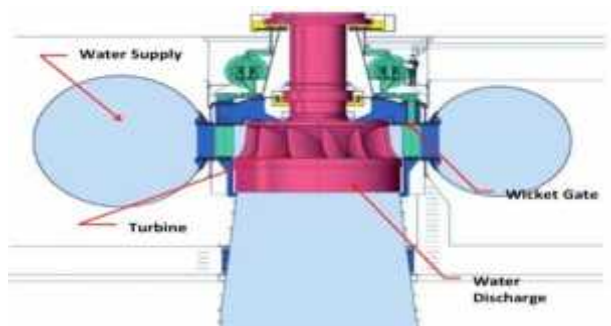
## 2. Turbin Reaksi

Turbin reaksi adalah turbin yang cara kerjanya merubah seluruh energi air yang tersedia menjadi energi kinetik. Turbin jenis ini adalah turbin yang paling banyak digunakan. Sudu pada turbin reaksi mempunyai profil khusus yang menyebabkan terjadinya penurunan tekanan air selama melalui sudu. Perbedaan tekanan ini memberikan gaya pada sudu sehingga *runner* (bagian turbin yang berputar) dapat berputar. Turbin yang bekerja berdasarkan prinsip ini dikelompokkan sebagai turbin reaksi. *Runner* turbin reaksi sepenuhnya

tercelup dalam air dan berada dalam rumah turbin. Berikut adalah turbin yang tergolong turbin reaksi :

#### a. Turbin Francis

Turbin francis di pakai untuk berbagai keperluan dengan tinggi terjun menengah (*Medium Head*). rumah siput di buat dari plat baja, baja cor, sesuai dengan tinggi terjun dan kapasitasnya dan bertugas menahan bagian terbesar dari beban tekanan hidrolik yang di terima oleh turbin. Tekanan selebihnya di tahan oleh sudu kukuh (*stay vane*) atau cincin kukuh (*stay ring*). Sudu – sudu antar di atur disekeliling luar rotor dan mengatur daya keluar (*output*) turbin dengan mengubah- ubah bukaannya sesuai dengan perubahan beban, melalui mekanisme pengatur.



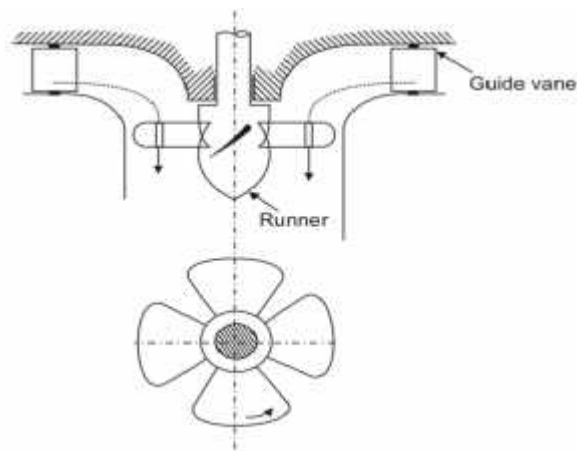
Gambar 10. Turbin Francis

(sumber: <http://www.deepcreekanswers.com/photos/francisturbine.php>)

#### b. Turbin Propeller Kaplan

Turbin ini dipakai untuk tinggi terjun yang rendah. Turbin baling-baling digolongkan menjadi dua menurut konstruksi bilah rotornya, yaitu turbin baling-baling dengan bilah rotor tetap dan turbin Kaplan dengan

bilah sudu yang dapat digerakkan secara otomatis dan hidrolik. Sudu rotor pada turbin kaplan mempunyai konstruksi yang dapat digerakkan (menurut sumbunya) dan dapat merubah arah sudut bilahnya dengan tangan (manual) atau otomatis sesuai dengan pembukaan sudu antaranya. Bila rotor di buka dan ditutup oleh tekanan minyak melalui katup pengontrol rotor dari alat pengatur kecepatan. Hubungan antara pembukaan sudu antara bilah rotor biasanya dipertahankan oleh alat penghubung dari pengatur kecepatan, agar turbin dapat bekerja dengan daya guna yang tinggi.



Gambar 11. Turbin Kaplan

(sumber : [http://nptel.ac.in/courses/112104117/chapter\\_7/7\\_11.html](http://nptel.ac.in/courses/112104117/chapter_7/7_11.html))

### 3. Fungsi Turbin

Turbin berfungsi untuk mengubah energi potensial menjadi energi mekanik. gaya jatuh air yang mendorong baling-baling menyebabkan turbin berputar. Turbin air kebanyakan seperti kincir angin, dengan menggantikan

fungsi dorong angin untuk memutar baling-baling digantikan air untuk memutar turbin. Perputaran turbin ini di hubungkan ke generator.

#### **4. Prinsip Kerja Turbin Air**

Turbin air mengubah energi potensial air menjadi energi mekanis. Energi mekanis diubah dengan generator listrik menjadi tenaga listrik. Berdasarkan prinsip kerja turbin dalam mengubah energi potensial air menjadi energi mekanik.

#### **K. Generator AC Tiga Fasa**

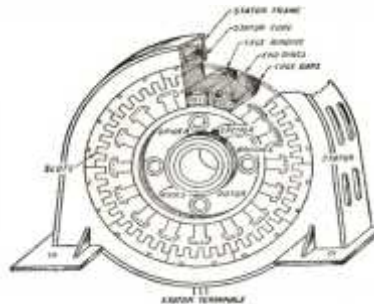
Konversi energi elektromagnetik yaitu perubahan energi dari bentuk mekanik ke bentuk listrik dan bentuk listrik ke bentuk mekanik. Generator sinkron (alternator) merupakan jenis mesin listrik yang berfungsi untuk menghasilkan tegangan bolak-balik dengan cara mengubah energi mekanis menjadi energi listrik. Energi mekanis di peroleh dari putaran rotor yang digerakkan oleh penggerak mula (*prime mover*), sedangkan energi listrik di peroleh dari proses induksi elektromagnetik yang terjadi pada kumparan stator dan rotornya (Eugene C. Luster 1993 : 78)

Generator sinkron dengan definisi sinkronnya, mempunyai makna bahwa frekuensi listrik yang dihasilkannya sinkron dengan putaran mekanis generator tersebut. Rotor generator sinkron yang di putar dengan penggerak mula (*prime mover*) yang terdiri dari belitan medan dengan suplai arus searah akan menghasilkan medan magnet putar dengan kecepatan dan arah putar

yang sama dengan putaran rotor tersebut.

Generator sinkron sering kita jumpai pada pusat-pusat pembangkit tenaga listrik (dengan kapasitas yang relatif besar). Misalnya, pada PLTA, PLTU, PLTD dan lain-lain. Selain generator dengan kapasitas besar, kita mengenal juga generator dengan kapasitas yang relatif kecil, misalnya generator yang digunakan untuk penerangan darurat yang sering disebut Generator Set atau generator cadangan. Generator sinkron mengkonversi energi mekanik menjadi energi listrik bolak-balik secara elektromagnetik. Energi mekanik berasal dari penggerak mula yang memutar rotor, sedangkan energi listrik dihasilkan dari proses induksi elektromagnetik yang terjadi pada kumparan-kumparan stator.

Pada Gambar 12 dapat dilihat bentuk penampang sederhana dari sebuah generator sinkron.



Gambar 12. Konstruksi Generator Sinkron

(Sumber: [respository.usu.ac.id/bitstream/123456789/20111/3/chapter%2011.pdf](https://respository.usu.ac.id/bitstream/123456789/20111/3/chapter%2011.pdf))

Secara umum generator sinkron terdiri atas stator, rotor, dan celah udara. Stator merupakan bagian dari generator sinkron yang diam sedangkan rotor adalah bagian yang berputar di mana diletakkan kumparan medan yang di suplai oleh arus searah dari Eksiter. Celah udara adalah ruang antara stator dan rotor.

## 1. Stator

Stator terdiri dari beberapa komponen utama, yaitu :

### a. Rangka Stator

Rangka stator merupakan rumah (kerangka) yang menyangga inti jangkar generator.

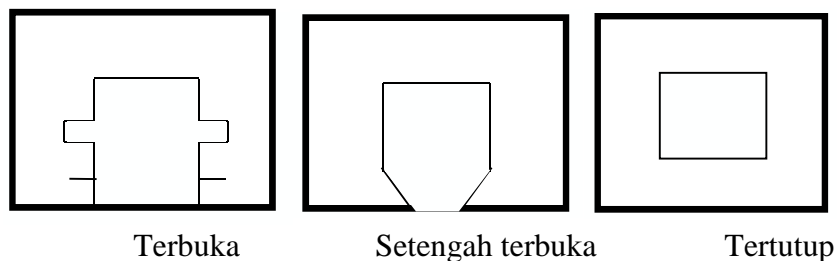
### b. Inti Stator

Inti stator terbuat dari laminasi-laminasi baja campuran atau besi magnetik khusus yang terpasang ke rangka stator.

### c. Alur (slot) dan Gigi

Alur dan gigi merupakan tempat meletakkan kumparan stator. Ada 3 (tiga) bentuk alur stator yaitu terbuka, setengah terbuka, dan tertutup.

Ketiga bentuk alur (slot) tersebut tampak seperti pada Gambar 13 berikut :



Gambar 13. Bentuk-Bentuk Alur



**d. Kumparan Stator (Kumparan Jangkar)**

Kumparan jangkar biasanya terbuat dari tembaga. Kumparan ini merupakan tempat timbulnya ggl induksi.

**2. Rotor**

Rotor terdiri dari tiga komponen utama yaitu :

**a. Slip Ring**

*Slip ring* merupakan cincin logam yang melingkari poros rotor tetapi dipisahkan oleh isolasi tertentu. Terminal kumparan rotor dipasangkan ke slip ring ini kemudian dihubungkan ke sumber arus searah melalui sikat (*brush*) yang letaknya menempel pada *slip ring*.

**b. Kumparan Rotor (kumparan medan)**

Kumparan medan merupakan unsur yang memegang peranan utama dalam menghasilkan medan magnet. Kumparan ini mendapat arus searah dari sumber eksitasi tertentu.

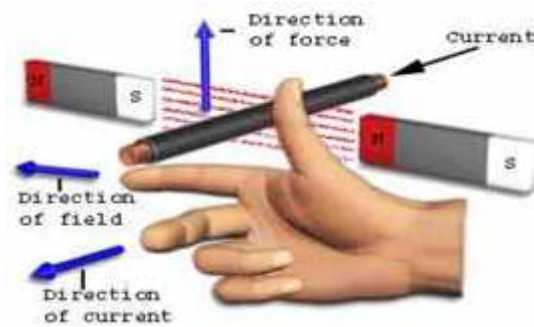
**c. Poros Rotor**

Poros rotor merupakan tempat meletakkan kumparan medan, di mana pada poros rotor tersebut telah terbentuk slot-slot secara paralel terhadap poros rotor. Rotor pada generator sinkron pada dasarnya adalah sebuah elektromagnet yang besar. Kutub medan magnet rotor dapat berupa *salient pole* (kutub menonjol) dan *non salient pole* (kutub silinder).

### 3. Prinsip Kerja Generator Sinkron

Adapun prinsip kerja dari generator sinkron secara umum adalah sebagai berikut :

- a. Kumparan medan yang terdapat pada rotor dihubungkan dengan sumber eksitasi tertentu yang akan mensuplai arus searah terhadap kumparan medan. Dengan adanya arus searah yang mengalir melalui kumparan medan maka akan menimbulkan fluks yang besarnya terhadap waktu adalah tetap.
- b. Penggerak mula (*Prime Mover*) yang sudah terkopel dengan rotor segera dioperasikan sehingga rotor akan berputar pada kecepatan nominalnya.
- c. Perputaran rotor tersebut sekaligus akan memutar medan magnet yang dihasilkan oleh kumparan medan. Medan putar yang dihasilkan pada rotor, akan di induksi pada kumparan jangkar sehingga pada kumparan jangkar yang terletak di stator akan dihasilkan fluks magnetik yang berubah-ubah besarnya terhadap waktu. Adanya perubahan fluks magnetik yang melingkupi suatu kumparan akan menimbulkan ggl induksi pada ujung-ujung kumparan.



Gambar 14. Kaidah Tangan Kanan Fleming

(Sumber : [www.electrical4u.com/wp-content/uploads/2013/05/fleming-right-hand-rule.jpg](http://www.electrical4u.com/wp-content/uploads/2013/05/fleming-right-hand-rule.jpg))

Untuk menentukan arah arus yang mengalir di dalam kumparan dapat digunakan kaidah tangan fleming seperti tampak pada Gambar 8. Jika jari-jari tangan di susun sedemikian rupa sehingga saling tegak lurus, jika jari telunjuk menunjukkan arah garis-garis gaya magnet, ibu jari menunjukkan arah gerakan, maka jari tengah akan menunjukkan arah arus yang mengalir di dalam kumparan. (Sunyoto, 1993: 2)

## **BAB III**

### **METODE PROYEK AKHIR**

Dalam suatu proyek akhir perlu adanya suatu metode-metode agar penelitian tersebut dapat dikatakan ilmiah ataupun agar penelitian tersebut sesuai dengan standar penelitian pada umumnya. Suatu tahapan penelitian itu harus runtut sesuai dengan apa yang akan dilakukan diteliti dalam penelitian tersebut.

#### **A. Tahap-tahap Proyek Akhir**

Dalam penyusunan proyek akhir ini penulis menempuh langkah-langkah sebagai berikut:

##### **1. Persiapan**

Langkah ini dilakukan untuk menentukan tema/topik, merumuskan masalah penelitian, memilih objek analisis, menentukan metode yang akan dijadikan kasus dalam penyusunan proyek akhir.

##### **2. Studi Literatur**

Dilakukan untuk mendapatkan referensi tentang studi potensi Pembangkit Listrik Tenaga Piko Hidro.

##### **3. Observasi**

Penulis melakukan pengamatan langsung terhadap objek yang dianalisis. Dalam hal ini objek yang akan di analisis adalah sebuah sungai yang terletak di Desa Bangunmulyo, Turi, Sleman.

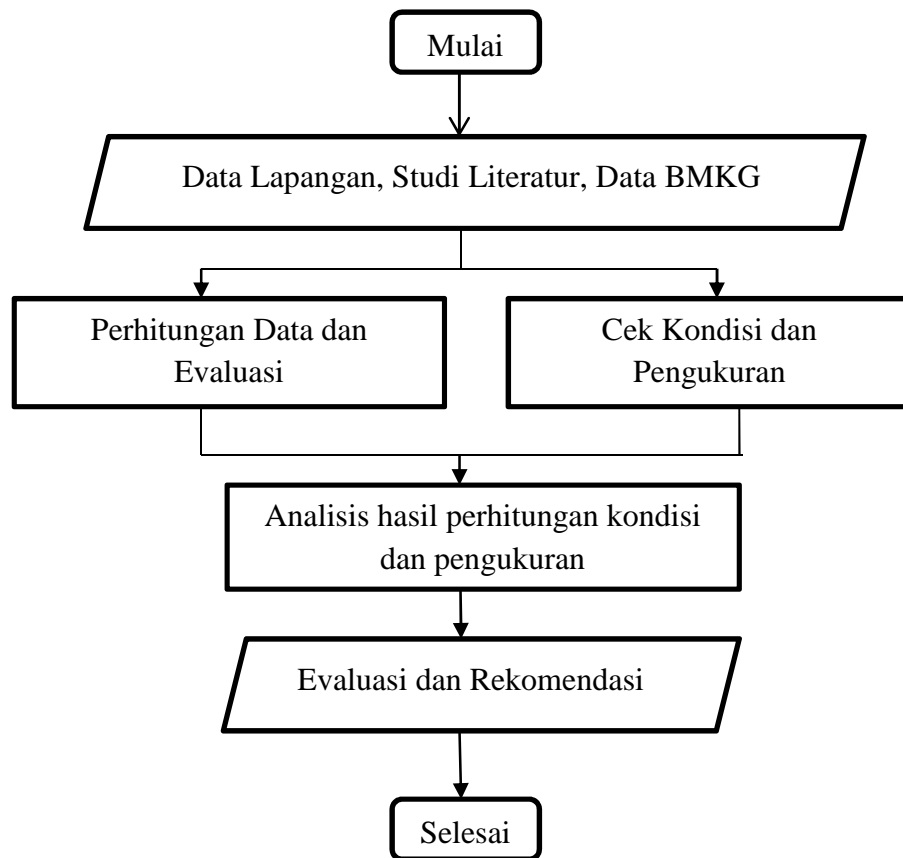
#### **4. Pengumpulan Data**

Pada tahap ini peneliti mulai dengan mengumpulkan data yang diperlukan. Dalam pengumpulan data digunakan metode studi pustaka dengan mempelajari seluruh aspek teoritis dari berbagai referensi, observasi pengumpulan data dengan melakukan observasi langsung terhadap objek yang dikaji, dan pengukuran kecepatan aliran sungai, lebar sungai, kedalaman sungai, beda tinggi / *head* dan debit air pada sungai tersebut.

#### **5. Analisis Data**

Setelah semua data yang diperlukan langkah selanjutnya adalah mengolah data tersebut sesuai dengan literatur yang telah didapatkan untuk mendapatkan suatu kesimpulan.

## B. Flowchart



Gambar 15. Diagram alir analisis data

## C. Lokasi dan Waktu Analisis

Lokasi dalam penyusunan proyek akhir ini di sungai sekitar Desa Bangunmulyo, Girikerto, Turi, Sleman. Waktu penelitian dilaksanakan mulai dari tanggal 15 Februari – 28 Februari 2016

## D. Teknik Pengumpulan Data

Dalam penyusunan proyek akhir ini teknik pengumpulan data dilakukan dengan menggunakan metode sebagai berikut:

### **1. Studi Pustaka**

Studi pustaka dilakukan dengan mempelajari seluruh aspek teoritis dari berbagai referensi untuk memperoleh rumusan dan standar-standar yang digunakan dalam Studi Potensi Pembangkit Listrik Tenaga Piko Hidro.

### **2. Observasi**

Pengumpulan data dengan melakukan observasi langsung terhadap objek yang dikaji guna mendapatkan data yang nyata yang ada di lapangan.

### **3. Pengukuran**

Pengukuran dilakukan untuk mendapatkan data berupa kecepatan aliran sungai, lebar sungai, kedalaman sungai, beda tinggi / *head* dan debit air pada sungai tersebut. Dalam pengukuran tersebut menggunakan menggunakan cara yang manual karena terkendala tidak adanya alat ukur.

## **E. Teknik Analisis Data**

Setelah semua data yang diperlukan diperoleh secara keseluruhan, selanjutnya data tersebut dikumpulkan. Kemudian dengan menggunakan literatur yang sudah didapatkan data tersebut diolah dan dianalisa untuk mendapatkan kesimpulan. Adapun langkah-langkahnya adalah sebagai berikut:

### **1. Menganalisis Pengukuran Kecepatan Aliran Air dan Debit Air**

Pengukuran debit air dimaksudkan untuk mengetahui hubungan antara debit air yang mengalir dengan arus yang dihasilkan oleh generator. Pengukuran debit air ini dilakukan secara manual dengan menghanyutkan sebuah pelampung dengan jarak 5 meter untuk mendapatkan kecepatan

aliran sungai, mengukur kedalaman sungai, dan luas penampang sungai, lalu dihitung menggunakan rumus menghitung debit air :

$$A = I \times d \dots\dots\dots (1.1)$$

$$Q = v \times A \dots\dots\dots (1.2)$$

Dimana: I : Lebar sungai (m)

d : Kedalaman Sungai (m)

Q : Debit air (m<sup>3</sup>/detik)

v : Kecepatan air (m/detik)

A : Luas penampang basah (m<sup>2</sup>)

## 2. Analisa Potensi Hidrolik

Besarnya potensi hidrolik ditentukan oleh besarnya debit air Q dan ketinggian kemiringan sungai atau head (h). Secara matematis, besarnya potensi hidrolik dari suatu potensi energi pikrohidro dapat dijelaskan dengan persamaan berikut:

$$P_h = \rho \times g \times Q \times h \dots\dots\dots (1.3)$$

Dimana:

$P_h$  = Potensi hidrolik, (kW)

$\rho$  = Kerapatan atau massa jenis air (1000 kg/m<sup>3</sup>)

g = Percepatan gravitasi (m/s<sup>2</sup>)

Q = Debit aliran air (m<sup>3</sup>/detik)

h = Kemiringan sungai atau head (m)



### 3. Analisa Daya Dibangkitkan

Pada saat konversi dari energi potensial menjadi energi listrik sebagian energi akan hilang atau dikenal sebagai losses. Selain itu besarnya energi listrik yang dapat diperoleh sangat bergantung pada besarnya efisiensi turbin dan generator yang digunakan. Secara sederhana kapasitas daya dapat dihitung dengan persamaan berikut:

$$P_{el} = \eta \times P_h \dots\dots\dots(1.4)$$

dimana

$P_{el}$  = Kapasitas daya terbangkit, kW

$P_h$  = Potensi hidrolik, kW

$\eta$  = Efisiensi total, %

Dari beberapa referensi dapat diketahui bahwa untuk sistem pembangkit kecil, sebagai acuan kasar dapat digunakan harga  $\eta = 50\%$

### 4. Menganalisis Curah Hujan

Dalam hal ini data curah hujan didapatkan dari BMKG DIY

#### F. Rancangan Penelitian

Penelitian dan analisis dengan mengukur debit air dan curah hujan, pengambilan data dilakukan selama 2 minggu pada tanggal 15-28 Februari. 2 minggu seluruhnya digunakan untuk pengukuran kecepatan aliran air, alat yang diperlukan : botol apung, tali, meteran, stopwatch. Pengambilan data dilakukan dengan 4 kali percobaan lalu hasilnya dirata-rata, pengambilan data dimulai pukul 9.00 s/d 10.30 WIB , sedangkan untuk data curah hujan didapatkan dari BMKG DIY.



### 3. Pengukuran Kecepatan Aliran Air

Tabel 5. Hasil Pengukuran Kecepatan Aliran Air Minggu I

Minggu I						
Hari	Jam	Waktu Tempuh 5 meter di Setiap Sisi			Rata-rata Waktu Tempuh	$V = \frac{L}{t}$ m/detik
		Sisi Kiri	Tengah	Sisi Kanan		
Senin	9.00					
	10.00					
	11.00					
	12.00					
Selasa	9.00					
	10.00					
	11.00					
	12.00					
Rabu	9.00					
	10.00					
	11.00					
	12.00					
Kamis	9.00					
	10.00					
	11.00					
	12.00					
Jum'at	9.00					
	10.00					
	11.00					
	12.00					
Sabtu	9.00					
	10.00					
	11.00					
	12.00					
Minggu	9.00					
	10.00					
	11.00					
	12.00					

Tabel 6. Hasil Pengukuran Kecepatan Aliran Air Minggu II

Minggu II						
Hari	Jam	Waktu Tempuh 5 meter di Setiap Sisi			Rata-rata Waktu Tempuh	V = $\frac{5}{t}$ m/detik
		Sisi Kiri	Tengah	Sisi Kanan		
Senin	9.00					
	10.00					
	11.00					
	12.00					
Selasa	9.00					
	10.00					
	11.00					
	12.00					
Rabu	9.00					
	10.00					
	11.00					
	12.00					
Kamis	9.00					
	10.00					
	11.00					
	12.00					
Jum'at	9.00					
	10.00					
	11.00					
	12.00					
Sabtu	9.00					
	10.00					
	11.00					
	12.00					
Minggu	9.00					
	10.00					
	11.00					
	12.00					

#### 4. Data Pengukuran Head

Tabel 7. Data Head

Nomor	Head (m)
Y1	
Y2	
Y3	
Y4	
Y5	
Total head	

#### 5. Data Perhitungan Potensi Hidrolik

Tabel 8. Data Potensi Hidrolik Minggu I

Hari	Minggu I
	Kw
Senin	
Selasa	
Rabu	
Kamis	
Jum'at	
Sabtu	
Minggu	

Tabel 9. Data Potensi Hidrolik Minggu II

Hari	Minggu II
	Kw
Senin	
Selasa	
Rabu	
Kamis	
Jum'at	
Sabtu	
Minggu	

## 6. Data Perhitungan Daya yang Dibangkitkan

Tabel 10. Data Estimasi Daya yang Dihasilkan pada Minggu I

Hari	Minggu I
	kW
Senin	
Selasa	
Rabu	
Kamis	
Jum'at	
Sabtu	
Minggu	

Tabel 11. Data Estimasi Daya yang Dihasilkan pada Minggu II

Hari	Minggu II
	kW
Senin	
Selasa	
Rabu	
Kamis	
Jum'at	
Sabtu	
Minggu	

## **BAB IV**

### **HASIL PROYEK AKHIR DAN PEMBAHASAN**

#### **A. Pengujian**

##### **1. Pengambilan Data dan Pengolahan Data**

###### **a. Tempat Pengambilan Sampel Data Lapangan**

Penelitian ini dilakukan di salah satu sungai yang tidak terlalu besar namun memiliki debit air yang bisa diandalkan sebagai Pembangkit Listrik Tenaga Piko Hidro (PLTPH). Sungai tersebut sehari-harinya hanya digunakan sebagai saluran irigasi kebun salak dan terletak di tengah-tengah kebun. Oleh dari itu sangat tepat jika di bangun pembangkit skala kecil yang dapat bermanfaat sebagai penunjang aktifitas perkebunan. Lokasi pengambilan data ini terletak di Desa Bangunmulyo, Girikerto, Turi, Sleman.

##### **2. Hasil**

###### **a. Hasil Pengukuran Kecepatan Air**

Pengukuran dilakukan pada tanggal 15-28 Februari 2016, pengambilan data dilakukan pada jam 9.00-12.00 WIB. Adapun teknis pengukuran kecepatan air dilakukan dengan menggunakan sebuah pelampung yang dihanyutkan dengan jarak 5 meter di tiga sisi sungai dan dihitung menggunakan stopwatch berapa lama pelampung tersebut menempuh jarak 5 meter lalu dirata-rata.



Tabel 12. Hasil Pengukuran Kecepatan Air Minggu I

Minggu I						
Hari	Jam	Waktu Tempuh 5 meter di Setiap Sisi			Rata-rata Waktu Tempuh	$V = \frac{5}{t}$ m/detik
		Sisi Kiri	Tengah	Sisi Kanan		
Senin	9.00	8,75	8,47	8,64	8,62	0,580
	10.00	9,64	8,06	9,02	8,91	0,561
	11.00	9,44	8,80	8,02	8,75	0,571
	12.00	8,58	7,85	8,15	8,19	0,611
Selasa	9.00	9,37	8,65	8,65	9,12	0,548
	10.00	10,11	9,39	9,39	9,20	0,543
	11.00	9,61	9,74	9,74	9,61	0,520
	12.00	9,27	8,38	8,38	8,93	0,560
Rabu	9.00	7,27	9,35	9,26	8,31	0,602
	10.00	7,29	8,11	9,62	8,36	0,598
	11.00	8,22	9,48	8,93	8,60	0,581
	12.00	8,27	9,15	9,01	8,86	0,564
Kamis	9.00	9,43	8,56	8,42	8,80	0,568
	10.00	9,27	7,94	8,37	8,53	0,586
	11.00	8,86	8,09	8,62	8,52	0,587
	12.00	9,33	8,19	8,45	8,65	0,578
Jum'at	9.00	8,98	8,43	8,66	8,69	0,575
	10.00	9,06	7,98	8,48	8,51	0,588
	11.00	9,20	8,23	8,90	8,78	0,569
	12.00	9,34	8,55	9,02	8,97	0,557
Sabtu	9.00	8,76	7,87	8,45	8,36	0,598
	10.00	8,89	7,96	8,38	8,41	0,595
	11.00	9,04	8,25	8,69	8,66	0,577
	12.00	8,95	8,16	8,42	8,51	0,588
Minggu	9.00	9,10	8,02	8,28	8,47	0,590
	10.00	8,79	8,22	8,55	8,52	0,587
	11.00	9,12	7,94	8,59	8,55	0,585
	12.00	9,07	8,34	8,86	8,76	0,571

Tabel 13. Hasil Pengukuran Kecepatan Air Minggu II

Minggu II						
Hari	Jam	Waktu Tempuh 5 meter di Setiap Sisi			Rata-rata Waktu Tempuh	$V = \frac{s}{t_{ik}}$ m/detik
		Sisi Kiri	Tengah	Sisi Kanan		
Senin	9.00	8,77	7,87	8,32	8,32	0,601
	10.00	8,56	7,99	8,28	8,28	0,604
	11.00	9,07	8,38	8,65	8,7	0,575
	12.00	9,3	8,26	8,59	8,72	0,573
Selasa	9.00	10,05	8,2	9,21	9,15	0,546
	10.00	9,45	8,35	8,86	8,89	0,562
	11.00	8,98	8,75	9,08	8,94	0,559
	12.00	9,75	8,41	8,98	9,05	0,552
Rabu	9.00	9,02	8,55	8,51	8,69	0,575
	10.00	8,89	8,39	8,78	8,69	0,575
	11.00	9,43	8,65	8,48	8,85	0,565
	12.00	9,57	8,31	9,02	8,97	0,557
Kamis	9.00	8,8	8,21	8,18	8,4	0,595
	10.00	8,46	8,15	8,35	8,32	0,601
	11.00	9,05	8,2	9,01	8,75	0,571
	12.00	8,88	7,98	8,62	8,49	0,589
Jumat	9.00	8,79	7,89	8,65	8,44	0,592
	10.00	9,2	8,56	8,31	8,69	0,575
	11.00	9,26	8,47	8,54	8,76	0,571
	12.00	8,77	8,21	8,2	8,39	0,596
Sabtu	9.00	9,5	7,93	8,94	8,79	0,569
	10.00	9,24	8,65	8,34	8,74	0,572
	11.00	8,86	8,23	8,88	8,66	0,577
	12.00	9,15	8,18	8,73	8,69	0,575
Minggu	9.00	8,68	8,2	8,37	8,42	0,594
	10.00	9,42	8,38	8,92	8,91	0,561
	11.00	9,22	8,51	9,13	8,95	0,559
	12.00	8,96	8,49	8,33	8,59	0,582

Berdasarkan hasil pengukuran kecepatan air seperti pada tabel 7 dan 8, aliran tercepat terjadi pada hari Selasa 16 Februari 2016, sedangkan aliran yang paling lamban terjadi pada hari Sabtu 20 Februari 2016. Data tersebut diambil pada musim penghujan. Pengukuran tersebut dilakukan pada 4 sesi setiap sesi di beri jarak 1 jam perharinya yaitu pada (pukul 09.00 WIB) hingga (pukul 12.00 WIB). Parameter yang diukur meliputi arus aliran air, lebar sungai, dan kedalaman sungai. Kemudian dari ketiga parameter tersebut nantinya akan dipergunakan untuk menghitung debit air.

#### **b. Data Curah Hujan dari BMKG DIY pada Tahun 2015**

Tabel 14. Data Curah Hujan

	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Agt	Sep	Okt	Nov	Des
2015	563 mm	609 mm	542 Mm	*	*	78 mm	-	-	-	-	350 mm	533 mm

Keterangan: \* = Data kosong dikarenakan alat rusak

- = Sama sekali tidak terjadi hujan

#### **c. Hasil Perhitungan Debit Air**

Hasil pengukuran yang diambil pada sungai ini meliputi lebar sungai, kedalaman sungai, luas penampang, kecepatan aliran sungai, debit air dan curah hujan. Pengukuran diambil menggunakan cara yang manual karena keterbatasan dalam pengadaan alat sehingga hanya

dengan menggunakan sebuah pelampung, tali, meteran, stopwatch, dan kalkulator, oleh sebab itu data yang dihasilkan juga tidak terlalu akurat.

Berikut hasil perhitungan debit air:

Kedalaman sungai(d) : 0,25m

Lebar sungai(I) : 1,0m

Luas penampang(A) : 0,25cm

$$A = I \times d \dots\dots\dots (1.1)$$

$$Q = v \times A \dots\dots\dots (1.2)$$

Tabel 15. Hasil Perhitungan Debit Air pada Minggu I  
(15-21 Februari 2016)

Hari	Minggu I
	m <sup>3</sup> /detik
Senin	0,145
Selasa	0,136
Rabu	0,147
Kamis	0,145
Jum'at	0,143
Sabtu	0,147
Minggu	0,146
Rata-rata	0,144

Tabel 16. Hasil Perhitungan Debit Air pada Minggu II  
(22-28 Februari 2016)

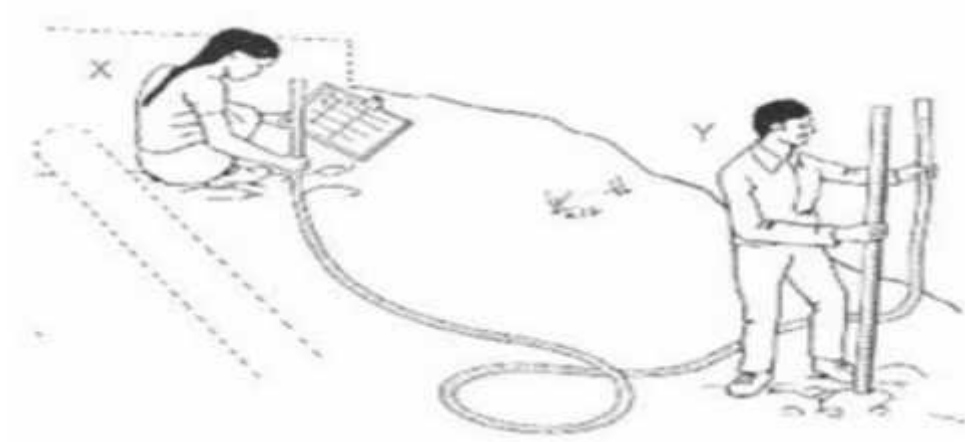
Hari	Minggu II
	m <sup>3</sup> /detik
Senin	0,147
Selasa	0,139
Rabu	0,142
Kamis	0,147
Jum'at	0,146
Sabtu	0,143
Minggu	0,143
Rata-rata	0,143

Berdasarkan data pada tabel 15 dan 16, didapatkan debit rata-rata sungai tersebut 0,143 m<sup>3</sup>/detik sama dengan 143 liter/detik.

#### **d. Pengukuran *Head***

Pengukuran *head* ini menggunakan alat secara manual dan sederhana yaitu menggunakan sehelai benang, selang plastik, meteran, dan tongkat kayu . Berikut cara pengukuran *head*:

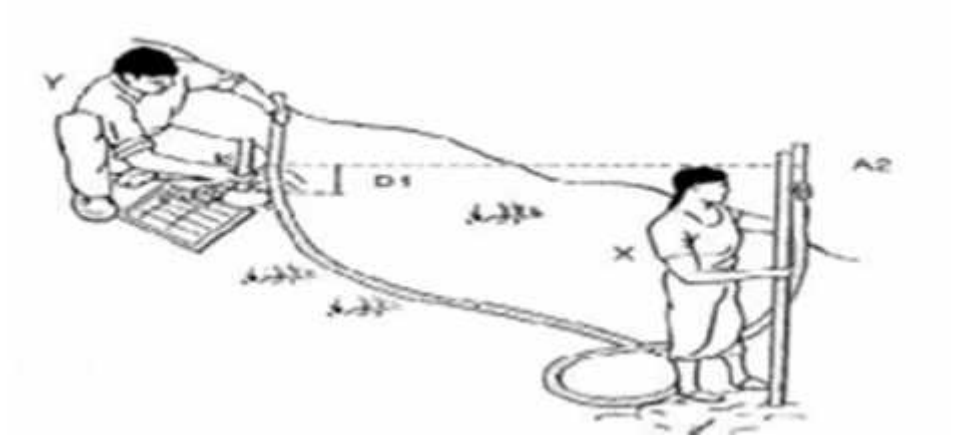
1. Pengukuran dimulai di atas elevasi perkiraan permukaan air pada posisi forebay yang telah ditentukan.



Gambar 16. Cara Mengukur Permukaan Air dengan Posisi Forebay

(Sutarno, 1993).

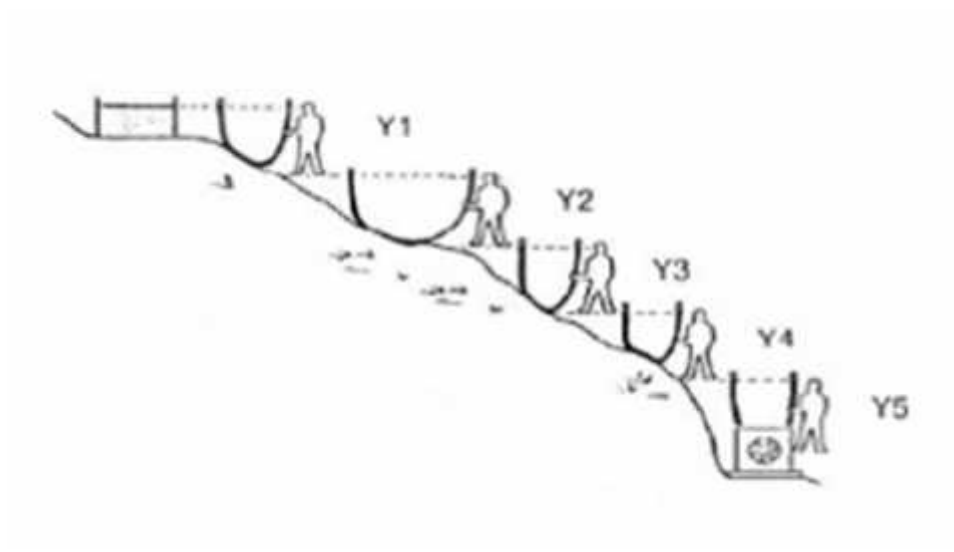
2. Pengukuran kedua dan selanjutnya dengan melanjutkan pada titik yang lebih rendah dari pengukuran sebelumnya.



Gambar 17. Pengukuran dari Titik Tertinggi ke Titik Terendah

(Sutarno, 1993).

3. Lanjutkan pengukuran sampai lokasi turbin akan ditempatkan. Jumlah seluruh hasil pengukuran untuk mendapatkan total head.



Gambar 18. Jumlah dari Hasil Pengukuran Seluruhnya (Sutarno, 1993)

Tabel 17. Hasil Pengukuran *Head*

Nomor	Head (m)
Y1	0,8
Y2	1,1
Y3	1,1
Y4	1,2
Y5	1,0
Total head	5,2

#### e. Hasil Potensi Hidrolik

Besarnya potensi hidrolik ditentukan oleh besarnya debit air  $Q$  dan ketinggian kemiringan sungai atau head ( $h$ ). Secara matematis,

besarnya potensi hidrolik dari suatu potensi energi Piko Hidro dapat dijelaskan dengan persamaan berikut:

$$P_h = \rho \times g \times Q \times h \dots\dots\dots(1.3)$$

Dengan:

$P_h$  = Daya teoritis air (kW)

$\rho$  = 1000 kg/m<sup>3</sup>

$g$  = 9.8 m/s<sup>2</sup>

$Q$  = debit air m<sup>3</sup>/s

$h$  = 5,2 m

$$P_h = 9800 \times Q \times 5,2$$

Berikut ini data potensi hidrolik yang dihasilkan perharinya sesuai debit yang dihasilkan:

Tabel 18. Data Potensi Hidrolik pada Minggu I  
(15-21 Februari 2016)

Hari	Minggu II
	kW
Senin	7,41
Selasa	6,92
Rabu	7,48
Kamis	7,39
Jum'at	7,30
Sabtu	7,52
Minggu	7,44
Rata-rata	7,35



Tabel 19. Data Potensi Hidrolik pada Minggu II  
(22-28 Februari 2016)

Hari	Minggu II
	kW
Senin	7,50
Selasa	7,08
Rabu	7,25
Kamis	7,51
Jum'at	7,44
Sabtu	7,31
Minggu	7,32
Rata-rata	7,34

#### f. Estimasi Daya yang Dibangkitkan

Pada saat konversi dari energi potensial menjadi energi listrik sebagian energi akan hilang atau dikenal sebagai losses. Selain itu besarnya energi listrik yang dapat diperoleh sangat bergantung pada besarnya efisiensi turbin dan generator yang digunakan. Berdasarkan survey awal yang dilakukan yaitu melihat kondisi daerah aliran sungai yang terletak di Desa Bangunmulyo meliputi topografi, debit aliran dan *head*, maka dapat diperkirakan potensi daya yang dapat dibangkitkan untuk PLTPH adalah. Secara sederhana kapasitas daya dapat dihitung dengan persamaan berikut:

$$Pel = t \times Ph \dots\dots\dots(1.4)$$

dimana :

Pel = Kapasitas daya terbangkit, kW

Ph = Potensi daya hidrolik kW

t = Estimasi efisiensi %

Dari beberapa referensi dapat diketahui bahwa untuk sistem pembangkit kecil, sebagai acuan kasar dapat digunakan harga  $t = 50\%$  . Berikut ini hasil perhitungan estimasi daya yang dibangkitkan setelah diketahui estimasi potensi hidrolik:

Tabel 20. Data Estimasi Daya yang dihasilkan pada Minggu I  
(15-21 Februari 2016)

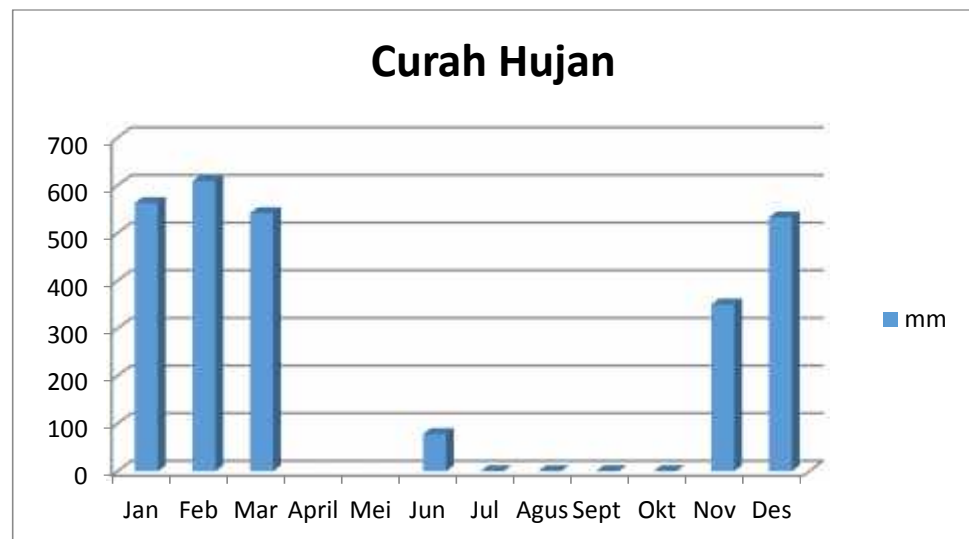
Hari	Minggu I
	kW
Senin	3,70
Selasa	3,46
Rabu	3,74
Kamis	3,70
Jum'at	3,65
Sabtu	3,76
Minggu	3,72
Rata-rata	3,68

Tabel 21. Data Estimasi Daya yang dihasilkan pada Minggu II  
(22-28 Februari 2016)

Hari	Minggu II
	kW
Senin	3,75
Selasa	3,54
Rabu	3,62
Kamis	3,76
Jum'at	3,72
Sabtu	3,66
Minggu	3,66
Rata-rata	3,67

## B. Analisis Data

### 1. Curah Hujan



Gambar 19. Grafik Curah Hujan pada Tahun 2015

Pada Gambar 19 terlihat curah hujan yang terjadi pada Tahun 2015 dimana musim penghujan terjadi pada bulan Januari, Februari, Maret, Juni, November dan Desember. Pada bulan April dan Mei sebenarnya juga masih masuk dalam musim penghujan, namun di atas tidak terdapat data dikarenakan pada saat itu terjadi kerusakan pada alat penghitung curah hujan di Stasiun Ledoknongko, Sleman, Yogyakarta.

## 2. Analisis Pengukuran Kecepatan Air



Gambar 20. Grafik Kecepatan Air pada Minggu I

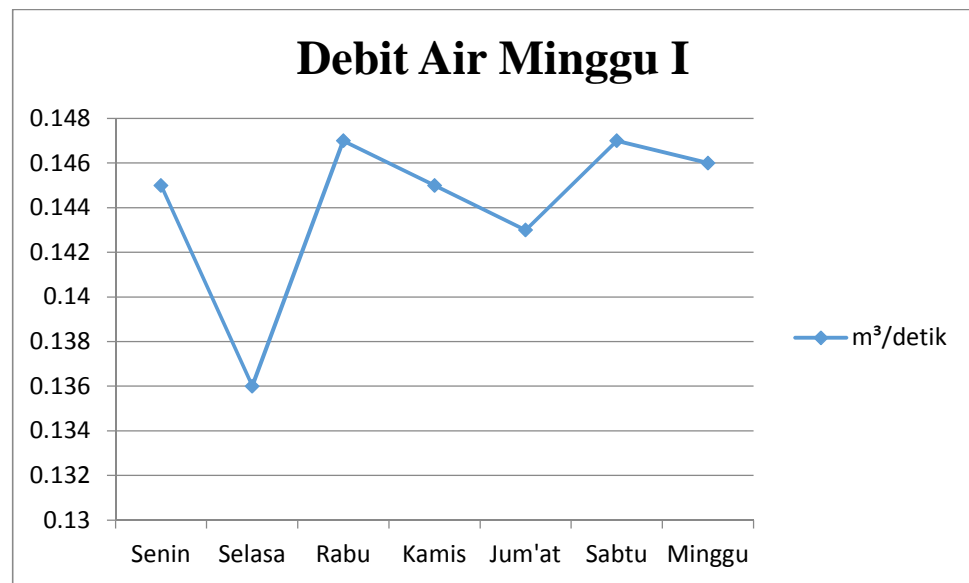
Pada Gambar 20 dilakukan pengambilan data pada tanggal 15-21 Februari 2016. Diperoleh kecepatan air yang tertinggi terjadi pada Hari Sabtu dengan nilai kecepatan rata-rata 0,589 m/detik dikarenakan pada sore hingga malam hari sebelumnya telah terjadi hujan yang cukup lebat sehingga kecepatan aliran air tersebut menjadi naik. Sedangkan nilai kecepatan yang terendah terjadi pada Hari Selasa dengan 0.543 m/detik, ini terjadi karena pada hari-hari sebelumnya tidak turun hujan sama sekali.



Gambar 21. Grafik Kecepatan Air pada Minggu II

Pada Gambar 21 data yang dihasilkan juga tidak jauh berbeda dari data yang dihasilkan pada Gambar 20. Pada Gambar 21 dilakukan pengambilan data pada tanggal 22-28 februari 2016. Diperoleh kecepatan air yang tertinggi terjadi pada hari Kamis dengan nilai kecepatan rata-rata 0,589 m/detik di karenakan pada sore hingga malam hari sebelumnya telah terjadi hujan yang cukup lebat sehingga kecepatan aliran air tersebut menjadi naik. Sedangkan nilai kecepatan yang terendah terjadi pada hari selasa dengan kecepatan 0,555 m/detik, ini terjadi karena pada hari-hari sebelumnya tidak turun hujan sama sekali.

### 3. Analisis Pengukuran Debit Air

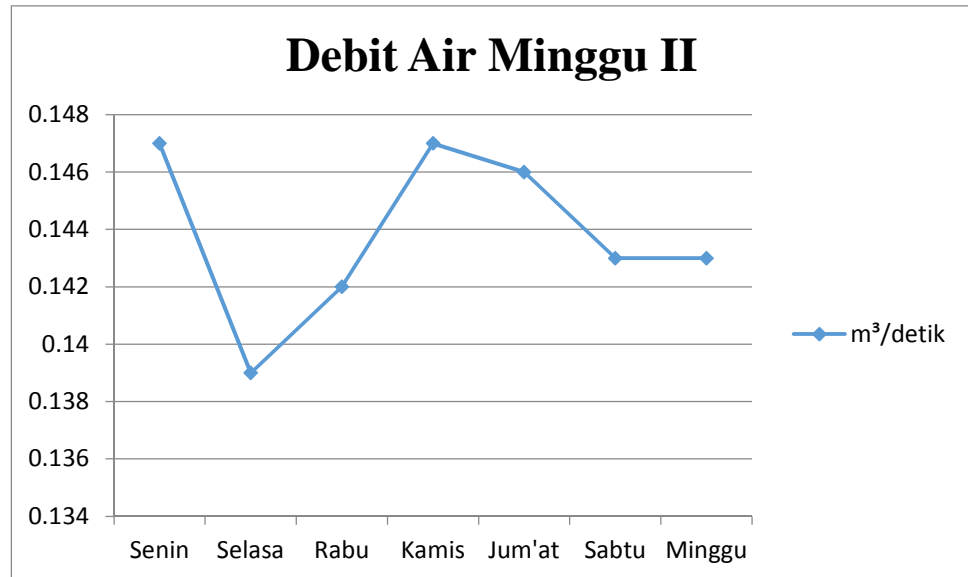


Gambar 22. Grafik Debit Air pada Minggu I

Pada Gambar 22 bisa dilihat bahwa grafik dari debit air sangat tergantung oleh kecepatan air yang ada. Apabila kecepatan air semakin naik demikian pula dengan debit air yang juga akan naik. Hari Sabtu terdapat debit air yang paling tinggi dengan 0,147 m<sup>3</sup>/detik atau 147 liter/detik. Sedangkan debit air terkecil terjadi pada Hari Selasa dengan debit 0,136 m<sup>3</sup>/detik atau 136 liter/detik.

Pada gambar diatas pada Hari Senin dihasilkan debit 145 liter/detik dengan kecepatan air 0,581 m/detik, Hari Selasa terjadi penurunan debit air yang dikarenakan tidak hujan sehari-hari sehingga debit yang didapatkan 136 liter/detik dengan kecepatan air 0,543 m/detik. Pada Hari Jum'at sore hari terjadi hujan yang cukup deras sehingga pengukuran pada sabtu pagi didapatkan kecepatan air

yang cukup kencang sehingga debit air pun ikut naik hingga 147 liter/detik dengan kecepatan air 0,589m/detik.



Gambar 23. Grafik Debit Air pada Minggu II

Pada Gambar 23 diatas bisa dilihat bahwa grafik dari debit air sangat tergantung oleh kecepatan air yang ada. Apabila kecepatan air semakin naik demikian pula dengan debit air yang juga akan naik. Hari kamis terdapat debit air yang paling tinggi dengan 0,147 m³/detik atau 147 liter/detik. Sedangkan debit air terkecil terjadi pada hari selasa dengan debit 139 m³/detik atau 139 liter/detik.

Pada Gambar 23 Hari Senin dihasilkan debit 147 liter/detik dengan kecepatan air 0,588 m/detik, Hari Selasa terjadi penurunan debit air yang dikarenakan tidak hujan sehari-hari sehingga debit yang didapatkan 139 liter/detik dengan kecepatan air 0,555 m/detik. Pada Hari Rabu sore hari terjadi hujan yang cukup deras sehingga

pengukuran pada Kamis pagi didapatkan kecepatan air yang cukup kencang sehingga debit air pun ikut naik hingga 147 liter/detik dengan kecepatan air 0,589 m/detik.

#### 4. Analisis Potensi Hidrolik

Potensi hidrolik adalah potensi energi yang ditimbulkan oleh tekanan air akibat gaya gravitasi bumi. Potensi energi pikohidro yang tersedia di alam adalah merupakan energi dalam bentuk energi potensial. Besarnya potensi hidrolik ditentukan oleh besarnya debit air  $Q$  dan ketinggian kemiringan sungai atau head ( $h$ ). Secara matematis, besarnya potensi hidrolik dari suatu potensi energi mikrohidro dapat dijelaskan dengan persamaan berikut:

$$P_h = \rho \times g \times Q \times h \dots\dots\dots (1.3)$$

dimana:

$P_h$  = Daya teoritis air, (kW)

$\rho$  = 1000 (kg/m<sup>3</sup>)

$g$  = 9.8 (m/s<sup>2</sup>)

$Q$  = debit air (m<sup>3</sup>/s)

$h$  = 5,2 m

$$P_h = 9800 \times Q \times 5,2$$

Hasil perhitungannya adalah sebagai berikut :

a. Senin 15 Februari 2016

$$\begin{aligned} P_h &= 1000 \text{ kg/m}^3 \times 9.8 \text{ m/s}^2 \times 0,145 \text{ m}^3/\text{s} \times 5,2 \text{ m} \\ &= 7,41 \text{ kW} \end{aligned}$$



b. Selasa 16 Februari 2016

$$P_h = 1000 \text{ kg/m}^3 \times 9.8 \text{ m/s}^2 \times 0,136 \text{ m}^3/\text{s} \times 5,2 \text{ m}$$
$$= 6,92 \text{ kW}$$

c. Rabu 17 Februari 2016

$$P_h = 1000 \text{ kg/m}^3 \times 9.8 \text{ m/s}^2 \times 0,147 \text{ m}^3/\text{s} \times 5,2 \text{ m}$$
$$= 7,48 \text{ kW}$$

d. Kamis 18 Februari 2016

$$P_h = 1000 \text{ kg/m}^3 \times 9.8 \text{ m/s}^2 \times 0,145 \text{ m}^3/\text{s} \times 5,2 \text{ m}$$
$$= 7,39 \text{ kW}$$

e. Jumat 19 Februari 2016

$$P_h = 1000 \text{ kg/m}^3 \times 9.8 \text{ m/s}^2 \times 0,143 \text{ m}^3/\text{s} \times 5,2 \text{ m}$$
$$= 7,30 \text{ kW}$$

f. Sabtu 20 Februari 2016

$$P_h = 1000 \text{ kg/m}^3 \times 9.8 \text{ m/s}^2 \times 0,147 \text{ m}^3/\text{s} \times 5,2 \text{ m}$$
$$= 7,52 \text{ kW}$$

g. Minggu 21 Februari 2016

$$P_h = 1000 \text{ kg/m}^3 \times 9.8 \text{ m/s}^2 \times 0,146 \text{ m}^3/\text{s} \times 5,2 \text{ m}$$
$$= 7,44 \text{ kW}$$

h. Senin 22 Februari 2016

$$P_h = 1000 \text{ kg/m}^3 \times 9.8 \text{ m/s}^2 \times 0,147 \text{ m}^3/\text{s} \times 5,2 \text{ m}$$
$$= 7,50 \text{ kW}$$

i. Selasa 23 Februari 2016

$$\begin{aligned}P_h &= 1000 \text{ kg/m}^3 \times 9.8 \text{ m/s}^2 \times 0,139 \text{ m}^3/\text{s} \times 5,2 \text{ m} \\ &= 7,08 \text{ kW}\end{aligned}$$

j. Rabu 24 Februari 2016

$$\begin{aligned}P_h &= 1000 \text{ kg/m}^3 \times 9.8 \text{ m/s}^2 \times 0,142 \text{ m}^3/\text{s} \times 5,2 \text{ m} \\ &= 7,25 \text{ kW}\end{aligned}$$

k. Kamis 25 Februari 2016

$$\begin{aligned}P_h &= 1000 \text{ kg/m}^3 \times 9.8 \text{ m/s}^2 \times 0,147 \text{ m}^3/\text{s} \times 5,2 \text{ m} \\ &= 7,51 \text{ kW}\end{aligned}$$

l. Jumat 26 Februari 2016

$$\begin{aligned}P_h &= 1000 \text{ kg/m}^3 \times 9.8 \text{ m/s}^2 \times 0,146 \text{ m}^3/\text{s} \times 5,2 \text{ m} \\ &= 7,44 \text{ kW}\end{aligned}$$

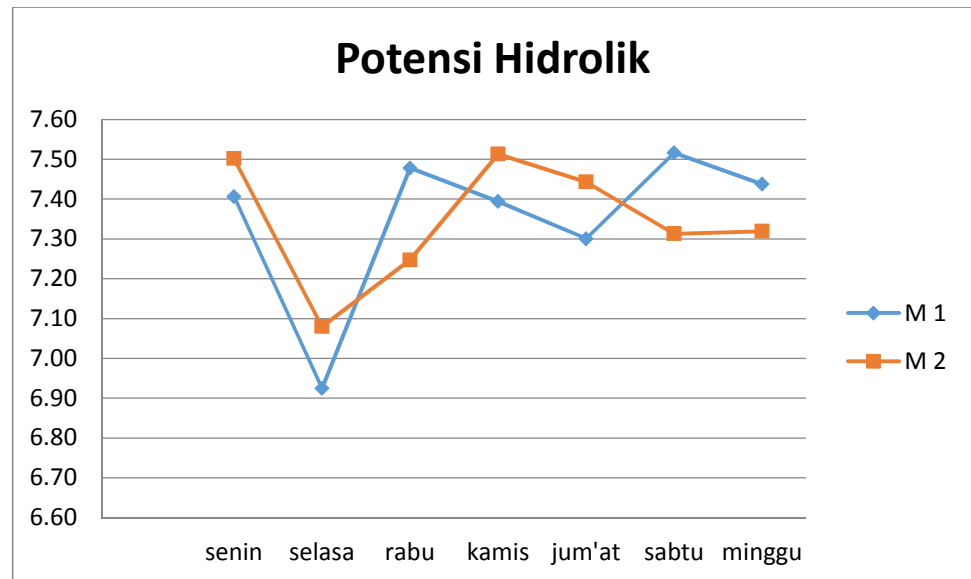
m. Sabtu 27 Februari 2016

$$\begin{aligned}P_h &= 1000 \text{ kg/m}^3 \times 9.8 \text{ m/s}^2 \times 0,143 \text{ m}^3/\text{s} \times 5,2 \text{ m} \\ &= 7,31 \text{ kW}\end{aligned}$$

n. Minggu 28 Februari 2016

$$\begin{aligned}P_h &= 1000 \text{ kg/m}^3 \times 9.8 \text{ m/s}^2 \times 0,143 \text{ liter/detik} \times 5,2 \text{ m} \\ &= 7,32 \text{ kW}\end{aligned}$$

Berdasarkan hasil perhitungan potensi hidrolis bisa dibuat sebuah grafik seperti Gambar 24.



Gambar 24. Hasil dari Potensi Hidrolis

Tabel 15. Rata-rata Potensi hidrolis

Hari	M 1	M 2	Rata-rata
Senin	7,41	7,50	7,46
Selasa	6,92	7,08	7,00
Rabu	7,48	7,25	7,37
Kamis	7,39	7,51	7,45
Jum'at	7,30	7,44	7,37
Sabtu	7,52	7,31	7,42
Minggu	7,44	7,32	7,38
Rata-rata			7,35

Berdasarkan data potensi hidrolis pada Gambar 24 diketahui jika besarnya potensi hidrolis ditentukan oleh besarnya debit air  $Q$  dan ketinggian kemiringan sungai atau head ( $h$ ). Berdasarkan Gambar 24 terlihat jika potensi hidrolis yang dihasilkan dalam jangka waktu 2

minggu tidak konstan tetapi juga perbedaan angkanya tidak terpaut terlalu jauh.

### 5. Analisis Hasil Estimasi Daya yang Dibangkitkan

Dari survey awal yang dilakukan yaitu melihat kondisi daerah aliran sungai yang terletak di Desa Bangunmulyo, meliputi topografi, debit aliran dan head, maka dapat diperkirakan potensi daya yang dapat dibangkitkan untuk PLTMH adalah. Secara sederhana kapasitas daya dapat dihitung dengan persamaan berikut:

$$Pel = t \times Ph \dots\dots\dots(1.4)$$

dimana :

Pel = Kapasitas daya terbangkit, kW

Ph = Potensi daya hidrolik kW

t = Estimasi efisiensi %

Dari beberapa referensi dapat diketahui bahwa untuk sistem pembangkit kecil, sebagai acuan kasar dapat digunakan harga  $t = 50\%$  . Berikut ini hasil perhitungan estimasi daya dibangkitkan setelah diketahui estimasi potensi hidrolik minggu ke 1-2:

a. Senin 15 Februari 2016

$$\begin{aligned} Pel &= 7,41 \text{ kW} \times 50\% \\ &= 3.7 \text{ kW} \end{aligned}$$

b. Selasa 16 Februari 2016

$$\begin{aligned} Pel &= 6,92 \text{ kW} \times 50\% \\ &= 3,46 \text{ kW} \end{aligned}$$

c. Rabu 17 Februari 2016

$$\begin{aligned} \text{Pel} &= 7,48 \text{ kW} \times 50\% \\ &= 3,74 \text{ kW} \end{aligned}$$

d. Kamis 18 Februari 2016

$$\begin{aligned} \text{Pel} &= 7,39 \text{ kW} \times 50\% \\ &= 3,7 \text{ kW} \end{aligned}$$

e. Jum'at 19 Februari 2016

$$\begin{aligned} \text{Pel} &= 7,30 \text{ kW} \times 50\% \\ &= 3,65 \text{ kW} \end{aligned}$$

f. Sabtu 20 Februari 2016

$$\begin{aligned} \text{Pel} &= 7,52 \text{ kW} \times 50\% \\ &= 3,76 \text{ kW} \end{aligned}$$

g. Minggu 21 Februari 2016

$$\begin{aligned} \text{Pel} &= 7,44 \text{ kW} \times 50\% \\ &= 3,72 \text{ kW} \end{aligned}$$

h. Senin 22 Februari 2016

$$\begin{aligned} \text{Pel} &= 7,50 \text{ kW} \times 50\% \\ &= 3,75 \text{ kW} \end{aligned}$$

i. Selasa 23 Februari 2016

$$\begin{aligned} \text{Pel} &= 7,08 \text{ kW} \times 50\% \\ &= 3,54 \text{ kW} \end{aligned}$$

j. Rabu 24 Februari 2016

$$\text{Pel} = 7,25 \text{ kW} \times 50\%$$

$$= 3,62 \text{ kW}$$

k. Kamis 25 Februari 2016

$$\text{Pel} = 7,51 \text{ kW} \times 50\%$$

$$= 3,76 \text{ kW}$$

l. Jum'at 26 Februari 2016

$$\text{Pel} = 7,44 \text{ kW} \times 50\%$$

$$= 3,72 \text{ kW}$$

m. Sabtu 27 Februari 2016

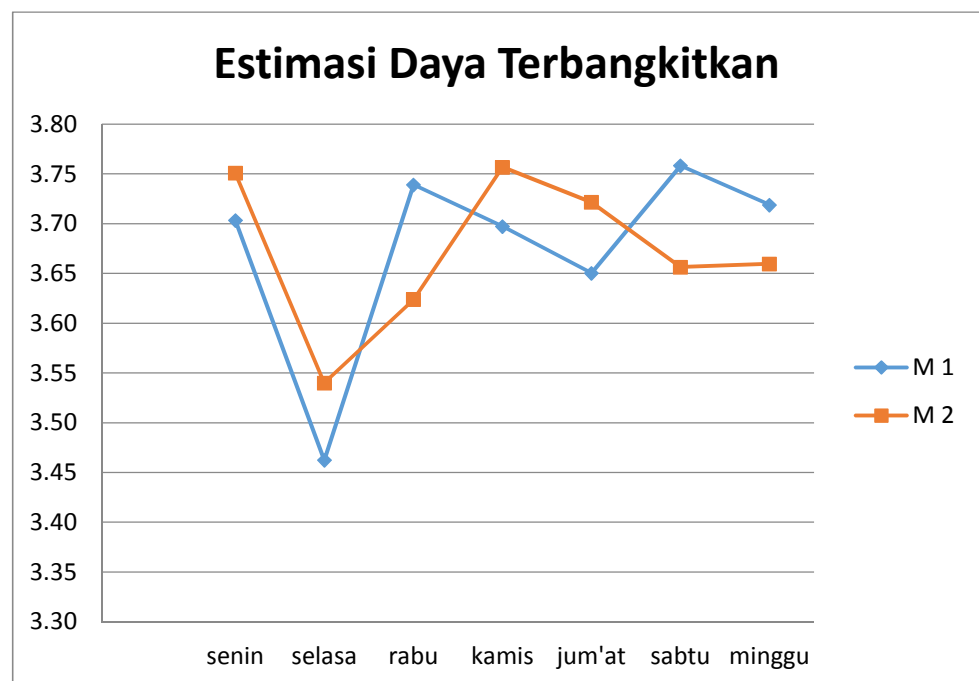
$$\text{Pel} = 7,31 \text{ kW} \times 50\%$$

$$= 3,66 \text{ kW}$$

n. Minggu 28 Februari 2016

$$\text{Pel} = 7,32 \text{ kW} \times 50\%$$

$$= 3,66 \text{ kW}$$



Gambar 25. Grafik Estimasi Daya yang Dibangkitkan

Tabel 22. Rata-rata Estimasi Daya Dibangkitkan

Hari	M 1	M 2	Rata-rata
Senin	3,70	3,75	3,73
Selasa	3,46	3,54	3,50
Rabu	3,74	3,62	3,68
Kamis	3,70	3,76	3,73
Jum'at	3,65	3,72	3,69
Sabtu	3,76	3,66	3,71
Minggu	3,72	3,66	3,69
Rata-rata			3,67

Berdasarkan Gambar 25 estimasi daya yang dibangkitkan tertinggi 3.76 kW dan terendah 3.46 kW sehingga di lokasi tersebut dapat dibangun sebuah PLTPH dikarenakan daya yang dibangkitkan kurang dari 5 kW.

## **BAB V**

### **KESIMPULAN DAN SARAN**

#### **A. Kesimpulan**

1. Data debit air yang dihasilkan dari sungai tersebut adalah debit terkecil 136 liter/detik, sedangkan debit air tertinggi 147 liter/detik. Berdasarkan perhitungan diperoleh rata-rata debit air 143 liter/detik.
2. Berdasarkan analisis data di sungai sekitar Desa Bangunmulyo, Girikerto, Turi, Sleman berpotensi untuk dijadikan sebagai sumber energi alternatif yaitu Pembangkit Listrik Tenaga Piko (PLTPH) dengan daya yang dihasilkan rata-rata 3,67 kW.

#### **B. Keterbatasan Proyek Akhir**

Proyek akhir ini dilakukan dengan semaksimal mungkin, namun tidak terlepas dari keterbatasan-keterbatasan yang ada, yaitu :

1. Peralatan yang terbatas sehingga dalam pengukuran hanya bisa dengan cara yang manual. Dari keterbatasan tersebut maka hasil pengukuran yang didapatkan juga tidak terlalu akurat.
2. Kemampuan penulis yang masih kurang dalam menganalisis.
3. Lokasi sungai yang cukup jauh dari rumah peneliti.
4. Waktu penelitian yang hanya sebentar .

#### **C. Saran**

Sebagai saran dari penulis, diharapkan setelah didapatkannya data seperti yang terlampir diatas agar pembaca dapat melanjutkan proyek akhir ini dengan



melakukan perancangan pembangkit tersebut. Hal tersebut dapat bermanfaat sebagai bahan penelitian serta pengabdian masyarakat sebagai seorang Mahasiswa Teknik khususnya Teknik Elektro, Universitas Negeri Yogyakarta.

## DAFTAR PUSTAKA

- Arismunandar dan Susumumu Kuwahara. (1974). *Pembangkit dengan tenaga air, buku pegangan teknik listrik*. (jilid 1). Pradnya paramita, Jakarta.
- Berya Prilia. (2015). *Makalah turbin air*. Diambil pada tanggal 16 september 2015, dari <https://www.academia.edu/7246445/makalah-turbin-air>.
- Br. Sri Harto., 1993, *Analisis Hidrologi*. Jakarta: Gramedia Pustaka Utama.
- Elektro ITB. (2008). *Pembangkit listrik tenaga air skala pikohidro untuk membangun kemandirian bangsa dalam penyediaan energi listrik*. Bandung : Institut Teknologi Bandung
- Eugene c. Luster. (1993). *Mesin dan rangkaian listrik*. Jakarta: Penerbit Erlangga.
- IMIDAP, Buku Utama Cetakan kedua: Pedoman Studi kelayakan PLTMH, Dirjen Listrik dan Pemanfaatan energy Departemen ESDM, 2008
- Ir. Djiteng Marsudi. (2004). *Pembangkit energi listrik*. Jakarta: Penerbit Erlangga.
- Ismail dan Supriono. (2013). *Analisis ekonomi energi perencanaan pembangkit listrik tenaga mikrohidro merangun*. Jurnal elkha vol 5, no 1. 31-40
- Maimun, Suharyanto dan M.Isnaeni. (2013). *Evaluasi jaringan listrik pembangkit listrik tenaga mikrohidro cokro tulung klaten*. Jurnal media elektrika vol 6 no 1. 13-34
- Mujimin, ST, MT dan Budi Santosa. (2011). *Pembangkit listrik tenaga mikrohidro. Seminar on electrical, informatics and its education*. Yogyakarta : Institut Sains & Teknologi Akprind
- PLN, (2005), *Rencana umum penyediaan tenaga listrik (RUPTL) Indonesia 2005-2014*. September 2005

Siregar Ibrahim. (2013). *Pembangkit listrik tenaga mikro hidro* diambil tanggal 1 Februari 2016, dari <https://elektrounimal2011.wordpress.com/2013/01/07/pembangkit-listrik-tenaga-mikro-hidro/> .

Sunyoto.(1993). *Mesin listrik arus bolak balik*. Yogyakarta: Universitas Negeri Yogyakarta.

Tutun Nugraha, PhD dan Didik Sunardi, Dipl.-Ing. (2012). *Sains Energi Terbarukan energi air*. PT.Pelangi Ilmu Nusantara.

Universitas Sumatera Utara. (2014). *Pembangkit listrik tenaga pikohidro*. Sumatra: Universitas Sumatera Utara.

# LAMPIRAN



Dokumentasi pengambilan data debit air



Dokumentasi Lokasi Sungai



Dokumentasi Pengukuran *Head*