

SKRIPSI

ANALISIS DEBIT DAN HEAD AIR TERJUN KALATA UNTUK PEMBANGUNAN PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA MIKRO HIDRO (PLTMH) DESA SUKA MAJU KECAMATAN WOLOWA KABUPATEN BUTON



Disusun Oleh :

YAMIN LA ANGI

NPM : 111201031

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH BUTON**

2018

SKRIPSI

ANALISIS DEBIT DAN HEAD AIR TERJUN KALATA UNTUK PEMBANGUNAN PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA MIKRO HIDRO (PLTMH) DESA SUKA MAJU KECAMATAN WOLOWA KABUPATEN BUTON

**Di ajukan Untuk Memenuhi Salah Stu Syarat Guna Memperoleh
Gelar Sarjana Strata 1 (S1)
Pada Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik
Universitas Muhammadiyah Buton**



Disusun Oleh :

YAMIN LA ANGI

NPM : 111201031

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH BUTON**

2018

LEMBAR PERSETUJUAN

**ANALISIS DEBIT DAN HEAD AIR TERJUN KALATA
UNTUK PEMBANGUNAN PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA
MIKRO HIDRO (PLTMH) DESA SUKA MAJU KECAMATAN
WOLOWA KABUPATEN BUTON**

Skripsi

Oleh :

YAMIN LA ANGI

111201031

Telah Diuji dan Dinyatakan Lulus dalam Ujian Sarjana

Pada Tanggal 2018

menyetujui

Komisi Pembimbing,

Pembimbing I,

Pembimbing II,

Romi Talanipa, ST.,MT.
NIDN. 0027107511

Idwan, ST.,M.Si.
NIDN. 0916058402

Mengetahui :

**Ketua Program Studi
Teknik Sipil,**

Syamsul Bahri Bahar, ST. MT
NIDN. 0913067403

LEMBAR PENGESAHAN

**ANALISIS DEBIT DAN HEAD AIR TERJUN KALATA UNTUK
PEMBANGUNAN PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA MIKRO
HIDRO (PLTMH) DESA SUKA MAJU KECAMATAN WOLOWA
KABUPATEN BUTON**

Oleh :

**YAMIN LA ANGI
111201031**

Telah Diuji dan Dinyatakan Lulus Dalam Ujian Sarjana pada tanggal 2018

Tim Penguji :

1. Syamsul Bahri Bahar, ST.,MT. Penguji I
NIDN.0913067403
2. Agusman, ST.,M.M. Penguji II
NIDN. 0917088206
3. Morgan L. Setiady, ST.,MT. Penguji III
NIDN.

Pembimbing I

Pembimbing II

Romi Talanipa, ST.,MT.
NIDN. 0027107511

Idwan, ST.,M.Si.
NIDN. 0916058402

Mengetahui :

Dekan Fakultas Teknik
Universitas Muhammadiyah Buton

AHMAD EFENDI, ST.,MT.

NIDN.0910078307

PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Yamin La Angi

NPM : 111201031

Program Studi : Teknik Sipil

Fakultas : Teknik

Dengan ini saya menyatakan bahwa "SKRIPSI" yang saya buat untuk memenuhi persyaratan kelulusan Sarjana Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Buton dngan judul : "*Analisis Debit Dan Head Air Terjun Kalata Untuk Pembangunan Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMH) Desa Suka Maju Kecamatan Wolowa Kabupaten Buton*" ini adalah hasil karya saya sendiri dan bukan merupakan hasil penjiplakan, pengutip atau cara-cara lain yang tidak sesuai dengan etika yang berlaku dalam masyarakat keilmuan.

Apabila dikemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan bahwa Skripsi ini hasil jiplakan (*Pelagiat*), maka saya siap bertanggung jawab dan menerima sanksi sesuai dengan hukum yang berlaku di Indonesia.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenar-benarnya tanpa tekanan dan paksaan dari pihak manapun.

Bau-Bau,2018

Hormat saya,

YAMIN LA ANGI

ABSTRAK

ANALISIS DEBIT DAN HEAD AIR TERJUN KALATA UNTUK PEMBANGUNAN PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA MIKRO HIDRO (PLTMH) DESA SUKA MAJU KECAMATAN WOLOWA KABUPATEN BUTON

Pembimbing : Romi Talanipa, ST.,MT dan Idwan, ST.,M.Si.

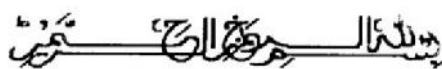
Penelitian ini dilakukan dengan tujuan untuk menghitung debit dan head air terjun sungai Kalata untuk pembangunan Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMH) di Desa Suka Maju Kecamatan Wolowa Kabupaten Buton.

Dalam penelitian ini dilakukan perhitungan debit di sungai Kalata dengan cara sederhana yaitu metode benda terapung (float method), yang mana tahun 2011 telah diukur oleh tim TSU dengan pemanfaatan debit yang belum maksimal, karena dibatasi oleh ketersediaan anggaran.

Selain pengukuran debit, dalam penelitian ini juga dilakukan pengukuran head (tinggi jatuh) dengan cara sederhana yaitu metode waterpass atau selang ukur, sebelum pengukuran head terlebih dahulu kita mengukur titik elevasi air sebagai patokan pembuatan saluran pembawa dan bak penenang. Setelah titik elevasi diketahui sampai ujung pengukuran, dari situlah pengukuran debit dilakukan.

Kata Kunci : Debit, Head, *PLTMH*

KATA PENGANTAR



Puji Syukur kami panjatkan kehadiran Allah SWT. yang telah memberikan rahmatnya sehingga saya dapat mengajukan proposal dengan judul **“ANALISIS DEBIT DAN HEAD AIR TERJUN KALATA UNTUK PEMBANGUNAN PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA MIKRO HIDRO (PLTMH) DESA SUKA MAJU KECAMATAN WOLOWA KABUPATEN BUTON”** sebagai bahan pertimbangan untuk penyusunan skripsi yang merupakan syarat mutlak untuk menyelesaikan pendidikan Strata-1 (S1).

Skripsi ini dibuat untuk memenuhi kewajiban bagi setiap mahasiswa tingkat akhir dalam penyusunan skripsi pada Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Buton. Proposal ini disusun berdasarkan atas rencana penyusunan skripsi dengan lokasi penelitian Air Terjun Kalata Desa Suka Maju Kecamatan Wolowa Kabupaten Buton.

Akhirnya diucapkan terimakasih kepada semua pihak yang telah membantu dalam menyelesaikan proposal ini:

1. Bapak Suriadi, SP.,M.M., selaku Rektor Universitas Muhammadiyah Buton.
2. Ahmad Efendi, ST.MT., Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Buton.
3. Syamsul Bahri Bahar, ST.MT. Sebagai Ketua Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Buton.

4. Bapak Romi Talanipa,ST.MT., selaku pembimbing I yang telah memberikan ilmu, bimbingan, dan diskusi ditengah kesibukan selama penulis melakukan penelitian.
5. Bapak Idwan, ST,.M.Si., selaku pembimbing II yang telah memberikan ilmu, bimbingan, dan diskusi ditengah kesibukan selama penulis melakukan penelitian.
6. Seluruh Staf Dosen, instruktur dan para karyawan Universitas Muhammadiyah Buton khususnya pada Fakultas Teknik, Program Studi Teknik Sipil.
7. Kepada orang tua, anak dan istreri tercinta serta seluruh keluarga yang telah banyak memberikan bantuan dan dorongan baik secara moril maupun materil.
8. Saudara dan saudariku di Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Buton, senior maupun junior yang telah banyak membantu dalam proses pengumpulan data maupun penyusunan skripsi ini.

Sebagai manusia biasa tentunya penulis tidak luput dari keterbatasan, kesalahan dan kekurangan, oleh karena itu kritik dan saran yang bersifat membangun sangat diharapkan demi sempurnanya Skripsi ini.

Baubau,, 2018

Penyusun

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMN JUDUL	i
SURAT PERNYATAAN	ii
LEMBAR PENGESAHAN	iii
KATA PENGANTAR	iv
DAFTAR ISI	v
DAFTAR GAMBAR	vii
DAFTAR TABEL	viii
DAFTAR LAMPIRAN	iv
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar belakang	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4 Manfaat Penelitian	3
1.5 Batasan Masalah	4
1.6 Sistematika Penulisan	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	6
2.1 Penelitian Terdahulu	6
2.2 Pengertian Umum Mikrohidro.....	7
2.2.1 Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro	8
2.2.2 Kelebihan dan Kekurangan PLTMH	9
2.3 Sistim Utama PLTMH	10
2.4 Komponen PLTMH.....	11
2.4.1 Komponen Sipil	12
2.4.2 Peralatan Elektromekanikal	14
2.4.3 Transmisi dan Distribusi Listrik	15
2.5 Pengukuran Debit	18
2.5.1 Pengukuran Debit Langsung.....	19
2.5.2 Pengukuran Debit Tidak Langsung	21

2.6 Tinggi Jatuh (Head).....	31
2.7 Perhitungan Potensi Daya Terbangkit.....	35
BAB III METODE PENELITIAN.....	38
3.1 Lokasi dan Waktu Penelitian	38
3.2 Penyiapan Bahan dan Alat	40
3.3 Bagaan alir penelitian.....	41
BAB IV PEMBAHASA	42
4.1 Deskripsi geografis wilayah penelitian	42
4.2 Hasil dan pembahasan.....	43
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	52
5.1 kesimpulan	52
5.2 Saran	53
DAFTAR PUSTAKA	54

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1 Skema Mikkrohidro.....	9
Gambar 2.2 Gambaran sebuah sistem PLTMH.....	11
Gambar 2.3 Contoh Plan View Sebuah PLTMH Wolowa.....	12
Gambar 2.4 PLTMH sistem Run-of-theriver	16
Gambar 2.5 PLTMH dengan system penampungan	17
Gambar 2.6 Layout Pumped Stroge Power Plant Facility 1.350 MW	18
Gambar 2.7 Bendung V-notch (V-notch weir).....	19
Gambar 2.8 Bendungan pengukuran persegi	20
Gambar 2.9 Menggunakan metode bucket.....	21
Gambar 2.10 Menggunakan metode terapung	24
Gambar 2.11 Contoh penampang saluran	27
Gambar 2.12 Currentmeter t ipe flow probe FP 101	29
Gambar 2.13 Gambaran Head (Tinggi Jatuh)	31
Gambar 2.14 Tinggi jatuh air aktual untuk turbin tekanan sama	32
Gambar 2.15 Tinggi jatuh air aktual untuk turbin tekanan lebih	32
Gambar 2.16 Pengukuran head menggunakan meteran.	34
Gambar 3.1 Diagram alirpenelitian	38

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 2.1 Pembangkit Listrik Tenaga Air Di Kelompokkan Berdasarkan Ukuran Kapasitas Terbangkit.....	7
Tabel 2.2. Batas-batas aplikasi untuk bendung Thomson	20
Tabel 2.3. Interval Pengukuran Kecepatan Air	27
Tabel 2.4. Standar Interval Garis Pengukuran	28

DAFTAR ISTILAH DAN NOTASI

<i>Debit</i>	= besarnya aliran tiap waktu
<i>Head</i>	= Tinggi jatuh
<i>Head gross</i>	= Tinggi jatuh kotor
<i>Head efektif</i>	= Tinggi jatuh bersih
<i>Resources</i>	= Sumber daya
<i>white resources</i>	= Energi putih
<i>sandtrap</i>	= Bak pengendap pasir
<i>runner</i>	= Putaran
<i>shaft</i>	= Tangkai atau as
<i>run-of-the-river</i>	= Pengalihan aliran Sungai
<i>Float Method</i>	= Metode benda terapung
<i>current meter</i>	= alat pengukur kecepatan air
<i>Stopwatch</i>	= Alat pengukur waktu
<i>head losses</i>	= kerugian tinggi jatuh
<i>losses</i>	= kehilangan
<i>Altimeter</i>	= Alat pengukur ketinggian tempat

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1	Foto dokumentasi pengukuran debit
Lampiran 2	Foto dokumentasi pengukuran head
Lampiran 3	Daftar hasil penelitian lapangan

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Energi listrik sudah merupakan kebutuhan pokok dalam berbagai segi kehidupan manusia. Berdasarkan alasan tersebut berbagai kesibukan dilakukan untuk menjejaki pemanfaatan berbagai energi alternatif , salah satu diantaranya adalah sumber daya air alam yang dapat dimanfaatkan menjadi sumber tenaga untuk pembangkit energi listrik.

Kebutuhan sumber energi listrik dewasa ini kian meningkat, selama ini energi listrik yang kita gunakan masih berasal dari sumber energi yang tak terbarukan atau bahan bakar fosil (batu bara, gas alam, serta minyak bumi). Sedangkan energi fosil yang selama ini merupakan sumber energi utama ketersediaannya sangat terbatas dan terus menipis. Pemanfaatan air yang merupakan sumber daya alam sebagai energi terbarukan untuk pembangkit listrik adalah salah satu solusi alternatif untuk menggantikan kebutuhan akan bahan bakar minyak.

Seiring dengan hal tersebut, maka tuntutan akan adanya sumber energi non konvensional tidak dapat dihindarkan lagi. Dengan cara membangun instalasi listrik skala mikrohidro akan membantu dalam memenuhi kebutuhan listrik skala kecil khususnya daerah-daerah pelosok yang memiliki sumber air yang cukup. Di Indonesia sudah banyak penelitian yang telah dilakukan untuk memanfaatkan aliran air kecil (*micro hydro*), salah satunya adalah PLTMH Suka Maju.

PLTMH Suka Maju dibangun di Desa Suka Maju Kecamatan Wolowa Kabupaten Buton Provinsi Sulawesi Tenggara, yang mana Desa ini sejak berdirinya dari tahun 2001 hingga 2009 belum pernah terjangkau aliran listrik dalam hal ini Perusahaan Listrik Negara (PLN), nanti pada tahun 2010 baru ada bantuan yang berasal dari Program Nasional Pemberdayaan Masyarakat Lingkungan Mandiri Perdesaan (PNPM-LMP) yaitu berupa Pembangunan Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMH) yang memanfaatkan potensi air terjun sungai Kalata yang ada di Desa Suka Maju Kecamatan Wolowa Kabupaten Buton. Dan pembangunan PLTMH ini sukses dibangun dengan daya terbangkit 12,5 Kilo Waat (KW) yang melayani 107 Kepala Keluarga (KK) dengan 89 rumah pemanfaat termasuk Fasilitas umum desa. (Sumber Data TSU 2011)

Kalau melihat situasi yang ada, sangatlah layak untuk dibangun PLTMH yang lebih besar lagi dengan daya terbangkit lebih besar pula. Karena PLTMH yang dibangun hanya memanfaatkan sebagian debit air saja dengan head (tinggi jatuh) yang belum maksimal.

dari latar belakang uraian di atas maka penulis mencoba melakukan studi di Sungai yang sama dengan lokasi yang berbeda dan head yang berbeda. Maka judul penelitian ini adalah ***”Analisis Debit dan Head Air Terjun Kalata Untuk Pembangunan Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMH) Desa Suka Maju Kecamatan Wolowa Kabupaten Buton”***.

1.2 Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah dalam penelitian ini yaitu :

1. Bagaimana cara menghitung debit air sungai untuk mendapatkan debit yang maksimal di sungai Kalata Desa Suka Maju Kecamatan Wolowa Kabupaten Buton.
2. Bagaimana cara menghitung head (tinggi jatuh) untuk mendapatkan head yang maksimal.
3. Bagaimana menghitung daya output yang terbangkit dari hitungan debit dan head sesuai dengan hasil penelitian.

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penulisan ini yaitu :

1. Untuk mengetahui debit air sungai yang maksimal di sungai Kalata Desa Suka Maju Kecamatan Wolowa Kabupaten Buton.
2. Untuk mengetahui head (tinggi jatuh) yang maksimal guna meningkatkan daya listrik untuk pemenuhan kebutuhan masyarakat Desa Suka Maju Kecamatan Wolowa Kabupaten Buton
3. Untuk mengetahui daya output yang terbangkit dari hitungan debit dan head sesuai dengan hasil penelitian.

1.4 Manfaat penelitian

Adapun manfaat yang diharapkan dari penelitian ini yaitu :

1. Manfaat Ilmiah

Hasil penelitian ini diharapkan dapat memperkaya khasanah ilmu pengetahuan dan bahan bacaan bagi peneliti berikutnya.

2. Manfaat Institusi

Bagi Dinas Pertambangan dan Energi Kabupaten Buton Provinsi Sulawesi Tenggara sebagai bahan masukan atau informasi untuk memanfaatkan potensi yang ada disekitar kita untuk dijadikan sumber energi yang terbarukan atau sumber energy non fosil.

3. Manfaat Praktis

Bagi peneliti merupakan pengalaman berharga dapat memperluas wawasan keilmuan dan mengaplikasikan ilmu pengetahuan.

1.5 Batasan Masalah

Berdasarkan pada materi yang telah dipaparkan di atas maka dalam pembahasan secara khusus diberikan batasan-batasan tentang permasalahan-permasalahan yang akan terjadi dalam penelitian ini, adapun batasan masalah yang terjadi adalah :

1. Membahas mengenai cara penghitungan debit secara manual dengan metode benda apung (Fload Method)
2. Membahas mengenai cara penghitungan head (tunggi jatuh) yang maksimal secara manual dengan metode meteran selang ukur.
3. Membahas mengenai cara menghitung daya output terbangkit dari hasil perhitungan debit dan head yang akan di lakukan.

1.6 Sistematika Penulisan

Guna memahami lebih jelas laporan proposal ini, di lakukan dengan cara mengelompokan materi menjadi beberapa sub bab dengan sistematika penulisan sebagai berikut:

Bab I. Pendahuluan

Bab ini memberikan gambaran secara umum tentang penulisan ini sebelum masuk pada inti permasalahan yang meliputi, latar belakang masalah/alasan memilih judul, maksud dan tujuan penulisan, batas masalah, dan sistematika penulisan.

Bab II. Tinjauan Pustaka

Bab ini membahas teori-teori mengenai Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMH) dan studi ini diambil dari publikasi para peneliti dunia Teknik Sipil dan buku-buku pelajaran maupun internet.

Bab III. Metodologi Penelitian

Bab Ini menjelaskan tentang desain uraian lokasi dan bagan alir penelitian, penyiapan bahan, pembuatan benda uji penelitian, teknik pengumpulan data, analisis data.

Bab IV. Pembahasan

Bab ini menjelaskan tentang uraian hasil penelitian yang meliputi tinggi jatuh (head), debit air dan daya output yang dihasilkan dari debit dan head yang ada di Sungai Kalata Desa Sukamaju untuk kebutuhan energy listrik masyarakat Desa.

Bab V. Kesimpulan Dan Saran

Bab ini menyimpulkan isi dari tugas akhir dan memberikan saran-saran yang berhubungan dengan tema tugas akhir ini.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penelitian Terdahulu

Metode analisis yang di lakukan dalam penelitian ini merujuk pada penelitian terdahulu yaitu :

1. Rujukan yang pertama yaitu merujuk pada penelitian awal Pembangunan PLTMH Sukamaju. Penelitian ini di lakukan oleh Tim TSU (Teknikal Suporting Unit) Makassar (2010). Dari hasil penelitian di peroleh data sebagai berikut :
 - a. Debit air Sungai Kalata 0,22 m³/s.
 - b. Head yang di gunakan 11,5 m.
 - c. Daya yang terbangkit 14,5 KW
 - d. Jumlah pemanfaat 69 rumah.
2. Rujukan yang kedua yaitu merujuk pada penelitian awal Pembangunan PLTMH Sengkaling 1. Penelitian ini di lakukan oleh Suwignyo (Teknik Sipil – Fakultas Teknik UMM) dan Diding Suhardi (Teknik Elektro – Fakultas Teknik UMM) tahun 2012. Dari hasil penelitian di peroleh data sebagai berikut :

- a. Debit air Sungai 1,00 m³/s.
 - b. Head yang di gunakan 15,2 m.
 - c. Daya yang terbangkit 100 KW
3. Rujukan yang ketiga yaitu merujuk pada penelitian Studi Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro di Desa Sambangan Kabupaten Buleleng Bali. Penelitian ini dilakukan oleh I Nyoman Satya Kumara (Fakultas Teknik Universitas Udayana Bali) Tahun 2017. Dari hasil penelitian di peroleh data sebagai berikut :
- a. Debit air Sungai 0,623 m³/s
 - b. Head yang di gunakan 18 m.
 - c. Daya yang terbangkit 82,42 kW

2.2 Pengertian Umum Mikrohidro

Mikrohidro adalah pembangkit listrik berskala kecil dengan output dibawah 100 Kilo Watt (KW) yang memanfaatkan aliran air yang terdapat dipedesaan sebagai sumber tenaga listrik. Tenaga air mempunyai perjalanan yang panjang dalam sejarah perkembangan teknologi. Kincir air pertama telah dikembangkan sejak jaman dulu dan menjadi sumber energi utama selama abad pertengahan. Tenaga air masih menjadi sumber energy utama sampai abad ke 19, kemudian digantikan dengan mesin-mesin uap. Di beberapa Negara sampai saat ini tenaga air masih berperan penting untuk penyediaan energi listrik. Dalam perkembangannya kincir air telah digantikan dengan turbin air dengan berbagai jenis dengan efisiensi yang lebih baik. Menurut United Nations Industrial Development Organization (UNIDO) pembangkit listrik tenaga air di kelompokkan berdasarkan ukuran kapasitasnya.

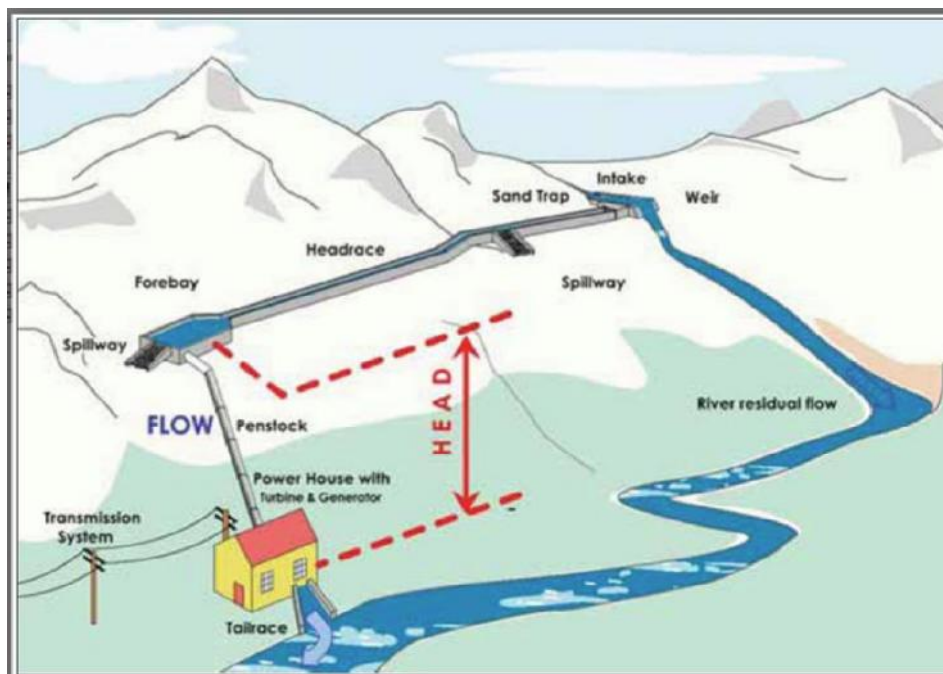
Tabel 2.1 : pembangkit listrik tenaga air di kelompokkan berdasarkan ukuran kapasitas daya tebangkit.

No	Istilah	Power Output
1	Pico Hydro	< 500 W
2	Micro Hydro	500 W – 100 KW
3	Mini Hydro	100 KW – 1 MW
4	Small Hydro	1 MW – 10 MW
5	Full-scale (Large) Hydro	>10 MW

2.2.1. Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro

Pembangkit listrik tenaga air skala kecil disebut Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMH) atau Microhydro Power (MHP) dan sering disebut Mikrohidro. Mikrohidro adalah salah satu teknologi pemanfaatan energy yang handal dan hemat biaya yang dapat dijadikan sebagai pertimbangan dalam penyediaan energy yang ramah lingkungan. Energy air adalah salah satu jenis energy terbarukan, yang dapat diartikan sebagai energi kinetik air dirubah menjadi energy mekanik dimana air memutar roda turbin (Aris Munandar, 1982) energy puntir yang selanjutnya diubah menjadi energy listrik melalui generator (Luknanto, 2008) yang kemudian di distribusikan ke konsumen akhir. Kondisi air yang bisa dimanfaatkan sebagai sumber daya (*resources*) penghasil listrik adalah memiliki kapasitas aliran dan ketinggian tertentu dan instalasi. Semakin besar kapasitas aliran maupun ketinggiannya dari instalasi maka semakin besar energi

yang bias dimanfaatkan untuk menghasilkan energi listrik. Mikrohidro juga dikenal sebagai *white resources* dengan kelemahan bebas bisa dikatakan “energy putih”. Dikatakan demikian karena instalasi pembangkit listrik seperti ini menggunakan sumber daya yang telah disediakan oleh alam dan ramah lingkungan. Suatu kenyataan bahwa alam memiliki air terjun atau jenis lainnya yang menjadi tempat air mengalir. Dengan teknologi sekarang maka energi aliran air beserta energi perbedaan ketinggiannya dengan daerah tertentu (tempat instalasi akan dibangun) dapat diubah menjadi energi listrik (Siti Chadidjah dan Wiyoto, 2011: 208-209).



Gambar 2.1. Skema Mikkrohidro

2.2.2. Kekurangan/kelemahan dan Kelebihan PLTMH

Teknologi air sebagai pembangkit tenaga air skala kecil adalah satu teknologi pemanfaatan energy yang handal dan hemat biaya yang dapat dijadikan sebagai pertimbangan dalam penyediaan energi yang ramah lingkungan. Namun ada berbagai kekurangan/kelemahan dan kelebihan dibandingkan dengan sumber energy terbarukan lainnya seperti tenaga angin, biomass, dan tenaga surya.

a. Kekurangan/kelemahan PLTMH

- Biaya investasi yang besar
- Memerlukan pengetahuan khusus yang kadang tidak dimiliki masyarakat setempat.
- PLTMH memerlukan perhatian yang sederhana tetapi harus dilakukan secara terus menerus terutama dalam operasional dan perawatannya, hal ini merupakan aspek yang harus diperhatikan dengan teliti dalam merencanakan sebuah PLTMH.

b. Kelebihan/keunggulan PLTMH

- Efisiensi yang lebih tinggi (70-90 %) yang pada prinsipnya lebih baik daripada teknologi energi lain.
- Faktor kapasitas (capacity factor) yang tinggi
- Lebih mudah diprediksi, biasanya berubah sesuai dengan pola curah hujan tahunan.
- Keterkaitan dengan beban lebih baik, dimana output juga konstan malam maupun siang hari. Di beberapa wilayah bahkan permintaan beban meningkat ketika air lebih besar dimana daya yang dihasilkan mencapai maksimum.
- Tahan lama dan handal, sistem PLTMH dapat dipakai sampai 50 tahun bahkan lebih, dan cukup mudah untuk ditangani oleh penduduk desa.

2.3. Sistem Utama PLTMH

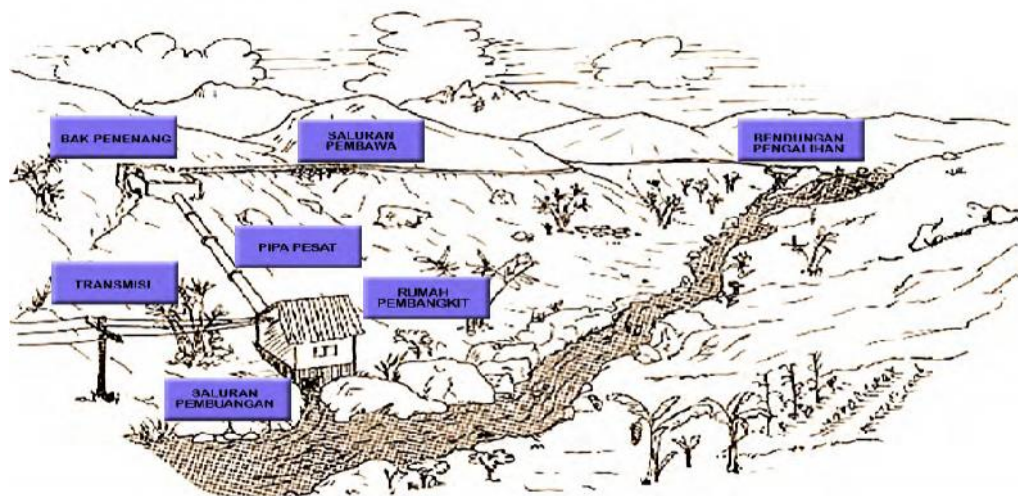
Sebuah PLTMH terdiri dari empat sistem utama yaitu :

a. Sistem hidrolik yang terdiri dari :

- Intake

- Saluran pelimpah (spillway)
 - Bak pengedap pasir (desilting chamber/sandtrap)
 - Saluran pembawa (headrace)
 - Bak penenang (forebay)
 - Pipa pesat (penstock)
 - Turbin
- b. Sistem pembangkitan (generator)
- c. Beban/sistem konsumen (peralatan listrik)
- d. Sistem kontrol, yang menyesuaikan output sistem sesuai dengan beban konsumen, sehingga tegangan dan frekuensi listrik yang dibangkitkan tetap konstan pada nilai standar.

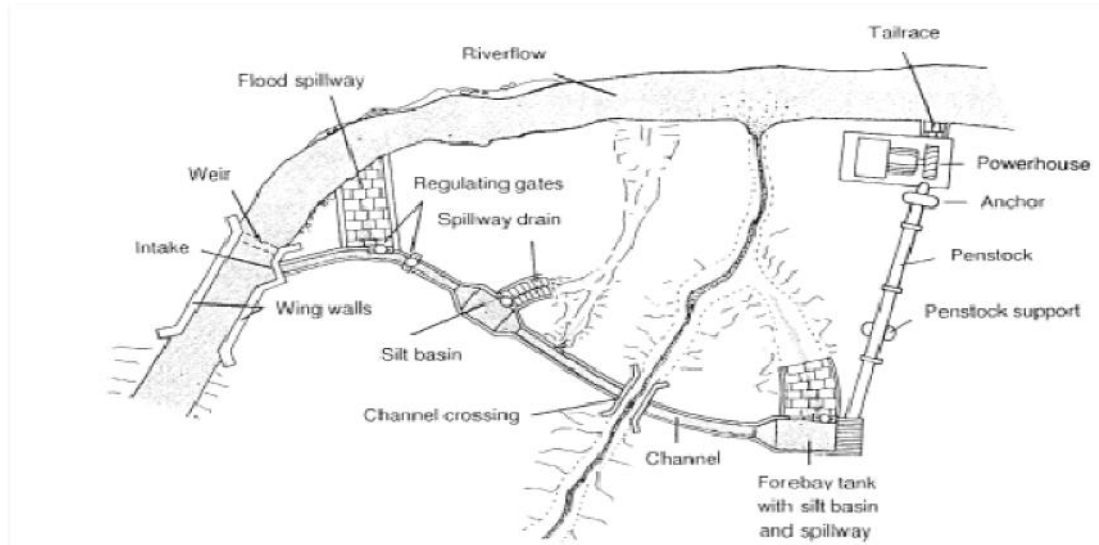
Gambaran umum sebuah PLTMH di perlihatkan pada gambar berikut ini.



Gambar 2.2. Gambaran sebuah sistem PLTMH

2.4. Komponen PLTMH

Komponen utama dalam sebuah PLTMH adalah struktur sipil dan jaringan transmisi. Komponen Mekanikal, sistem kontrol dan peralatan elektrikal berada di dalam rumah pembangkit.



Gambar 2.3. Contoh plan view sebuah PLTMH

Secara fisik komponen utama yang dibutuhkan dalam sebuah PLTMH adalah sebagai berikut :

- Komponen sipil
- Peralatan elektro mekanikal
- Transmisi dan distribusi listrik

2.4.1. Komponen sipil

Komponen sipil dan kegunaannya :

- **Bendungan pengalihan (Diversion weir)**

Bendungan pengalihan untuk mengalihkan aliran yang dibutuhkan untuk pembangkitan daya dari sungai melalui intake ke dalam sistem penyaluran air pada sebuah PLTMH.

- **Lubang Intake (Intake orifice)**

Lubang Intake adalah merupakan pintu masuk menuju saluran pembawa.

- **Pintu Intake (Intake gate)**

Pintu Intake gunanya untuk mengatur aliran masuk dari sungai ke sistem pembawa air. Juga memungkinkan untuk menutup sama sekali aliran masuk selama periode pembersihan atau selama banjir.

- **Sandtrap**

Bak pengendap pasir (*sandtrap*) pada dasarnya merupakan saluran dengan potongan melintang yang diperbesar yang mengakibatkan kecepatan aliran menurun. Karena penurunan kecepatan, batu kerikil, pasir dan sedimen akan mengendap dalam bak ini sehingga tidak akan masuk ke dalam saluran pembawa dan yang terpenting tidak akan masuk ke turbin, dimana partikel-partikel ini dapat menyebabkan abrasi pada *runner*.

- **Saluran pembawa / *Headrace channel*:**

Saluran pembawa mengalirkan air dari intake ke bak penenang dengan kehilangan ketinggian yang minimum. Kadang-kadang diperlukan saluran pembawa yang melintasi sungai kecil atau saluran drainase, biasanya harus dipersiapkan sebuah saluran penyeberangan atau jembatan pipa.

- **Pelimpah dan saluran pelimpah / *Spillway and spillway channels***

Melalui sistem pelimpah, kelebihan air dikembalikan ke sungai melalui saluran pelimpah. Sistem pelimpah ini juga sangat penting jika sistem saluran pembawa air tertutup (sebagai contoh apabila saringan di bak penenang terhalang) untuk mencegah aliran berlebih yang tidak

terkontrol, yang dapat menimbulkan konsekuensi yang fatal (erosi dan tanah longsor).

- **Bak penenang / Forebay:**

Bak penenang membentuk transisi dari saluran pembawa ke pipa pesat.

Dalam beberapa kasus baknya diperbesar dengan tujuan;

- Berfungsi sebagai bak penampungan pada saat beban puncak
- sebagai bak akhir untuk mencegah pengisapan udara (air suction) oleh penstock. Pada bak penenang harus juga dipasang saringan untuk mencegah benda-benda yang tidak diinginkan masuk ke dalam pipa pesat.

- **Pipa pesat / Penstock :** Pipa pesat (atau pipa tekanan) menghubungkan

bak penenang dengan turbin di rumah pembangkit. Pada kebanyakan

kasus biasanya pipa baja yang digunakan, tetapi juga plastik (PE, PVC, HDPE) atau beton, juga merupakan material yang dapat digunakan.

Pipa pesat didukung oleh sliding blocks dan angkor; expansion joint (sambungan) memungkinkan jika terjadi pemuaian pipa secara memanjang (umumnya akibat pengaruh temperatur).

- **Rumah pembangkit / Powerhouse:**

Rumah pembangkit harus dapat menjaga peralatan pembangkit dan kontrol dari kondisi cuaca yang buruk dan mencegah akses masuk bagi orang-orang yang tidak berkepentingan.

- **Tailrace channel / Saluran pembuang:**

Saluran pembuang mengalihkan air kembali ke sungai setelah melalui turbin.

2.4.2. Peralatan elektro-mekanikal

Peralatan elektro-mekanikal adalah semua peralatan yang sebenarnya dipergunakan untuk merubah energi air menjadi listrik. Peralatan utamanya terdiri dari:

- **Turbin**

Turbin terdiri dari *runner* yang terhubung ke *shaft* yang merubah energi potensial dalam air yang jatuh menjadi daya mekanikal atau daya shaft. kebanyakan kasus, listrik dibangkitkan, turbin disambungkan secara langsung ke generator atau disambungkan melalui roda gigi atau belt dan pulley, tergantung pada kecepatan yang dibutuhkan oleh generator. Pemilihan jenis turbin tergantung pada tinggi jatuh dan debit desain.

- **Transmisi mekanik (*drive system*)**, untuk mentransmisikan daya putaran dari turbin ke alat yang dikehendaki (biasanya generator, tetapi dalam banyak kasus juga terdapat alat mekanikal seperti penggilingan atau alat pengupas padi). Untuk dapat membangkitkan tenaga listrik pada tegangan dan frekuensi yang stabil, sistem transmisi harus mentransmisikan daya dari turbin ke shaft generator dengan arah dan kecepatan yang dibutuhkan. Jenis drive sistem pada aplikasi PLTMH adalah sambungan langsung (*direct drive*), belt drive (dengan flat belt atau V-belts) atau gearbox (jarang digunakan karena harganya mahal, spesifikasinya sulit, alignment dan perawatannya sulit).

- **Sistem kontrol (*flow control*)**, yang pada dasarnya mengontrol kecepatan turbin, yang memiliki pengaruh langsung terhadap tegangan dan frekuensi dari listrik yang dibangkitkan.

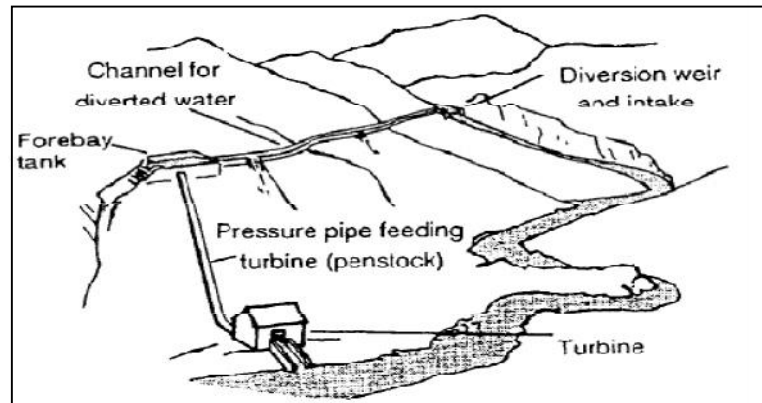
- **Generator**, yang merubah daya mekanikal (perputaran) dari turbin menjadi listrik.

2.4.3. Transmisi dan distribusi listrik

Jika listrik yang dibangkitkan (apabila daya mekanikal tidak digunakan secara langsung), listrik harus dikirimkan dan didistribusikan ke konsumen. Untuk jaringan dengan tegangan rendah (LV) secara langsung dapat didistribusikan, tetapi untuk jaringan yang lebih besar maka transformasi ke tegangan tinggi (HV) harus dilakukan untuk mengurangi kehilangan daya diperjalanan. Cara yang paling umum untuk mentransmisikan listrik dari rumah pembangkit ke rumahrumah adalah melalui jaringan listrik atas tanah (overhead).

A. Konfigurasi lokasi (*site configuration*)

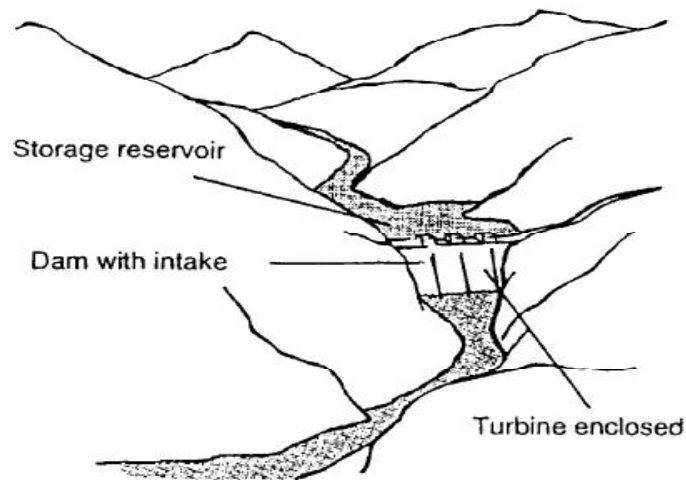
Di bawah ini akan digambarkan pilihan yang paling umum untuk konfigurasi lapangan sistem PLTMH selain itu prinsip-prinsip dasar layout lokasi akan dijelaskan. Hal ini bertujuan untuk menggambarkan prinsip-prinsip dasar dan hanya untuk memberikan gambaran awal. Pada umumnya kita mendisain dan menerapkan **sistem *run-of-the-river*** pada sistem mini dan mikro hidro. Bendung pengalihan dipasang di sungai yang mempunyai pengaruh minimum terhadap sungai dan juga tidak mempengaruhi pola aliran musiman. Pada beberapa kasus, sebagai contoh di PLTMH di perkebunan teh Dewata di Jawa Barat, bak penenangyang diperbesar sebagai penampungan sehari-hari (bukan musiman) untuk melayani pada saat beban puncak selama beberapa jam walaupun pada saat musim kemarau.



Gambar 2.4. PLTMH sistem Run-of-theriver

B. Sistem penampungan (*Storage systems*)

biasanya dam yang besar. Sistem ini tidak biasa digunakan dalam PLTMH. Kebanyakan karena sistem ini desainnya jauh lebih kompleks dan lebih mahal. Sebuah dam menyebabkan akumulasi air yang besar dengan membanjiri lembah dibagian hulu, yang mempunyai akibat besar terhadap ekologi sungai dengan merubah pola aliran musiman. Tujuan utama sistem ini adalah untuk penampungan musiman. Pada beberapa kasus, PLTMH diintegrasikan kedalam dam yang besar, dimana dam ini dibangun untuk tujuan penampungan air untuk irigasi atau mencegah banjir.



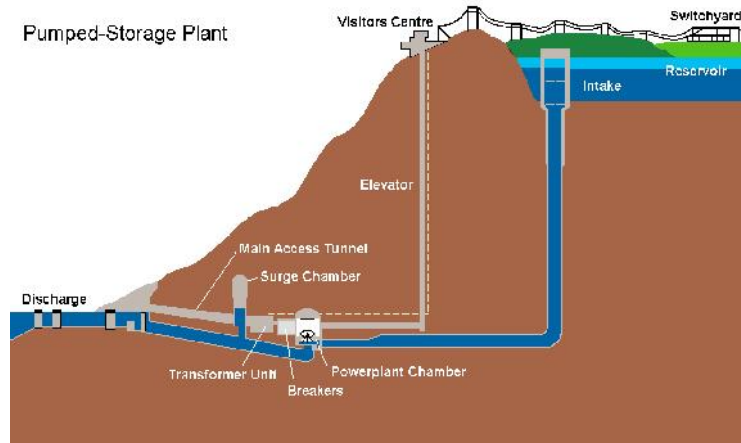
Gambar 2.5. PLTMH dengan system penampungan

Masalah utama lainnya dengan dam yang besar adalah penimbunan lumpur yang harus dikuras dengan biaya yang mahal.

C. Pumped-storage power plants

Sebagai tipe ketiga sistem pembangkit tenaga air. Tujuan pembangkit ini adalah untuk menyimpan listrik dengan cara memompa air ke dalam penampungan yang lebih tinggi selama beban non puncak dan airnya dialirkan kembali untuk membangkitkan listrik selama periode puncak (peak load). Pembangkit-pembangkit ini biasanya tergabung dalam jaringan (besar) yang dipasok oleh sumber yang lain yang reaksinya lebih lambat, (seperti PLTU, PLTGU atau pembangkit nuklir). Dimana keuntungan utama dari pumped-storage power plants ini (dan tenaga air pada umumnya) dapat disesuaikan dengan permintaan aktual dalam waktu yang singkat (pembangkit tenaga air modern dapat di start-up hanya dalam waktu kurang dari 1 menit!). Sistem pembangkit ini tidak relevan dengan pembahasan

dalam modul ini, karena tidak ada fasilitas pembangkitan sebenarnya dan hamper selalu dalam jumlah yang relatif besar (beberapa MW sampai GW).



Gambar 2.6. Layout pumped storage power plant facility 1.350 MW (Raccoon, Tennessee-US) source: www.wikipedia.org

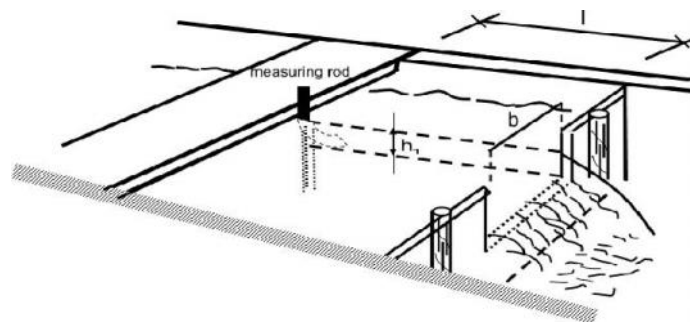
2.5. Pengukuran debit

Disain suatu skema PLTMH membutuhkan pengetahuan mengenai jumlah debit dan perubahannya terhadap waktu dari aliran sungai di lokasi yang dipilih. Sayangnya, sungai-sungai yang diusulkan untuk pemasangan PLTMH sangat jarang tercakup dalam jaringan hidrometrik dan data jumlah debit sungai sangat jarang tersedia. Walaupun teknik-teknik untuk perkiraan debit di lokasi tanpa pos pengukuran bisa dilakukan tapi merupakan suatu keharusan untuk mengukur debit di lokasi yang direncanakan selama paling tidak satu tahun atau satu musim kemarau. Ini akan menyediakan paling tidak beberapa data untuk pemeriksaan ulang terhadap perhitungan hidrologi dan perkiraan debit yang mungkin telah ada dari catatan pospos pengukuran yang berada jauh dari lokasi PLTMH dimana terdapat pola-pola aliran yang berbeda.

2.5.1. Pengukuran Debit Langsung

A. Metode Bendungan ukur (Weir)

Metode bendungan digunakan di sungai kecil ($B < 6$ m) dimana konstruksi bendungan menggunakan material local (kayu), karena lebih ekonomis. Sekali terpasang, bendungan merupakan cara mudah untuk mencatat data debit selama periode beberapa bulan atau bahkan setahun tanpa usaha yang banyak: pembacaan tongkat pengukuran harian dapat dilakukan oleh penduduk (misalnya guru) atau petugas-petugas di pos pemerintahan dan tidak membutuhkan keberadaan ahli. Bendungan yang paling umum digunakan adalah bendungan ujung ditajamkan (sharp crested) baik yang berbentuk persegi atau bentuk V. Bendungan Vnotch atau bendungan ukur Thomson digunakan untuk debit berkisar dari 1 sampai 120 l/dtk sedangkan bendung dengan weir persegi digunakan untuk debit di atas 120 l/dtk. Tabel dan rumusan kecepatan untuk kedua tipe mercu diberikan di bawah. Pendekatan kecepatan air sebaiknya rendah (< 0.15 m/dtk); ini dapat diperoleh jika bendungan dapat menciptakan kolam kecil di hulu. Dasar dan sisi-sisi saluran / sungai sebaiknya cukup jauh dari mercu bendung

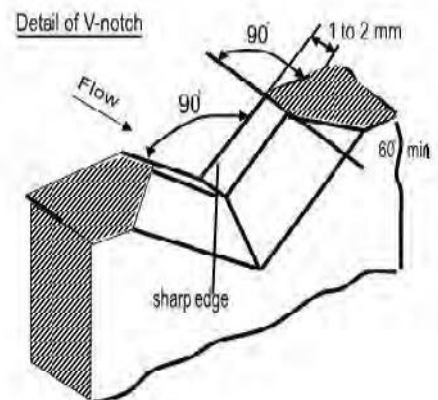
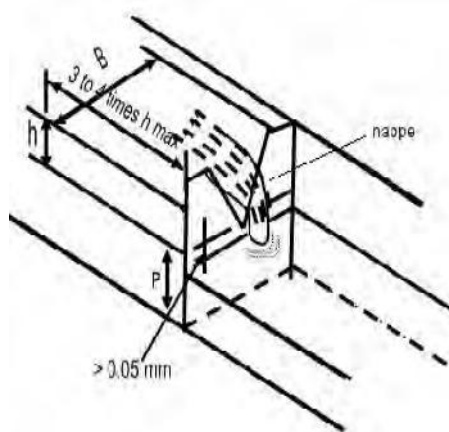


Gambar 2.7. Bendung V-notch (V-notch weir)

sehingga rumusan untuk bendung penuh dapat dipakai. Catatan bahwa lebar mercu harus tidak melebihi 2 mm (lihat rinci). Ini paling baik dapat dicapai jika notch dipabrikasi dari lembar metal dan di baut ke struktur bendung yang terbuat dari kayu. Pengukuran head (h_1) harus dilakukan paling sedikit 3 sampai 4 kali head maksimum ($h_1 \text{ max}$) di hulu bendung. Pasak kayu ditancapkan ke dasar sungai dengan puncak

Tabel 2.2. Batas-batas aplikasi untuk bendung Thomson

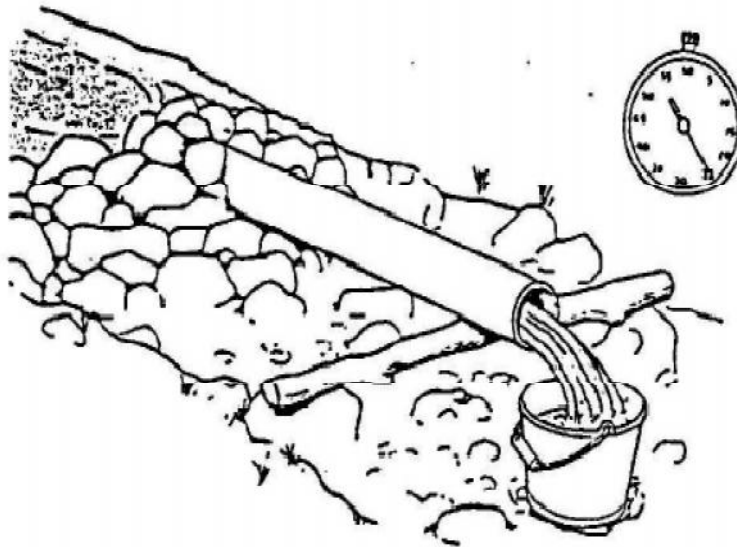
Fully contracted Thomson Weir
$h_1 / p \leq 0.4$
$h_1 / B \leq 0.2$
$0.05 \text{ m} < h_1 \leq 0.38 \text{ m}$
$P \geq 0.45 \text{ m}$
$B_1 \geq 0.90 \text{ m}$



Gambar 2.8. Bendungan pengukuran persegi (Rectangular Sharp-Crested Weir)

B. Metode Bucket

Metode ini cocok untuk mengukur debit kecil sampai debit sangat kecil ($Q < 5 \text{ l/s}$) sesuai untuk instalasi pico hidropower; debit penuh sungai Q diarahkan ke dalam bucket atau ember dengan volume V [liter] yang diketahui dan waktu t [detik] untuk



Gambar 2.9. Menggunakan metode bucket

pengisian terhadap waktu. Rumusan untuk menentukan debit sungai adalah sebagai berikut:

$$Q = \frac{V}{t} \dots\dots\dots (2.1)$$

Mengkalibrasi bucket sangat penting. Gunakan botol dengan volume yang telah diketahui dan hitung banyaknya botolbotol yang anda butuhkan untuk mengisi wadah sampai tanda pembeda. Jika terdapat timbangan berskala, timbang bucket/ember yang berisi air dan tentukan volumenya. Drum minyak 200 liter dapat juga digunakan untuk debit yang lebih besar ($Q < 50 \text{ l/dtk}$)

tetapi persiapan (misalnya bendung dan bak) untuk mengarahkan debit ke dalam drum akan memakan waktu.

2.5.2 Pengukuran Debit tidak langsung

Pengukuran debit tidak langsung berarti bahwa debit dihitung dari kecepatan aliran terukur dan luas potongan melintang sungai menggunakan rumusan sebagai berikut:

$$Q = A \times V_m \dots\dots\dots (2.2)$$

dimana :

Q = debit dalam m³/dtk

A = luas potongan melintang dalam m²

v_m = kecepatan debit rata-rata dalam m/dtk

Luas daerah potongan melintang sungai dapat dikira-kira dengan menggunakan metode berikut ini:

- pilih potongan lurus dari sungai;
- rentangkan pita pengukur melintang sungai tegak lurus terhadap arah arus (garis tengah sungai);
- bagi lebar sungai ke dalam jumlah potongan-potongan genap dengan jarak yang sama;
- hitung kedalaman sungai di setiap titik menggunakan alat ukur berskala, wading rod atau tongkat pengukur;
- hitung luas daerah potongan melintang menggunakan Aturan Simpson's (integrasi menurut angka):

Kecepatan debit rata-rata v_m dapat diukur dalam berbagai cara metode benda terapung (*Float Method*) Ini merupakan metode yang paling mudah untuk menentukan kecepatan aliran. Tetapi ini sebaiknya hanya digunakan untuk sungai-sungai yang cukup dalam dan sungai-sungai berarus tenang, karena tingkat kesalahan dari metode float jika digunakan untuk sungai-sungai yang dangkal (< 30 cm) dan sungai-sungai turbulen akan berkisar pada $\pm 100\%$ atau lebih! Ketidakakuratan ini diperoleh dari hubungan yang tidak diketahui antara debit permukaan dan debit rata-rata untuk seluruh daerah potongan melintang. Benda yang terapung sebaiknya tenggelam sebagian, botol yang terisi sebagian akan merupakan solusi yang baik. Prosedur berikut ini sebaiknya digunakan:

- ukur jarak D yang relatif lurus dan potongan yang sama dari sungai dan tandai awal dan akhir dengan cara merentangkan tali atau pita melintasi sungai (tegak lurus terhadap arus sungai);
- lempar benda terapung yang digunakan ke dalam sungai sedikit diatas titik awal (starting point);
- hitung waktu t dalam detik untuk menempuh jarak D
- hitung kecepatan permukaan v_s

$$v_s = \frac{D}{t} \dots\dots\dots (2.3)$$

- ukur luas daerah potongan melintang pada kedua ujung dari jarak D

Material yang dibutuhkan untuk metode float:

- pita ukur
- tali (yang akan direntangkan melintang sungai)
- tongkat levelling atau batang
- benda apung (botol dengan sumbat)
- stop watch
- kalkulator saku
- buku catatan dan pulpen

Selain menggunakan *current meter* pengukuran debit juga dapat dilakukan dengan metode sederhana seperti langkah – langkah pengukuran berikut:

a. Pengukuran kedalaman sungai dilakukan di beberapa titik berbeda ($h_0, h_1, h_2, h_3, \dots, h_n$)

b. hitung kedalaman rata-rata setiap segmen, ($X_1, X_2, X_3, \dots, X_n$)

$$X_n = \frac{X_{n-1} + X_n}{2} \dots\dots\dots (2.4)$$

b. Lebar sungai (l) dimisalkan 10 m

c. Hitung kedalaman rata-rata, menggunakan rumus:

$$X_{rata} = \frac{\sum x}{n} \dots\dots\dots (2.5)$$

d. Luas diperoleh dengan mengalikan kedalaman rata-rata dengan lebar sungai, yaitu :

$$A = X_{rata-rata} \cdot L \dots\dots\dots (2.6)$$

Mengukur kecepatan aliran sungai (v), langkah – langkah pengukuran:

Kecepatan aliran air tersebut merupakan kecepatan dari aliran permukaan, nilai perkiraan untuk rata-rata aliran sungai tersebut dapat di hitung dengan mengalikan kecepatan aliran air permukaan yang mendekati bagian tengah aliran dengan factor koreksi :

- Saluran beton ,persegi panjang ,mulus $c = 0,85$
- Sungai Luas ,tenang ,aliran bebas (>10 m) $c = 0,75$.
- Sungai dangkal,aliran bebas (< 10 m) $c = 0,65$
- Sungai dangkal ($< 0,5$ m) ,aliran turbulen $c = 0,45$
- Sangat dangkal ($< 0,2$ m).aliran turbulen $c = 0,25$

Menghitung kecepatan dari rata-rata kecepatan aliran sungai tersebut dengan mempergunakan rumus :

$$V = V_a \cdot f \text{ (m/s)} \dots\dots\dots (2.9)$$

Setelah luas dan kecepatan aliran sungai diketahui, maka besar debit pada sungai tersebut dapat dianalisis:

$$Q = A \times V \text{ (m}^3\text{/detik} \dots\dots\dots (2.10)$$

Metode pengukuran debit air dapat dilakukan dengan menggunakan *current meter*, prinsip yang digunakan ialah berkaitan antara kecepatan aliran air dengan kecepatan putaran baling-baling *currentmeter*. Alat ukur arus biasanya digunakan untuk mengukur aliran pada air rendah (Kensaku ,1977).

Dari kecepatan yang didapatkan pada alat ukur arus, maka akan didapatkan debit pada suatu aliran air tersebut. Pengukuran debit pada aliran air ini (saluran / sungai) memerlukan 2 pengukuran, yaitu luas penampang aliran dan kecepatan aliran. Pengukuran luas penampang sungai dapat dilakukan dengan mudah apabila lokasi stasiun telah ditetapkan, dan dilakukan pengukuran yang cermat tentang bentuk penampang sungai di stasiun tersebut.

Current meter adalah sebuah instrument yang mengukur kecepatan dari air yang mengalir dengan cara memutar elemen. Elemen yang berputar dibangun sehingga kecepatan putaran memiliki hubungan tertentu dengan kecepatan air. Dengan meletakkan current meter di titik pada aliran dan mengamati banyaknya putaran propeller terhadap interval waktu tertentu, kecepatan aliran ada titik tersebut dapat ditentukan dari kalibrasi meter.

Peralatan

- a) *Currentmeter*
- b) Alat ukur jarak (meteran)
- c) Tali
- d) Patok
- e) Selang kapiler
- f) Rambu ukur

Rumus dasar perhitungan

Debit aliran dapat di peroleh dengan persamaan :

$$Q = \sum_i^n w \times d \times v \dots\dots\dots(2.11)$$

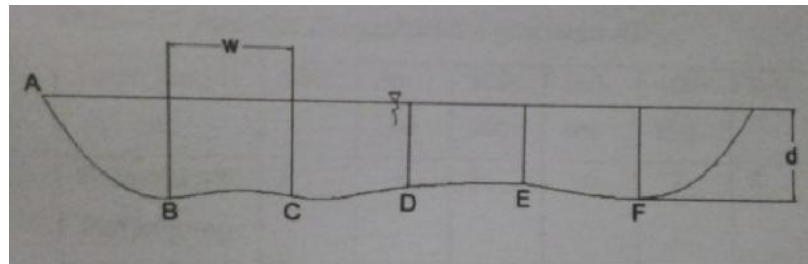
Keterangan :

Q : debit, dalam m³/det

Di : jarak rata-rata ke titik – i

Vi : kecepatan rata-rata ke titik – i

Wi : jarak horizontal ke titik – i



Gambar 2.11. Contoh penampang saluran

Prinsip yang digunakan adalah kaitan antara kecepatan aliran dengan putaran baling-baling alat tersebut. Hubungan itu terlihat pada persamaan :

$$V = an + b \dots \dots \dots (2.12)$$

Keterangan :

V : kecepatan aliran (m/det)

n : jumlah putaran dalam waktu tertentu.

a,b : konstanta (ditetapkan dalam kalibrasi di Laboratorium secara priodik).

Tabel 2.3 Interval Pengukuran Kecepatan Air

Lebar sungai (m)	< 50	50 - 100	100 - 200	200 - 400	400 - 800	> 800
Banyaknya penampang	3	4	5	6	7	8

Tabel 2.4 Standar Interval Garis Pengukuran

Lebar permukaan air B (m)	Interval garis-garis pengukur dalamnya air. (m)	Interval garis-garis pengukur kecepatan aliran. (m)
<10	0.1B – 0.15B	2
10 – 20	1	4
20 – 40	2	6
40 – 60	3	8
60 – 80	4	10
80 – 100	5	12
100 – 150	6	20
150 – 200	10	30
>200	15	

Prosedur Pengukuran Debit Aliran

1. a. Tentukan tinggi elevasi pinggir sungai
 - b. Gunakan selang / pipa kapiler
 - c. tandai menggunakan patok
2. Rentangkan tali dari kiri sampai kanan sungai dan tentukan jumlah titik percobaan.
3. Ukur jarak horizontal per segmen dan jumlahkan.
4. Ukur kedalaman sungai dari kiri – kanan dan sebaliknya setelah itu ambil nilai rata-rata dari kedalaman.
5. Persiapan alat :
 - a) Kalibrasi alat.

- b) Tiup baling-baling selama 5-10 detik untuk memastikan baling-baling dapat berputar dengan baik. Pastikan bagian putih terkunci pada tempatnya.
- c) Reset layar digital dengan menekan tombol atas selama 2 detik. Gulir ke mode tampilan dengan tombol bawah untuk memilih kecepatan rata-rata atau maksimum. Kecepatan ditampilkan dalam ft/detik atau (kecepatan sesaat terdekat 0.5 max, terdekat 0.1, rata-rata untuk terdekat 0.01 detik).
- d) Masukkan baling-baling ke aliran air, atur arah balingbaling menggunakan indikator panah ke arah hilir.
- e) Ukur kecepatan aliran pada masing-masing segmen dengan kedalaman masing-masing 0.2d, 0.6d dan 0.8d dari permukaan air.

Prosedur Perhitungan

- a) Hitung jarak horizontal (W)
- b) Hitung luas area (A)
- c) Hitung kecepatan rata-rata aliran per segmen (V)
- d) Hitung debit aliran per segmen (Q)
- e) Hitung debit total aliran (Q)
- f) Hitung debit total aliran



Gambar 2.12. Currentmeter tipe flow probe FP 101

Terdapat dua tipe utama current meter untuk penggunaan umum; tipe propeller (direct acting meter) yang memiliki putaran poros horizontal parallel terhadap aliran sungai dan tipe mangkuk (differential meter) yang memiliki putaran poros vertikal. Kedua tipe memiliki model dalam skala kecil untuk aliran kecil atau aplikasi laboratorium. Tipe propeller merupakan current meter yang paling umum digunakan.

Keuntungan-keuntungan tipe propeller meter adalah:

- Tipe ini lebih kuat dan mudah dalam bentuk dibanding tipe cup meter.
- Tipe ini tidak terkotori oleh bendabenda terapung.
- Bearing dari meternya terlindungi dari kotoran air dan lumpur.
- Pada model yang lebih baru; bearing, shaft dan propeller mungkin ditukar tanpa mengubah rating dari meter.

CATATAN. Walaupun tipe propeller meter lebih kuat dibandingkan dengan tipe cup, instrument yang teliti dan perawatan yang sama sebaiknya diberikan terhadap meter-an ini untuk memberikan kualitas yang baik.

2.6 Tinggi Jatuh (Head)

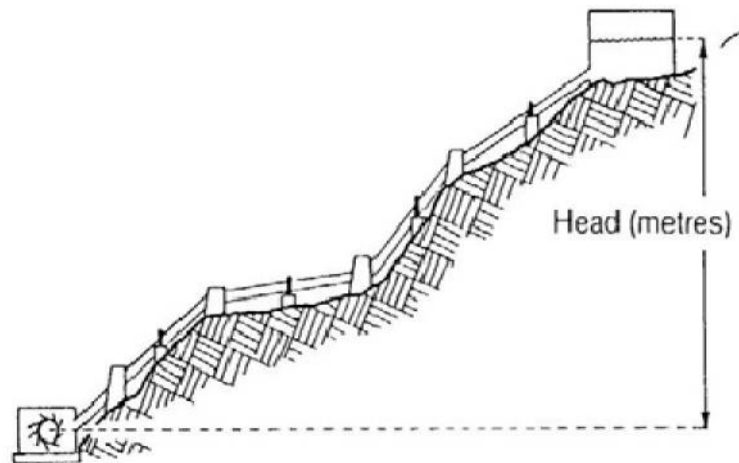
pertama adalah jumlah aliran air yang tersedia; periode dimana hanya ada sedikit hujan atau tak ada sama sekali hujan maka dapat berdampak besar pada pengoperasian pembangkit. Faktor kedua adalah yang dikenal sebagai tinggi jatuh (*head*), ini merupakan jumlah jatuhnya air yang ada diantara saluran pemasukan (*intake*) dan sistem keluaran sistem. Makin besar tinggi jatuhnya, makin besar juga daya yang dapat dibangkitkan. Walaupun kita dapat menggunakan pipa yang halus untuk membawa air menuruni bukit menuju turbin, sebagian energi akan hilang akibat gesekan dan gangguan yang lainnya (katup, belokan, dll). Sepanjang saluran pembawa air juga akan terjadi kerugian akibat gesekan dan turbulensi. Kehilangan energi ini biasanya dicatat untuk perhitungan output daya dengan cara mengurangi tinggi jatuh total yang ada di lapangan.

A. Tinggi jatuh kotor atau tinggi jatuh statis:

H_a (m) didefinisikan sebagai perbedaan ketinggian air di saluran pembawa atas dan ketinggian air di saluran pembuangan (*tailrace*). Ini merupakan tinggi jatuh teoritis yang akan tersedia apabila tidak **terjadi losses**.

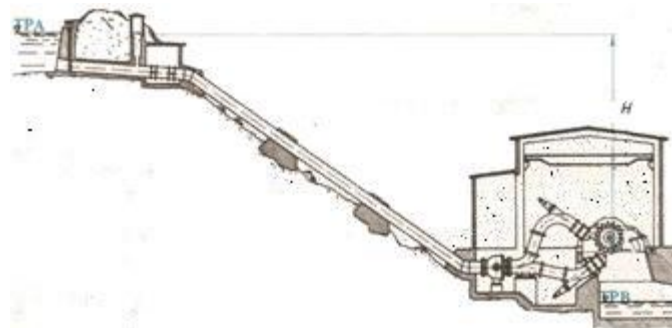
B. Tinggi jatuh bersih atau efektif: H_{eff} (m)

dihasilkan dari perbedaan antara tinggi jatuh kotor dan kerugian tinggi jatuh (*head losses*) . Ini merupakan tinggi jatuh sebenarnya yang tersedia untuk membangkitkan daya. Kehilangan tinggi jatuh untuk skema PLTMH biasanya sekitar 10% dari tinggi jatuh kotor.

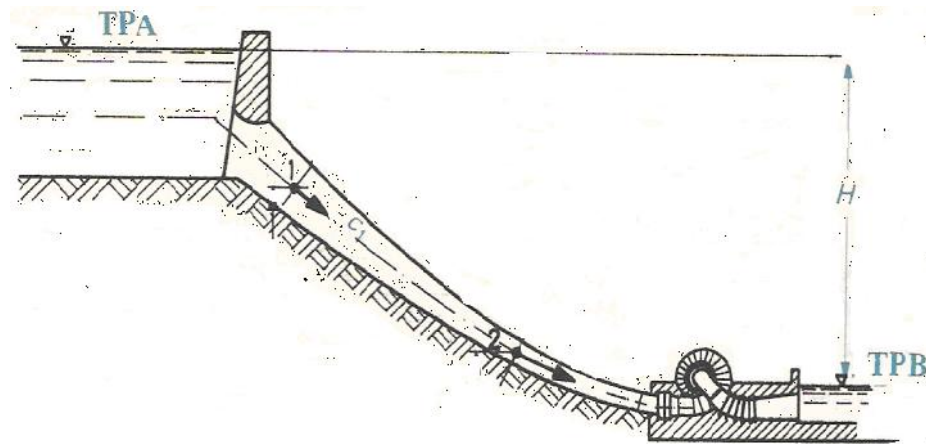


Gambar 2.13 Gambaran Head (Tinggi Jatuh)

Ada dua macam tinggi jatuh air pada suatu instalasi pembangkit listrik yaitu: tinggi jatuh air aktual dan tinggi jatuh air efektif. Untuk jenis turbin air tekanan sama (turbin impuls) tinggi jatuh air aktualnya dihitung dari permukaan air di kolam penampung TPA (Tinggi Permukaan Air Atas) sampai ke tengah–tengah pancaran air dari nosel. Sedangkan untuk jenis air tekanan lebih (turbin reaksi) tinggi jatuh air aktual dihitung dari permukaan air di kolam penampung sampai ke permukaan air bawah TPB (Tinggi Permukaan Air Bawah).



Gambar 2.14. Tinggi jatuh air aktual untuk turbin tekanan sama



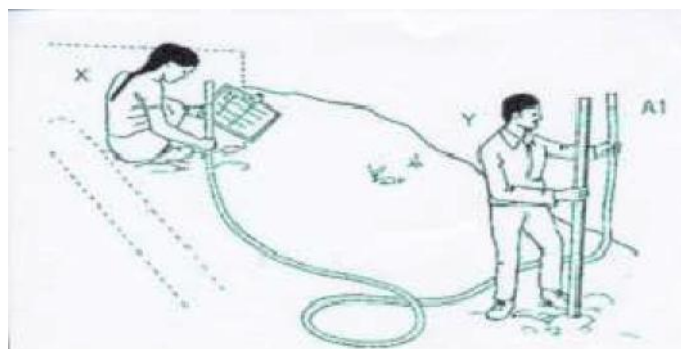
Gambar 2.15. Tinggi jatuh air aktual untuk turbin tekanan lebih

Yang dimaksud dengan tinggi jatuh air efektif adalah tinggi jatuh air aktual dikurangi total kerugian energi (*head losses*) di sepanjang saluran,

C. Pengukuran *Head*

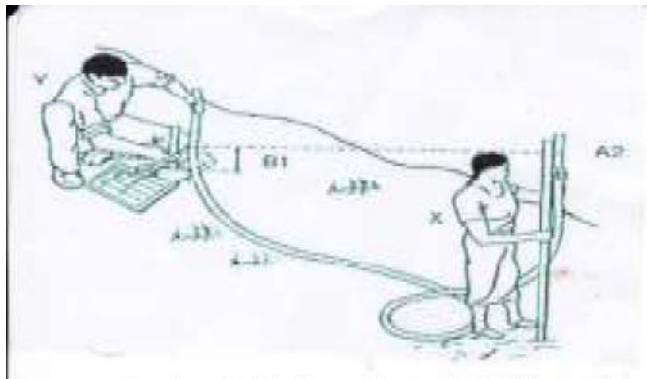
Head yang diukur tersebut merupakan head kotor (*head gross*), setelah dikurangi dengan factor gesekan dan factor kehilangan (*losses*) lainnya ketika air mengalir maka akan menjadi head bersih (*head net*). Pengukuran head ini menggunakan alat sehelai benang nilon dan selang plastic. Cara kerjanya yaitu :

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



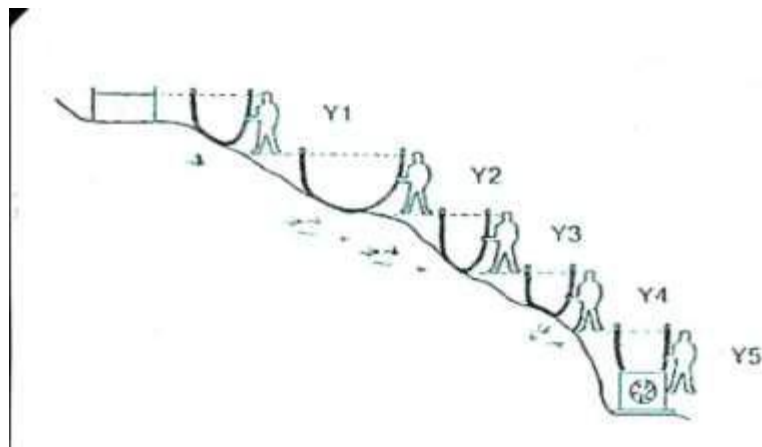
Gambar 2.16. Cara mengukur permukaan air dengan posisi forebay (Sutarno ,1993)

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



Gambar 2.17. Pengukuran dari titik tertinggi ketitik terendah (Sutarno,1993)

3. Lanjutkan pengukuran sampai dilokasi turbin akan ditempatkan. Jumlahkan seluruh hasil pengukuran untuk mendapatkan total head kotor.



Gambar 2.18. Jumlahkan hasil pengukuran seluruhnya (Sutarno,1993)

Yang dimaksud dengan tinggi jatuh air efektif adalah tinggi jatuh air aktual dikurangi total kerugian energi (*head losses*) di sepanjang saluran, yang dinyatakan dalam persamaan berikut:

$$H_{\text{eff}} = H_a - \sum H \dots\dots\dots(2.13)$$

Dimana;

H_{eff} = Tinggi jatuh air efektif (m)

H_a = Tinggi jatuh air kotor/aktual (m)

H_l = Head losses (m) = 10% dari H_a

Pengukuran tinggi jatuh air antara sumber air dengan lokasi turbin dilakukan menggunakan altimeter yang terdapat pada GPS. Prinsip kerja altimeter adalah mengukur tekanan udara. Tekanan udara akan berubah 9 mm *head* air raksa untuk setiap 100 meter perubahan elevasi. Altimeter sangat mudah terpengaruh oleh perubahan suhu, tekanan atmosfer dan kelembaban. Penggunaan altimeter yang terbaik adalah dengan melakukan pengukuran beda ketinggian dalam jangka waktu yang secepatnya. Secara umum pengukuran menggunakan altimeter adalah pengukuran yang paling baik terutama untuk pengukuran kondisi-kondisi tertentu misalnya untuk pengukuran *head* yang tinggi. *Altimeter Page* pada GPS menunjukkan peningkatan yang sedang berlaku, rata-rata penurunan/pendakian, profil perubahan peningkatan ketinggian sepanjang jarak dan waktu, atau profil perubahan tekanan sepanjang waktu. GPSMAP76CSx ini juga bergantung pada tekanan barometric pada saat menentukan ketinggian dan tekanan pada setiap ketinggian dapat berubah-ubah. Pengukuran ketinggian juga dilakukan dengan metode pengukuran lainnya sebagai pembanding. Untuk itu, selain menggunakan altimeter, pengukuran beda ketinggian juga dilakukan secara manual menggunakan meteran dengan menggunakan metode *spirit level and string* (papan *water pass*). Metode ini hampir sama dengan pengukuran beda ketinggian

menggunakan selang *water pass* namun perbedaannya adalah pada metode *spirit level and string* menggunakan batang *water pass*. Metode *spirit level and string* melakukan pengukuran beda ketinggian antara dua titik dengan menggunakan bantuan tiang, tali, dan batang *water pass* untuk melihat kelurusannya secara horizontal. Pengukuran *head* secara manual menggunakan meteran ditunjukkan pada Gambar 3 berikut ini:



Gambar 2.19. Pengukuran head menggunakan meteran.

2.7 Perhitungan Potensi Daya Terbangkit

Data hasil survey potensi air diolah untuk mengetahui besarnya daya yang dapat dibangkitkan dengan menggunakan persamaan berikut.

$$P = \rho \cdot g \cdot Q \cdot H_{eff} \dots\dots\dots (2.14)$$

Dimana:

P = daya terbangkitkan (kW)

ρ = massa jenis air = 1000 kg/m³

g = gravitasi = 9,81 m/s²

Q = debit (m³/s)

H_{eff} = tinggi efektif (m).

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1. Lokasi dan Waktu Penelitian

Pada penelitian studi kelayakan debit dan head ini dilakukan di Desa Sukamaju Kecamatan Wolowa Kabupaten Buton yang mempunyai beberapa potensi air terjun guna pembangunan Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMH) yang berkapasitas lebih besar lagi dibandingkan dengan PLTMH yang sudah ada, dan waktu penelitian dilakukan pada Juli sampai September 2018

Dalam penelitian ini metode atau pengumpulan data hasil penelitian yang digunakan adalah :

1. Metode Primer

Metode primer merupakan sumber data yang diperoleh secara langsung dari sumber asli atau pihak pertama. Data primer secara khusus dikumpulkan oleh peneliti untuk menjawab riset atau penelitian. Data primer dapat berupa pendapat subjek riset (orang), baik secara individu maupun kelompok hasil observasi terhadap suatu benda (fisik), kejadian atau kegiatan, dan hasil pengajian. Manfaat utama dari data primer bahwa unsur – unsur kebohongan tertutup terhadap sumber fenomena. Oleh karena itu, data primer lebih mencerninkan kebenaran yang dilihat.

2. Metode Sekunder

Metode sekunder merupakan sumber data yang diperoleh peneliti secara tidak langsung melalui media perantara, di mana data yang diperoleh melalui data

telah diteliti dan di kumpulkan oleh pihak lain, yang berkaitan dengan permasalahan penelitian. Data sekunder pada umumnya merupakan bukti, catatan atau laporan historis yang telah tersusun dalam arsip, baik yang dipublikasikan maupun yang tidak. Manfaat dari data sekunder adalah lebih meminimalkan biaya dan waktu, mengklasifikasikan permasalahan-permasalahan, menciptakan tolak ukur untuk mengevaluasi data primer, dan memenuhi kesenjangan-kesenjangan informasi. Jika informasi telah ada, pengorbanan uang dan waktu dapat di hindari dengan menggunakan data sekunder. Manfaat lain dari data sekunder ialah bahwa seorang peneliti mampu memperoleh informasi lain selain informasi utama.

3. Metode Eksperimental

Menurut Roestiyah (2001 : 80) metode eksperimental adalah suatu cara pembelajaran yang baik, di mana mahasiswa bukan hanya menyaksikan, tetapi melakukan sendiri suatu percobaan atau penelitian tentang suatu hal dengan, mempraktekannya, mengamati secara langsung, serta menuliskan hasil penelitian/percobaannya. Penggunaan metode ini bertujuan agar mahasiswa melakukan penelitian mampu mencari dan memahami sendiri masalah atau persoalan-persoalan yang dihadapinya, juga dapat melatih dalam cara berpikir ilmiah.

Untuk mendapatkan hasil ataupun data-data yang menunjukkan hubungan antara variable yang diteliti. Lokasi penelitian untuk studi kelayakan debit dan head air terjun kalata untuk pembangunan PLTMH. Penelitian ini rencana dilakukan di

wilayah Desa Suka Maju Kecamatan Wolowa Kabupaten Buton Provinsi Sulawesi Tenggara.

3.2. Penyiapan Bahan dan Alat

Sebelum pelaksanaan penelitian dimulai, yang pertama dilakukan adalah menyiapkan bahan, dan peralatan yang akan digunakan dalam penelitian di lapangan. Untuk mengetahui debit dan head air terjun kalata sehingga Daya yang terbangkit pun bisa diketahui, bahan, dan peralatan yang akan digunakan untuk mengukur debit air yaitu :

- pita ukur/meteran 50 m
- tali (yang akan direntangkan melintang sungai)
- tongkat levelling atau batang
- benda apung (botol dengan sumbat)
- stop watch
- kalkulator saku
- buku catatan dan pulpen

peralatan yang akan digunakan untuk mengukur tinggi jatuh atau head yaitu:

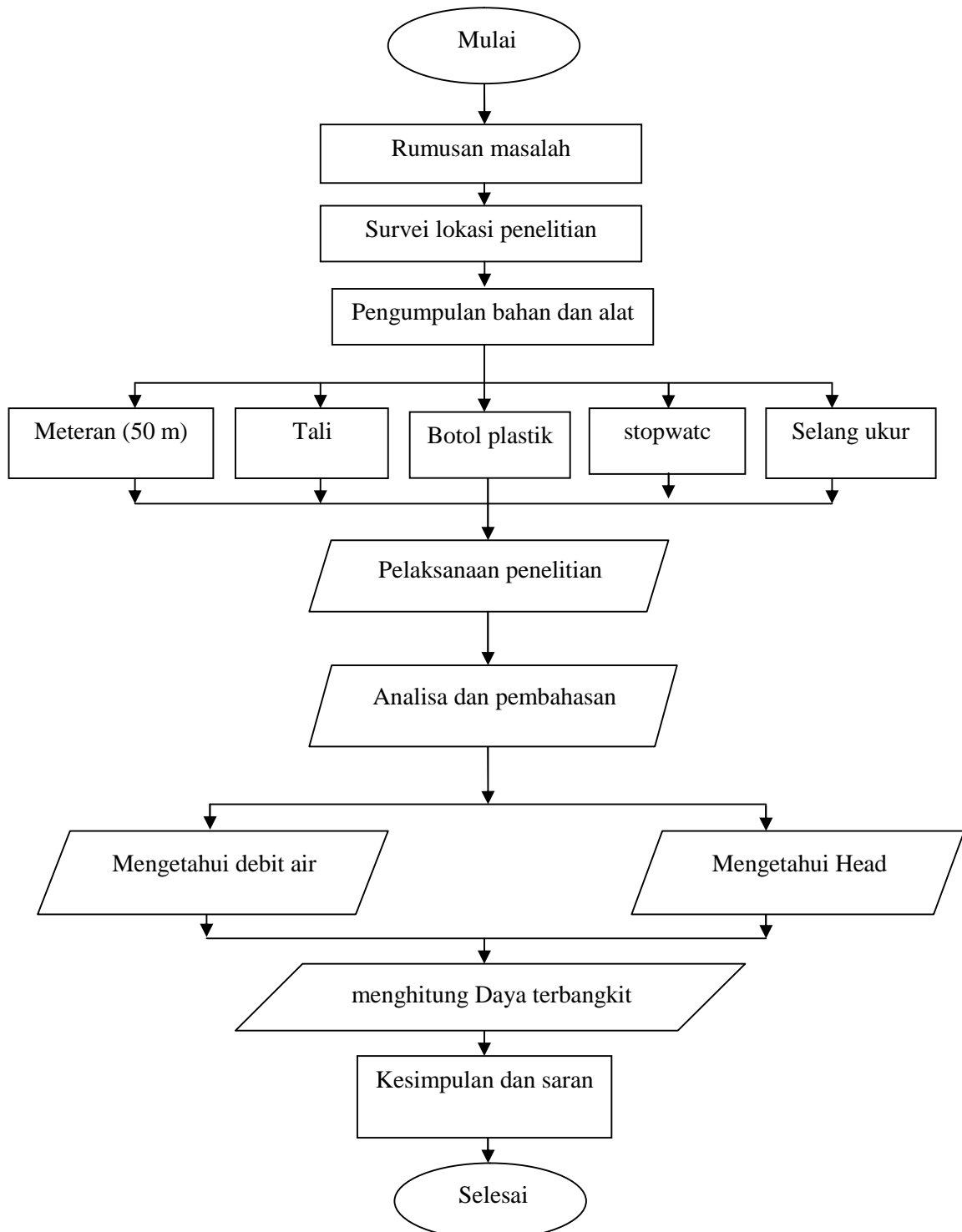
- pita ukur/meteran 50 m
- tongkat levelling atau batang
- Selang ukur
- kalkulator saku
- buku catatan dan pulpen
- spidol permanen

1. Metode Penelitian

Pada penelitian studi kelayakan debit dan head air terjun kalata untuk pembangunan PLTMH menggunakan metode sederhana yaitu pada pengukuran debit digunakan metode benda terapung (Float Method), menggunakan botol plastic bekas air mineral.

3.3. Bagan Alir Penelitian

Adapun bagan alir penelitian adalah sebagai berikut:



Gambar 3.1 Diagram alir penelitian

BAB IV PEMBAHASAN

4.1. Letak geografis wilayah penelitian

a. Letak, luas dan batas wilayah penelitian

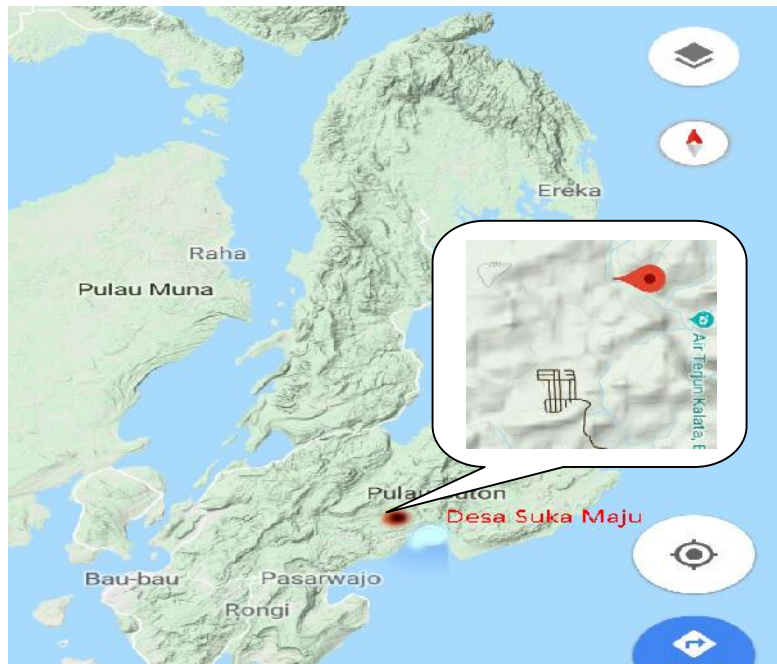
Penelitian karya tulis ini berlokasi di sungai kalata Desa Suka Maju Kecamatan Wolowa Kabupaten Buton, letak astronomis wilayah penelitian yaitu terletak pada koordinat:

1. Rencana bendung $5^{\circ}5'36''$ S dan $122^{\circ}58'36''$ E
2. Rencana rumah turbin $5^{\circ}22'18''$ S dan $122^{\circ}58'36''$ E

Dengan ketinggian rata-rata 60-100 m diatas permukaan laut.

Wilayah Desa Suka Maju terdiri dari 3 dusun yaitu dusun Laranta, dusun Kone, Dusun Toko, dengan luas wilayah 520 ha.

Peta Lokasi Penelitian



Secara geografis desa Suka Maju terletak di sebelah utara Pasarwajo, Ibu Kota Kabupaten Buton dengan batas wilayah sebagai berikut :

- Sebelah utara berbatasan dengan Kawasan hutan Lambusango
- Sebelah timur berbatasan dengan Desa Wolowa Baru
- Sebelah selatan berbatasan dengan Desa Wolowa Baru
- Sebelah selatan berbatasan dengan Desa Matawia

b. Jarak Lokasi Penelitian

Jarak lokasi penelitian dari Pedesaan Suka Maju adalah ± 1700 m, sedangkan jarak lokasi penelitian dari rumah turbin PLTMH Suka Maju yaitu ± 600 m. jarak rumah turbin PLTMH Suka Maju dengan rumah warga desa Suka Maju yaitu ± 1900 .

Peta Batas Desa Lokasi Penelitian dan Jarak Lokasi Penelitian



2.2. Hasil dan pembahasan

a. Debit sungai kalata

Debit merupakan salah satu syarat utama suatu tempat untuk bisa di bangun menjadi PLTMH. Debit aliran dapat di ketahui dengan cara melakukan penelitian yaitu dengan melakukan pengukuran dan perhitungan debit sungai Kalata dengan cara sederhana dengan metode benda terapung. Proses pengukuran dilakukan seminggu sekali, mulai dari juli sampai dengan September 2018,

Perhitungan debit air di mulai dari pengukuran awal yaitu minggu 21 juli sampai dengan 23 september 2018 dengan data yang di peroleh pada akhir penelitian sebagai berikut :

1. Pengukuran luas penampang sungai:

- Lebar sungai yang di gunakan pada lokasi penelitian yaitu :

Lebar sungai = 6,05 m

- Kedalaman sungai

Untuk kedalaman sungai diukur dengan cara membagi 5 bagian dari lebar sungai dengan jarak 1,21 meter tiap bagian, setelah itu baru diukur kedalaman sungai dari permukaan air hingga dasar sungai di masing bagian tersebut, yaitu :

$h_0 = 0,00$ m

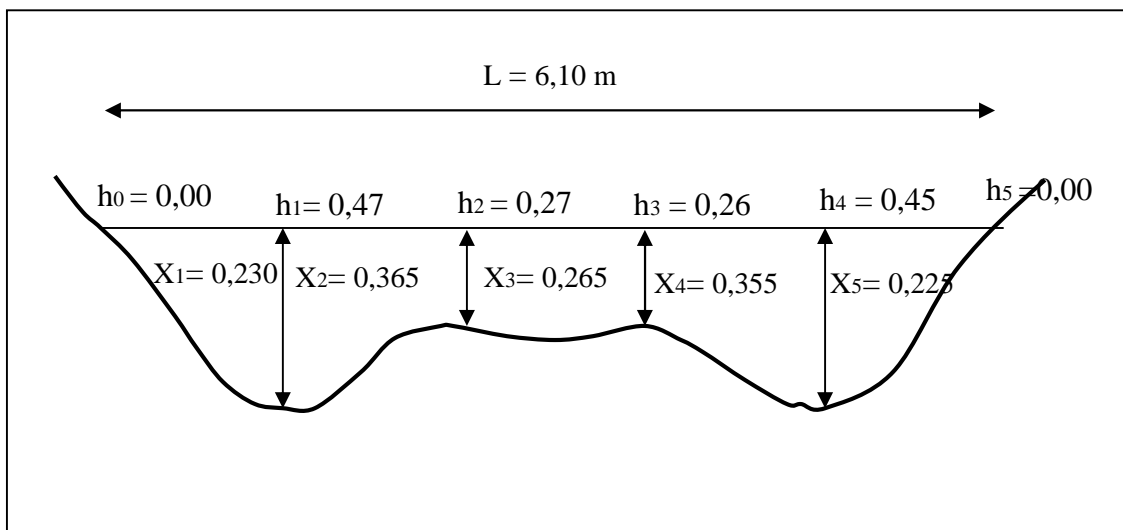
$h_1 = 0,46$ m

$h_2 = 0,27$ m

$h_3 = 0,26$ m

$h_4 = 0,45$ m

$h_5 = 0,00$ m



- Lebar sungai di ukur = 6,05 m

- Kedalaman rata-rata yaitu :

$$X_n = \frac{h_{n-1} + h_n}{2} \dots\dots\dots \text{(Persamaan 2.4)}$$

$$X_1 = \frac{h_0 + h_1}{2}$$

$$= \frac{0+0,4}{2}$$

$$= 0,230$$

$$X_2 = \frac{h_1+h_2}{2}$$

$$= \frac{0,4 + 0,2}{2}$$

$$= 0,365$$

$$X_3 = \frac{h_2+h_3}{2}$$

$$= \frac{0,2 + 0,2}{2}$$

$$= 0,265$$

$$X_4 = \frac{h_3+h_4}{2}$$

$$= \frac{0,2 + 0,4}{2}$$

$$= 0,355$$

$$X_5 = \frac{h_4+h_5}{2}$$

$$= \frac{0,4 + 0,0}{2}$$

$$= 0,225$$

Kedalaman rata-rata yaitu :

$$X_{rata} = \frac{\sum X}{n} \dots\dots\dots(Persamaan 2.5)$$

$$= \frac{1.6}{5}$$

$$= 0,288 \text{ m}$$

- Luas penampang sungai

$$A = X_{rata} \times L \dots\dots\dots (Persamaan 2.6)$$

$$= 0,288 \text{ m} \times 6,05 \text{ m}$$

$$= 1,7424 \text{ m}^2$$

2. Pengukuran kecepatan air sungai

Pengukuran kecepatan air sungai dilakukan 5 kali berturut-turut di mulai dari titik awal sampai dengan titik akhir yang di tentukan dengan jarak 10 m. hasil pengukuran waktu tempuh yaitu sebagai berikut :

$$t_1 = 30,01$$

$$t_2 = 29,82$$

$$t_3 = 31,92$$

$$t_4 = 31,15$$

$$t_5 = 30,03$$

$$\begin{aligned} t_{\text{rata}} &= \frac{\sum t}{n} \dots\dots\dots \text{(Persamaan 2.7)} \\ &= \frac{152,93}{5} \\ &= 30,586 \end{aligned}$$

- Kecepatan aliran sungai (V_a) di peroleh dengan membagi jarak sungai (s) dengan waktu tempuh rata-rata dari pelampung tersebut, yaitu :

$$\begin{aligned} V_a &= \frac{s}{t_r} \dots\dots\dots \text{(Persamaan 2.8)} \\ V_a &= \frac{10}{30,586} \\ &= 0,33 \text{ m/d} \end{aligned}$$

Kecepatan aliran air tersebut merupakan kecepatan dari aliran permukaan, nilai perkiraan untuk rata-rata aliran sungai tersebut dapat di hitung dengan mengalikan kecepatan aliran air permukaan yang mendekati bagian tengah aliran dengan factor koreksi Sungai dangkal ($< 0,5 \text{ m}$), aliran turbulen $f = 0,45$

Menghitung kecepatan dari rata-rata kecepatan aliran sungai tersebut dengan mempergunakan rumus :

$$V = Va.f (m/s)..... (2.9)$$

$$V = 0,33 \times 0,45$$

$$V = 0,15$$

3. Pengukuran Debit

Debit air dapat di hitung dengan rumus :

$$Q = V \times A \dots\dots\dots (\text{Persamaan 2.10})$$

$$Q = \text{Debit air } m^3/d$$

V = Kecepatan aliran Sungai

A = Luas penampang sungai

$$\begin{aligned} Q &= V \times A \\ &= 0,15 \times 1,7424 \\ &= 0,26 \text{ } m^3/d \end{aligned}$$

Ini adalah merupakan hasil perhitungan dari pengukuran akhir pada 23 September 2018, dan untuk pengukuran sebelumnya akan di sajikan pada tabel sebagai berikut :

Tabel 4.1. Perhitungan Debit

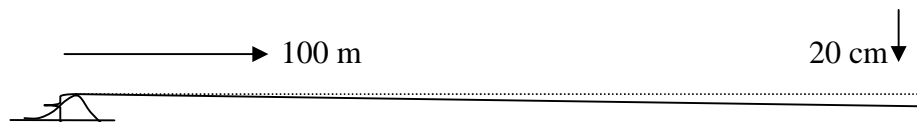
No	Hari/Tanggal	Kecepatan	Luas pen. (A)	Debit
		m/det	m2	m3/det
1	Minggu, 21/07/2018	0.27	2.138	0.58
2	Minggu, 29/07/2018	0.24	2.138	0.51
3	Minggu, 05/08/2018	0.23	2.13	0.49
4	Minggu, 12/08/2018	0.21	2.09	0.44
5	Minggu, 19/08/2018	0.21	2.09	0.44
6	Minggu, 26/08/2018	0.20	2.04	0.41
7	Minggu, 02/09/2018	0.20	1.97	0.39
8	Minggu, 09/09/2018	0.18	1.86	0.34
9	Minggu, 16/09/2018	0.15	1.81	0.27
10	Minggu, 16/09/2018	0.15	1.74	0.26

Dari hasil pengukuran dan perhitungan yang ada seperti tabel di atas maka debit maksimum adalah 0,58 m3/det dan debit minimum adalah 0,26 m3/det, serta debit rata-rata yaitu 0,41 m3/det.

b. Head (tinggi jatuh)

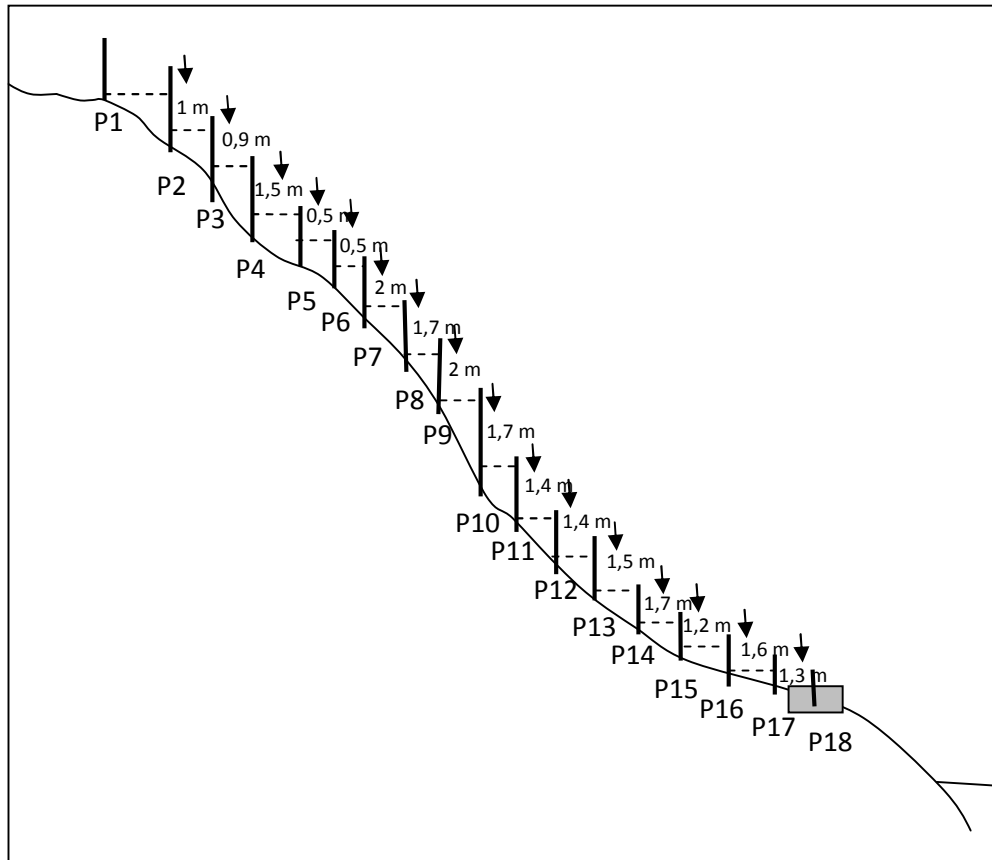
Syarat suatu wilayah dapat dikembangkan menjadi PLTMH adalah memiliki head (tinggi jatuh) atau memiliki beda tinggi yang maksimal. Semakin besar beda tingginya maka semakin baik pula untuk pembangunan PLTMH.

Sebelum melakukan pengukuran head (beda tinggi) terlebih dahulu menentukan elevasi air. Penentuan elevasi air dapat ditentukan dengan mengukur ketinggian rencana bendungan. Pada penelitian ini rencana bendung dibangun di ketinggian 87 m ampu dengan tinggi 1 m dari tanah dasar, dan diberi tanda. Kemudian melakukan pengukuran elevasi mulai dari titik yang ditentukan (tinggi rencana bendung) sampai pada saluran pembawa dan bak penenang. Panjang saluran pembawa dari rencana titik bendung yaitu 549 m. Dan pada saluran pembawa selalu mempertimbangkan dengan kemiringan saluran yaitu antara 0,15 – 0,20 %. Untuk saluran pembawa ini akan digunakan kemiringan 0,20 % yang artinya tiap 100 meter akan turun 20 cm.



Setelah pengukuran elevasi sampai pada titik rencana bak penenang dengan mempertimbangkan kemiringan saluran, disitulah titik awal penentuan titik tertinggi dari head yang ada. Kemudian pengukuran dilanjutkan dengan mengukur beda tinggi dengan patokan elevasi awal sampai pada rencana rumah turbin dengan ketinggian 62 m Ampl. Pengukuran beda tinggi ini menggunakan metode waterpass atau selang ukur.

Cara mengukur Head (tinggi jatuh) yaitu dengan menggunakan selang ukur dengan memperhatikan elevasi air dalam selang, dimulai dari titik awal atau patok 0 ke patok 1, kemudian dari patok 1 ke patok 2 dan seterusnya.



- Tinggi batas elevasi dari P1 – P2 diturunkan setinggi = h_1
- Tinggi batas elevasi dari P2 – P3 diturunkan setinggi = h_2
- Tinggi batas elevasi dari P3 – P4 diturunkan setinggi = h_3
- Tinggi batas elevasi dari P4 – P5 diturunkan setinggi = h_4
- Tinggi batas elevasi dari P5 – P6 diturunkan setinggi = h_5
- Tinggi batas elevasi dari P6 – P7 diturunkan setinggi = h_6
- Tinggi batas elevasi dari P7 – P8 diturunkan setinggi = h_7
- Tinggi batas elevasi dari P8 – P9 diturunkan setinggi = h_8
- Tinggi batas elevasi dari P9 – P10 diturunkan setinggi = h_9
- Tinggi batas elevasi dari P10 – P11 diturunkan setinggi = h_{10}
- Tinggi batas elevasi dari P11 – P12 diturunkan setinggi = h_{11}
- Tinggi batas elevasi dari P12 – P13 diturunkan setinggi = h_{12}
- Tinggi batas elevasi dari P13 – P14 diturunkan setinggi = h_{13}
- Tinggi batas elevasi dari P14 – P15 diturunkan setinggi = h_{14}

Tinggi batas elevasi dari P₁₅ – P₁₆ diturunkan setinggi = h₁₅

Tinggi batas elevasi dari P₁₆ – P₁₇ diturunkan setinggi = h₁₆

Tinggi batas elevasi dari P₁₇ – P₁₈ diturunkan setinggi = h₁₇

Sesuai dengan hasil penelitian tinggi turunnya elevasi yaitu sebagai berikut :

$$h_1 = 1,0 \text{ m}$$

$$h_2 = 0,9 \text{ m}$$

$$h_3 = 1,5 \text{ m}$$

$$h_4 = 0,5 \text{ m}$$

$$h_5 = 0,5 \text{ m}$$

$$h_6 = 1,4 \text{ m}$$

$$h_7 = 2,0 \text{ m}$$

$$h_8 = 1,7 \text{ m}$$

$$h_9 = 2,0 \text{ m}$$

$$h_{10} = 1,7 \text{ m}$$

$$h_{11} = 1,4 \text{ m}$$

$$h_{12} = 1,4 \text{ m}$$

$$h_{13} = 1,5 \text{ m}$$

$$h_{14} = 1,7 \text{ m}$$

$$h_{15} = 1,2 \text{ m}$$

$$h_{16} = 1,6 \text{ m}$$

$$h_{17} = 1,3 \text{ m}$$

jadi head (tinggi jatuh) dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \text{Head kotor (head gross)} \quad H_a &= h_1 + h_2 + \dots + h_n \\ &= 23,3\text{m} \end{aligned}$$

Karena head yang di atas masih termasuk tinggi jatuh kotor, untuk disain pembangunan sebuah PLTMH head efektif atau tinggi jatuh bersih yang di gunakan. Kehilangan tinggi jatuh untuk skema PLTMH sekitar 10% dari tinggi jatuh kotor. Jadi Head bersih (head net) dapat di peroleh:

$$H_{eff} = H_a - H_l$$

$H_l = 10\%$ dari tinggi jatuh kotor

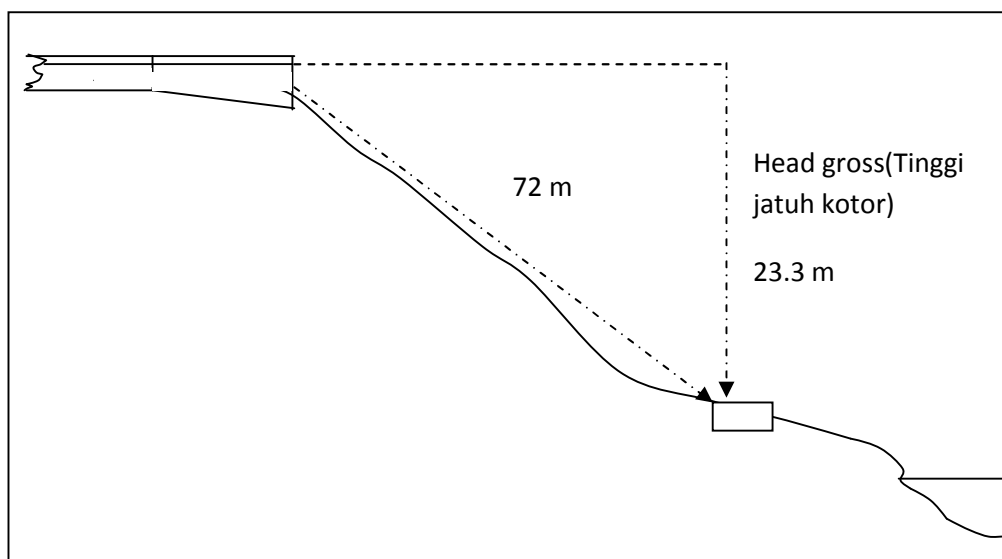
Untuk tinggi jatuh efektif di peroleh

$$H_{eff} = 23,3 - 2,3 \text{ m}$$

$$= 21 \text{ m}$$

Dengan jarak dari $P_1 - P_{18}$ atau dari titik elevasi forebay sampai pada titik turbin yaitu : 72 m

Gambar hasil pengukuran lapangan



c. Daya Output Terbangkit

Daya output adalah besarnya daya listrik yang terbangkit dari PLTMH yang di bangun dengan debit dan head tertentu. Dengan data debit dan head yang ada diatas maka kita bisa menghitung besarnya daya yang terbangkit dengan menggunakan rumus sebagai berikut :

$$P = \rho \cdot g \cdot Q \cdot H_{eff} \dots\dots\dots \text{rumus (2.12)}$$

Di mana :

- P = daya terbangkit (Watt)
- ρ = massa jenis air (1000 kg/m³)
- g = grafitasi (9,81 m²/det)
- Q = debit (m³/det)
- H_{eff} = Tinggi efektif (m)

$$\begin{aligned} P_{\text{maks}} &= \eta \times g \times Q_{\text{maks}} \times H_{\text{eff}} \\ &= 1000 \times 9,81 \times 0,58 \times 21 \\ &= 119,5 \text{ kW} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P_{\text{min}} &= \eta \times g \times Q_{\text{min}} \times H_{\text{eff}} \\ &= 1000 \times 9,81 \times 0,26 \times 21 \\ &= 53,56 \text{ kW} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P_{\text{rata}} &= \eta \times g \times Q_{\text{rata}} \times H_{\text{eff}} \\ &= 1000 \times 9,81 \times 0,41 \times 21 \\ &= 84,46 \text{ kW} \end{aligned}$$

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

4.2. Kesimpulan

Setelah selesai melakukan penelitian di sungai Kalata Desa Suka Maju Kecamatan Wolowa Kabupaten Buton, mulai dari tanggal 21 juli sampai dengan 23 september 2018 maka di dapatkan kesimpulan sebagai berikut:

1. Debit sungai maksimum yaitu sebesar $0,56 \text{ m}^3/\text{det}$, debit minimum yaitu $0,27 \text{ m}^3/\text{det}$, dan debit rata-rata $0,41 \text{ m}^3/\text{det}$
2. Head kotor setinggi 23,3 m dan head bersih yaitu 12 m.
3. Dengan hasil penelitian debit dan head yang ada maka Daya output maksimum yaitu sebesar 119,5 kW, Daya output minimum yaitu sebesar 53,56 kW dan Daya outpu rata-rata yaitu 84,46 kW

5.2. Saran

Dari penelitian yang telah dilakukan maka penulis memberikan saran :

1. Untuk menjaga kontinuitas debit air pada musim kemarau, diharapkan kepada masyarakat untuk menjaga kelestarian hutan di sepanjang daerah aliran sungai Kalata Desa Suka Maju.
2. Perlunya survey lanjutan sebagai dasar informasi yang lebih akurat guna menyusun studi kelayakan sebelum di lakukannya pembangunan PLTMH, yang mencakup semua sisi, mulai dari sisi ekonomi, politik, social budaya serta kearifan lokal.

3. Karena masih banyak potensi tenaga air yang belum di bangkitka di Indonesia khususnya di provinsi Sulawesi Tenggara terutama di Kabupaten Buton, maka di harapkan adanya kajian kembali mengenai pemanfaatan potensi tersebut untuk pembangkit listrik dengan kapasitas yang lebih besar.
4. Perlu adanya perhatian pihak pemerintah maupun swasta guna pengembangan energy terbarukan dengan memanfaatkan sungai Kalata sebagai pembangkit energy listrik agar kebutuhan listrik di masyarakat bisa terpenuhi.
5. Untuk mengotimasi pemilihan debit rencana yang menjadi pertimbangan adalah berapa besarnya biaya pembangunan per kWH sehingga di perlukan perkiraan biaya konstiksi untuk setiap alternative skema dan probabilitas debit rencana yang dipilih. Untuk itu, penelitian ini dapat dilanjutkan dengan menghitung perkiraan anggaran biaya pembangunan.
6. Potensi mikro hidro masih banyak di eksplorasi lebih banyak lagi melalui survey lanjutan terutama memanfaatkan potensi head rendah.

DAFTAR PUSTAKA

- . Suwignyo, Didin Suhardi, 2012, Pembangkit Mikrohidro: Teknologi, Survei & Disain, Implementasi dan Konstruksi Dan Peluang Pengembangan, Malang.
- Stevanus Adrianto, 2004, Penentuan Debit Air Sungai Menggunakan Perunut Zat Warna, Tugas Akhir, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Bina Nusantara, Jakarta.
- Ridwan Arif Subekti, 2010, *Journal of Mechatronics, Electrical Power, and Vehicular Technology*, Bandung
- Rislima Sitompul, 2011, Teknologi Energi Terbarukan Yang Tepat Untuk Aplikasi di Masyarakat Perdesaan, Jakarta
- K.Linsley. Ray, 1986, *Teknik Sumber Daya Air*, Erlangga, Jakarta,
- Takeda. Kensaku, 1985, *Hidrologi Untuk Pengairan*, Pradnya Paramita, Jakarta,
- Setiawan, Onggo 1984, *Perencanaan Turbin Air Type Cross Flow*, Malang Univ. Brawijaya.
- Steeter LV dan Wylie B, 1993. "Mekanika Fluida", edisi ke-8, Penerbit Erlangga, Jakarta,
- Aprianto, 2014, Analisa Potensi Air Terjun Untuk Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro,, Naskah Publikasi, Universitas Muhammadiyah Jakarta.
- Anonymous, *Hydro Power*, <http://www.inforse.org/europe/dieret/Hydro/hydro.html>, (Diakses 10 Mei 2015)

Anonymous, *Panduan Sederhana Pembangunan Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMH)*, <http://dreamindonesia.wordpress.com/2011/06/11/panduan-sederhanapembangunan-pembangkit-listrik-tenaga-mikrohidropltmh/>. 14 April 2018,

Http : // Engineering tool box.com/ (Diakses 20 Maret 2015) Diesel. Fritz, Alih bahasa : Dakso Sriyono, *Turbin, Pompa dan Kompresor*,

P.Wibowo, 2007, *Turbin Air*, Graha Ilmu, Jakarta,.

Winarko, 2014, *Zat, Perencanaan PLTM di Sungai Sinamar Nagari Halaban Kabupaten Lima Puluh Kota*, Padang,