

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Energi merupakan unsur yang sangat penting bagi pengembangan secara menyeluruh bagi suatu negara. Penggunaannya secara tepat guna akan mampu merangsang pertumbuhan ekonomi. Energi yang dimaksud terutama yang paling besar adalah kebutuhan akan energi listrik.

Pada sebagian besar negara didunia, termasuk Indonesia suplay energi listrik masih mengandalkan pembangkit listrik tenaga konvensional berbahan bakar fosil yakni minyak bumi, gas alam dan batu bara. Pada kenyataan bahan bakar ini terbatas jumlahnya di alam dan suatu saat akan habis, sementara permintaan akan energi listrik terus bertambah. Banyak negara didunia telah mengubah perhatiannya terhadap pengembangan energi alternatif dan hal ini menyebabkan para ahli terus berusaha untuk menemukan sumber energi terbarukan yang lebih murah, tersedia di alam dalam jumlah banyak dan pemamfaatanya tidak menimbulkan efek negatif terhadap lingkungan. Hal ini sangat penting dipertimbangkan untuk menjaga kelestarian lingkungan dan menjaga kesinambungan kehidupan manusia.

Melihat kondisi Indonesia pada umumnya dan Sumatera Utara pada khususnya, kita melihat saat ini terjadi krisis listrik yang berawal dari terjadinya krisis bahan bakar minyak. Hal ini terjadi karena bahan bakar minyak pada saat ini

masih merupakan sumber pasokan utama untuk pembangkit listrik tenaga konvensional.

Sumatera Utara sebagai salah satu daerah yang mempunyai potensi energi alternatif seperti panas bumi yang ada di Sarulla dan Sibayak saat ini mengalami masalah pemanfaatan energi listrik yang mengakibatkan seringnya pemadaman listrik.

Untuk itu perlu diupayakan pemanfaatan bentuk-bentuk energi terbarukan yang ada. Ada banyak energi terbarukan yang didapat dari alam antara lain seperti energi angin, energi air, energi matahari dan energi panas bumi. Kesemua energi terbarukan ini mempunyai potensi untuk untuk diupayakan menjadi sebuah pembangkit tenaga listrik sehingga ketergantungan terhadap energi bahan bakar fosil dapat diminimalisir.

Energi air sebagai salah satu bentuk energi terbarukan merupakan energi yang sangat potensial digunakan sebagai sarana pembangkit pada daerah-daerah yang memiliki sumber potensi air yang besar. Di Indonesia pemanfaatan energi air telah banyak di gunakan untuk pembangkit energi listrik. Akan tetapi pemanfaatannya yang dieksplorasi belum sebanding dengan potensi air yang ada di wilayah Indonesia itu sendiri.

1.2. Pemanfaatan Potensi Tenaga Air

Dari sekian banyak energi alternatif yang ada, air merupakan salah satu sumber energi yang potensial untuk dimanfaatkan dimana energi air ini dapat

dimanfaatkan sebagai pembangkit tenaga listrik yang dapat menghasilkan listrik dengan kapasitas listrik yang tinggi.

Indonesia sesuai dengan wilayahnya yang beriklim tropis dengan curah yang tinggi dan kondisi topografi yang bergunung-gunung dengan aliran sungai yang berpotensi untuk dikembangkan sebagai pusat listrik tenaga air. Potensi ini sebagian besar terdapat di Desa, sementara diperkirakan masih banyak penduduk desa yang belum mendapatkan atau menikmati energi listrik sehingga sangat tepat untuk mengembangkan pembangkit listrik tenaga air.

Sebagaimana diketahui bahwa didalam tahap studi kelayakan pendahuluan pembangunan PLTA, data-data atau faktor seperti keadaan topografi, geologi, tata guna lahan dan penelitian hidrologi, kapasitas atau debit aliran, ketinggian air jatuh, curah hujan dan hal-hal lain yang perlu dipertimbangkan dengan matang agar dapat diperoleh energi listrik yang maksimal. Energi ini memanfaatkan dengan menggunakan Turbin Air yaitu mesin fluida dimana energi kinetika dan energi potensial dari air diubah menjadi energi mekanis pada poros turbin kemudian energi mekanis ini digunakan untuk memutar generator.

1.3. Tujuan Perancangan

Tujuan perancangan ini adalah untuk merancang sebuah turbin air yang akan memutar generator dengan memanfaatkan aliran sungai Aek Silang yang terletak di Desa Simangaronsang, Kabupaten Humbang Hasundutan, Propinsi Sumatera Utara.

1.4. Batasan Masalah

Dalam perencanaan ini data yang digunakan adalah data yang berasal dari hasil survey yang dilakukan dan juga dari instansi yang berhubungan dalam perencanaan ini. Adapun hal-hal yang akan dibahas dalam perencanaan ini meliputi :

- Penentuan kapasitas sungai dan kapasitas daya yang mungkin dibangkitkan.
- Perencanaan pipa pesat.
- Perhitungan kehilangan energi yang akan terjadi pada instalasi pipa dan peralatan lainnya.
- Perhitungan ukuran-ukuran utama turbin.
- Gambar penampang turbin.

1.5. Metode Penulisan

Metode penulisan yang digunakan dalam penyusunan tugas akhir ini adalah :

- Survey lapangan
Survey lapangan ini berupa peninjauan langsung ke lokasi dengan tujuan untuk melakukan pengukuran-pengukuran secara langsung terhadap ketinggian air jatuh dan parameter-parameter yang akan menentukan besarnya debit aliran sungai.
- Studi literature
Studi literature berupa studi keputusan, kajian-kajian dari buku dan tulisan-tulisan yang terkait dengan perencanaan ini.
- Diskusi

Dilakukan dalam bentuk tanya jawab dengan dosen pembimbing dan dosen pembimbing.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Mesin - Mesin Fluida

Mesin-mesin fluida adalah mesin-mesin yang dapat mengubah energi mekanis menjadi energi fluida kerja atau sebaliknya. Secara umum mesin-mesin fluida dapat diklasifikasikan atas dua bagian yaitu :

1. Mesin-mesin kerja, yaitu mesin fluida yang menghasilkan kerja dan dapat mengubah energi mekanis poros menjadi energi fluida, contoh mesin ini adalah pompa, kompresor, *blower* dan *fan*.
2. Mesin-mesin tenaga, yaitu mesin fluida yang menghasilkan tenaga dan dapat mengubah energi fluida menjadi energi mekanis poros, contoh mesin ini adalah turbin air, kincir air, kincir angin dan lain-lain.

2.2. Pembangkit Listrik Tenaga Air

Sebagaimana diketahui bahwa di dalam tahap studi kelayakan pendahuluan pembangunan suatu proyek PLTA ada beberapa faktor-faktor yang harus dipertimbangkan seperti keadaan topografi, peta tata guna tanah, penelitian hidrologi seperti lokasi, kapasitas atau debit air yang dapat dimanfaatkan, tinggi air jatuh, curah hujan, dan lain-lain agar dipertimbangkan agar potensi alam yang tersedia tersebut dapat dimanfaatkan semaksimal mungkin. Pembangkit listrik tenaga air diperagakan secara besar-besaran dalam berbagai jenis. Pembangkit listrik tenaga air ini dapat diklasifikasikan berdasarkan antara lain :

1. Klasifikasi berdasarkan tujuan

Sudut lain yang sama pentingnya ialah, meskipun yang akan dibahas mengenai proyek pembangkit listrik tenaga air, dalam banyak hal tidaklah semudah mengadakan pembahasa proyek yang bertujuan tunggal memproduksi tenaga listrik, karena secara normal biasanya proyek tunggal boleh dipertimbangkan mempunyai fungsi yang berbeda-beda misalnya untuk suplai air, irigasi, katrol banjir, dan lain sebagainya disamping fungsi utamanya yaitu tenaga listrik.

2. Klasifikasi berdasarkan keadaan hidroulik

Suatu dasar klasifikasi pada pembangkit listrik tenaga air adalah memperhatikan pengaruh prinsip dasar hidraulika saat perencanaannya. Ada empat jenis pembangkit listrik tenaga air yang menggunakan prinsip dasar ini, yakni :

- Pembangkit listrik tenaga air konvensional
- Pembangkit listrik dengan pemompa kembali air ke kolam penampungan

- Pembangkit listrik pasang surut
- Pembangkit listrik tenaga air yang ditekan

3. Klasifikasi berdasarkan sistem pengoperasian

Pembangkit listrik tenaga air juga dapat diklasifikasikan atas dasar permintaan. Pengoperasian itu bekerja dalam hubungan penyediaan tenaga listrik oleh pembangkit sesuai dengan permintaan, atau pengoperasian itu dapat berbentuk suatu kesatuan sistem kisi-kisi yang dapat mempunyai banyak unit, tidak hanya dari tenaga air tapi juga dari sumber panas atau nuklir.

4. Klasifikasi berdasarkan mengenai lokasi dan topografi

Instalasi pembangkit listrik tenaga air dapat berlokasi di daerah pegunungan atau daratan. Biasanya pembangkit listrik di daerah pegunungan bangunan utamanya merupakan bendungan, sedangkan pembangkit listrik di daerah yang daratan biasanya sungainya lebar dengan banjir besar didaerah tanah yang datar, dan mungkin membutuhkan kerja pengubahan sungai yang lama.

5. Klasifikasi berdasarkan tentang kapasitas PLTA

Berdasarkan klasifikasi ini, pembangkit listrik tenaga air dapat dibedakan atas.

- Pembangkit listrik yang terkecil lebih kecil dari 5 MW.
- Pembangkit listrik kapasitas menengah 5 – 100 MW.
- Pembangkit listrik kapasitas 101 – 1000 MW.

- Pembangkit listrik kapasitas tertinggi diatas 1000 MW.

6. Klasifikasi berdasarkan ketinggian tekanan air.

Berdasarkan klasifikasi ini, pembangkit listrik tenaga air dapat dibedakan :

- PLTA dengan tekanan air rendah dibawah 15 m.
- PLTA dengan tekanan air menengah berkisar 15 – 70 m.
- PLTA dengan tekanan air tinggi berkisar 71 – 250 m.
- PLTA dengan tekanan air yang sangat tinggi diatas 250 m.

7. Klasifikasi berdasarkan bangunan atau konstruksi utama.

Berdasarkan klasifikasi ini, pembangkit listrik tenaga air dapat dibedakan :

- Pembangkit listrik pada aliran sungai.
- Pembangkit listrik dengan bendungan di lembah.
- Pembangkit listrik pada pengalihan terusan.

2.3. Turbin Air dan Klasifikasinya

Turbin air merupakan salah satu jenis mesin fluida dari kelompok mesin tenaga yang berfungsi mengubah energi fluida menjadi energi mekanis, dimana air sebagai fluida kerjanya.

Secara umum turbin air dapat diklasifikasikan berdasarkan beberapa hal yaitu:

1. Berdasarkan perubahan tekanan fluidanya.
2. Berdasarkan ketinggian air jatuh.
3. Berdasarkan kecepatan spesifik.

4. Berdasarkan arah aliran fluida.

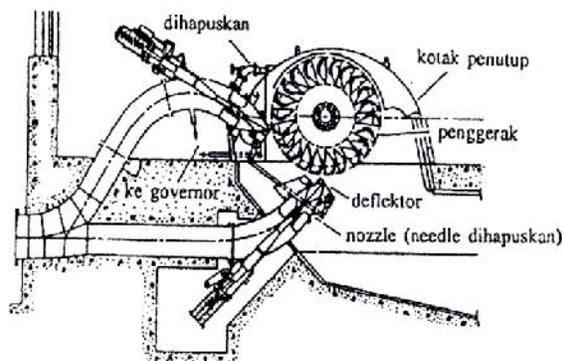
2.3.1. Klasifikasi Berdasarkan Perubahan Tekanan Fluida

Berdasarkan perubahan tekanan fluida, turbin air dapat digolongkan menjadi dua yaitu :

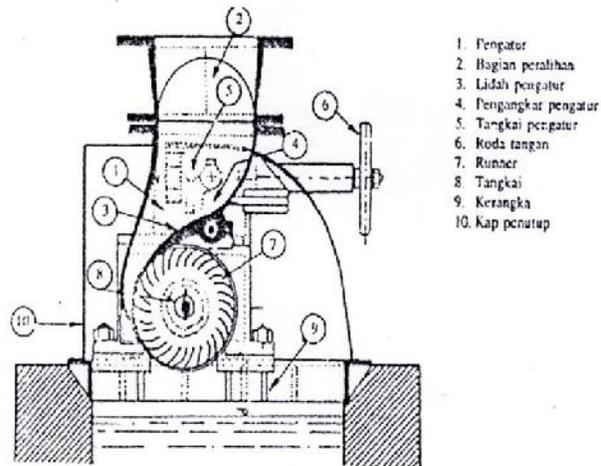
1. Turbin *Impuls*
2. Turbin Reaksi

1. Turbi Impuls

Pada turbin *impuls* seluruh energi potensi air diubah menjadi energi kinetik pada nozzle, sehingga diperoleh kecepatan air yang tinggi yang diarahkan untuk menumbuk sudu gerak (*bucket*) yang dipasang pada roda turbin. Tekanan pada sisi masuk dan keluar dari sudut gerak selama beroperasi adalah konstan dan umumnya sama dengan tekanan atmosfer oleh karena bentuk sudu gerak yang sedemikian rupa maka akan terjadi perubahan momentum dari aliran fluida yang menyebabkan sudu gerak menerima gaya dorong sebagai hasil konversi dari perubahan momentum fluida. Akibatnya roda jalan berputar dan selanjutnya memutar poros turbin. Contoh dari turbin *impuls* adalah turbin Pelton dan turbin Banki.



Gambar 2.1 Turbin Pelton

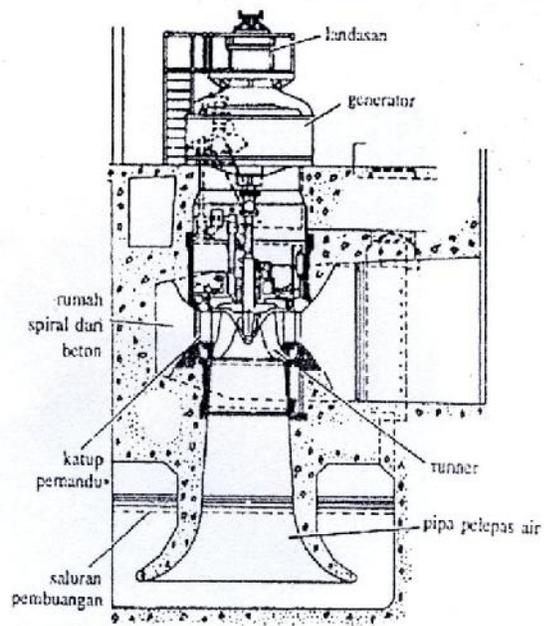


Gambar 2.2 Turbin Banki

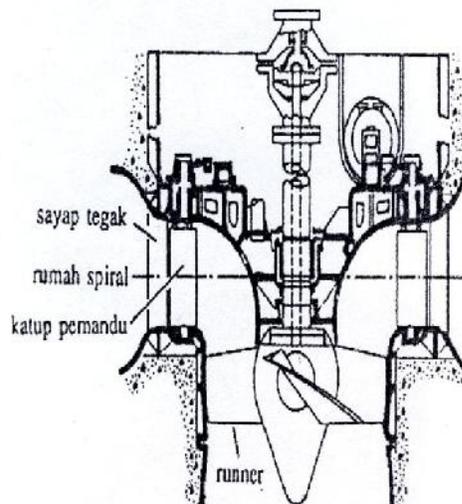
2. Turbin Reaksi

Pada turbin reaksi energi yang masuk hanya sebagian diubah menjadi energi kinetik, sedangkan dalam bentuk energi tekan. Jadi turbin reaksi juga memanfaatkan tekanan disamping energi kinetik. Terdapat perbedaan tekanan pada sisi masuk dan sisi keluar roda jalan turbin dimana tekanan pada sisi masuk lebih besar dibandingkan pada tekanan sisi keluar. Tekanan ini dimanfaatkan pada runner (roda jalan) dengan

mengubah tekanan menjadi kecepatan sehingga kecepatan relatif air keluar dari runner menjadi lebih besar dibanding kecepatan air masuk ke runner. Contoh dari turbin reaksi adalah turbin Francis dan turbin Kaplan.



Gambar 2.3 Turbin Francis



Gambar 2.4 Turbin Kaplan

2.3.2. Klasifikasi Berdasarkan Tinggi Air Jatuh

Pemakaian turbin untuk setiap ketinggian air jatuh. Pada tabel 2.1 diperlihatkan jenis-jenis turbin yang digunakan berdasarkan ketinggian jatuh air.

Table 2.1 Jenis Turbin Berdasarkan Ketinggian Air Jatuh (Sumber : MM, Dandekar, K. N. Sharma, "Pembangkit Listrik Tenaga Air" hal.394).

Ketinggian (m)	Jenis Turbin
Tinggi air jatuh (< 15)	Turbin baling-baling
Tinggi air jatuh menengah (16-70)	Turbin Francis/Kaplan
Tinggi jatuh air tinggi (70-500)	Turbin Francis/Kaplan
Tinggi air jatuh (> 500)	Turbin Pelton

2.3.3. Klasifikasi Berdasarkan Kecepatan Spesifiknya

Kecepatan spesifik adalah kecepatan turbin model (turbin dengan bentuk yang sama namun berbeda skala) yang beroperasi pada satu satuan ketinggian air jatuh dan menghasilkan daya output (keluaran) sebesar satu satuan daya.

Berikut ditampilkan persamaan matematik untuk mencari kecepatan spesifik

yaitu :
$$N_s = \frac{n \cdot \sqrt{P}}{(H_{eff})^{\frac{5}{4}}} \dots\dots\dots \text{Lit. I hal 397}$$

Dimana : $N_s =$ Putaran spesifik (rpm)

$n =$ Putaran oprasi turbin (rpm)

$P =$ Daya turbin (Hp)

$H_{eff} =$ Head Effektif (m)

Penggolongan turbin air berdasarkan kecepatan spesiiknya dapat dibagi bdalam tiga bagian. Pada tabel 2.2 dapat dilihat jenis turbin berdasarkan kecepatan spesifiknya.

Tabel 2.2 klasifikasi berdasarkan kecepatan spesifik (Sumber: MM Dandekar, K. N. Sharma ” Pembangkit Listrik Tenaga Air” hal 398)

Penggerak	Kecepatan Spesifik (rpm)		
	Lambat	Sedang	Cepat
Pelton	4 – 5	16 – 30	31 – 70
Francis	60 – 150	151 – 250	251 – 400
Kaplan	300 – 450	451 – 700	701 – 1100

2.3.4. Klasifikasi Berdasarkan Arah Aliran Fluida

Berdasarkan arah aliran fluida maka turbin air dapat diklasifikasikan atas empat bagian. Pada tabel 2.3 dapat dilihat klasifikasi turbin air berdasarkan arah aliran fluida.

Tabel 2.3 Klasifikasi berdasarkan arah aliran fluida (Sumber : MM Dandekar, K.N. Sharma “ Pembangkit Listrik Tenaga Air”hal.396)

Jenis Turbin	Arah Aliran
Francis	Radial atau Gabungan
Pelton	Tangensial
Baling-Baling/Kaplan	Aksial
Deriaz	Diagonal

2.4. Energi Air

Kaidah energi menyatakan bahwa energi tidak dapat diciptakan dan tidak dapat dimusnahkan, tetapi dapat diubah dari satu bentuk ke bentuk energi yang lain. Pembangkitan energi air adalah perubahan energi akibat adanya perbedaan ketinggian antara reservoir atas dan reservoir bawah, maka akan terdapat energi potensial dan energi kinetik pada aliran tersebut. Selanjutnya energi tersebut dapat dimanfaatkan dapat mengubahnya menjadi energi mekanis melalui turbin air.

Untuk suatu aliran dengan head dan debit tertentu yang melalui sebuah turbin dapat menghasilkan daya (power) air sesuai dengan persamaan berikut :

$$P = \rho \cdot g \cdot Q \cdot H_{act} \dots\dots\dots \text{Lit. I hal 14}$$

Dimana :

P = Daya (watt)

ρ = Massa jenis air (kg/s^2)

H_{act} = Head actual (m)

Dalam perhitungan tenaga air, H dinyatakan sebagai head actual, yaitu tinggi jatuh air sedangkan H_{eff} merupakan perbedaan ketinggian antara tinggi jatuh air aktual (perbedaan antara energi head saat masuk dengan energi masuk energi saat meninggalkan pipa buang) dikurangi dengan kerugian pada pipa (head losses).

Head losses yang terjadi pada saluran pipa terbagi atas :

1. Mayor losses yang terjadi akibat gesekan gesekan dalam satu pipa
2. minor losses yang terjadi akibat adanya perlengkapan (equipment) pipa seperti belokan (elbow), valve, saringan dan peralatan lainnya.

2.5. Metode Pengukuran tinggi Air Jatuh (Head)

Pada suatu pembangkit listrik tenaga air, air dari suatu ketinggian (titik permukaan atas) dialirkan ke tempat yang lebih rendah (titik permukaan bawah) dengan terlebih dahulu melalui melewati turbin. Dengan demikian perbedaan ketinggian sangat penting bagi perencanaan turbin air. Beda ketinggian antara penampungan atas dengan penampungan bawah dapat diukur dengan beberapa cara antara lain:

1. Memakai alat konvensional
2. Memakai alat Theodolit
3. Memakai alat GPS (Global Positioning System)

2.5.1. Memakai Alat Konvensional

Untuk mengukur ketinggian dengan menggunakan alat-alat yang masih sederhana dan dilakukan secara manual diperlukan alat-alat sebagai berikut :

1. Meteran gulung
2. Tongkat kayu lurus/ kawat
3. Tali dan *Water pass*

Cara melakukan pengukuran adalah sebagai berikut :

- Tali ditarik lurus sesuai dengan arah pipa pesat yang direncanakan sebagai lintasan tancapan tongkat nantinya.
- Tongkat kayu ditancapkan secara vertical pada arah tali tersebut. Kelurusan tongkat kayu diuji dengan *water pass*.
- Pada ujung tongkat pertama tadi diletakkan tongkat lain secara horizontal dan harus benar-benar tegak lurus dengan tongkat yang pertama. Hal ini dapat dipastikan dengan *water pass*, ujung tongkat ini yang menuju permukaan tanah menjadi tempat tongkat berikutnya ditancapkan. Demikian selanjutnya sampai tiba di tempat penampungan atas.
- Setelah tiba ditempat penampungan atas maka diukur panjang masing-masing tongkat vertical dan dijumlahkan maka diperoleh ketinggian jatuh air.

2.5.2. Memakai *Theodolit*

Theodolit adalah alat yang digunakan untuk mengukur ketinggian titik dari atas permukaan bumi dengan cara sudut-sudut mendatar dan tegak lurus.

Theodolit dibagi dalam tiga bagian yaitu :

- Bagian bawah

Terdiri atas tiga skrup pengatur sk yang menyangga suatu tabung dan pelat yang berbentuk lingkaran, pada tepi lingkaran ini terdapat skala 1 m/s yang dinamakan imbus.

- Bagian tengah (daerah hitam)

Terdiri atas sumbu s_1 dan di atasnya terletak pelat yang berbentuk lingkaran dan memiliki jari-jari yang lebih kecil dari jari-jari pelat bagian bawah. Di kedua tempat pada tepi lingkaran dibuat alat pembaca nomor yang berbentuk plat pembaca nonius.

- Bagian atas (daerah yang tidak diarsir)

Terdiri atas sumbu mendatar atau sumbu kedua yang diletakkan diatas kaki penyangga sumbu s_2 . Pada sumbu kedua yang diletakkan teropong t_p yang mempunyai diafragma dan memiliki garis bidik g_b pada sumbu kedua diletakkan plat berbentuk lingkaran dilengkapi dengan skala.

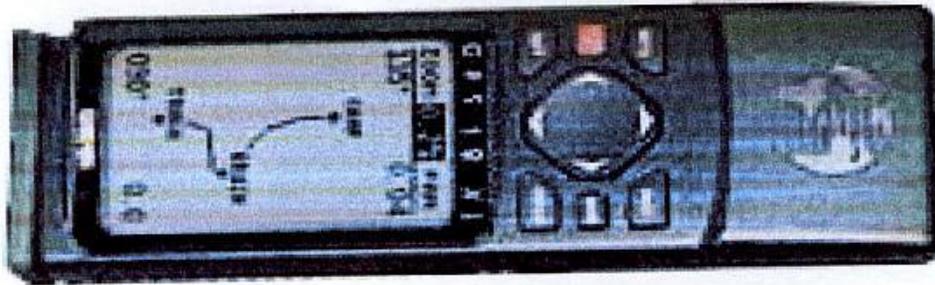
Cara pemakaian Theodolit :

Pada waktu theodolit digunakan untuk pengukuran, bagian-bagian tadi harus berada dalam keadaan baik. Keadaan itu adalah sebagai berikut :

- Sumbu satu s_1 harus tegak
- Sumbu dua s_k harus mendatar
- Sumbu bidik harus tegak lurus dengan sumbu kedua
- Kesalahan indeks pada skala lingkaran tegak lurus sama dengan nol

2.5.3. Memakai Alat GPS (Global Positioning System)

Alat ukur GPS yang digunakan adalah GPS Garmin 12 XL. Adapun informasi utama yang terdapat pada page GPS Garmin 12 XL dapat dipilih dengan menekan tombol page seperti pada gambar dibawah ini



Gambar 2.5 alat ukur GPS

2.6. Pengukuran Debit Aliran Sungai

Pengukuran debit aliran sungai dimaksudkan untuk mendapatkan gambaran perilaku sungai, diantaranya banyaknya air sungai yang tersedia. Melalui pengukuran tersebut diharapkan data-data awal yang mendasari pengelolaan air sungai untuk pengembangan tenaga air maupun perkiraan terjadinya banjir.

Ada beberapa cara pengukuran debit air sungai yaitu:

1. Pengukuran debit dengan bendung
2. Pengukuran debit dengan mengukur kecepatan aliran dan luas penampang melintang (*Area Velocity Methode*) .
3. Pengukuran debit aliran sungai dengan menggunakan rumus empiris.

2.6.1. Pengukuran Debit Dengan Bendung

Pengukuran ini cara biasanya hanya dilakukan pada sungai-sungai yang kecil debitnya. Pengukuran cara ini juga digunakan bila pengukuran aliran tidak mungkin menggunakan alat pengukur arus, maka debit aliran ditentukan dengan menggunakan bantuan bangunan fisik seperti sekat-sekat atau bendungan. Pengukuran dilakukan dengan membangun sebuah bendungan (*weir* atau *flume*) pada aliran sungai. Terdapat beberapa type bendung yang umum digunakan yaitu bendung segi tiga (Thomson weir), bendung Cipoletti (trapesium) dan bendung lebar penuh (*Rectangular Board Crested Weir*). Secara teoritis debit aliran pada masing-masing type adalah :

- Bendung segitiga (Thomson weir)

- Bendung Cipoletti (trapezium)
- Bendung lebar penuh (*Rectangular Board Crested Weir*)

Type bendung yang umum digunakan dalam menentukan debit aliran sungai adalah bendung segitiga (Thomson weir) dan bendung Cipoletti.

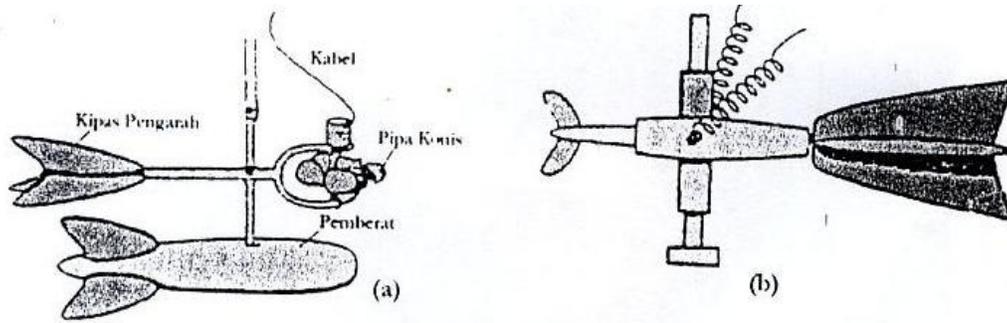
2.6.2 Pengukuran debit aliran sungai dengan area velocity methode

Pengukuran debit dengan aliran sungai ini adalah mengukur kecepatan dengan menggunakan alat ukur arus atau pelampung dan hubungan dengan luas penampang melintang sungai. Pengukuran luas penampang aliran dilakukan dengan menggunakan alat ukur arus (*current meter*), maupun dengan menggunakan cara yang lebih sederhana yakni menggunakan pelampung.

1. Dengan alat ukur arus (*current meter*)

Alat merupakan pengukur arus yang berputar yang dipasang dalam air dengan menggantungkan pada suatu kawat/tali baja. Alat ini dilengkapi dengan sensor listrik sehingga memungkinkan diperoleh data digital yang merubah petaran menjadi kecepatan. Terdapat dua type pengukur arus yaitu:

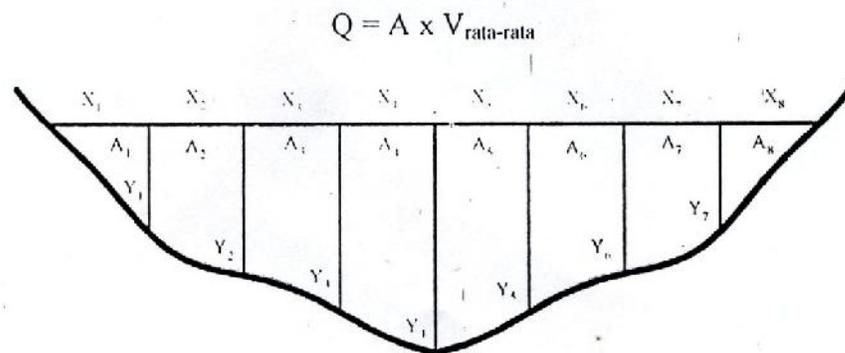
- Pengukur arus type mangkok
- Pengukur arus type baling-baling (*propeller*).



Gambar 2.6 Current meter (a) Tipe mangkok (b) Tipe baling-baling

2. Dengan menggunakan pelampung

Pengukuran dilakukan dengan memphitungkan waktu pelampung (terbuat dari gabus) menempuh panjang sungai dengan waktu tertentu. Pengukuran kecepatan aliran sungai secara sederhana dapat dilakukan dengan menggunakan pelampung yang terbuat dari kayu atau gabus sehingga didapatkan data besar kecepatan data aliran kecepatan sungai, kecepatan pelampung pada permukaan sungai yang diukur harus dikalikan dengan factor koreksi yaitu sebesar 0,8 – 0,95. Selanjutnya dilakukan pengukuran luas penampang aliran sungai yang pada umumnya banyak mengalami kendala lokasi. Hal ini disebabkan aliran sungai yang tidak merata, namun dapat dilakukan perhitungan untuk mendapatkan luas penampang sungai. Pengukuran kedalam dan lebar sungai dilakukan pada beberapa titik, sehingga dapat diperoleh luas penampang laluan air seperti pada gambar dibawah ini.



Gambar 2.7. Penampang melintang sungai

Kedalaman sungai dapat diukur dengan menggunakan alat yang sederhana, yaitu dengan menggunakan alat penduga berskala, untuk mengetahui penduga dimasukan kedalam sungai, lalu dilihat skala tinggi dari pada permukaan sungai. pengukuran kedalam sungai dilakukan pada penampang membujur sungai, sehingga penampang sungai terbagi dalam beberapa segmen. Luas penampang sungai akan didapat dengan menjumlahkan luas setiap segmen, dengan menganggap dasar sungai tidak rata, luas tiap segmen dihitung dengan menggunakan rumus pendekatan, misalnya untuk segmen 1 : $A_1 = 1/2 \cdot (X_1 \cdot Y_1)$; $A_2 = 1/2 \cdot X_2 (Y_1 + Y_2)$ dan debit air yang melalui sungai diperoleh dengan luas tiap segmen tersebut dengan kecepatan rata-rata sungai.

2.6.3. Pengukuran Debit Sungai Dengan Rumus Empiris

Pada metode ini debit aliran sungai dihitung dengan menggunakan persamaan:

$$Q = 0.277.f.I.A_{DAS}$$

Dimana :

f = Koefisien pengaliran

I = Intensitas hujan rata-rata (mm/jam)

A_{DAS} = Luas daerah tadah hujan (km^2)