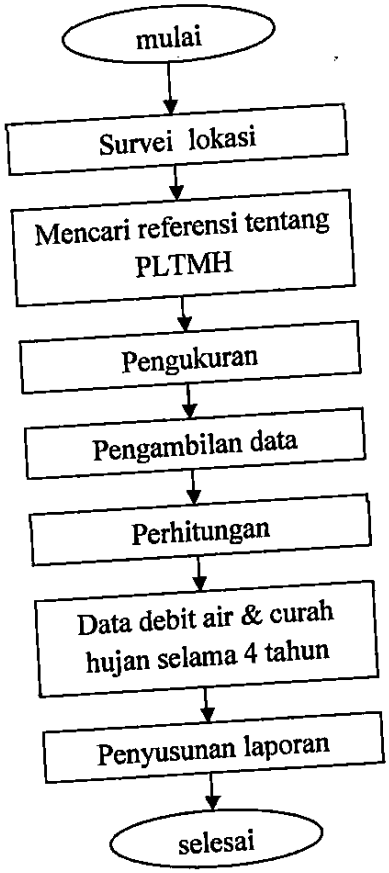
BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Prosedur Penelitian

Prosedur penelitian yaitu tata cara pencapaian target penelitian sebagaimana yang tertulis dalam tujuan penelitian. Adapun prosedur penelitian ini berupa *flowchart* atau diagram alir pada Gambar di bawah ini yaitu:

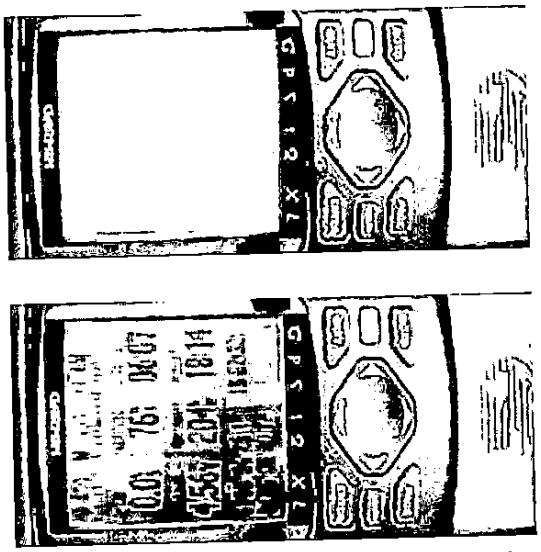


Gambar 3.1 - Diagram Alir Prosedur Penelitian

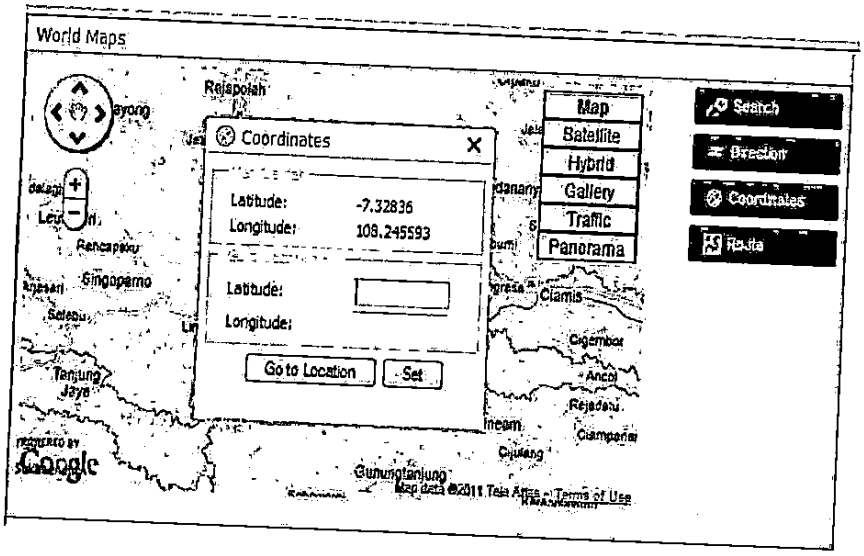
3.2 Menentukan Lokasi Penelitian

Saluran Irigasi yang akan di lakukan untuk penelitian adalah daerah Irigasi Cimulu dengan luas areal sawah Irigasi 1.558 Ha. Saluran Irigasi Cimulu terletak di Desa Lengkong Sari, Kecamatan Tawang, Kota Tasikmalaya dan sumber airnya berasal dari anak Sungai Ciloseh di Kecamatan Sukaratu, Kota Tasikmalaya serta berasal dari Wilayah Sungai Citanduy, Jawa Barat.

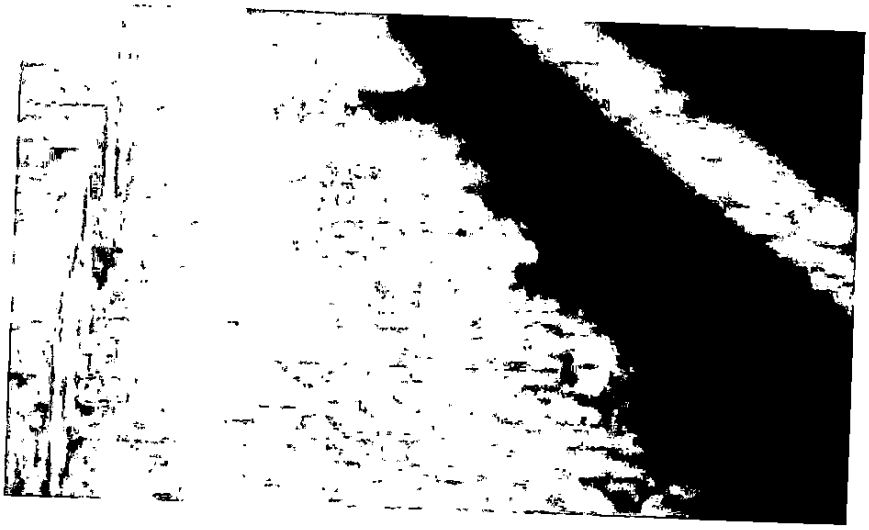
Menentukan Lokasi Pengukuran Mikrohidro pada saluran irigasi Cimulu bertempat di Desa Lengkong Sari, Kecamatan Tawang, Kota Tasikmalaya, Jawa Barat dilakukan dengan menggunakan GPS (Global Positioning System) dengan merk Garmin sehingga hasil yang ditampilkan pada GPS adalah dengan titik koordinat; Lintang Selatan = -7^0, $33'$ dan Bujur Timur = 108^0, 20'.



Gambar 3.2 - GPS (Global Positioning System)



Gambar 3.3 – Aplikasi Google Map



Gambar 3.4 - Saluran Irigasi Cimulu

3.3 Peralatan yang Digunakan untuk Penelitian

Penelitian Mikrohidro pada saluran irigasi Cimulu menggunakan alat-alat sebagai berikut:

a. Satu set peralatan Current Meter, Jenis Alat: OTT, No.Alat: 162411/C31, No.Kincir: 4-145934.

b. Satu buah Roll Meter.

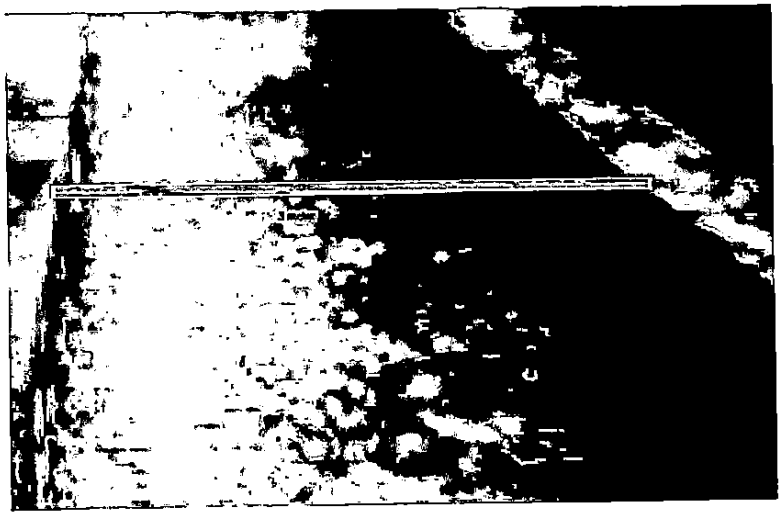
c. Satu buah GPS (Global Positioning System), merk Garmin.

d. Satu set alat tulis.

3.4 Pengukuran

3.4.1. Mengukur Lebar Saluran

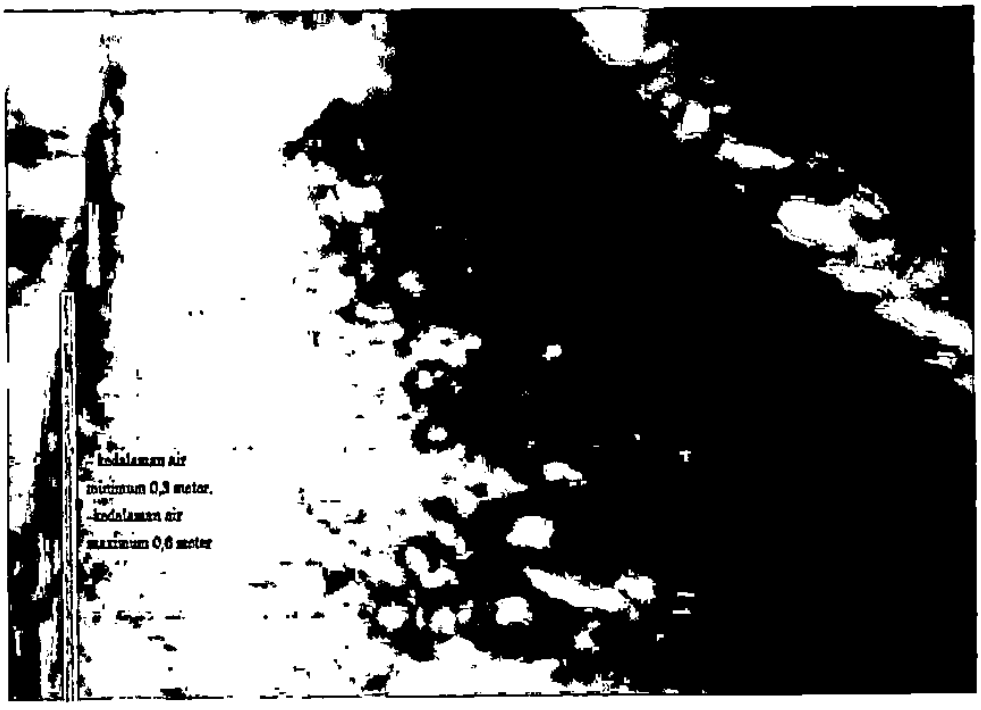
Pengukuran lebar saluran irigasi, Penulis menggunakan Roll meter untuk mengukur lebar dari penampang saluran irigasi. Pengukuran dilakukan dari kiri ke kanan atau dari kanan ke kiri. Di bawah ini merupakan penampang saluran sepanjang 3 meter.



Gambar 3.5 – Lebar Saluran

3.4.2. Mengukur Kedalaman Air

Pengukuran kedalaman air pada saluran irigasi, Penulis menggunakan bambu/kayu lalu bambu/kayu di tanamkan sampai ke dasar dalam air sehingga pada bambu/kayu yang basah akan diukur dengan menggunakan meteran untuk mengetahui kedalaman air. Maka di dapat hasil yang telah diukur yaitu kedalaman air sebesar 0,3 meter (minimum) dan 0,6 meter (maksimum).

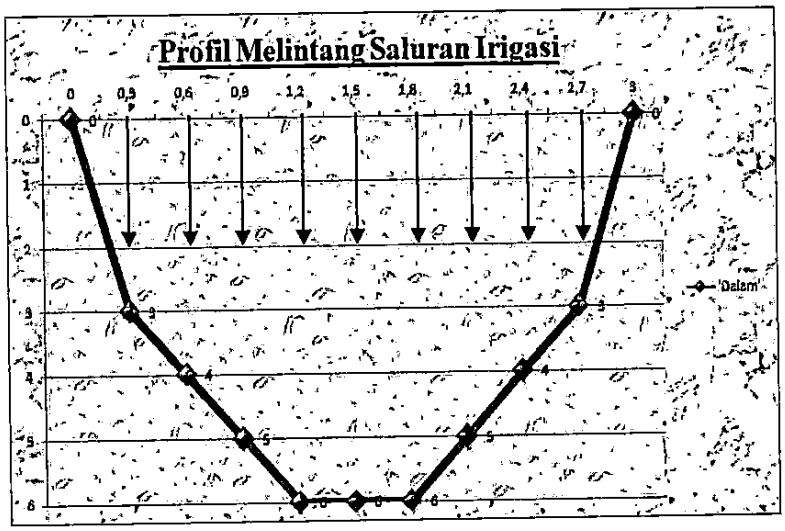


Gambar 3.6 – Kedalaman Air

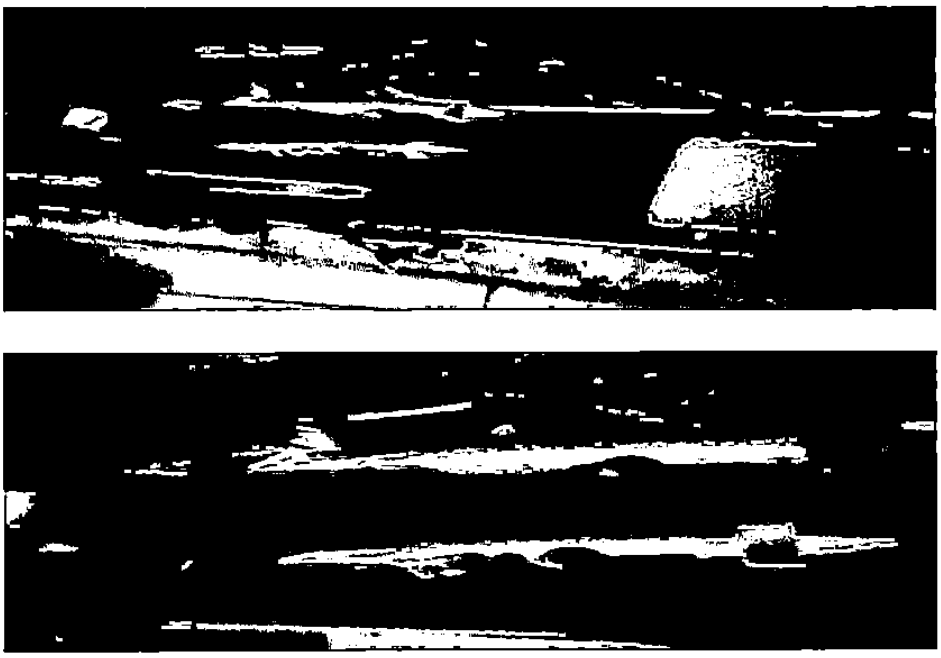
3.4.3. Mengukur Kecepatan Laju Air

Pengukuran kecepatan laju air pada saluran irigasi, Penulis menggunakan Current Meter. Sebelum dilakukan pengukuran

menjadi beberapa bagian. Diketahui lebar penampang sepanjang 3 meter dibagi sepuluh sama dengan 0,3 meter atau 30 cm. Selanjutnya Penulis memberikan tanda-tanda disetiap lebar penampang saluran dengan interval 0,3 meter atau 30 cm karena masing-masing titik/tanda disetiap lebar penampang saluran memiliki kecepatan laju air yang berbeda-beda. Setelah itu, dilakukan pengukuran kecepatan laju air dengan Current Meter. Batas maximum kincir masuk ke dalam air sepanjang 20 cm karena batas minimum kedalaman air sebesar 30 cm sehingga ada jarak antara batas minimum dengan kincir. Masing-masing tanda diukur dengan waktu selama 40 detik. Di bawah ini merupakan gambar pembagian lebar penampang saluran dengan interval 0,3 meter dengan x = lebar saluran (meter) dan y = kedalaman air x 10 (cm).



Gambar 3.7 – Pembagian Penampang Lebar Saluran



Gambar 3.8 – Current Meter

3.5 Pengambilan Data

Setelah melakukan pengukuran maka Penulis mencatat hasil pengukuran yang telah dilakukan, kemudian Penulis mengisi Tabel Catatan Laporan Hasil Pengukuran seperti terlihat di bawah ini:

Tabel 3.1 - Catatan Laporan Hasil Pengukuran

CATATAN LAPORAN HASIL PENGUKURAN

Nama Irigasi
Merk/No Alat
No Kincir
Lokasi

Tanggal Pengukuran
Jam Pengukuran
Titik Koordinat

Rai	Lebar (m)	Dalam Air (m)	Dalam Kincir (m)	Jumlah Putaran (rpm)	Waktu (s)	Kecepatan Pada Titik m/s	Luas m2	Debit m3/s

CATATAN LAPORAN HASIL PENGUKURAN

Nama Irigasi: Cimuhu
Merk/No Alat: OTT, No Alat: 162411/C31
No Kincir: 4-145934
Lokasi: Desa Lengkong Sari, Kecamatan Tawang, Kota Tasikmalaya

Tanggal Pengukuran: 06/12/2010
Jam Pengukuran: 08:05 – 08:35
Titik Koordinat: LS -7 derajat, 33' BT 108 derajat, 20'

Rai	Lebar (m)	Dalam Air (m)	Dalam Kincir (m)	Jumlah Putaran (rpm)	Waktu (s)	Kecepatan Pada Titik m/s	Luas m2	Debit m3/s
0	0	0	0	0	0	0	0	0
0,3	0,3	0,3	0,2	7	40	0,046	0,09	0,004
0,3	0,6	0,4	0,2	19	40	0,086	0,12	0,010
0,3	0,9	0,5	0,2	95	40	0,338	0,15	0,051
0,3	1,2	0,6	0,2	115	40	0,4	0,18	0,072
0,3	1,5	0,6	0,2	151	40	0,524	0,18	0,094
0,3	1,8	0,6	0,2	184	40	0,634	0,18	0,114
0,3	2,1	0,5	0,2	187	40	0,644	0,15	0,097
0,3	2,4	0,4	0,2	158	40	0,548	0,12	0,066
0,3	2,7	0,3	0,2	98	40	0,343	0,09	0,031
0,3	3	0	0	0	0	0	0	0,000

3.6 Perhitungan Potensi Daya

Data-data yang diperoleh dari hasil pengukuran maka Penulis mulai melakukan perhitungan, pertama dengan menghitung Luas penampang saluran air yaitu:

Luas Penampang = Dalamnya Air x Lebar Penampang

= 0,3 m x 0,3 m

= 0,09 m^2 (seperti terlihat pada tabel 3.1 di atas).

Setelah Penulis menghitung Luas kemudian menghitung debit yaitu:

Debit = Kecepatan Laju Air x Luas Penampang

= 0,046m/s x = 0,09 m^2

= 0,004 m^3(seperti terlihat pada tabel 3.1 di atas).

Hasil perhitungan debit secara keseluruhan dijumlahkan kemudian di dapat hasil debit sebesar 0,539 m^3/s.

Setelah mendapatkan nilai debit maka untuk mengetahui nilai potensi daya air dan potensi daya listrik adalah sebagai berikut:

Potensi daya air (watt) adalah daya yang dihasilkan sebelum dikalikan dengan efesiensi sedangkan potensi daya listrik (kW) adalah daya yang dihasilkan setelah dikalikan dengan efesiensi. Menghitung potensi daya air yaitu:

Potensi Daya Air = Debit x Masa Jenis Air x Konstanta Gravitasi x Head

0,539 m^3/s x 1000 kg/m^3 x 9,81 m/s^2 x 2 m

Potensi Daya Listrik = Debit x Konstanta Gravitasi x Head x Efesiensi

= 0,539 m^3/s x 9,81 m/s^2 x 2 m x 65%

= 6,87 kW

3.7 Pemilihan Turbin

Turbin air berperan untuk mengubah energi air (potensial, tekanan dan kinetik) menjadi energi mekanik dalam bentuk putaran poros. Putaran poros turbin akan diubah oleh generator menjadi listrik.

Daerah aplikasi berbagai jenis turbin air relatif spesifik. Pada beberapa daerah operasi memungkinkan digunakan beberapa jenis turbin. Pemilihan jenis turbin pada daerah operasi yang overlapping memerlukan perhitungan yang lebih mendalam. Pada dasarnya daerah kerja operasi turbin menurut Keller dikelompokan menjadi 3 yaitu:

a. Low head powerplant, dengan tinggi jatuhan air (head) $\leq$ 10 m.
b. Medium head powerplant, dengan tinggi jatuhan air antara low head powerplant dan high head powerplant.
c. High head powerplant, dengan tinggi jatuhan air yang memenuhi persamaan $H \geq 100$ Q : 0-113 m^3/s

Di bawah ini merupakan Tabel Daerah Operasi Turbin yaitu:

Tabel 3.2 - Daerah Operasi Turbin

(Sumber: http://www.alpensteel.com/article/50-104-energi-sungai-pltmh--micro-hydro-power/169--pelaksanaan-turbin-air.html)

Jenis Turbin	Variasi Head (m)
Kaplan & Propeller	$2 < H < 20$
Francis	$10 < H < 350$
Pelton	$50 < H < 1000$
Cross Flow	$6 < H < 100$
Turgo	$50 < H < 250$

Sedangkan di bawah ini merupakan Tabel Pemilihan Jenis Turbin yaitu:

Tabel 3.3 – Pemilihan Jenis Turbin

(Sumber:http://lorelindu.wordpress.com/2009/05/27/merancang-mikrohidro/)

Ketinggian Air (m)	Debit (m^3/s)	Kapasitas (kW)	Jenis Turbin
0,5 – 10	-	-	Simple wood & metal wheel
0,5 – 12	0,05 – 8	-	Scheider Hydro Engine
2 – 50 2 – 15 1,25 – 25	3 – 20 1,5 – 40 3 – 25	- 50 – 5000 150 – 3500	Axial Flow Straflo Turbular Bulb
1 – 70	3 – 40	-	Kaplan
8 – 300	0,3 – 20	500 – 5000	Francis
45 – 300	1 – 8	-	Turgo
1 – 200	0,03 – 9	5 – 1000	Cross Flow, Banki, Mitchel or Obserger
45 – 1000	0,06 – 3	100 – 5000	Pelton

Jadi dapat disimpulkan bahwa pemilihan jenis turbin dapat ditentukan berdasarkan kelebihan dan kekurangan dari jenis-jenis turbin, khususnya untuk suatu desain yang sangat spesifik. Pada tahap awal, pemilihan jenis turbin dapat diperhitungkan dengan mempertimbangkan parameter-parameter khusus yang mempengaruhi sistem operasi turbin, yaitu:

a. Faktor tinggi jatuhan air efektif (Net Head) dan debit yang akan dimanfaatkan untuk operasi turbin merupakan faktor utama yang mempengaruhi pemilihan jenis turbin. Sebagai contoh: turbin pelton efektif untuk operasi pada head tinggi, sementara turbin propeller sangat efektif beroperasi pada head rendah.
b. Faktor daya (power) yang diinginkan berkaitan dengan head dan debit yang tersedia.
c. Kecepatan (putaran) turbin yang akan ditransmisikan ke generator. Sebagai contoh untuk sistem transmisi direct couple antara generator dengan turbin pada head rendah, sebuah turbin reaksi (propeller) dapat mencapai putaran yang diinginkan sementara turbin pelton dan crossflow berputar sangat lambat (low speed) yang akan menyebabkan sistem tidak beroperasi.

Kecepatan spesifik setiap turbin memiliki kisaran (range) tertentu berdasarkan data eksperimen. Kisaran kecepatan spesifik beberapa turbin

Turbin Pelton:

Ns max $\leq$ 85,49 $H^{-0,243}$ dengan rentang batas 12$\leq$Ns $\leq$25

Turbin Cross Flow:

Ns max $\leq$ 650 $H^{-0,5}$ dengan rentang batas 40$\leq$Ns $\leq$200

Turbin Francis:

Ns max $\leq$ 30 + [20000/(H+20)] dengan rentang batas 60$\leq$Ns $\leq$300

Turbin Propeller:

Ns max $\leq$ 50 + [20000/(H+20)] dengan rentang batas 250$\leq$Ns $\leq$1000

Dengan mengetahui kecepatan spesifik turbin maka perencanaan dan pemilihan jenis turbin akan menjadi lebih mudah. Beberapa formula yang dikembangkan dari data eksperimental berbagai jenis turbin dapat digunakan untuk melakukan estimasi perhitungan kecepatan spesifik turbin, di bawah ini merupakan Tabel Kecepatan Spesifikasi Turbin yaitu :

Tabel 3.4 – Kecepatan Spesifikasi Turbin

(Sumber:http://www.alpensteel.com/article/50-104-energi-sungai-pltmh--micro-hydro-power/169--pelaksanaan-turbin-air.html)

Jenis Turbin	Kecepatan Spesifikasi	
Pelton	$85,49/H^{0,243}$	(Siervo & Lugaresi, 1978)
Francis	$3763/H^{0,854}$	(Schweiger & Gregory, 1989)
Kaplan	$2283/H^{0,486}$	(Schweiger & Gregory, 1989)
Cross Flow	$513,25/H^{0,505}$	(Kpordze & Wamick, 1983)
Propeller	$2702/H^{0,5}$	(USBR, 1976)

Menentukan jenis turbin yang sesuai untuk kecepatan spesifik tertentu digunakan parameter sesuai dengan Tabel Kecepatan Spesifik Turbin yaitu:

Tabel 3.5 – Kecepatan Spesifik Turbin

(Sumber: Sunarto, M., 1991, hal.60)

Jenis Turbin	Kecepatan Spesifik
Turbin Pelton 1 Nozel	4-20
Turbin Pelton 20 Nozel	20-40
Turbin Pelton 3 Nozel	40-70
Turbin Francis Low Speed	30-82
Turbin Francis Medium Speed	82-250
Turbin Francis High Speed	250-350
Turbin Kaplan/Propeler	270-1000
Turbin Aliran Silang (Crossflow)	42-170

Sedangkan Tabel Run away Speed Turbin yaitu:

3.6 – Run away Speed Turbin

(Sumber:http://www.alpensteel.com/article/50-104-energi-sungai-pltmh--micro-hydro-power/169–pelaksanaan-turbin-air.html)

Jenis Turbin	Putaran Nominal, N (rpm)	Runaway Speed
Semi Kaplan, single regulated	75-100	2-2,4
Kaplan, double regulated	75-150	2,8-3,2
Small-medium Kaplan	250-700	2,8-3,2
Francis (medium & high head)	500-1500	1,8-2,2
Francis (low head)	250-500	1,8-2,2
Pelton	500-1500	1,8-2
Crossflow	100-1000	1,8-2
Turgo	600-1000	2

Tabel - tabel di atas merupakan tabel untuk menentukan jenis turbin yang akan digunakan dalam PLTMH.

3.3.1. Karakteristik Turbin

Penggunaan untuk dua turbin atau lebih yang mempunyai dimensi yang berlainan disebut homologous. Jika kedua turbin atau lebih tersebut sebangun geometri dan mempunyai karakteristik sama. Karakteristik suatu turbin dinyatakan secara umum oleh enam buah konstanta yaitu:

a). Rasio Kecepatan (□).

Rasio Kecepatan (□) adalah perbandingan antara kecepatan keliling linier turbin pada ujung diameter nominalnya dibagi dengan kecepatan teoritis air melalui curat dengan tinggi terjun sama dengan tinggi terjun (Hnetto) yang bekerja pada turbin.

2). Kecepatan Satuan (Nu).

Kecepatan Satuan (Nu) adalah kecepatan putar turbin yang mempunyai diameter (D) satu satuan panjang dan bekerja pada tinggi terjun (H) satu satuan panjang.

3). Debit Satuan (Qu).

Debit yang masuk turbin secara teoretis dapat diandaikan sebagai debit yang melalui suatu curat dengan tinggi terjun sama dengan tinggi terjun (H) yang bekerja pada turbin.

4). Daya Satuan (Pu).

5). Kecepatan Spesifik (Ns)

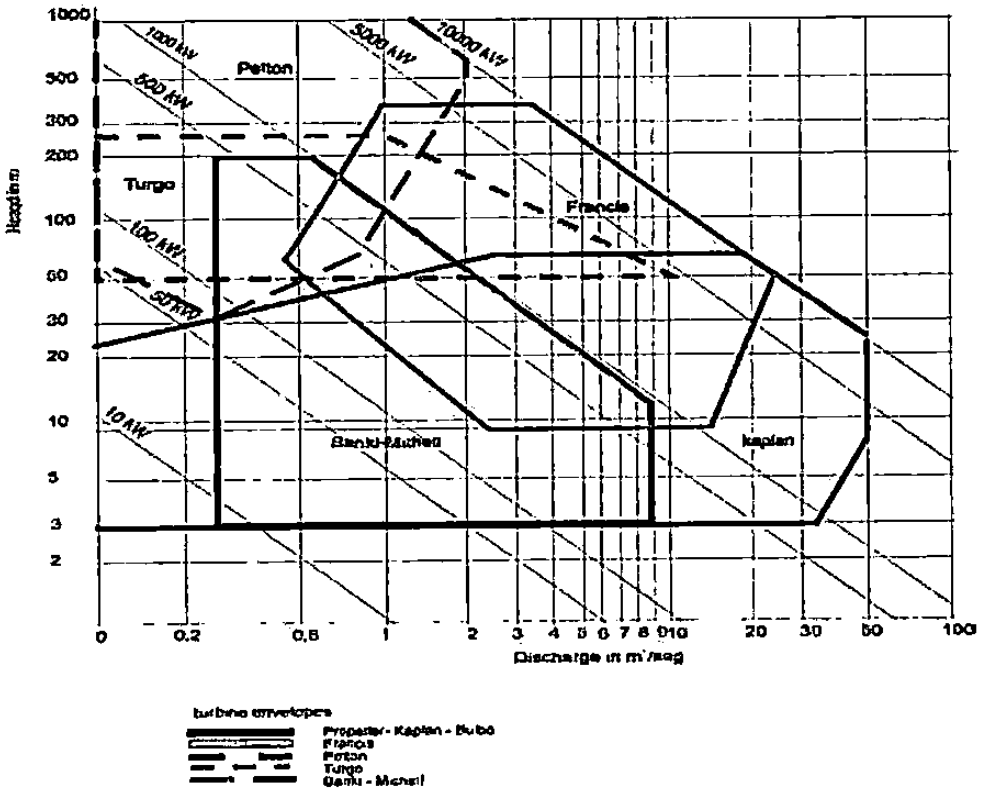
Kecepatan Spesifik (Ns) dapat dinyatakan dalam sistim metric maupun sistim Inggris, korelasi dari kedua sistim tersebut dinyatakan dalam rumus sebagai berikut:

$$N_S \text{ (metrik)} = N_S \text{ (inggris)} \times 4{,}42$$

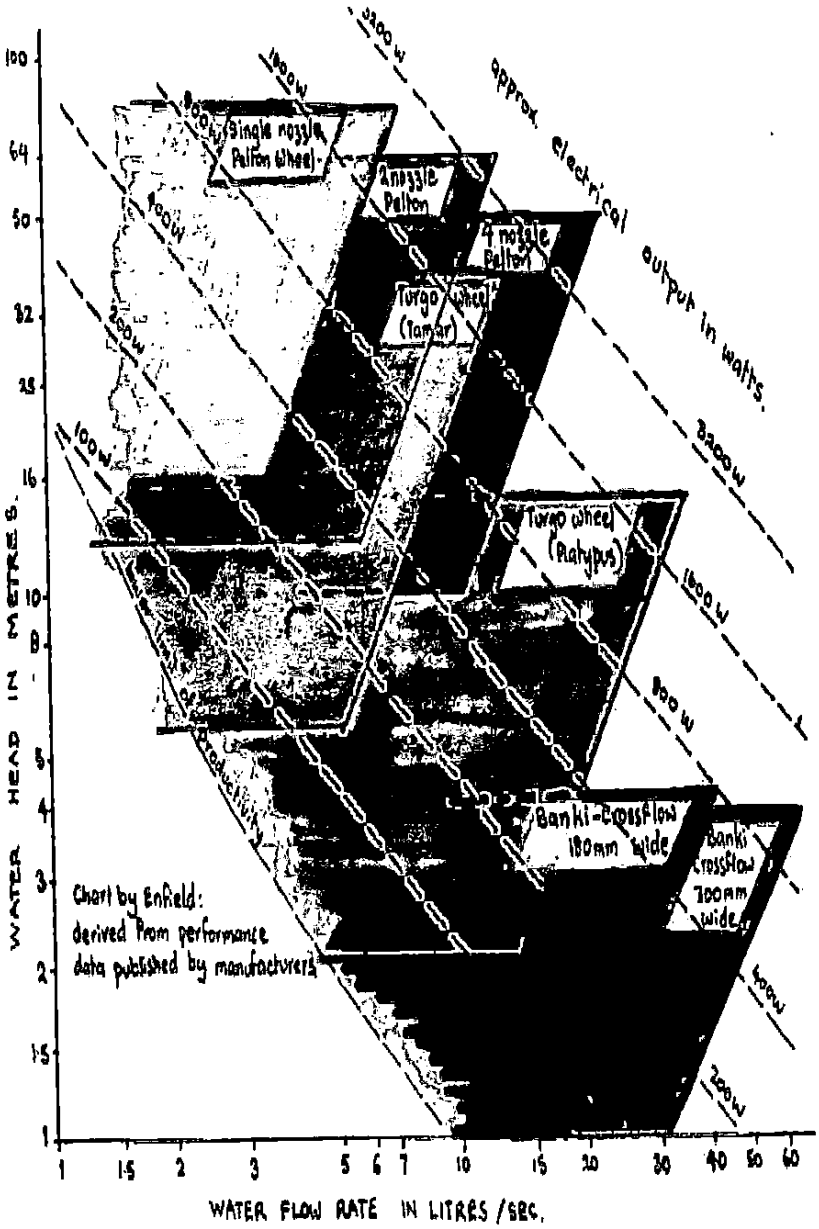
Dimana satuan daya yang digunakan pada rumus di atas adalah daya kuda (DK) atau horse power (HP).

6). Diameter Spesifik (Ds).

Berikut adalah grafik yang dapat membantu untuk pemilihan turbin, yaitu:



Grafik 3.10 - Pemilihan Jenis Turbin 1



HEAD - FLOW RANGES FOR MICRO-HYDRO TURBINES, WITH ELECTRICAL OUTPUT

Grafik 3.11 - Pemilihan Jenis Turbin 2

Sumber: http://www.pumpfundamentals.com/turbine%20selection%20chart.htm

Yang pertama dilakukan adalah menguhubungkan garis antara debit air dengan dengan ketinggian kemudian mencocokan dengan daya output yang dihasilkan sehingga akan mendapatkan jenis turbin apa yang ideal yang harus digunakan. Untuk daerah Indonesia turbin yang ideal adalah turbin cross flow dan turbin kaplan. Ini mengingat kondisi alam dan karakteristik geografis dari daerah Indonesia.

Dalam pemilihan turbin, hal yang harus diperhatikan yaitu putaran kecepatan generator karena hal ini sangat mempengaruhi umur generator. Kecepatan turbin (rpm) sama dengan kemampuan kecepatan generator (rpm).

3.8 Pemilihan Generator

Generator adalah suatu peralatan yang berfungsi mengubah energi mekanik menjadi energi listrik. Secara umum ada dua jenis generator yang digunakan pada PLTMH, yaitu generator sinkron dan generator induksi. Jenis generator yang digunakan pada perencanaan PLTMH ini adalah :

a. Generator sinkron, sistem eksitasi tanpa sikat (brushless excitation) dengan menggunakan dua tumpuan bantal (two bearing).

b. Induction motor as Generator (IMAG) sumbu vertikal, yang umumnya digunakan bersama turbin PAT dan turbin propeller open flume.

Efisiensi –efisiensi generator secara umum adalah :

Aplikasi 10 – 20 kVA, efisiensi 0,8 – 0,85

Aplikasi 20 - 50 kVA, efisiensi 0,85

Aplikasi 50 – 100 kVA, efisiensi 0,85 – 0,9

Aplikasi > 100 kVA, efisiensi 0,9 – 0,95

3.8.1. Generator Sinkron

Generator sinkron bekerja pada kecepatan yang berubah-ubah. Untuk dapat menjaga agar kecepatan generator tetap, digunakan speed governor elektronik. Generator jenis ini dapat digunakan secara langsung dan tidak membutuhkan jaringan listrik lain sebagai penggerak awal. Sangat cocok digunakan di desa terpencil dengan sistem isolasi (Modak, 2002).

Kapasitas sebuah generator dinyatakan dalam Volt-Ampere atau VA. Sebuah generator harus memiliki kapasitas (Volt-Ampere) yang cukup untuk memenuhi kebutuhan pada saat beban maksimum dengan memperhatikan rugi-rugi generator serta untuk menjamin kinerja generator maka perlu adanya faktor keamanan, biasanya 25%.

Jadi untuk memenuhi kebutuhan (beban) sebesar 100 kVA dipergunakan generator 125 kVA. Apabila akan digunakan pengontrol beban (ELC, Electronic Load Controller) maka kapasitas daya tambahan (ekstra) sebesar 60%. Di samping itu, perlu dipertimbangkan kemungkinan bertambahnya baban akibat adanya penambahan permintaan suplai listrik.

Efisiensi generator sinkron umumnya meningkat sebanding dengan kapasitasnya, dari 65% untuk daya 1 kVA sampai 90% untuk daya 20 kVA. Generator yang dipakai disesuaikan dengan sistem arus bolak-balik yang dipilih, apakah sistem satu fasa atau tiga fasa. Dibawah ini merupakan Tabel Putaran Generator Sinkron yaitu:

Tabel 3.7 – Putaran Generator Sinkron

(Sumber: http://www.alpensteel.com/article/50-104-energi-sungai-pltmh--micro-hydro-power/169--pelaksanaan-turbin-air.html)

Jumlah Pole (Kutub)	Frekuensi, 50 Hz
2	3000
4	1500
6	1000
8	750
10	600
12	500
14	429

3.8.2. Karakteristik Generator Induksi

Pada generator jenis induksi tidak diperlukan sistem pengaturan tegangan dan kecepatan. Namun demikian, jenis generator ini tidak dapat bekerja sendiri karena memerlukan suatu sistem jaringan listrik sebagai penggerak awal (Modak, 2002). Generator jenis ini lebih cocok digunakan untuk daerah yang telah dilalui jaringan listrik (Grid System).

Motor induksi umumnya berputar dengan kecepatan konstan mendekati kecepatan sinkronnya. Perubahan beban pada motor induksi mempengaruhi putaran motor induksi. Akibatnya akan terjadi perubahan frekuensi yang menimbulkan tenaga listrik. Pada generator induksi (IMAG). Tegangan akan turun dengan cepat pada saat beban bertambah sehingga perlu adanya pengaturan tegangan dan putaran. Saat ini untuk instalasi mikrohidro dengan menggunakan motor induksi sebagai generator, tersedia sistem pengaturan IGC (Induction Generator Controller). Pada saat motor induksi digunakan sebagai generator, tegangan yang dihasilkan umumnya 10% lebih rendah dari tegangan yang diperlukan untuk mengoperasikannya sebagai motor listrik dengan frekuensi yang