

**SURVEY POTENSI SUNGAI WARIORI ( SP 9 ) DISTRIK MASNI SEBAGAI  
PEMBANGKIT TENAGA LISTRIK SKALA KECIL ( PLTMh ) DIKABUPATEN  
MANOKWARI PROPINSI PAPUA BARAT**

**Bibiana Rosalina Wihyawari**

Jurusan Teknik Universitas Negeri Papua  
Jl. Gunung Salju Amban Manokwari Papua Barat  
e-mail : bab00yana.wihyawari@fmipa.unipa.ac.id

**Abstrak**

Studi ini lebih difokuskan pada Perhitunganpotensi Debit dan Potensi daya dari Sungai Wariori Distrik Masni SP 9 untuk sebuah pembangkit Tenaga Listrik Air Skala Kecil ( PLTMh ) . Survei Potensi sungai Wariori untuk menghitung Debit air serta Potensi Daya Listrik dengan mengambil contoh pengukuran pada empat titik Pengukuran. Pada Perhitungan Debit air serta untuk Potensi Daya listrik yang dapat dihasilkan oleh Sungai Wariori tersebut, dimana debit dan potensi daya sebesar 152 kW. Survei pengukuran dan perhitungan titik air pada sungai Wariori dimaksudkan untuk menghitung Debit Air, Potensi Daya serta Daya Listrik yang dihasilkan oleh sungai Wariori. Hasil analisa menyatakan bahwa pada pengukuran debit dan Perhitungan Potensi Daya sungai Wariori, maka Potensi Daya Listrik yang dihasilkan oleh sungai wariori dengan empat contoh Titik pengukuran, maka sungai wariori layak di bangun Pembangkit Listrik Skala Kecil ( PLTMH ),

**Kata Kunci** : Debit, Head,,PLTMh

**Abstract**

This study is dealing with Warrioryriver masni Development calculation of the water flow and power potential of water as a Power Plant Micro Hydropower ( MHPP ).Potention survey wariory river calculating water flow, power potential an four sample.Calulating water flow and power potention as reached wariory river as 152 kW . Calculating water survey river wariory water flow and power potention. Output calculating river warioryis very power potential fora Power Plant Micro Hydropower ( MHPP ) .

**Keywords:** Debit, Head ,MHPP

## 1. PENDAHULUAN

### 1.1. Latar Belakang

Bertambah jumlah penduduk seiring dengan perkembangan teknologi membawa dampak yang sangat besar pada perilaku dan perubahan gaya hidup masyarakat dewasa ini. Perubahan tersebut ditandai dengan meningkatnya kebutuhan akan energi listrik.

Namun penyediaan energi listrik yang disuplay oleh PT.PLN (Persero) masih belum dapat memenuhi kebutuhan akanenergi listrik, khususnya energi listrik pada daerah tertinggal. Hal ini merupakan upaya yang harus di lakukan oleh semua komponen bangsa dalam mengubah suatu wilayah yang dihuni oleh komunitas masyarakat dengan berbagai permasalahan sosial, ekonomi, pendidikan dengan keterbatasan prasarana fisik menjadi daerah yang maju dengan komunitas masyarakat yang kualitas hidupnya sama atau tidak jauh tertinggal di bandingkan dengan masyarakat Indonesia lainnya.

Potensi tenaga air tersebar hampir di seluruh Indonesia dan diperkirakan mencapai 458,75 MW, sedangkan pemanfaatannya baru 25 % dari energi potensial yang ada dan masih sangat kecil,

artinya banyak sekali potensi tenaga air yang masih melimpah di Indonesia yang belum dimanfaatkan secara baik.

Kabupaten Manokwari dengan luas wilayah 14.448,50 km<sup>2</sup> dan jumlah penduduk sebesar 175.884 jiwa yang tersebar kedalam 29 Distrik, 9 Kelurahan, 412 Desa dengan rasio elektrifikasi di bawah 40 % ( BPS Kab. Manokwari,September 2010 ), mempunyai rencana kerja strategis ke depan yaitu memberdayakan sektor Pertambangan dan Energi yang memiliki banyak potensi sumber daya alam yang besar termasuk di dalamnya adalah potensi energi air ( mikrohidro ) yang belum di kelola secara optimal dan dimanfaatkan untuk usaha ketenagalistrikan.

Pengembangan ketenagalistrikan dengan memanfaatkan potensi yang ada di Kabupaten Manokwari mempunyai peran strategis dalam penyediaan ketenagalistrikan yang meliputi tersedianya energi listrik untuk industri dan rumah tangga serta sebagai sumber pendapatan bagi daerah, dalam undang – undang otonomi Daerah no.22 dan Undang - undang no.25 tentang perimbangan keuangan antara pusat dan daerah, memberikan peluang kepada daerah untuk mengatur rumah tangganya sendiri

termasuk pemanfaatan dan pengelolaan potensi daya alam yang dimilikinya.

### 1.2. Maksud dan Tujuan

Adapun tujuan utama dari pelaksanaan survey ini adalah untuk mengetahui Potensi tenaga Air yang dapat dimanfaatkan untuk membangkitkan daya listrik dan untuk mengetahui data teknis, ekonomi maupun sosial mengenai layak tidaknya suatu lokasi / kampung untuk di bangun pembangkit listrik tenaga air.

## 2. METODE SURVEI

### 2.1. Peralatan Penelitian

Pada penelitian ini, peralatan yang digunakan antara lain : GPS, Current meter / Flow meter, Stopwatch, Bola Pimpong, Tongkat kayu, Meter rol, Kamera, alat tulis – menulis.

### 2.2. Metode Pengambilan Data

Pada Penelitian ini metode pengumpulan data primer dilapangan yaitu pengukuran panjang sungai, lebar sungai, kedalaman sungai, kecepatan alir permukaan air serta analisis kelayakan Potensi Tenaga Air dan Daya yang dihasilkan.

## 3. TINJAUAN PUSTAKA

### 3.1. Survey Potensi Tenaga Air

Survey potensi tenaga Air yang terdapat di Kabupaten Manokwari, Propinsi Papua Barat sangat besar. Sedangkan Potensi Ketenagalistrikan di kabupaten Manokwari, Rasio Elektrifikasi kecil dibandingkan dengan jumlah penduduk yang bertambah, sehingga rasionya sebesar 26.18 % ( menurut Data BPS 2010 ). Adapun potensi Sungai – sungai di kabupaten Manokwari ( data BPS 2010 ).

Pembangkit tenaga air sangat bergantung pada kondisi geografis, yaitu keadaan curah hujan, daerah aliran sungai sehingga pembangunan PLTMH dapat dilaksanakan dengan kapasitas yang beragam.

Menurut data Departemen Energi dan Sumber Daya Mineral, Potensi Air diseluruh Indonesia secara teoritis diperkirakan 75.000 MW yang tersebar pada 1.315 lokasi. Dari potensi tersebut diperkirakan sebesar 34.000 MW dapat dikembangkan untuk pembangkit listrik dengan kapasitas cukup besar, yaitu 100 MW keatas.

Untuk Kabupaten Manokwari potensi airnya sangat besar, hal ini dapat ditandai dengan banyaknya sungai besar yang mempunyai banyak anak sungai serta danau yang belum termanfaatkan dan sumber energi air tersebut kebanyakan berasal dari daerah aliran yang

terdapat pada pegunungan Arfak, hal ini tentunya sangat potensial guna pengembangan Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro ( PLTMH ) di daerah.

**Tabel 1. Potensi Air Sungai di Kabupaten Manokwari**

No	Nama Sungai	Panjang (KM <sup>2</sup> )	Lokasi/ Distrik
1	Pami	25	Manokwari
2	Nuni	23	Manokwari
3	Mandopi	48	Manokwari
4	Kesi	43	Manokwari
5	Aimasi	10	Prafi
6	Prafi	65	Prafi
7	Wariory	96	Masni
8	Momi	34	Ransiki
9	Ransiki	32	Ransiki
10	Waren	19	Ransiki
11	Muturi	140	Bintuni
12	Sebyar	150	Bintuni
13	Tambumi	110	Bintuni
14	Wopei	27	Amberbaken
15	Ayoi	25	Amberbaken
16	Masabui	18	Oransbari
17	Warbiadi	16	Oransbari
18	Muari	10	Oransbari
19	Wosimi	55	Wasiar
20	Rado	185	Wasiar
21	Kaitero	53	Babo
22	Kasuri	63	Babo
23	Taige	64	Taige

Sumber Golden Opportunities in Manokwari Regency, thn 2010.

### 3.2. Survei Potensi Daya

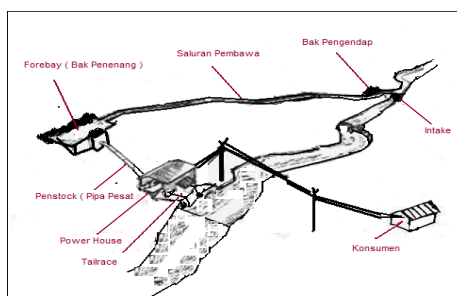
Tenaga air merupakan sumber daya energi terpasang setelah tenaga uap atau tenaga panas, hampir 30 % seluruh kebutuhan air yang ada di dunia dipenuhi oleh pusat – pusat listrik tenaga air. Banyak Negara yang hampir seluruh produksi energinya berasal dari sistem tenaga air (MM Dandekar, 1991). Dimana untuk

mengetahui potensi daya perlu diketahui debit air ( Q ) dan tinggi jatuh air

( H ). Debit air adalah jumlah volume air per satuan waktu yang akan memutar mesin sebagai penggerak, sedangkan tinggi jatuh air adalah perbedaan elevasi permukaan air dalam pipa pesat dan ditempat keluarnya ada di mesin pembangkit ( tail race ).

Menurut ( Patty, 1995 ), debit minimum terdapat selama setahun penuh, sedangkan debit maksimum hanya terdapat pada beberapa jam saja. Tinggi jatuh air( Head ) dapat diperkirakan dari Kontur ( garis ketinggian ) Peta yang dilakukan dari titik awal sungai yang penarikan garis batas daerah aliran sungai di mulai, ditarik garis saluran sedemikian rupa sehingga diperoleh beda tinggi antara garis saluran dengan sungai disebelah hilir titik awal tersebut.

Cara penentuan head adalah dengan cara mengasumsikan bahwa sistem sadapan langsung dari sungai ( Run Of River = ROR ), atau tanpa adanya tampungan air terlebih dahulu berupa reservoir. Sistem ROR dipakai pada PLTMH.



**Gambar 1. Skema Rekayasa PLTMH )**

Energi yang terkandung dalam air adalah energi potensial, maka besaran kapasitas atau potensi juga sangat dipengaruhi oleh kecepatan gravitasi. Dengan demikian potensi aliran tenaga air mempunyai tinggi energi air ( Head ) dan kapasitas melakukan debit sebesar ( Q ), maka tenaga potensial teoritis dapat dinyatakan sebagai berikut :

$$P_p = \rho \cdot g \cdot Q \cdot H$$

Dimana :

$$P_p = \text{Daya potensial ( Watt )}$$

$$\rho = \text{Massa jenis air ( } 1000 \text{ kg/m}^3 \text{)}$$

$$g = \text{Percepatan gravitasi ( } 9,81 \text{ m/s}^2 \text{)}$$

$$Q = \text{Debit air ( m}^3 \text{/s)}$$

$$H = \text{Tinggi jatuh air ( m)}$$

### 3.3. Potensi Tinggi Jatuh Air ( Head )

Pengukuran beda tinggi bertujuan untuk menentukan lokasi saluran tempat pengalihan sebagian aliran sungai sampai ke titik level beda tinggi maksimum. Untuk menentukan tinggi

jatuh air ( head ) dapat dilakukan pengukuran dengan beberapa cara antara lain:

1. metode selang transparan
2. metode water pass
3. dengan papan pank
4. metode penggunaan altimeter (metode dengan menggunakan meteran pandangan ).

Potensi pengukuran ketinggian jatuh air ( Head ) dalam sebuah PLTMh sebagai berikut :

$$H_e = H_g - ( HL1 + HL2 + HL3 ) \text{ m}$$

Dimana :

$$H_e = \text{Head efektif ( m)}$$

$$H_g = \text{Head kotor ( m)}$$

$$HL1 = \text{Kehilangan head dari intake ke bak penenang ( m)}$$

$$HL2 = \text{Kehilangan pada penstock ( m)}$$

$$HL3 = \text{Kehilangan head pada tailrace ( m)}$$

### 3.4. Potensi Debit Air ( Q )

Debit adalah kapasitas volume air yang mengalir per satuan waktu. Ada beberapa cara yang dipakai untuk mengukur kapasitas aliran air. Dalam perencanaan sebuah PLTMH pengukuran debit air adalah memperhatikan data dari hasil pengamatan dalam kurun waktu tertentu, sehingga PLTMH yang akan dibangun akan beroperasi sepanjang tahun.

Pengukuran debit dilakukan dengan beberapa metode, salah satu diantaranya; Metode tampungan ( bucket method ), metode ini adalah metode yang sangat sederhana untuk mengukur debit air, cara pengukuran metode tampungan adalah dengan membendung air dan mengalirkannya ke dalam sebuah pipa. Dimana ujung pelepas pipa pada wadah air ditampung hingga penuh. Dalam hal ini yang dicatat adalah berapa lama waktu yang dibutuhkan untuk mengisi wadah hingga penuh. Maka debit yang mengalir melalui pipa tersebut adalah jumlah air dalam wadah dibagi waktu pengisian.

Persamaan yang digunakan dalam menghitung jumlah debit sesaat

( Inversen, R.A, 1990 ) adalah :

$$Q = A \cdot V$$

Dimana :

$$Q = \text{Debit ( m}^3 \text{/s)}$$

$$A = \text{Luas tampang aliran ( m}^2 \text{)}$$

$$V = \text{Kecepatan Aliran ( m/s)}$$

### 3.5. Potensi Daya Terbangkitkan

. Potensi daya yang tersedia dapat dihitung dengan dua cara yaitu nilai teoritis dengan nilai efisiensi, untuk cara teoritis dapat digunakan rumus (Patty, 1995).

Potensi daya air adalah daya yang dibangkitkan oleh aliran ( air ) dengan debit dengan head yang mencukupi. Potensi daya yang tersedia merupakan gambaran awal dari beberapa energi listrik yang akan dihasilkan dari pembangkit listrik tenaga mikrohidro yang akan dibangun. Potensi daya teoritis pada terjun air dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut :

$$P_t = \rho \cdot g \cdot Q \cdot H \cdot \eta_t$$

Dimana :

$P_t$  = Daya teoritis ( Watt )

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

$g$  = Percepatan gravitasi ( 9,81 m/s<sup>2</sup> )

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

$H$  = Tinggi jatuh air ( m )

$\eta_t$  = Effisiensi turbin ( % )

Pada Perhitungan daya yang terbangkit, harus dihitung dengan nilai efisiensi pembangkit yaitu kerugian yang terjadi pada penstock generator dan kerugian pada jaringan sehingga rumus perhitungannya adalah menurut JICA 2003, maka daya terbangkitkan adalah :

$$P = \rho \cdot g \cdot Q \cdot H_e \cdot \eta_o$$

Dimana :

$P$  = Daya ( Watt )

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

$g$  = Percepatan gravitasi ( 9,81 m/s<sup>2</sup> )

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

$H_e$  = Tinggi efektif ( m )

$\eta_o$  = Effisiensi overall, 50 - 70 ( % ) ( sumber JICA, 2003 )

## 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

### 4.1. Data Potensi sungai Wariori Distrik Masni Kabupaten Manokwari

Data potensi sungai Wariori yang di ambil dalam 4 titik pengukuran, hal ini dilakukan untuk menghitung debit maksimal sepanjang tahun. Sebagai berikut :

Panjang ( Km<sup>2</sup> ) : 69

Lebar Titik 1 ( Km<sup>2</sup> ) : 125

Lebar Titik 1 ( Km<sup>2</sup> ) : 22

Lebar Titik 1 ( Km<sup>2</sup> ) : 3,5

Lebar Titik 1 ( Km<sup>2</sup> ) : 8

Debit terukur 1 : 259,89 L / s

Debit terukur 2 : 180,16 L / s

Debit terukur 3 : 823,08 L / s

Debit terukur 4 : 219,18 L / s

Tinggi Jatuh ( Head ) : 9 m

Head Desain : 5 m

Kapasitas Daya Potensi Titik : 13 KW

Kapasitas Daya Potensi Titik 2 : 88 KW

Kapasitas Daya Potensi Titik 3 : 40 KW

Kapasitas Daya Potensi Titik : 11 KW

Percepatan Gravitasi : 9,81 m/s<sup>2</sup>

Rapat Massa air : 1000

### 4.2. Survey Potensi dan Kelayakan Potensi Tenaga Air di Kabupaten Manokwari

Survey Potensi pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro pada Sungai Wariori ( SP 9 ) Distrik Masni Kabupaten Manokwari Propinsi Papua . Kegiatan survey ini dilaksanakan untuk mengetahui Potensi sumber Air yang dapat di konversikan menjadi energi listrik, survey ini untuk mengukur debit air dengan memanfaatkan sungai Wariori untuk Pembangkit Listrik skala kecil yaitu Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro ( PLTMh ) , namun dari hasil pengukuran dan perhitungan sebenarnya Sungai wariori juga mempunyai potensi yang dapat di manfaatkan pembangkit listrik tenaga air dengan skala yang besar ( PLTA ) .

Berdasarkan hasil survey pada sungai wariori Distrik Masni untuk Daya yang dapat dibangkitkan oleh sebuah PLTMh yaitu diukur dengan Empat ( 4 ) titik dengan masing – masing pengukuran Debit ( Q ) dan Daya ( P ) yang bervariasi sebagai berikut ; di mulai dari Q1 = 259,85 m<sup>3</sup>/s , Q2 = 180,16 m<sup>3</sup>/s , Q3 = 823,08 m<sup>3</sup>/s dan Q4 = 219,18 m<sup>3</sup>/s dan pengukuran Daya Potensi Sebagai berikut ; P1 = 13 KW, P2 = 88 KW, P3 = 40 KW , P4 = 11 KW. Sehingga total Daya yang dihasilkan adalah 238, 96 KW.

Dalam Perencanaan sebuah Pembangkit Listrik Mikrohidro Daya ( P ) yang di hasilkan berkisar antar 5 – 100KW. Sedangkan data Pengukuran pada sungai Wariori untuk Ke-4 titik dengan Daya ( P ) yang bervariasi dalam KiloWatt ( KW ) sebesar 238, 96 KW dapat dapat kombair menjadi Daya yang lebih besar ke MegaWatt ( MW ). Sehingga Survey Potensi Mikrohidro dapat pula dimanfaatkan menjadi Pembangkit Listrik skalayang besar ( PLTA ) .

Survey pengukuran yang di lakukan ini dalam kondisi curah hujan yang belum Maksimal dengan hanya mengacu pada pengukuran debit sesaat dengan sekian daya yang dihasilkan, dan jika pengukuran dilaksanakan tepat pada musim curah hujan, maka akan adanya Daya yang sangat besar pula.

Untuk sumber energi listrik di Kabupaten Manokwari perlu diketahui bahwa PT. PLN Kabupaten Manokwari belum mampu mensuplai listrik ke kampung – kampung atau daerah terpencil di Kabupaten Manokwari, sehingga

PLTMh atau PLTA merupakan solusi untuk mensuplai energi listrik ke daerah Pedesaan

### 4.3. Analisis Potensi Debit ( Q ). dan Daya terbangkitkan ( P )

#### A. Analisa debit sesaat

Pengukuran debit air pada lokasi penelitian adalah pengukuran debit sesaat, hal ini dikarenakan adanya kesulitan dalam memperoleh data debit tahunan.

**Tabel 2. Contoh Pengukuran Debit Sesaat untuk Pengukuran titik 1**

Lebar sungai	Kedalaman Bagian air	Waktu Pengaliran	Kec. pengaliran Permukaan	Faktor Koreksi	Kec. Alir Sungai	Luas Tamp. Basah
W (m)	D (m)	t (det)	Vs ( m/det )	C	V ( m/det )	A ( m <sup>2</sup> )
0,42	0,15	20,66				
0,42	0,55	13,30	0,376	0,6	0,2256	1,152
0,42	0,26	13,93				

Berdasarkan data pengukuran debit sesaat untuk Titik pengukuran 1, pada tabel 2 di atas maka, kecepatan alir permukaan dapat dihitung sebagai berikut :

$$V_s = \frac{S}{t} = \frac{5}{13,30} = 0,376 \text{ m/det}$$

a. Kecepatan Alir Sungai dihitung dengan persamaan :

$$V = V_s \cdot C$$

Dimana:

C = faktor koreksi ( = 0,6 sungai berbatu )

$$\begin{aligned} \text{Maka : } V &= V_s \cdot C \\ &= 0,376 \times 0,6 \\ &= 0,2256 \text{ m / det.} \end{aligned}$$

b. Luas penampang aliran adalah:

$$A = (4d_1 + 2d_2 + 4d_3 + \dots + 4d_n) \frac{W}{3},$$

Dimana :

d = Kedalaman bagian sungai (m)

d<sub>1</sub> = 0,15 m ; d<sub>2</sub> = 0,55m ; d<sub>3</sub> = 0,26m

w = Lebar bagian sungai (m)

$$= 0,42 \text{ m}$$

Maka:

$$\begin{aligned} A &= 4 \times 0,15 + 2 \times 0,50 + 4 \times 0,20 \frac{0,42}{3} \\ &= 1,152 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

Maka Besarnya debit aliran sungai wariori adalah :

$$\begin{aligned} Q &= V \cdot A \\ &= 0,2256 \text{ (m)} \times 1,152 \text{ (m/det)} \\ &= 0,25989 \text{ m}^3/\text{det} \\ &= 259,89 \text{ (liter / det)} \\ &\approx 259 \text{ (liter / det)} \end{aligned}$$

Maka debit aliran Sungai Wariori sebesar 259,89 L/det.

#### B. Contoh Analisa Daya Potensi untuk titik 1

$$P_t = \rho \cdot Q \cdot g \cdot H_e$$

$$= 1000 \times 0,25989 \times 9,8 \times 5$$

$$= 12734,61 \text{ Watt}$$

$$= 127000 \text{ Watt}$$

$$\approx 12,7 \text{ kW dibulatkan} = 13 \text{ kW}$$

Daya Potensi Sungai Wariori untuk titik adalah 13 KW. Demikian Pula untuk Daya Pada Pengukuran Titik 2 = 88 kW, Titik 3 = 40 kW, dan titik 4 = 11 Kw. Maka Total Pengukuran Pontensi Sungai Wariori Distrik Masni SP 9 Kabupaten Manokwari untuk Empat ( 4 ) Titik pengukuran adalah = 152 kW atau 152.000 Watt.

Dalam Penelitian ini, Survey Daya hanya pada Daya Potensi, sedangkan Daya terbangkitkan atau daya yang dihasilkan di kalikan dengan Efisiensi Mekanik ( Turbin dan Generator ) adalah diatas daya Potensi yaitu sebesar

## 5. KESIMPULAN

Kesimpulan yang di dapat dari penelitian Survey Potensi Sungai Wariori distrik Masni ( SP 9 ) yang sebagai berikut :

1. Perhitungan Pengukuran Debit dan Daya Potensi untuk empat ( 4 ) titik Pengukuran di sungai wariori adalah Q<sub>1</sub> = 259,85 m<sup>3</sup>/s , Q<sub>2</sub> = 180,16 m<sup>3</sup>/s , Q<sub>3</sub> = 823,08 m<sup>3</sup>/s dan Q<sub>4</sub> = 219,18 m<sup>3</sup>/s dan pengukuran Daya Potensi Sebagai berikut ; P<sub>1</sub> = 13 KW, P<sub>2</sub> = 88 KW, P<sub>3</sub> = 40 KW , P<sub>4</sub> = 11 KW. Sehingga total Daya Potensi yang dihasilkan adalah 152 kW = 152.000 Watt.
2. Potensi daya Pembangkit untuk 4 titik potensi sebesar 152 Watt, sedangkan untuk

Daya dibangkitkan adalah sebesar Daya Potensi dikalikan dengan Efisiensi Turbin, sehingga total Daya untuk ke empat titik pengukuran sebesar : 238,96 KW.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] Anonim,2000, Peraturan Umum Instalasi Listrik ( PUIL 2000 ), YayasanPuil, Jakarta
- [2] JICA,2003, “ Panduan untuk Pembangunan PLTMH ( edisi bahasa indonesia ) ,Tokyo electric Power Services CO. LTD, Jepang.
- [3] Inversen RA ,1990, Potensi tenaga air, Jogjakarta
- [4] M M Dandekar dan K . N. Sharman. 1991. Pembangkit Listrik Tenaga Air.Jakarta, Universitas Indonesia.
- [5] Patty,O,F, 1995, Tenaga Air,Penerbit Erlangga, Jakarta