

**PERENCANAAN PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA MIKROHIDRO DI SUNGAI TORUE KABUPATEN PARIGI MOUTONG**

**Uni Aprianingrum<sup>1</sup> dan Andi Rusdin<sup>2</sup>**

*<sup>1,2</sup>Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Tadulako*

*Jl. Soekarno-Hatta Km. 9 Palu, Sulawesi Tengah.*

*Email: uniaprianingrum@gmail.com*

**Abstrak**

Masyarakat disekitar pegunungan Torue yang memiliki perkebunan dan hasil bumi lainya sangat membutuhkan energi listrik dalam upaya meningkatkan ekonomi masyarakat guna memperoleh derajat kehidupan dan kesejahteraan masyarakat yang lebih terjamin. Sungai Torue sangat potensial untuk dibuat Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMH) dengan memanfaatkan aliran sungainya yang dapat dibendung hingga mencapai tinggi terjunan lebih dari 10 m. Dalam menginisiasi rencana ini, pengumpulan data sekunder, seperti data curah hujan, data klimatologis, daerah Tangkapan Air, data kependudukan, dikumpulkan dari Dinas Daerah Aliran Sungai Sulawesi (BWS). Metode yang digunakan dalam perhitungan Evapotranspirasi adalah Metode Penman yang Dimodifikasi. Perhitungan Debit Andalan menggunakan Metode F.J.Mock. Hasil penelitian menunjukkan bahwa Metode F.J.Mock menghasilkan debit yang andal sebesar 0.165 m<sup>3</sup>/detik dan daya yang dihasilkan adalah 36.477 kW.

**Kata kunci:** Debit Andalan, Tenaga, Desain.

**Abstract**

*People around the Torue Mountains who have plantations and other crops are in dire need of electricity in an effort to improve the community's economy in order to obtain a more secure degree of life and community welfare. The Torue River has the potential to be created as a Micro Hydro Power Plant (PLTMH) by utilizing the river that can be dammed until it reaches a height of more than 10 m. In initiating this plan, secondary data collection, such as rainfall data, climatological data, Catchment area, population data, was collected from the Sulawesi River Basin Office (BWS). The method used in the calculation of Evapotranspiration is the Modified Penman Method. Mainstay Debit Calculation using the F.J.Mock Method. The results of the research show that the F.J.Mock Method produces a reliable discharge of 0,165 m<sup>3</sup> /sec and the resulting power is 36,477 kW.*

**Key words:** Mainstay Discharge, Power, Design.

## **1. Pendahuluan**

Listrik merupakan salah satu utilitas utama perumahan yang harus dipenuhi di dalam pembangunan dan pengembangan suatu daerah. Permasalahan yang ada pada saat ini adalah terbatasnya suplai tenaga listrik yang mengakibatkan krisis energi tenaga listrik.

Daerah-daerah terpencil dan perdesaan umumnya tidak terjangkau jaringan listrik. Khususnya bagi masyarakat yang memiliki rumah tinggal sementara di atas pegunungan guna merawat dan menjaga hasil perkebunan mereka sebagai salah satu sumber mata pencaharian utama bagi masyarakat tersebut.

Sungai Torue merupakan sungai yang berada di pegunungan serta memiliki peranan yang sangat besar bagi masyarakat sekitarnya dan menyimpan potensi yang sangat besar untuk dikembangkan guna memenuhi kebutuhan mahluk hidup sekitarnya. Dengan melihat potensi perkebunan durian montong dan cengkeh yang sangat besar di sekitaran sungai Torue dan tidak sedikit masyarakat yang tinggal di daerah sekitarnya, merupakan alasan mendasar untuk memberdayakan sungai Torue dan tidak sedikit masyarakat yang tinggal di daerah sekitarnya, merupakan alasan mendasar untuk memberdayakan sungai Torue sebagai pembangkit listrik dan mengembangkan daerah tersebut sebagai obyek wisata buah durian sehingga daerah tersebut bisa menjadi lebih berkembang kedepannya. Untuk itulah akan direncanakan PLTMH di kawasan hulu sungai Torue yang sistem pengalirannya menggunakan saluran tertutup (pipa) ataupun saluran terbuka.

Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMH) sebagai suatu pembangkit yang mampu mensuplai kebutuhan listrik masyarakat yang memiliki perkebunan disekitar pegunungan Torue yang berpotensi sebagai obyek wisata melalui hasil perkebunan buah duriannya dan perkebunan cengkehnya yang sangat luas serta penerangan jalan untuk masyarakat perkebunan yakni dengan memanfaatkan sumber daya air yang banyak tersedia. Dalam penulisan tugas akhir ini penulis akan membahas tentang **“Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro di Sungai Torue Kabupaten Parigi Moutong”**.

Pembangkit listrik ini direncanakan mampu menghasilkan daya 10 KW – 50 KW yakni daya yang dihasilkan oleh pembangkit listrik mikrohidro pada umumnya, dengan mengadakan pelatihan khusus diharapkan masyarakat setempat mampu melakukan perawatan sendiri tanpa perlu bantuan dari pihak tertentu.

## **2. Tinjauan Pustaka**

### **2.1. Umum**

Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMH), mempunyai kelebihan dalam hal biaya operasi yang rendah jika dibandingkan dengan Pembangkit Listrik Tenaga Diesel (PLTD), karena Mikrohidro memanfaatkan energi sumber daya alam yang dapat diperbarui, yaitu sumber daya

air (Endardjo, 1998). Dengan ukurannya yang kecil penerapan Mikrohidro relatif mudah dan tidak merusak lingkungan. Rentang penggunaannya cukup luas, terutama untuk menggerakkan peralatan atau mesin-mesin yang tidak memerlukan persyaratan stabilitas tegangan yang akurat (Endardjo, 1998).

## **2.2. Debit Andalan**

Guna mendapattkan kapasitas PLTMH, tidak terlepas dari perhitungan berapa banyak air yang dapat diandalkan untuk membangkitkan PLTMH. Debit andalan adalah debit minimum (terkecil) yang masih dimungkinkan untuk keamanan operasional suatu bangunan air, dalam hal ini adalah PLTMH. Debit minimum sungai dianalisis atas dasar debit hujan sungai. Dalam perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro ini, dikarenakan minimnya data maka metode perhitungan debit andalan menggunakan metode simulasi perimbangan air dari Dr. F.J.Mock (KP.01,1936). Dengan data masukan dari curah hujan di Daerah Aliran Sungai, evapotranspirasi, vegetasi dan karakteristik geologi daerah aliran.

## **2.3. Tinjauan Teknis**

Pembangkit Listrik Tenaga Air (PLTA) adalah suatu bentuk perubahan tenaga air dengan ketinggian dan debit tertentu menjadi tenaga listrik, dengan menggunakan turbin air dan generator. Daya (*power*) yang dihasilkan dapat dihitung berdasarkan rumus berikut (Arismunandar dan Kuwahara, 1991):

$$P = g \times H \times Q \text{ (kW)} \times \text{eff}$$

(1)

Dimana :

P = Tenaga yang dikeluarkan secara teoritis

H = Tinggi air jatuh efektif (m)

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

g = percepatan gravitasi =  $9.81 \text{ m}/\text{dt}^2$

Eff = Effisiensi.

Sebagaimana dapat dipahami dari rumus tersebut di atas, daya yang dihasilkan adalah hasil kali dari tinggi jatuh dan debit air, oleh karena itu berhasilnya pembangkitan tenaga air tergantung dari pada usaha untuk mendapatkan tinggi jatuh air dan debit yang besar secara efektif dan ekonomis. Pada umumnya debit yang besar membutuhkan fasilitas dengan ukuran yang besar misalnya, bangunan ambil air (*intake*), saluran air dan turbin (Arismunandar dan Kuwahara, 1991).

## **2.4. Klasifikasi PLTA**

Penggolongan Berdasarkan Tinggi Terjunan. Pusat listrik jenis terusan air (*water way*) adalah pusat listrik yang mempunyai tempat ambil air (*intake*) dihulu sungai, dan mengalirkan

air ke hilir melalui terusan air dengan kemiringan (*gradient*) yang agak kecil. Tenaga listrik dibangkitkan dengan memanfaatkan tinggi terjun dengan kemiringan sungai tersebut (Arismunandar dan Kuwahara, 1997). Penggolongan Menurut Aliran Air. Pusat listrik jenis aliran sungai langsung (*run of river*) kerap kali dipakai pada pusat listrik jenis saluran air. Jenis ini membangkitkan tenaga listrik dengan memanfaatkan aliran air sungai itu sendiri secara alamiah.

Pusat listrik dengan kolam pengatur (*regulating pond*) mengatur aliran sungai setiap hari atau setiap minggu dengan menggunakan kolam pengatur yang dibangun melintang sungai dan membangkitkan tenaga listrik sesuai dengan perubahan beban.

## **2.5. Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro**

Akhir-akhir ini di dunia termasuk negara- negara maju, memperhatikan pembangunan PLTA berkapasitas kecil. Pembagian PLTA dengan kapasitas kecil pada umumnya adalah sebagai berikut (Patty, 1995) :

1. PLTA mikro < 100 kW
2. PLTA mini 100 - 999 kW
3. PLTA kecil 1000 - 10000 kW

Dengan kemajuan teknis, tinggi = 1 – 1,5 m dapat digunakan dan kapasitas turbin dapat dibuat 4 – 5 kW. Salah satu sebab bagi negara- negara maju membangun PLTA berkapasitas kecil ini adalah harga minyak OPEC yang terus meningkat sekarang ini, di samping bertambahnya kebutuhan listrik (Patty, 1995).

Di Indonesia salah satu program pemerintah adalah listrik masuk desa terpencil di daerah pegunungan, pembangunan PLTA menghubungkan desa ini dengan hantaran tegangan tinggi tidaklah ekonomis. Berdasarkan pertimbangan diambil langkah-langkah berikut dalam perencanaan PLTA Mikrohidro untuk suatu daerah pedesaan (Patty, 1995) :

1. Mempelajari bangunan air irigasi (irigasi, drainase dan lain- lain) yang sudah ada di desa tersebut.
2. Meneliti bahan bangunan yang terdapat di tempat serta pendidikan masyarakat desa.
3. Meneliti mesin yang hendak dipakai, lebih baik digunakan mesin yang lebih mahal tetapi memerlukan biaya yang lebih sedikit.

## **2.6. Pemilihan Turbin**

Turbin air berperan untuk mengubah energi air (energi potensial, tekanan dan energi kinetik) menjadi energi mekanik dalam bentuk putaran poros. Putaran poros turbin ini akan diubah oleh generator menjadi tenaga listrik. Berdasarkan prinsip kerjanya, turbin air dibagi menjadi dua kelompok.

1. Turbin implus (*cross-flow, pelton & turgo*), jenis ini, tekanan pada setiap sisi sudu gerak runnernya pada bagian turbin yang berputar sama.

2. Turbin reaksi (*francis, kaplanpropeller*), jenis ini, digunakan untuk berbagai keperluan (*wide range*) dengan tinggi terjun menengah (*medium head*).

PLTMH dengan tinggi jatuhan (head) 6-60 m, yang dapat dikategorikan pada head rendah dan medium seperti yang dapat di lihat pada Tabel 3.1 di bawah ini :

**Tabel 1 Daerah Operasi Turbin**

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

Pada prinsipnya pembangkit tenaga air adalah suatu bentuk perubahan tenaga air dengan ketinggian dan debit tertentu menjadi tenaga listrik dengan menggunakan turbin air dan generator. Daya (*power*) teoritis yang dihasilkan dapat dihitung berdasarkan persamaan empiris berikut (Arismunandar dan Kuwahara, 1991):

$$P = 9,8 \times Q \times H_{\text{eff}} \text{ (kW)} \quad (2)$$

Seperti telah dijelaskan bahwa daya yang keluar merupakan hasil perkalian dari tinggi jatuh dan debit, sehingga berhasilnya suatu usaha pembangkitan tergantung dari usaha untuk mendapatkan tinggi jatuh air dan debit yang besar secara efektif dan ekonomis. Selain itu pembangkitan tenaga air juga tergantung pada kondisi geografis, keadaan curah hujan dan area pengaliran (*catchment area*) (Arismunandar dan Kuwahara, 1991). Penentuan tinggi jatuh efektif dapat diperoleh dengan mengurangi tinggi jatuh total (dari permukaan air sampai permukaan air saluran bawah) dengan kehilangan tinggi pada saluran air. Tinggi jatuh penuh adalah tinggi air yang kerja efektif saat turbin air berjalan (Arismunandar dan Kuwahara, 1991). Adapun debit yang digunakan dalam pembangkit adalah debit andalan yang terletak tepat setinggi mercu yaitu debit minimum. Karena pembangkit ini direncanakan beroperasi selama 24 jam sehari semalam (Arismunandar dan Kuwahara, 1991).

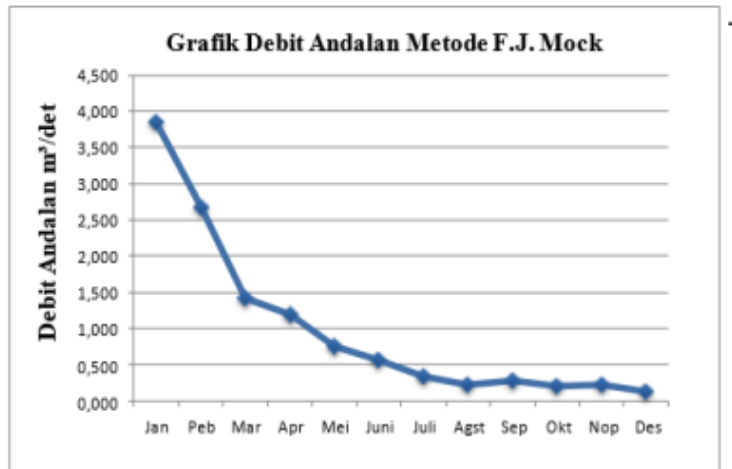
### **3. Metode Penelitian**

Studi pustaka, data primer antara lain: survey dan wawancara langsung, data sekunder: data dari instansi, dan hasil penelitian, menghitung daya yang dihasilkan PLTMH, analisis kebutuhan listrik kemudian hasil dan pembahasan, kesimpulan.

#### 4. Hasil dan Pembahasan

##### 4.1. Analisis Data Curah Hujan

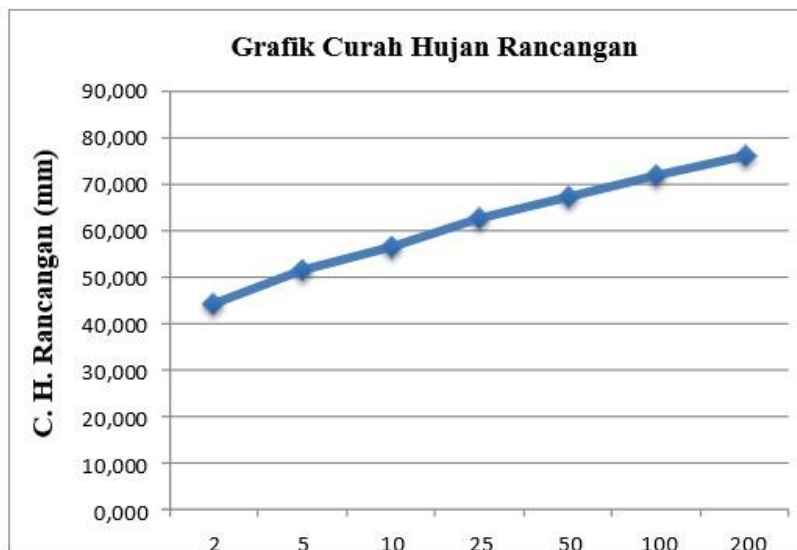
Data yang akan dianalisis merupakan data curah hujan dan klimatologi pada Stasiun Tolai dari tahun 2008 hingga tahun 2017 hingga diperoleh debit andalan



Gambar 2 Grafik Debit Andalan Metode F.J Mock

##### 4.2. Debit Banjir

Untuk memperkirakan besarnya debit banjir dengan kala ulang tertentu, terlebih dahulu data-data hujan didekatkan dengan suatu sebaran distribusi, agar dalam memperkirakan besarnya debit banjir tidak sampai jauh melenceng dari kenyataan banjir yang terjadi (Soewarno, 1995 :98). Pemilihan distribusi berdasarkan penyimpangan ( $cr^*$ ) yang terkecil (Soewarno, 1995 : 106).



Gambar 3 Grafik Analisis Curah Hujan Rancangan Metode Gumbel

### **4.3. Desain Dasar**

Untuk menghitung/memperkirakan bentuk serta dimensi dari bangunan-bangunan utama PLTMH maka diperlukan desain dasar. Desain dasar ini penting untuk memperoleh besaran volume pekerjaan, sehingga evaluasi teknis maupun ekonomis terhadap PLTMH dapat dilakukan.

Bangunan-bangunan utama tersebut terdiri dari pekerjaan Sipil dan pekerjaan Elektro Mekanik. Pekerjaan-pekerjaan sipil meliputi : Bangunan Pengelak Aliran (*Cofferdam*), Bendung (*Weir*), Bangunan pengambilan (*Intake*), Kantong Sedimen, Pipa Pesat (*Penstok*), Rumah Pembangkit (*Power House*), dan Saluran Pembuang Akhir (*Tail Race*).

### **4.4. Data Desain**

Data-data yang digunakan dalam penyusunan desain dasar bangunan-bangunan utama PLTMH Torue ini antara lain seperti di bawah ini, sedangkan data pendukung yang lain tidak ada, selalu dikemukakan pada awal perhitungan setiap pekerjaan atau struktur yang ada

Data Sungai

Menghitung kecepatan aliran

Panjang sungai	= 20	m
Lebar rata-rata dasar sungai	= 11,1	m
Kedalaman rata-rata sungai	= 2,1	m
Waktu tempuh rata-rata	= 85	det
Debit air rata-rata	= 5,48	m <sup>3</sup> /det
Elevasi dasar sungai di sekitar rencana bendung	= +80	mdpl
Elevasi di sekitar rumah turbin ( <i>power house</i> )	= +81	mdpl
H gross	= 35,56	m

### **4.5. Desain Dasar Pekerjaan Sipil**

Pada fase pembangunan diperlukan lapangan pekerjaan yang kering, sehingga diperlukan suatu bangunan pengalih aliran untuk mengalihkan aliran air sungai. Pada area yang dikeringkan tersebut dapat dimulai pembangunan pondasi bendung utama.

Bendung PLTMH Torue direncanakan memiliki Panjang 192 m (pengukuran melalui AUTOCAD) dan luas daerah yang tenggelam akibat pembuatan bendung adalah 2579,8 m<sup>2</sup>.

Pipa pesat adalah pipa bertekanan yang mengalirkan air dari bak penenang (*sandtrap*) langsung ke *intake* turbin. Penempatan pipa pesat dapat di atas permukaan tanah atau di dalam tanah, untuk menempatkan pipa di dalam tanah akan menjaga tekanan air yang ada di dalam pipa dari perubahan suhu matahari dan hujan.

Kehilangan tenaga pada pipa pesat adalah jumlah dari kehilangan tenaga pada *intake* pipa pesat ditambah kehilangan tenaga pada akibat gesekan dan kehilangan tenaga akibat penyempitan pipa

pada ujung pipa pesat, sedangkan kehilangan tenaga akibat gesekan telah dihitung terlebih dahulu yaitu sebesar 0,06 m.

Bangunan rumah pembangkit direncanakan berupa bangunan permanen dengan ukuran panjang x lebar x tinggi = 3m x 3m x 3m yang terbuat dari material beton. Saluran pembuang akhir direncanakan berbentuk persegi empat dari pasangan batu. Kapasitas saluran direncanakan  $Q_{\text{desain}} = 0,092 \text{ m}^3/\text{s}$

#### **4.6. Kapasitas Daya dan Produksi Energi**

Daya listrik yang dapat dibangkitkan dihitung dengan memakai persamaan :

$$P = 9,81 \times Q \times H \times \eta$$

Dimana :

$$P = \text{daya (KW)}$$

$$Q = \text{debit rencana (m}^3/\text{det)}$$

$$H = \text{head netto (m)}$$

$\eta$  = koefisien efisiensi turbin dan generator Setiap jenis turbin dan pabrik pembuat memiliki tingkat efisiensi yang berbeda.

Debit rencana diambil pada kejadian 85%, sehingga  $Q = 0,092 \text{ m}^3/\text{det}$ , H netto diperoleh sebesar 30 m. Pada kasus ini, efisiensi turbin dan generator dipakai adalah 75%, dengan demikian maka daya listrik output adalah :

$$\begin{aligned} P &= 9,81 \times 0,092 \times 30 \times 0,75 \\ &= 20,307 \text{ kW} \\ &= 20307 \text{ W} \end{aligned}$$

Diperkirakan dalam 1 Rumah yang ada di perkebunan Torue digunakan :

- 1 buah lampu 10 W = 10 W
- 2 buah lampu 5 W = 10 W
- 1 buah peralatan elektronik = 30 W

Jadi rata-rata penggunaan listrik dalam 1 Rumah adalah 50 W. Jumlah rumah yang ada pada perkebunan Desa Torue adalah 9 rumah, sehingga energi yang dibutuhkan yaitu :  $9 \times 50 = 450 \text{ W} = 0,45 \text{ Kw}$ .

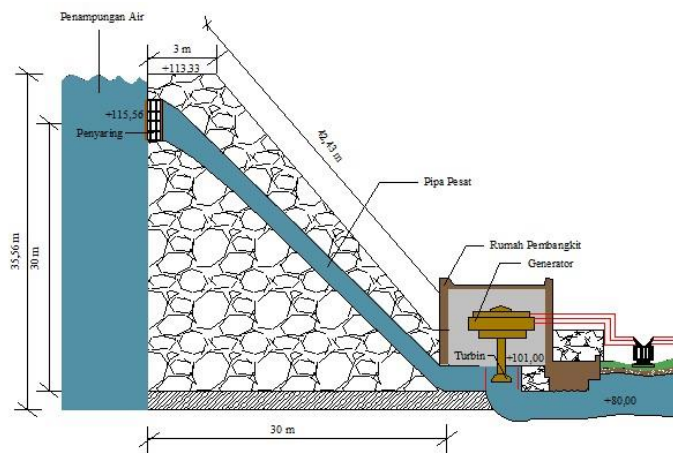
Untuk penerangan jalan, panjang ruas jalan pada perkebunan Desa Torue sekitar 2 Km, dan lampu jalan akan dipasang pada jarak per 10 m dengan daya lampu 25 W. Sehingga total energy yang dibutuhkan adalah :

$$\frac{2000}{10} \text{ sehingga } 200 \times 25 = 5000 \text{ W} = 5 \text{ Kw}$$

Jadi total total energy yang dibutuhkan baik untuk rumah dan penerangan jalan, yakni :

$$5 \text{ Kw} + 0,45 \text{ Kw} = 5,45 \text{ Kw}$$





Gambar 4 Gambar Potongan Melintang Bendung

## 5. Penutup

### 5.1. Kesimpulan

Dari hasil tinjauan dan pembahasan yang telah diuraikan, maka penulis dapat menyimpulkan hal-hal sebagai berikut :

1. Dari Analisis Data Curah Hujan dan Klimatologi, serta Topografi mengindikasikan bahwa ada potensi debit sebesar  $0,092 \text{ m}^3/\text{det}$ , dengan asumsi efisiensi turbin dan generator sebesar 75%, maka Daya listrik yang dapat dibangkitkan sebesar  $20,307 \text{ kW}$ .
2. Kebutuhan listrik untuk masyarakat yang memiliki rumah tinggal di perkebunan Desa Torue (9) sebesar  $0,45 \text{ kW}$  dengan perkiraan dalam 1 rumah tinggal menggunakan 50 W.

### 5.2. Saran

1. Untuk kemajuan hasil perkebunan masyarakat Torue diharapkan kepada PEMDA dan PLN setempat agar dapat
2. memperhatikan masyarakat Torue untuk
3. membantu pelaksanaan pembangunan *Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMH)* mengingat kekayaan hasil perkebunan dan memiliki potensi sebagai tempat pariwisata.
4. Kelebihan daya yang dihasilkan PLTMH dapat digunakan untuk keperluan rekreasi, pendidikan dan industri kecil seperti ; mesin penggiling padi.

### Daftar Pustaka

- Arismunandar A, Dan Kuwahara S, 1991. Teknik Tenaga Listrik Jilid I, PT. Pradnya Paramita, Jakarta.
- Dandekar M. M, Sharma K.N, 1991. Pembangkit Listrik Tenaga Air. Terjemahan, Penerbit Erlangga, Jakarta.

Endardjo P,Warga Dalam J, Setiadi A, 1998, Pengembangan Rancang Bangun Mikrohidro Standar  
PU, Prosiding HATHI, Bandung

Patty F.,1995, Tenaga Air, Edisi Pertama, Erlangga, Jakarta.