

PENERAPAN ELIMAR (ENERGI LISTRIK MANDIRI) PLTPH  
(Pembangkit Listrik Tenaga Phikohidro) SEBAGAI INVESTASI MASA DEPAN

Oleh :Tri Watiningsih

*Abstrack*

*Pikohidro adalah pembangkit listrik sekala sangat kecil bertenaga air dengan ketinggian jatuh air (head) minimal 20 meter ( untuk turbin Pelton) dengan daya terbangkit maksimum 5 kWDaya yang dibangkitkan generator yang akan disalurkan ke pengguna. Dalam perencanaan jumlah kebutuhan daya di pusat beban harus di bawah kapasitas daya terbangkit, sehingga tegangan listrik stabil dan sistem menjadi lebih handal (berumur panjang)*

PENDAHULUAN

Secara Umum potensi energi terbarukan (*renewable energy*)khususnya potensi mikrohidro di Indinesia sekitar 480 MW, sudah termanfaatkan sekitar 60 MW dan yang belum dimanfaatkan sekitar 420 MW. Data lain menunjukkan bahwa :Kemampuan PLN untuk memasok listrik sangat terbatas.Masih banyak rumah tangga yang belum menikmati aliran listrikKarena kondisi geografis, dari 13000 desa yang belum berlistrik sekitar 6000 desa tidak mungkin / sulit dialiri listrik PLN ( Ratna Ariati, 2002).Sejalan dengan dimaksud, maka perlu peningkatan partisipasi masyarakat untuk pemenuhan kebutuhan listrik didaerah pedesaan melalui pengembangan energi mikrohidro.Dengan menggunakan turbin kecil untuk pembangkit tenaga listrik yang kecil ini, kepemilikan pada anggota masyarakat secara individu( bisa disangga oleh tiga sampai 10 rumah), sehingga untuk biaya pengadaan, pengoprasian, dan perawatan menjadi tanggungjawab masing-masing dengan dengan demikian lebih menyederhanakan pengelolaan dalam kegiatan sehari-hari.Penggunaan turbin aliran melintang untuk pembangkit listrik sekala kecil ( piko hidro) belum banyak dikembangkan. Berdasarkan literatur yang ada untuk daerah pedesaan yang menggunakan kincir kayu dan yang sedang dikembangkan di PT Cihanjuang Inti Teknik Banbung adalah turbin propeler.

Pikohidro adalah pembangkit listrik bertenaga air dengan ketinggian jatuh air (*head*) minimal 20 meter ( untuk turbin Pelton) dengan daya terbangkit maksimum 5 kW (Maher and Smith, 2001).Sumber lain menyatakan bahwa untuk turbin Banki (*Crossflow*) dapat dipakai pada tinggi jatuh air antara 2-200 meter dengan debit sebesar 20-250 liter perdetik (Patty, 1995). Daya listrik yang dibangkitkan kemudian

didistribusikan kerumah-rumah disekitar pembangkit . Contoh peralatan yang menggunakan listrik dari piko hidro yaitu : radio, televisi, lemari es, kompor listrik, solder listrik, dan setrika listrik. Karena pikohidro hanya hanya membutuhkan aliran air yang kecil, maka disainnya sangat sederhana dan juga ekonomis bila dibandingkan dengan pembangkit tenaga air lainnya sehingga sangat cocok apabila diterapkan di daerah terpencil/ pegunungan. Macam-macam desain piko hidro dibeberapa negara (Zulkarnaen, dkk., 2002)

**a. *Peltric Set.***

Pada sistem ini generator dipasang secara vertikal dengan hubungan keturbin Pelton. Penutup turbin juga digunakan sebagaiudukan generator, sehingga desainnya menjadi sangat sederhana dan ekonomis. Generator ini membangkitkan arus listrik AC yang dapat didistribusikan kekonsumen sejauh ratusan kilometer. Saat ini sistemtersebut dipakai dinepal sebanyak kurang lebih 500 unit. Desainnya dikembangkan oleh kathmandu Metal Industry Nepal.

**b. *Columbian Alternator System (CAS)***

Sistem ini didesain di FDTA (*Funcacion de Tecnologias Appropriadas*) Kolumbia, Amerika Selatan. Turbin yang digunakan juga turbin pelton kecil, akan tetapi menggunakan magnet truk atau mobil sebagai generator. Turbin dihubungkan kegenerator menggunakan sebuah puli. Generator tersebut diletakkan pada chasis baja sederhana yang pembuatannya sangat mudah. Sistem ini tidak memerlukan pengendali lagi, karena pengatur trngangan sudah terdapat pada magnet tersebut. Akan tetapi listrik yang dihasilkan harus digunakan tidak jauh dari *Power house*.

**c. *Pico Power Pack***

Desain ini sangat ekonomis dan mudah dalam pemasangannya dan juga sangat cocok untuk listrik di daerah pedalaman. Sistem ini merupakan kombinasi dari penggunaanudukan baja yang murah dan generator yang dipasang secara horizontal. *Pico Power Pack* merupakan sistem yang sangat sederhana dan listrik yang dihasilkan dapat didistribusikan ke konsumen sejauh 1 (satu) kilometer.

Tabel 1.1. Perbandingan Desain Sistem Piko Hidro

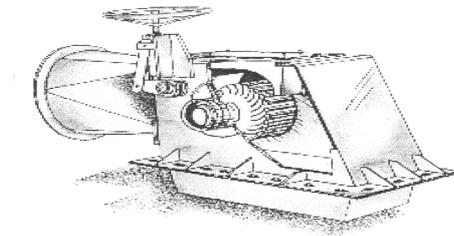
Sistem Piko hidro	Arus	Daya yang dihasilkan	Jumlah konsumen	Dapat Menggunakan Mesin Mekanik lain	Perawatan	Biaya
<i>Petrick Set</i>	AC	500-5000 Watt	1 – 300	Tidak	Tidak mudah	Murah
<i>Columbian Alternator</i>	DC	50 – 500 Watt	1 – 2	Ya	Mudah	Sangat murah
<i>Pico Power Pack</i>	AC	500 – 5000 Watt	1 – 300	Ya	Mudah	Murah

Gambar I-2 Efisiensi Turbin Banki

Sumber : ( O.F. Patty, 1995)

Salah satu turbin yang sangat berguna bagi PLTA Mikro adalah turbin Banki yang semburan airnya menumbuk pada dua tempat sehingga kecepatan air yang keluar melalui saluran buang menjadi sangat kecil. Turbin Banki dapat dipakai pada  $H = 2-100$  m dengan debit sebesar 20 – 2500 liter perdetik ( Patty ,1995), Nama aliran melintang berasal dari fakta bahwa air menumbuk baling-baling sebanyak dua kali untuk menghasilkan rotasi. Prinsip aliran melintang dikembangkan oleh Michell, seorang insinyur Australia. Profesor Banki kemudian mengembangkan turbin tersebut sehingga turbin aliran melintang dikenal juga sebagai turbin Michell/Banki.

Skema konstruksi turbin Banki ditunjukkan pada gambar 1.1.



Gambar 1.1. Skema konstruksi turbin Banki

Turbin Banki atau turbin aliran menyilang bekerja pada putaran spesifik 20 – 80 (Invesrsin, 1990) seperti disajikan pada tabel 1.2.

Tabel 1.2 Jenis Turbin dan kecepatan spesifiknya

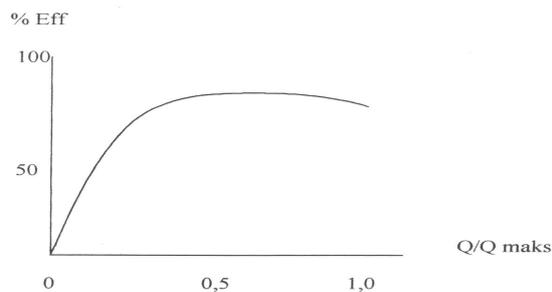
Tipe rotor	Kecepatan Spesifik (Ns)
Pelton	12 – 30
Turgo	20 – 70
Crossflow/Banki	20 – 80
Francis	80 – 400
Propeler dan Kaplan	340 – 1000

Sumber lain menyatakan jenis turbin dan kecepatan spesifiknya seperti pada Tabel I.3 (Arter, 1990).

Tabel 1- .3 Jenis turbin dan kecepatan spesifiknya

Jenis Rotor	Kecepatan SpesifikNs (Kw)	Kecepatan Spesifikns (Hp)
Pelton	1 – 62	8 – 72
<i>Crossflow/Banki</i>	36 – 146	42 – 170
Francis	50 - 300	60 - 350
Propeler dan kaplan	230 – 860	270 - 1000

Effisiensi turbin Banki sebagai fungsi Q/ Qmaks ditunjukkan pada gambar 1-2



Gambar 1`-2 Effisiensi Turbin Banki  
Sumber : ( O.F. Patty, 1995)

## Analisis Daya dan Energi Listrik

### 1 Analisis daya listrik pada sistem PLTPH

- Daya poros turbin :  $P_t = 9.81 \times Q \times H \times n$  ..... (1)
- Daya yang ditransmisikan ke generator :  $P_{trans} = 9.81 \times Q \times H \times n_t \times n_{belt}$  ....(2)

- Daya yang dibangkitkan generator :  $P_{\sim} = 9.81 \times Q \times H \times \eta_t \times \eta_{belt} \times \eta_{gen} \dots \dots (3)$

dimana :

Q = debit air, m<sup>3</sup>/detik

H = efektif head, m

$\eta_t$  = efisiensi turbin

= 0.74 untuk turbin crossflow T-14

= 0.75 untuk turbin propeller open flume lokal

$\eta_{belt}$  = 0.98 untuk flat belt, 0.95 untuk V belt

$\eta_{gen}$  = efisiensi generator

Daya yang dibangkitkan generator akan disalurkan ke pengguna. Dalam perencanaan jumlah kebutuhan daya di pusat beban harus di bawah kapasitas daya terbangkit, sehingga tegangan listrik stabil dan sistem menjadi lebih handal (berumur panjang)

## 2. Kebutuhan listrik masyarakat

Kebutuhan listrik masyarakat, khususnya pada program pelistrikan desa sangat dibatasi. Hal ini didasarkan ketersediaan potensi sumber daya air, kemampuan memelihara dan membiayai penggunaan listrik, serta besaran biaya pembangunan. Salah satu faktor pembatas adalah pemilihan pembatas arus terkecil di pasaran, yaitu 0.5 A, sehingga daya yang dapat digunakan untuk setiap sambungan instalasi rumah rata-rata sebesar 110 W. Penggunaan listrik masyarakat perdesaan dengan PLTMPH ini, khusus untuk penerangan digunakan pada malam hari dengan pertimbangan pada siang hari sebagian besar masyarakat bekerja.

## ESTIMASI BIAYA PEMBANGUNAN PLTMPH

### 1 Analisis Harga Satuan

Perhitungan analisis harga satuan merupakan tahapan paling terdepan dari estimasi biaya pembangunan. Parameter perhitungan dan analisis harga satuan pekerjaan pada perencanaan PLTPH antara lain

- Lokasi sumber material diharapkan pada jarak terdekat dengan lokasi pekerjaan konstruksi
- Tenaga kerja yang digunakan menggunakan tenaga kerja lokal di lokasi proyek dengan upah didasarkan pada harga satuan yang berlaku di wilayah tersebut.

Penggunaan tenaga kerja diluar lokasi, hanya pada tingkatan pengawas dan tukang untuk pekerjaan tertentu dengan upah didasarkan pada harga yang wajar.

- Harga satuan material diperoleh dari harga satuan material dan bahan yang berlaku di wilayah rencana pembangunan PLTMPH dan disesuaikan dengan faktor lokasi proyek (penyesuaian biaya transportasi dan pengangkutan)

Secara umum komponen harga satuan yang diperhitungkan meliputi:

a. Komponen tenaga

Koefisien komponen tenaga untuk masing-masing harga satuan diperoleh dari analisa kebutuhan tenaga yang diperlukan untuk setiap pekerjaan sesuai dengan standar yang berlaku, khususnya dalam pekerjaan sipil

b. Komponen bahan dan material

Dalam perhitungan koefisien bahan dan material yang digunakan mengacu pada analisa satuan pekerjaan yang berlaku

c. Komponen peralatan

Perhitungan koefisien peralatan didasarkan pada peralatan yang digunakan dalam satuan pekerjaan, sebagaimana yang berlaku secara umum dalam pekerjaan sipilkonstruksi. Hasil perhitungan analisis harga satuan sesuai jenis pekerjaan dapat dilihat pada lampiran setiap lokasi rencana pembangunan PLTPH.

d. Komponen Biaya Pembangunan PLTPH

Komponen biaya pembangunan PLTPH pada studi perencanaan ini terdiri dari

1. Engineering

Komponen engineering pada pembangunan PLTPH dialokasikan untuk kegiatan detail desain, supervisi pembangunan, dan penyiapan dokumen teknis akhir pembangunan PLTPH. Pada beberapa kasus kegiatan dapat diasumsikan terintegrasi pada pelaksana pembangunan. Pada model pembangunan lainnya, khususnya yang melibatkan dana cukup besar, kegiatan engineering dilaksanakan oleh konsultan teknik yang bertanggung jawab mereview basic desain, mengawasi pelaksanaan (supervisi), menyiapkan dokumen teknis akhir, dan melaksanakan komisioning bersama pelaksana pembang'unan. Komponen biaya engineering dihitung berdasarkan kebutuhan minimum penggunaan tenaga ahli senior dan berpengalaman pada bidang pekerjaan sipil, teknik mesin atau elektro, dan juru gambar.

## **2. Peralatan Elektrikal - Mekanik**

Komponen peralatan elektrikal - mekanik meliputi pengadaan sarana dan peralatan :Turbin dan perlengkapannya yang terdiri dari unit turbin, sistem transmisi mekanik, base frame, biaya instalasi dan trial run.

## **3. Generator dan base frame**

Panel kontrol (switch gear dan kontrol beban) Ballast Load. Instalasi peralatan elektrikal dan sistem pengkabelan Biaya lain-lain (10%)

## **4. Pekerjaan Sipil**

Pekerjaan sipil pada pembangunan PLTMPH meliputi: Bangunan intake -weir, Saluran pembawa, Bak pengendap, Bak penenang, Pipa pesat, Bangunan pelimpas, Rumah pembangkit, Pondasi turbin (under ground), Saluran pembuangan, Biaya lain-lain (5%)

## **5. Jaringan Transmisi, Distribusi, dan Instalasi Rumah**

Tiang lisfrik , Pengadaan kabel, Instalasi rumah, Biaya lain-lain (5%)

## **6. Komponen Lain-lain**

Komponen lain-lain yang dimaksud adalah alokasi untuk: Penggunaan alat bantu khusus apabila harus diperlukan seperti: alat berat untuk penataan lokasi, alat angkut khusus untuk peralatan yang berat, Keuntungan pelaksana pembangunan (15%), Training/pelatihan operator dan pengelola

## **7. Pajak**

Komponen pajak dihitung terhadap total pekerjaan meliputi pekerjaan 1, 2, 3, 4 dan 5 di atas. Pajak yang diperhitungkan pada perencanaan ini adalah PPn sebesar 10%.

## **8. Biaya Pengembangan (Project Development)**

Biaya pengembangan dapat dikatakan sebagai indirect cost yang diperhitungkan sebagai akibat proses penyiapan dan perencanaan pembangunan PLTMPH yang tidak mudah dan memerlukan kegiatan pendukung. Besaran Mokasi biaya pengembangan diestimasi berdasarkan prosentase.

Aktivitas yang berkaitan dengan kegiatan pengembangan adalah kegiatan administrasi proyek, manajemen proyek di tingkat owner (pemilik pekerjaan), biaya legal, penyiapan dan pelaksanaan tender, ganti rugi atas pembebasan tanah apabila ada, monitoring dan evaluasi proyek di tingkat owner. Sebagai acuan, estimasi biaya pengembangan dikelompokkan menjadi: Manajemen proyek (10%) dari total biaya, fisik dan pajak

Tender, kontrak dan legal (5%) dari total biaya fisik dan pajak, Ganti rugi. Referensi dari prosentase dan harga satuan orang berdasarkan standar biaya orang nasional (Bappenas) dan beberapa rekomendasi pada kegiatan pembangunan PLTMPH seperti yang dikeluarkan oleh JICA dan tingkat kewajaran yang berlaku umum.

### **Komponen Biaya Operasional**

Perawatan PLTPH memegang peranan penting dalam menjaga sustainability dan kehandalan operasi. Pengelola harus dapat menangani kegiatan perawatan dan membiayainya. Kegiatan perawatan ada yang bersifat periodik (penggantian oli) ada yang bersifat temporer setiap ada kerusakan pada fasilitas bangunan sipil, peralatan elektrikal - mekanik, maupun jaringan transmisi dan distribusi. Sebagai gambaran kebutuhan biaya perawatan PLTMPH, analisis dilakukan untuk periode tahunan (annual cost). Besar biaya perawatan setiap lokasi akan berbeda. Estimasi biaya operasional untuk setiap PLTMPH terlampir pada laporan masing-masing lokasi PLTMH.

#### Analisis Finansial Skema On Grid

Pada pembangunan PLTMPH dengan skema On-Grid System dilakukan perhitungan kelayakan secara ekonomis. Aspek penilaian kelayakan dilakukan dengan kriteria :

- Pay back periods atau pengembalian investasi maksimum 213 dari umur ekonomis proyek.
- NPV (net present value) investasi  $> 0$
- IRR (internal rate of return)  $>$  discount rate
- Profitability Indeks  $> 1$

Parameter atau asumsi yang digunakan pada perhitungan cash flow ditetapkan sebagai berikut:

- Kenaikan biaya OM (operasi dan maintenance) setiap tahun sebesar 4%
- Suku bunga pinjaman komersial 17%-18%
- Suku bunga deposito 10%
- Tingkat resiko penggunaan equity 5%
- Penyesuaian tarif jual listrik ke PLN setiap tahun 2,5%
- Skema investasi 100% equity, dan equity..loan (60% : 40%)
- Depresiasi 10 tahun
- Grace periods pengembalian pinjaman 2 tahun

- Jangka waktu pengembalian pinjaman 10 tahun

Berdasarkan hasil analisa kelayakan dapat disimpulkan bahwa faktor tarif menjadi kunci menarik tidaknya investasi pada pembangunan PLTPH. Investasi pembangunan PLTPH akan menarik untuk kapasitas pembangkitan skala minihidro > 100 W Pada skala minihidro biaya pembangunan per kW daya terpasang cukup kecil < Rp 10 juta per kW, energi listrik yang dijual cukup besar, pendapatan penjualan energi listrik lebih besar, sehingga tingkat pengembalian investasi lebih baik. Analisa kelayakan ekonomi pada skema on - grid ini dapat dilihat pada laporan lokasi potensi pembangunan PLTPH (site report).

### **Kesimpulan**

Dengan menggunakan turbin kecil untuk pembangkit tenaga listrik yang kecil, kepemilikan pada anggota masyarakat secara individu( bisa disangga oleh tiga sampai 10 rumah), sehingga untuk biaya pengadaan, pengoprasian, dan perawatan menjadi tanggungjawab masing-masing dengan demikian lebih menyederhanakan pengelolaan dalam kegiatan sehari-hari.

Investasi pembangunan PLTMPH relatif besar sekitar Rp 20 jutal/kW terbangkit dengan tidak memasukkan biaya perencanaan dan pengembangan proyek pemerintah. Biaya pembangunan ini semakin besar untuk kapasitas pembangkitan yang kecil, yaitu berkisar Rp 26 juta per kW untuk kapasitas 20 -30 W. Semakin besar kapasitas pembangkitan maka biaya pembangunan per kW akan menurun, berkisar Rp 16 - 17 juta untuk kapasitas 40 kW - 50 kW dan di bawah Rp 10 juta per kW untuk skala minihidro, > 100 W..

### **DAFTAR PUSTAKA**

Allen R Inversin, 1990, *Micro - hydropower sourcebook*, A Pratical Guide to Design and Impementation in Developing Countriees, NRECA International Fundation Washington, DC 20036

Alex Arter, 1990, *Hidraulics Engineering Manual*,SKATSwissCenter for Appropri-ate Tecnology, St. Gallen, Switzerland.

Celso Penche, ' 998, *Layman's Guidebook on How to Develop a small Hidro Site*, 2<sup>nd</sup>,ESHA, Bruselas, Belgia.

Drobovols V., Tanpa Tahun, *Machine Elemen*, Second Printing, Peace Publishers, Moscow.

Harjono Satromijojo, dkk., 2000, *Pedoman pengelolaan Penelitian di lembaga Penelitian UGM*, Edisi ke 4, LP- UGM, Yogyakarta,

Khurmi R.S., and Gupta J.K., 1982, *A Texts Book Of Machine Design*, Eurasia Publi-sing House (Pvt) Ltd, Ram Nagar, New Delhi-110055.

Linden, 1974, *Onder Zoek Naar Het Gedrag Vand Eendwars Doorstroomde Water Turbine*, ITB, Bandung.

Maher, P., and N Smith, 2001, *Pico Hidro for Village Power*, Practical Manual for Schemes Up To 5 Kw in Hilly Arcas, Edition 2.0. Patty, O. F., 1995, *Tenaga Air*, Erlangga, Jakarta.

Ratna Arianti, 2002, *Potensi/pejuang Pengembangan Mikrohidro Berdasarkan Kepu-tusan Mentri Energi dan Sumber Daya Mineral Tentang PSK Terse-bar*, Workshop Pengembangan Mikrohidro, P3TEK, Jakarta.

Sularso dan Kiyokatsu Suga, 1994, *Dasar Perencanaan dan Pemilihan Elemen Mesin*, Cetakan kedelapan, Pradnya Paramita, Jakarta.

Warnik C. C., 1984 *Hidropower Engginering* Prentice-Hall, Inc. Enggewood Cliffs. Nj 07632.

Zulkarnaen, Hari Soekarno, Akbar Berlian, 2002, *Sistem Piko hidro untuk Daerah Terpencil*, *Publikasi P3TEK Informasi Energi dan Ketenagalistrikan Vol. 1, No. 1, April*.