
STUDI ANALISA PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA AIR ALTERNATIVE MICROHYDRO

Badaruddin¹, Jonathan Pedro Suwarjono²

^{1,2} Jurusan Elektro, Universitas Mercu Buana

Jl. Meruya Selatan, Kebun Jeruk - Jakarta Barat.

Telepon: 021-5857722 (hunting), 5840816 ext.2600 Fax: 021-5857733

Email: bsulle@gmail.com

Abstrak - Potensi tenaga air di Indonesia cukup besar yaitu $\pm$ 75.000 MW yang tersebar di seluruh wilayah Indonesia. Potensi tenaga air tersebut belum dimanfaatkan secara optimal dan hanya sekitar 6% saja yang sudah dimanfaatkan untuk PLTA, PLTM, dan PLTAAMH.

Pembangunan Pembangkit Listrik Tenaga Air Alternative cibeling ini dibangun oleh ESP-USAID dan masyarakat daerah setempat dalam program PES (Payment Environmental Services) untuk melindungi kawasan Taman Nasional Gunung Gede Pangrango dan untuk membantu masyarakat mendapatkan kehidupan yang lebih baik tanpa merambah hutan.

Kata kunci : *Microhydro*, PLTA, PLTM, PLTAAMH

Abstract - Potential water power in indonesia big enough that is $\pm$ 75.000 mw widespread in all indonesia area. Potential water power not yet maked use in an

optimal fashion and only around 6% maked use to PLTA, PLTM, and PLTAAMH.

Water power station development alternative Cibeling this built by ESP-USAID and local region society in PES program (Payment Environmental Services) to protects big mount national park area pangrango and to help society gets life better without clear away forest.

Keywords: *Microhydro*, PLTA, PLTM, PLTAAMH

PENDAHULUAN

Energi listrik dalam kehidupan sehari-hari memiliki peranan penting dalam hal ini dapat dilihat bahwa energi listrik dan kondisi ekonomi suatu wilayah sangat erat pengaruhnya. Hal ini ditandai pula oleh besar kecilnya pemanfaatan energi listrik, akan menunjukkan tingkat kesejahteraan suatu wilayah. Namun pada beberapa wilayah masih belum mendapatkan suplai

energy listrik yang disebabkan oleh kondisi topografi wilayah tersebut. Untuk mengatasi masalah kondisi topografi dan ketersediaan supplay sumberdaya listrik bagi masyarakat tersebut, maka perlu dilakukan pencarian supplay energi listrik alternative untuk menggantikan pelayanan dari PLN tersebut, salah satu sumber energi listrik alternative adalah dengan memanfaatkan tenaga mekanik dari sumberdaya aliran air yang banyak terdapat dikedua daerah tersebut. Untuk memanfaatkan sumberdaya mekanik air tersebut adalah dengan membangun fasilitas pembangkit listrik skala kecil (mikrohydro) yang sesuai dengan kondisi topografis / geografis daerah tersebut.

Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian penelitian ini adalah untuk pengkajian lebih lanjut/mendalam tentang daya turbin, daya yang dibangkitkan dan optimasi perancangan runner pembangkit listrik tenaga mikrohydro yang berada di kampung Gunungbatu desa cinagara caringin-bogor jawa barat

Pembatasan Masalah

Mengingat luasnya permasalahan yang akan dibahas, maka dalam penelitian ini hanya membahas mengenai:

- a) Potensi air yang tersedia di cibeling, sebagai sumberdaya penggerak turbin
- b) Penentuan lokasi power house dan desain pembangkit yang akan di realisasikan.
- c) Analisa teknik pembangkit yang akan di kerjakan

LANDASAN TEORI Persyaratan

PLTAAMH Pembangkit Listrik

Tenaga Air Alternative

Microhydro memiliki beberapa persyaratan yang harus terpenuhi sebelum pembangkit ini dapat dibangun pada suatu wilayah.

Beberapa persyaratan yang harus terpenuhi untuk Pembangkit Listrik Tenaga Air Alternative Microhydro antara lain:

- a) Bersekala kecil, hanya digunakan untuk menutupi atau mengganti kekurangan pasokan listrik PLN. Biasanya diletakkan pada kawasan yang tidak terjangkau oleh kabel distribusi primer PLN.

- b) Memiliki Sungai sebagai sumber daya penggerak turbin/kincir memiliki kontinuitas air sepanjang tahun.
- c) Memiliki Debit dan beda elevasi yang mencukupi. Memiliki Catchment Area atau daerah tangkapan air yang luas, ini dikarenakan untuk menjaga kontinuitas air sungai yang akan di gunakan untuk sumber daya penggerak turbin.

Studi Kelayakan PLTAAMH

Tidak semua tempat pada suatu sungai dapat digunakan untuk membangun suatu Pembangkit Listrik Tenaga Air Alternative Microhydro. Jika sepanjang tahun sungai tidak kering dengan debit air yang cukup besar dan memiliki beda elevasi yang mencukupi, maka tidak perlu di ragukan lagi tempat tersebut layak di bangun Pembangkit Listrik Microhydro.

Selain itu, ada beberapa hal yang perlu mendapat perhatian dalam membangun suatu Pembangkit Listrik Tenaga Air Alternative Microhydro, yaitu:

- Bendungan / Daerah Penyerapan Air
- Saluran Pengantar (intake)
- Kolam Penampung (head Tank)
- Pipa Pesat (penstock)
- Gedung Pembangkit (Power house)
- Turbin dan Generator

Perencanaan PLTAAMH

Perencanaan suatu Pembangkit Listrik Tenaga Air Alternative microhydro tidak jauh berbeda dengan perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Air pada umumnya. Hal – hal yang perlu dilakukan dalam perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Air Alternative Microhydro adalah sebagai berikut:

- Pengumpulan data
- Survey lokasi
- Pengukuran debit air
- Pengukuran potensi tenaga air

Berdasarkan hal-hal tersebut dapat di tentukan gambaran awal dari pembangkit listrik ini.

Pembangkit Listrik Tenaga Air Alternative Microhydro Cibeling Kondisi Alam Dan Lokasi Pembangkit

Pembangunan pembangkit listrik tenaga air alternative

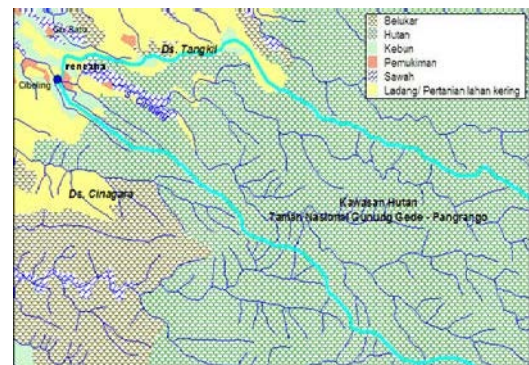
microhydro ini merupakan bagian dari konsep PES (Payment environmental services) dari proyek ESP(Environmental Services Program) yang merupakan program dari USAID.

Sungai cibeling secara administratif termasuk kedalam Desa Cinagara, tepatnya di sekitar Kampung Cibeling dan Kampung Tangkil, Sungai Cibeling terletak pada koordinat BT: 106° 51' 25.39" ; LS: 6° 44' 47.15".

Lokasi rencana pembuatan pembangkit microhydro ini berada pada aliran Sungai Cibeling yang bermuara pada kawasan Hutan Taman Nasional Gunung Gede-Pangrango. Menurut hasil pengamatan secara langsung dilapangan pada survey 31 Maret 2009 diperkirakan aliran debit Sungai Cibeling ini mencapai 2.000 liter per detik atau 2 M³ per detik, sebuah aliran sungai yang cukup besar dan deras. Melihat saat ini sudah memasuki musim kemarau dengan debit air yang mencapai 500 s/d 600 liter per detik sungai ini masih memiliki suplai air yang cukup besar.

Kondisi daerah resapan atau daerah tangkapan hujan Sungai Cibeling ini merupakan hutan yang terjaga sangat baik dan merupakan wilayah Taman Nasional Gunung gede-Pangrango, dengan luas area sekitar 1.265,5 Hektar, dengan kondisi penggunaan dan peruntukan lahan saat ini sebagai berikut :

1. Hutan 1,195.25 Ha
2. Belukar/ Semak 0.52 Ha
3. Kebun 11.80 Ha
4. Sawah 18.83 Ha
5. Ladang 36.65 Ha
6. Pemukiman 2.83 Ha



Peta 1. Tataguna lahan kawasan daerah resapan Sungai Cibeling
Daerah Aliran Sungai

Sumber air Pembangkit Listrik Tenaga Air Alternative Microhydro cibeling diperoleh dari Sungai cibeling yang di ambil dengan cara menyodet dan membuat parit yang di arahkan menuju bangunan pembangkit. Sodetan ini berada

tepat di lereng punggung Gunung Gede Pangrango sehingga sungai cibeling ini tidak pernah kering dan cukup deras karena memiliki Cachment area yang luas dan terjaga kelestariannya.



Peta 2 : Daerah Aliran Sungai Cibeling

Sungai Cibeling adalah salah satu hulu sungai cisadane yang melalui beberapa daerah yaitu Kab.Bogor, Tangerang Selatan, Kab.Tangerang dan Kota Tangerang yang memiliki alur sungai lebih dari 75 Km. Sungai Cibeling sendiri memiliki alur sungai utama 5,2 Km dan sungai ini memiliki banyak undakan undakan di sepanjang badan sungai. Berdasarkan hasil survey dan pengukuran dilapangan diperoleh besarnya aliran dari salah satu sumber air adalah sebesar 182 liter/detik.

Sebagian besar daerah pengaliran Sungai cibeling merupakan daerah hutan lindung

dan persawahan serta kolam juga perkampungan di bagian hilirnya.

Hidrometri

Hasil perhitungan perkiraan harapan potensi sumberdaya air maksimal yang dapat mengalir di Sungai Cibeling pada saat musim kemarau adalah berkisar antara 566 s/d 600 liter per detik dan untuk harapan debit minimalnya adalah berkisar antara 354 s/d 400 liter per detik. Contoh perhitungan debit asumsi potensi sumberdaya air dari daerah resapan Sungai Cibeling di saat musim kemarau adalah sebagai berikut :

- Luas daerah resapan : 1.265,5 Hektar
- Tingkat curah hujan tahunan : 2.500mm/thn s/d 4000 mm/thn

Sehingga :

Jumlah hujan maksimal per tahun:

$$12.655.000 \text{ M}^2 \times 4000 \text{ mm/tahun} = 50.620.000 \text{ M}^3$$

- Hilang sebagai evaporasi, evapotranspirasi, runoff dll

$$65 \% = 32.903.000 \text{ M}^3$$

- yang menjadi air tanah dan mata air 35 % = 17.717.000 M³

Sehingga debit maksimal yang dapat diharapkan dimusim kemarau adalah diperkirakan 566 s/d 600 liter/detik

- Jumlah hujan minimal per tahun:

$$12.655.000 \text{ M}^2 \times 2500 \text{ mm/tahun} = 31.637.500 \text{ M}^3$$

- Hilang sebagai evaporasi, evapotranspirasi, runoff dll 65 %
 $= 20.564.375 \text{ M}^3$

- yang menjadi air tanah dan mata air 35 % $= 11.073.125 \text{ M}^3$

Sehingga debit minimal yang dapat diharapkan pada saat musim kemarau adalah diperkirakan 354 s/d 400 liter/detik

Analisa Teknik PLTAAMH

Penentuan Jenis Turbin

PLTA Alternative Microhydro Cibeling direncanakan menggunakan sebuah turbin. Untuk menentukan kapasitas turbin dipakai referensi water power dan dam construction dengan menghitung kemampuan turbin membangkitkan daya. Daya turbin dapat dihitung berdasarkan hasil survey lapangan yaitu:

Tabel 4.1. Hasil Survey Lapangan

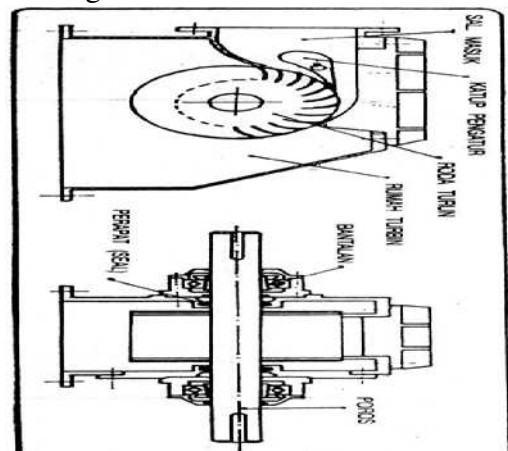
Objek Survey	Data Yang Diperoleh
Kapasitas Air/ Debit air (Qd)	400 ltr/ det
Tinggi Jatuh Air Kotor(Hg)	8 mtr
Tinggi Jatuh Air bersih (Hn)	7 mtr
Efisiensi Turbin Yang diharapkan (η_t)	75%
Efisiensi Generator Yang diharapkan (η_g)	90%
Efisiensi pembangkit listrik yang diharapkan/tahun	75 %

Berdasarkan table 4.1 maka daya turbin :

$$P_t = 9.8 \cdot 0,75 \cdot 0,4 \cdot 8$$

$$P_t = 23,52 \text{ Kw}$$

Melihat kondisi sungai cibeling, dengan debit yang tidak terlalu besar yaitu antara 300 – 2000 ltr/ dtk dan tinggi jatuh yang rendah yaitu 8 meter. Turbin cross flow (turbin arus silang) adalah turbin yang paling tepat digunakan untuk PLTA Alternative Microhydro cibeling.



Turbin crossflow memiliki sudu pengarah untuk memperoleh aliran air yang optimal, dan dapat menutup aliran air keroda jalan (runner) aliran air masuk ke turbin di atur melalui inlet yang dipasang kokoh dengan sudu pengarah. Roda jalan terbuat dari baja, terdiri dari sejumlah sudu (bilah) yang terpasang kokoh pada sekeliling piringan dan poros ditumpu oleh sepasang bantalan bola atau luncur. Agar air dalam rumah turbin tidak masuk kedalam bantalan, maka dipasang seal antara poros roda jalan dan rumah turbin.

Analisa Optimasi Perancangan Runner

Optimasi perancangan Runner turbin crossflow dipengaruhi oleh beberapa variabel utama antara lain: massa jenis fluida (γ), kecepatan aliran air (v), masa air (m) dan head air (Q). Berdasarkan hasil pengamatan dan penghitungan di lapangan di peroleh parameter sebagai berikut:

Tabel 4.2. Parameter pengukuran lapangan

Parameter	Data yang diperoleh
Massa jenis fluida (ρ)	1kN/m ³
Kecepatan aliran (v_1)	0,8 m/s
Kecepatan aliran	1,132 m/s

maksimum (v_2)	
Diameter turbin (D)	0,4 m
Kelengkungan sudu (α)	16°
Putaran runner (n)	28 rpm
Luas penampang (A)	0,4 x 0,15= 0,6 m ²

Berdasarkan tabel 4.2 maka kecepatan keliling dapat dihitung sbb:

$$\begin{aligned}
 u &= D \cdot \pi \cdot n \\
 &= 0,4 \cdot 3,14 \cdot 28 \\
 &= 35,19 \text{ m/s}
 \end{aligned}$$

Berdasarkan data dari tabel 4.2 maka F_x dapat di tentukan: dengan asumsi $\alpha_1 = \alpha_2$

$$\begin{aligned}
 F_x &= 1 \cdot 0,6 \cdot (35,19 - 0,8) \cdot \\
 &\quad (1,132 \cos 16^\circ - 0,8 \cos 16^\circ) \\
 &= 20,634 \cdot 0,319 \\
 &= 6,58 \text{ kNm/s}
 \end{aligned}$$

Jadi impact of jet-nya adalah 6,58, sehingga momen pembebanan terhadap runner turbin dapat dihitung :

Dengan asumsi nilai F_1 sama dengan F_x maka:

$$M_A = M_B = 1/12 \cdot F_1 \cdot b_o^2$$

Dimana b_o adalah panjang runner yang dibentangan sehingga panjangnya sama dengan keliling runner itu sendiri yaitu:

$$\begin{aligned}
 b_o &= 2\pi r \\
 &= 2 \cdot 3,14 \cdot 0,2 \\
 &= 1,256 \text{ m}
 \end{aligned}$$

Sehingga momen pembebanannya menjadi:

$$= 1/12 \cdot 6,58 \cdot 1,256$$

$$= 0,689 \text{ kN/s}$$

Dari momen pembebanan ini, maka tebat sudu dapat ditentukan dengan lebih optimal.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, maka dapat ditarik kesimpulan bahwa:

- a) Turbin yang sesuai dengan Pembangkit Listrik Tenaga Air Alternative Microhydro ini adalah turbin crossflow (turbin arus silang), dengan turbin crossflow daya turbin yang mampu dibangkitkan adalah 23,52 Kw.
- b) Debit air pembangkit listrik tenaga air microhydro cibeling yang digunakan adalah 400 ltr/det. Debit air tersebut dapat menyebabkan energy terbangkitkan adalah 18,522 Kw.
- c) Optimasi perancangan runner ditujukan untuk mendapatkan pandangan

awal dalam pemilihan bahan/material yang akan digunakan.

- d) Pembangunan Pembangkit Listrik Tenaga Air Alternative Microhydro cibeling adalah projek dari ESP-USAID untuk mempertahankan hutan lindung Taman Nasional Gunung Gede Pangrango dari perahambahan hutan oleh masyarakat sekitar.

Saran

Agar lebih ditingkatkan lagi pengadaan dan pengembangan Pembangkit Listrik Tenaga Air Alternative Microhydro pada daerah lain yang belum terjangkau oleh jaringan distribusi PLN dan penggunaan PLTAAMH dapat digunakan untuk menggantikan pembangkit listrik energy fosil.

DAFTAR PUSTAKA

1. DR. A. Arismunandar dan DR. S. Kuwahara, *teknik tenaga listrik jilid kedua pembangkit listrik tenaga air*, PT. Pradnya Paramita, Jakarta 2010.
2. Ir. Djiteng Marsudi, *Pembangkitan Energi Listrik*, PT.

- Jalamas Berkatama dan STT PLN, Jakarta, 2003.
3., Turbin Arus Silang (Cross-Flow Turbines) untuk desa, yayasan Gema Aroteknika.
4. M.M.El-Wakil diterjemahkan E, Jasfli Msc, *Instalasi Pembangkit Daya*, 1992.
5. D Stevenson, Wiliam, Jr, *Analisis Sistem Tenaga Listrik*, Erlangga, Jakarta, 1984.