

ANALISIS POTENSI PEMBANGKIT ENERGI LISTRIK TENAGA AIR DI SALURAN AIR SEKITAR UNIVERSITAS PENDIDIKAN INDONESIA

I Wayan Ratnata¹⁰, Wasimudin Surya S¹, Maman Somantri¹

ABSTRAK: *Di sekitar kampus Universitas Pendidikan Indonesia (UPI) terdapat sungai-sungai yang airnya mengalir sepanjang waktu. Sungai-sungai ini ada yang berukuran cukup besar dan ada juga yang berukuran kecil. Mengingat posisi geografisnya, sungai-sungai ini memiliki perbedaan ketinggian yang relatif besar. Keberadaan sungai-sungai ini memberikan peluang yang bagus untuk pengembangan pembangkit energi listrik dalam skala mikro (mikrohidro) atau pun piko (pikohidro).*

Penelitian ini bertujuan untuk menghasilkan suatu kajian tentang potensi energi air Sungai Cibeureum yang terletak di belakang kampus UPI untuk membangkitkan energi listrik. Hasil kajian ini diharapkan dapat dijadikan acuan untuk pengembangan selanjutnya sehingga dapat direalisasikan suatu pembangkit listrik tenaga air. Pembangkit listrik yang dihasilkan nantinya dapat dimanfaatkan oleh UPI sebagai salah satu sumber energi listrik, dan juga sebagai sarana laboratorium bagi civitas akademika UPI terutama bagi Jurusan Pendidikan Teknik Elektro. Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah metode survey lapangan yang dilanjutkan dengan perencanaan pengembangan potensi energi PLTMH.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa aliran Sungai Cibeureum memiliki potensi untuk dijadikan sumber pembangkit listrik tenaga air. Dari data yang terkumpul, dianalisis dan disimpulkan, diketahui bahwa sungai ini memiliki rata-rata ketinggian jatuh air (head) 15 m, dan debit aliran air 150 liter/detik (musim kemarau) sampai dengan 500 liter/detik (musim hujan). Dari potensi ini, Sungai Cibeureum diperkirakan dapat menghasilkan listrik dengan kapasitas daya 15 kW s.d. 40 kW.

Kata kunci: pembangkit listrik tenaga air; head; debit; daya

1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Energi listrik merupakan salah satu faktor yang sangat penting bagi pengembangan pembangunan suatu bangsa. Pemanfaatan secara tepat guna energi listrik akan merupakan suatu alat yang ampuh untuk merangsang pertumbuhan perekonomian negara. Berdasarkan alasan tersebut, dapat dimengerti apabila pada akhir-akhir ini permintaan akan pembangkit energi listrik semakin meningkat di negara-negara seluruh dunia. Dalam *Executive Summary: Sumber Energi Alternatif Menuju Ketahanan Energi Nasional* oleh Lemhanas (Lembaga Ketahanan Nasional) tahun 2006, disebutkan bahwa kebutuhan listrik dunia diproyeksikan akan meningkat dari 14.275 milyar watt di tahun 2002, melonjak menjadi 26.018 milyar watt di tahun 2025, dan sumber energi listrik tersebut sebagian besar diperoleh dari batubara (hampir 40%), diikuti dengan gas yang kecenderungannya semakin meningkat. Di Asia diproyeksikan kebutuhan energi akan meningkat hingga dua kali lipat dalam jangka waktu 23 tahun (2002-2025).

¹⁰ Staff Pengajar Jurusan Pendidikan Teknik Elektro FPTK UPI – Bandung

Penggunaan energi alternatif terutama untuk memenuhi kebutuhan energi di pedesaan, dimana sebagian desa masih sulit dan secara ekonomis sulit terjangkau oleh listrik PLN, haruslah dikembangkan. Matahari merupakan sumber energi utama di bumi ini. Secara langsung dan tidak langsung sumber energi lain berasal dari energi matahari. Secara langsung, energi matahari dapat diubah menjadi energi listrik dengan teknologi fotovoltaiik. Energi angin misalnya, adalah udara yang bergerak dikarenakan adanya perbedaan temperatur (akibat panas matahari) dan tekanan udara. Beberapa daerah mengalami perbedaan temperatur dan tekanan yang cukup ekstrim sehingga menimbulkan pergerakan udara yang berpotensi untuk dijadikan sumber energi angin.

Selain energi matahari dan angin, dari siklus hidrologi air, kita dapat memanfaatkan energi air dari ombak atau gelombang, arus sungai atau pun energi potensial air akibat dari perbedaan ketinggian muka air. Energi air ini merupakan sumber energi potensial yang belum dimanfaatkan secara optimal. Secara umum, pemanfaatan sumber energi ini dilakukan pada skala yang besar yang mengakibatkan biaya yang dibutuhkan menjadi besar.

Indonesia mempunyai potensi pembangkit listrik tenaga air (PLTA) sebesar 70.000 mega watt (MW). Potensi ini baru dimanfaatkan sekitar 6 persen atau 3.529 MW atau 14,2 persen dari jumlah energi pembangkitan PT PLN. Sebagai perbandingan, potensi tenaga air di negara-negara bekas Uni Sovyet yang disebut *Commonwealth of Independen States* (CIS) mencapai 98.000 MW dengan jumlah bendungan sekitar 500 buah dengan keseluruhan daya terpasang PLTA 66.000 MW atau sekitar 67 persen dari potensi yang tersedia.

Peluang pembangunan PLTA di Indonesia masih besar, apalagi Indonesia masih dilanda kesulitan bahan bakar minyak (BBM). Pemanfaatan sumber daya air sebagai salah satu sumber energi primer yang terbarukan bisa disinergikan dengan memanfaatkan air untuk meningkatkan ketahanan pangan. Selain itu, PLTA juga menjadi jawaban untuk pembangkit tenaga yang tidak menghasilkan CO₂ seperti dihasilkan bahan bakar fosil meski ada yang menuduh peningkatan CO₂ di atmosfer terjadi akibat pembangunan bendungan dan beroperasinya waduk. Karena itu pada pencaanangan energi 10.000 MW berikutnya diharapkan 7000 diantaranya dari tenaga air. Indonesia mempunyai jumlah air permukaan terbanyak ke lima di dunia.

Seperti diketahui, di sekitar kampus Universitas Pendidikan Indonesia terdapat beberapa aliran sungai yang menurut pengamatan secara kasat mata, debit aliran airnya dapat dimanfaatkan untuk pembangkit energi listrik dengan daya keluaran mulai dari skala ratusan sampai ribuan watt, tergantung debit air, *head*, dan teknologi pembangkit yang digunakan. Berdasarkan hal tersebut, pada penelitian ini akan dilakukan suatu kajian tentang potensi energi air yang dimiliki oleh saluran air sekitar UPI yang bisa dimanfaatkan untuk membuat suatu pembangkit listrik tenaga air. Hasil kajian ini diharapkan dapat dijadikan acuan untuk pengembangan selanjutnya sehingga dapat direalisasikan suatu pembangkit listrik tenaga air.

1.2 Tujuan

Secara umum tujuan dari penelitian ini adalah menghasilkan suatu kajian potensi energi yang dimiliki oleh saluran air yang berada di lingkungan UPI yang bisa dikonversikan menjadi energi listrik. Sedangkan tujuan khusus yang diharapkan dari penelitian ini adalah :

1. Menghitung debit aliran saluran air (sungai) yang berada di sekitar kampus UPI.

2. Menganalisis potensi energi yang dimiliki oleh aliran air sungai yang berada di sekitar kampus UPI.
3. Menganalisis lokasi ideal yang memungkinkan untuk pembangunan pembangkit listrik dengan pemanfaatan saluran air disekitar kampus UPI.
4. Menganalisis jalur pipa pesat yang ideal sebagai bagian dari sistem pembangkit listrik tenaga air yang direncanakan.
5. Menganalisis kemungkinan tipe pembangkit yang bisa diterapkan untuk sistem pembangkit listrik tenaga air yang dimaksud.

2. METODOLOGI

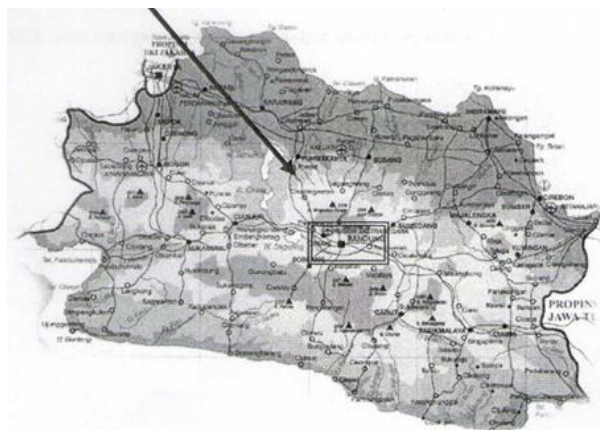
Penelitian ini menggunakan metode survey dan studi literatur untuk memperoleh data primer dan data sekunder. Data-data tersebut selanjutnya dianalisis untuk memperoleh hasil sesuai dengan yang direncanakan. Desain dan tahapan penelitian dirumuskan seperti berikut:

1. Pengkajian literatur tentang Pembangkit Listrik Tenaga Mikro-Hidro, baik dari aspek elektrikal, mekanikal maupun sipil.
2. Pengukuran debit air dan perbedaan ketinggian saluran air.
3. Perhitungan tinggi jatuh efektif (*head set*).
4. Perhitungan potensi hidrolik.
5. Perhitungan kapasitas daya pembangkit.

3. SURVEY POTENSI AIR

3.1 Lokasi

Lokasi potensial PLTMH UPI terletak di pinggir areal Kampus Universitas Pendidikan Indonesia Bandung berdekatan dengan kolam renang UPI yang berada di wilayah Kecamatan Sukasari, Kota Bandung, Propinsi Jawa Barat. Sungai Cibeureum yang direncanakan akan digunakan airnya merupakan salah sumber air yang berada wilayah tersebut dan mengalir sepanjang tahun. Rencana PLTMH UPI terletak pada posisi: $10^{\circ} 44' 14,4''$ LS & $123^{\circ} 10' 20,4''$ BT dengan ketinggian rata-rata 632 meter di atas permukaan laut.



Gambar 1 Peta Lokasi Survey



Gambar 2. Foto potensi sungai Cibeureum – Curug Sigay

3.2 Aksesibilitas

Aksesibilitas untuk mencapai lokasi PLTMH UPI dari ibukota Kota Bandung langsung mempergunakan kendaraan roda empat, perjalanan sejauh 12 km yang ditempuh selama 1 jam perjalanan. Hal ini dikarenakan kondisi jalan yang relatif macet sehingga menyebabkan kendaraan harus berjalan perlahan-lahan. Setelah mencapai Kampus UPI langsung menuju ke arah selatan sejauh 1 km hingga mencapai tepi Sungai Cibeureum - Curug Sigay yang rencananya akan digunakan airnya untuk PLTMH UPI.

3.3 Demografi dan Sosio Ekonomi

a. Penggunaan Energi

Rencana penggunaan energi yang dihasilkan dari PLTMH UPI direncanakan untuk menjadi laboratorium energi Universitas Pendidikan Indonesia. Serta untuk menerangi beberapa fasilitas umum.

b. Infrastruktur

Untuk rencana PLTMH UPI, pengadaan material bahan-bahan bangunan jaraknya relatif dekat, hal ini dikarenakan lokasi PLTMH UPI terletak di kota sehingga diprediksikan tidak akan mengalami hambatan dalam mobilisasi material.

3.4 Pengukuran Debit

Syarat-syarat yang harus diperhatikan dalam pengukuran debit air sungai agar diperoleh debit yang akurat adalah sebagai berikut:

- a. Pilih bagian sungai yang memiliki aliran tenang;
- b. Pilih aliran sungai dengan kedalaman dan lebar rata tidak melebar atau menyempit;
- c. Hindari pengukuran pada bagian sungai yang dasarnya miring;
- d. Untuk sungai-sungai di pegunungan pada umumnya sulit diperoleh kondisi tersebut, maka pengukuran dapat dilakukan dengan membagi lebar sungai menjadi beberapa segmen;
- e. Lakukan pengukuran berulang untuk mendapatkan kecepatan rata-rata aliran sungai yang representatif.

Potensi PLTMH UPI berada di Sungai Cibeureum yang mengalir melintasi wilayah Desa Isola. Potensi diperoleh dengan memanfaatkan debit dan kemiringan

Curug Sigay Sungai Cibeureum. Berdasar informasi dari masyarakat setempat, air sungai Cibeureum mengalir sepanjang tahun sehingga ketersediaan air tetap terjaga, meskipun terjadi penurunan debit di waktu musim kering.

Setelah ditentukan lokasi pengukuran, selanjutnya dilakukan pengukuran debit sungai menggunakan alat ukur jenis *digital water current meter*. Hasil perhitungan diperoleh debit Sungai Cibeureum adalah sebesar 500 liter/detik. Kondisi pada saat pengukuran debit sesaat adalah pada musim hujan sehingga dikhawatirkan akan mengalami penurunan yang drastis pada saat musim kemarau. Oleh karena itu, debit desain untuk PLTMH UPI hanya diambil dengan faktor koreksi 50% dari pengukuran debit sesaat.

3.5 Pengukuran Beda Tinggi / Head

Beda tinggi/head diukur dengan menggunakan alat ukur jenis *Theodolit Total Station Topcon GT105*. Alat ini dapat memberikan akurasi pengukuran hingga 1 mm sehingga akan diperoleh data beda tinggi/head yang akurat. Pengukuran head dilakukan bersamaan dengan pemetaan topografi lokal di sekitar lokasi pembangkit. Hasil pengukuran diketahui head PLTMH UPI adalah sebesar 15 meter.

4. POTENSI HIDROLIK DAN KAPASITAS DAYA PEMBANGKIT

4.1 Potensi Hidrolik

Potensi hidrolik adalah potensi energi yang ditimbulkan oleh tekanan air akibat gaya gravitasi bumi. Potensi energi mikrohidro yang tersedia di alam adalah merupakan energi dalam bentuk energi potensial. Besarnya potensi hidrolik ditentukan oleh besarnya debit air Q dan ketinggian kemiringan sungai atau *head* (h). Secara matematis, besarnya potensi hidrolik dari suatu potensi energi mikrohidro dapat dijelaskan dengan persamaan berikut:

$$P_h = \rho \times g \times Q \times h$$

dengan

P_h = Potensi hidrolik, kW

ρ = Kerapatan atau massa jenis air (1000 kg/m³)

g = Percepatan gravitasi (m/s²)

Q = Debit aliran air (m³/detik)

h = Kemiringan sungai atau *head*

Setelah diketahui harga dari masing-masing parameter di atas dari hasil pengukuran lapangan, maka dengan menggunakan persamaan tersebut potensi hidrolik PLTMH UPI dapat dihitung. Harga dari masing-masing parameter dan hasil perhitungan potensi hidrolik PLTMH UPI dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1 Potensi Hidrolik

No	Parameter	Simbol	Satuan	Nilai
1	Debit	Q	liter/detik	500
2	Head	h	Meter	15
3	Gravitasi	g	meter/detik ²	9,81
4	Potensi Hidrolik	P_h	kW	73,5

4.2 Kapasitas Daya Pembangkit

Tidak seluruh energi yang dimiliki air dalam bentuk potensi hidrolik dapat diubah menjadi tenaga listrik. Pada saat konversi dari energi potensial menjadi energi listrik sebagian energi akan hilang atau dikenal sebagai *losses*. Selain itu besarnya energi listrik yang dapat diperoleh sangat bergantung pada besarnya efisiensi turbin dan generator yang digunakan. Secara sederhana kapasitas daya dapat dihitung dengan persamaan berikut:

$$P_{el} = \eta_t \times P_h$$

dimana

P_{el} = Kapasitas daya terbangkit, kW

P_h = Potensi hidrolik, kW

η_t = Efisiensi total, %

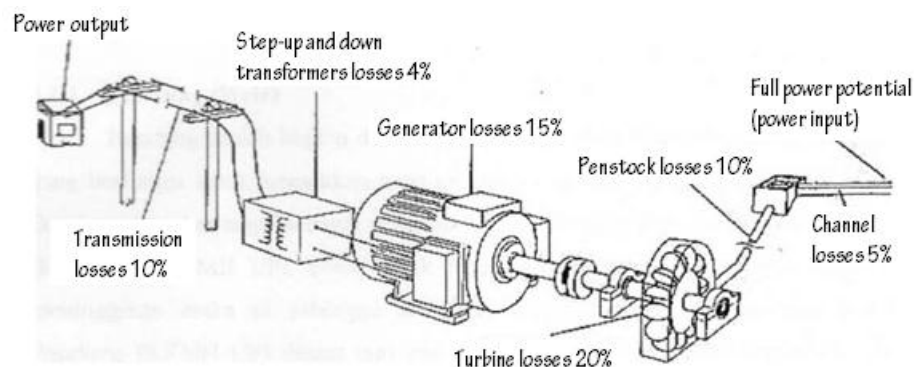
Dengan demikian maka besar kapasitas daya PLTMH UPI dapat ditentukan. Hasil perhitungan kapasitas daya dari PLTMH UPI dapat dilihat pada tabel dibawah ini.

Tabel 2 Kapasitas Daya Terbangkit

No.	Uraian	Simbol	Nilai
1	Gross head	H_g	15 m
2	Debit terukur	Q_m	500 liter/dtk
3	Debit disain	Q_a	350 liter/dtk
4	Potensi daya hidrolik	P_h	73,5 kW
5	Estimasi net head	H_{net}	15 m
6	Estimasi efisiensi turbin	η_r	0,74
7	Estimasi efisiensi generator	η_G	0,85
8	Estimasi transmisi mekanik	η_M	0,98
9	Estimasi daya terbangkit di Rumah Pembangkit	P_{eli}	32 kW

Net head (H_{net}) ditentukan dari pengurangan rugi-rugi gesekan dan turbulensi dalam pipa pesat (H_{loss}) terhadap gross head (H_g). Estimasi efisiensi turbin, estimasi efisiensi generator dan estimasi efisiensi transmisi mekanik di atas masing-masing merupakan efisiensi untuk turbin Crossflow yang diproduksi lokal, generator sinkron dan *flat-belt* pada umumnya. Sedangkan rugi-rugi pada jalur transmisi diperkirakan sekitar 5% dari daya listrik yang dibangkitkan pada rumah pembangkit (P_{eli}).

Gambar dibawah ini menunjukkan gambaran perkiraan besarnya losses dan tempat-tempat terjadinya losses pada sistem pembangkit mikrohidro.



Gambar 2 Losses pada mikro-hidro

5. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengolahan data-data yang diperoleh, dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Aliran air Sungai Cibeureum – Curug Sigay yang berada di sekitar kampus UPI memiliki debit terukur 150 s.d. 500 liter/detik dan head rata-rata 15 m.
2. Potensi energi hidrolik PLTMH UPI adalah sebesar 73,5 kW. Dengan menggunakan unit turbin jenis Turbo Propeller (*horizontal shaft*) diameter 300 mm dan 1 unit generator sinkron 3 fasa maka dari potensi tersebut dapat dihasilkan listrik sebesar 32 kW.

5.2 Saran

1. Untuk menjamin keandalan pembangkit, sebaiknya pihak berwenang memantau secara rutin kinerja tim pengelola sehingga masalah yang timbul akan dapat diselesaikan sedini mungkin.
2. Keberadaan PLTMH harus dapat memberikan nilai tambah selain untuk penerangan. Potensi pengembangan PLTMH adalah untuk kegiatan pembelajaran bagi bidang studi terkait di Universitas Pendidikan Indonesia.

DAFTAR PUSTAKA

- Achmad Hasan (2005) *Pengontrol Beban Elektronik Pada Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro*
- Ambarisi, S., 2003, *Pengendalian Tegangan Output Motor Induksi Sebagai Generator Menggunakan Ballast-Load pada Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro Stand Alone*, FT UGM
- Arismunandar W (1997), *Penggerak Mula Turbin*, Penerbit ITB, Bandung
- AusAID – ASEAN, AAECF Energy Policy and System Analysis Project, *Third National Policy Study for Indonesia, The Future Technologies for Power Plant in Indonesian Regions with Particular Reference to the Use of Renewable Energy and Small Scale Coal Steam Power Plant*, 2004
- BPPT, *Energy Demand Forecast for the Period 2002 up to 2025 Using MAED Model*. Jakarta
- Chayun Budiyo (2003) *Tantangan dan Peluang Usaha Pengembangan Sistem Energi Terbarukan di Indonesia*. Konvensi Kelistrikan Indonesia 2003.
- Departemen ESDM, *Pedoman dan Pola Tetap Pengembangan Industri Ketenagalistrikan Nasional 2003 -2020*
- DJLPE, *Kepmen Rencana Umum Katenagalistrikan Nasional (RUKN) 2005-2025*.
- Harvey, A. Brown, A. Hettiarachi, P. and Inversin, A., 1993. *Microhydro Design Manual - A Guide to Small Scale Water Power Schemes*. ITGD Publishing, Southampton Row, London, UK: 374pp
- Layman's Guidebook, *On How to Develop a small Hydro Site*, European Small Hydropower Association.
- M. Isnaeni B.S. (2005) *Motor Induksi Sebagai Generator (MISG)*, Seminar Nasional Ketenagalistrikan 2005.

- Muchlison, (1993) “*Pengembangan Sumber Energi Mikrohidro di Indonesia*”, Lokakarya ASEAN Energi Non Konvensional dan Terbarukan 2003
- PLN, (2005), *Rencana Umum Penyediaan Tenaga Listrik (RUPTL) Indonesia 2005-2014*. September 2005
- Ramadhan Otto, *Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Mikro-Hidro Dengan Memanfaatkan Kecepatan Aliran Sungai*, Tugas Akhir, Teknik Elektro Universitas Diponegoro, Semarang : 2003
- S.Warsito, (2005) , *Studi Awal Perencanaan Sistem Mekanikal dan Kelistrikan Pembangkit Listrik Tenaga Mini-Hidro*, Seminar Nasional Ketenagalistrikan.
- Sharma, K. N.(1991), *Pembangkit Listrik Tenaga Air*, Jakarta, UI-Press
- Suryadi, Chamid, “*Pengendali Elektronik Putaran Turbin*”,Lokakarya PLTM, PLN – PPMK, Jakarta, 1995
- W.Atmopawiro, Mukmin Dr.Ir, (2007), *Proposal Feasibility Study PLTMH Curug Malela*, Pusat Studi Mikrohidro ITB
- Warman.Edi. *Karakteristik Pemakaian Energi*. Universitas Sumatra Utara.
- Zuhal,(2004).*Dasar Teknik Listrik*, Universitas ITB, Bandung