

KINERJA TEKNIS DAN BIAYA PEMBANGKIT LISTRIK MIKROHIDRO [TECHNICAL AND COST PERFORMANCE OF MICROHYDRO POWER PLANT]

Oleh :

Agus Haryanto¹, M. Inu Fauzan², dan Budianto Lanya¹

¹) Staf Pengajar Jurusan Teknik Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung

²) Fasilitator PNPM Kabupaten Tanggamus, Lampung

✉ komunikasi penulis, email : agusharyanto@unila.ac.id

Naskah ini diterima pada 17 Mei 2013; revisi pada 24 Mei 2013;
disetujui untuk dipublikasikan pada 31 Mei 2013

ABSTRACT

The increase in electricity consumption in one side and the depletion of fossil fuel sources in the other side have triggered Indonesia to support any development of renewable-based electricity generation, including microhydro-based power plant. The objective of this research was to investigate technical and cost performance of microhydro power plant. Observation was conducted on four microhydro power plants located in Bogorejo village, Sub district of Gedong Tataan, Pesawaran District, Lampung Province. The plants were developed and self-managed by the community. Parameters to be measured or recorded included head of water, voltage and electrical current produced from the generator, number of family serviced by the plant, and electricity price that community should pay. Results showed that power output of the plants was ranging from 314 to 1805 W with 2 to 20 families were serviced for each unit. The research revealed that output power was related to the combination factor of head, the diameter of base penstock pipe, and inverse of generator's pulley size. The output power was also linearly related to installation cost. With an installation cost of 8 to 40 million rupiahs per unit, the electric energy price was in the window of 633 to 973 rupiahs per kWh. It was concluded that Rohman's microhydro, with power output of 1805 W and energy price of Rp.633/kWh, was the best compared to the others.

Keywords: **microhydro, performance, energy price, power**

ABSTRAK

Peningkatan konsumsi listrik di satu sisi dan menipisnya sumber bahan bakar fosil di sisi lain telah memicu Indonesia untuk mendukung pengembangan pembangkit listrik berbasis energi terbarukan, termasuk pembangkit listrik berbasis mikrohidro. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menyelidiki kinerja teknis dan biaya pembangkit listrik tenaga mikrohidro. Pengamatan dilakukan pada empat pembangkit listrik mikrohidro yang terletak di Desa Bogorejo, Kecamatan Gedong Tataan, Kabupaten Pesawaran, Provinsi Lampung. Pembangkit listrik ini dikembangkan dan dikelola sendiri oleh masyarakat. Parameter yang akan diukur dan diamati meliputi tinggi air jatuh (head), tegangan dan arus listrik yang dihasilkan dari generator, jumlah keluarga yang dilayani oleh pembangkit, dan harga listrik yang harus dibayar oleh masyarakat. Hasil penelitian menunjukkan bahwa output daya pembangkit adalah berkisar 314-1805 W dengan 2 sampai 20 keluarga yang dilayani untuk setiap unit. Penelitian ini juga menunjukkan bahwa daya output berkaitan dengan kombinasi faktor tinggi head, diameter pangkal pipa penstock, dan invers dari ukuran pulley generator. Daya output juga berhubungan secara linier terhadap biaya instalasi. Dengan biaya instalasi 8-40 juta rupiah per unit, harga energi listrik berada di kisaran 633-973 rupiah per kWh. Disimpulkan bahwa mikrohidro milik Rohman, dengan daya output 1805 W dan harga energi Rp.633/kWh, adalah yang terbaik dibandingkan dengan yang lain.

Kata Kunci: **mikrohidro, kinerja, harga energi, daya.**

I. PENDAHULUAN

Hingga tahun 2030 mendatang konsumsi listrik nasional akan terus bertambah dengan perkiraan laju peningkatan sebesar 5,7 %/tahun (Santoso dan Yudiartono, 2005). Konsumsi listrik akan meningkat dari 121 terrawatt hours (TWh) pada tahun 2007 menjadi 150 – 155 TWh saat ini. Pada tahun 2020 kebutuhan listrik nasional diperkirakan akan mencapai 275 TWh. Sementara itu kebutuhan listrik di pulau Sumatera diperkirakan meningkat dari sekitar 16 TWh pada tahun 2007 menjadi 46 TWh pada tahun 2020 (Muchlis dan Permana, 2006).

Indonesia memiliki prospek yang baik untuk mengembangkan mikrohidro skala kecil. Potensi daya hidro di Indonesia adalah 75.000 MW dengan potensi minihidro sekitar 10%, yaitu 7.500 MW (Suroso, 2002). Potensi mikrohidro (di bawah 10 kW) tersebar di seluruh pulau dan dapat dikembangkan sebagai sumberdaya energi lokal, khususnya di daerah terpencil untuk program Desa Mandiri Energi.

Propinsi Lampung saat ini masih mengalami kekurangan pasokan listrik. Sistem penyediaan listrik di Lampung selama ini, mengandalkan empat pembangkit, yaitu dua unit PLTU Tarahan dengan produksi 178 MW, Pembangkit Listrik Tenaga Air (PLTA) Way Besai dan PLTA Batu Tegi (keduanya 118,6 MW). Selain itu PLN Lampung juga mengoperasikan Pembangkit Listrik Tenaga Diesel (PLTD) sebanyak 23 unit dengan daya total 32,5 MW. Total produksi listrik Lampung saat ini adalah mencapai 330,1 MW. Tetapi kebutuhan pada saat beban puncak di malam hari mencapai 490 MW, sehingga masih ada kekurangan pasokan sebanyak 160 MW (Arlinawati, 2011).

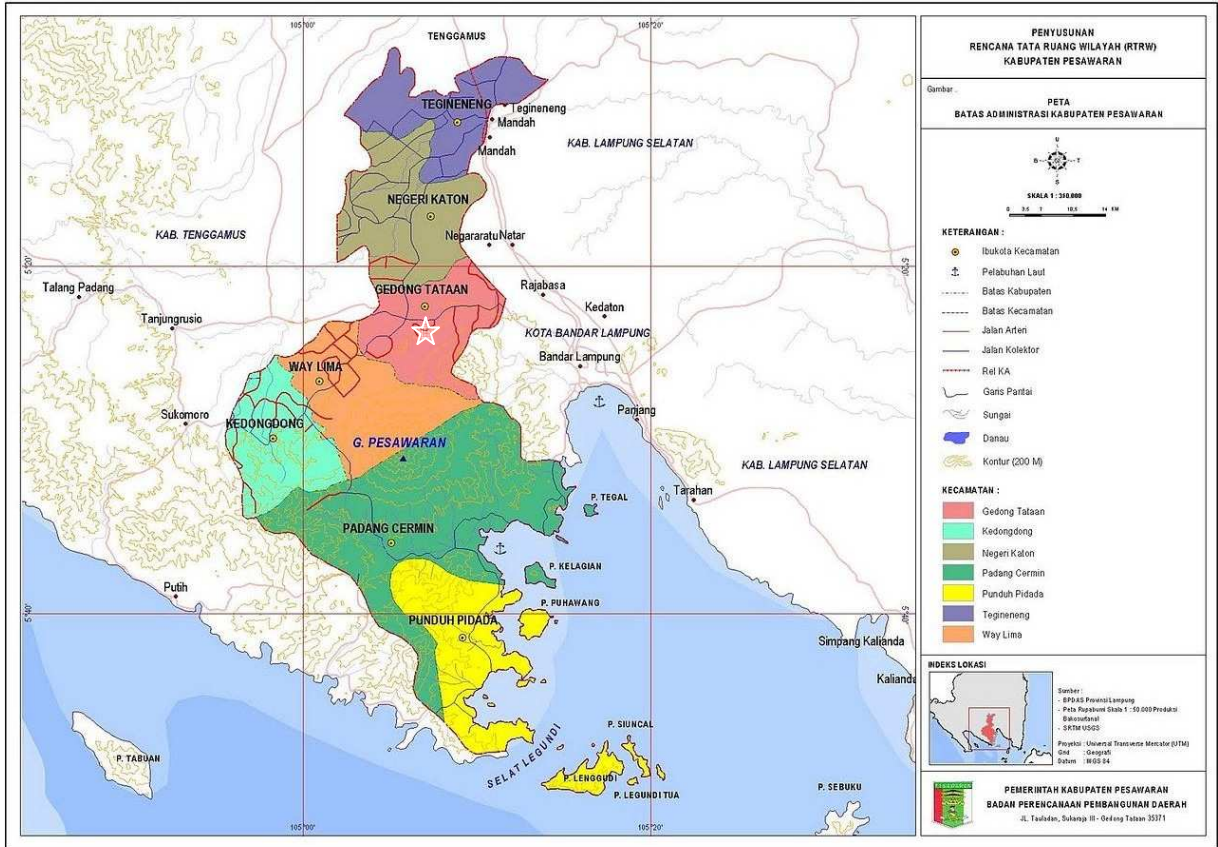
Saat ini lebih dari 30 % wilayah di Propinsi Lampung belum teraliri listrik, baik karena lokasinya terpencil, maupun karena pasokan daya yang terbatas (Prawira, 2010). Sedangkan jumlah keluarga yang belum teraliri listrik masih 42,30 % (Arlinawati, 2011). Di lain pihak, Lampung memiliki potensi alam yang dapat dikembangkan

untuk menghasilkan listrik, misalnya melalui pembangkit listrik tenaga mikrohidro (PLTMH) skala kecil dengan daya kurang dari 10 kW per unit. Banyak masyarakat yang secara swadaya dan swakelola, baik perorangan maupun kelompok, telah mengembangkan sistem PLTMH. Di antaranya adalah yang dikembangkan oleh masyarakat di Desa Bogorejo, Kec. Gedong Tataan, Kab. Pesawaran, warga di Desa Bangun Rahayu, Kec. Teluk Betung Barat, Bandar Lampung, warga di Desa Sindang Pagar, Kec. Sumber Jaya, Kab. Lampung Barat, dan banyak lagi warga di Kabupaten Tanggamus. Meskipun demikian, belum banyak laporan mengenai kinerja PLTMH tersebut. Makalah ini bertujuan untuk melaporkan kinerja teknis dan harga listrik yang dihasilkan dari PLTMH di Desa Bogorejo, terutama bagian yang ada di lereng Gunung Betung.

II. BAHAN DAN METODE

Penelitian ini dilaksanakan di Desa Bogorejo, Kecamatan Gedong Tataan, Kabupaten Pesawaran, Provinsi Lampung (Gambar 1) pada bulan Januari sampai dengan bulan April 2011. Penelitian dilaksanakan dengan melakukan pengamatan dan pengukuran beberapa variabel yang berkaitan dengan pembangkitan listrik PLTMH. Ada empat PLTMH yang diamati yang dinamai sesuai dengan nama pemiliknya, yaitu PLTMH Sukiman, PLTMH Wanto, PLTMH Suyitno, dan PLTMH Rohman. Parameter penting yang diamati dan diukur meliputi:

- Jenis turbin dan spesifikasi generator
- Tinggi head air (diukur menggunakan Theodolit)
- Pengoperasian PLTMH (biaya instalasi, tahun pembuatan, jumlah keluarga pengguna, besar iuran bulanan)
- Daya listrik aktual yang dihasilkan generator (diukur menggunakan tang meter)



Gambar 1. Lokasi PLTMH yang diambil dalam penelitian (tanda bintang).

Perhitungan harga listrik dilakukan menggunakan metode penyusutan garis lurus dengan asumsi umur ekonomis PLTMH 5 tahun dan nilai sisa sebesar 10 % (RNAM, 1995). Bunga modal mengacu pada bunga modal yang berlaku di Bank Rakyat Indonesia (BRI) Kec. Gedong Tataan, yaitu 18 %.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil pengamatan di lapangan menemukan ada 8 unit PLTMH di Desa Bogorejo yang dikembangkan secara swadaya dan swakelola. Kinerja empat PLTMH (Gambar 2) yang dijadikan sampel dalam penelitian ini dirangkum dalam Tabel 1. Semua pembangkit listrik mikrohidro ini menggunakan turbin (kincir) tipe cross-flow sederhana buatan bengkel lokal. Ukuran kincir bervariasi dengan panjang antara 20 hingga 35 cm, diameter 20 dan 30 cm, dan jumlah sudu bervariasi dari 20 hingga 30

buah. Jumlah sudu yang banyak untuk kincir dengan ukuran tersebut memang disengaja dengan alasan kalau ada yang patah kincir masih dapat berputar dengan baik. Mikrohidro tersebut mampu menghasilkan daya antara 314 hingga 1805 W dengan jumlah pengguna antara 2 hingga 20 rumah.

Semua mikrohidro memiliki pipa pesat (penstock) cukup panjang, antara 102 hingga 282 m. Rangkaian pipa terdiri dari beberapa ukuran dengan diameter pipa yang paling kecil di ujung sebesar 4 inci. Diameter pipa bagian pangkal adalah 16 inci, kecuali mikrohidro milik Sukiman yang menggunakan pipa pangkal berdiameter 5 inci. Pada ujung pipa berdiameter 4 inci dibuat nozel dengan cara memipihkan pipa setelah dipanaskan. Semua mikrohidro memiliki diameter puli kincir yang sama, yaitu 30,5 cm, sedangkan diameter puli generator adalah 7,62 dan 10,16 cm. Ketinggian head bervariasi dari 5,7 hingga 14,8 m.



Gambar 2. Empat unit mikrohidro yang diteliti (a. Sukiman, b. Wanto, c. Suyitno, dan d. Rohman)

Secara teoritis besarnya potensi daya (P) yang dimiliki aliran air merupakan fungsi dari head air jatuh (H), debit air (Q), berat jenis air ($\gamma = \rho g$). Secara matematis dinyatakan sebagai:

$$P = \gamma.H.Q = \rho.g.H.Q \quad /1/$$

Daya yang dihasilkan oleh suatu pembangkit mikrohidro akan dipengaruhi oleh faktor efisiensi (η). Karena masa jenis air dan efisiensi pembangkit dapat dianggap konstan, maka daya yang dihasilkan mikrohidro merupakan fungsi linear dari kombinasi head dan debit atau kombinasi head dan ukuran (diameter) pipa penyalur. Kita juga mengharapkan bahwa besarnya daya listrik yang dihasilkan generator akan merupakan fungsi dari putaran generator. Oleh karena itu perbandingan ukuran puli kincir dan puli generator akan menjadi faktor penting. Karena keempat mikrohidro dalam penelitian ini memiliki ukuran puli

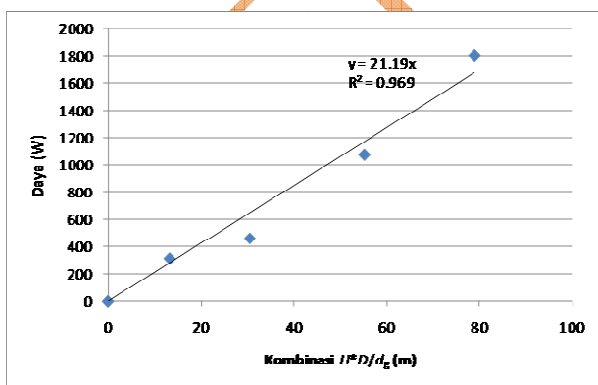
kincir yang sama, yaitu 30,48 cm, daya keluaran mikrohidro akan ditentukan dari ukuran puli generator. Dalam hal ini daya output generator akan berbanding terbalik dengan ukuran pulinya. Secara keseluruhan besarnya daya yang dihasilkan generator merupakan fungsi linear dari kombinasi antara ketinggian head, diameter pipa pesat (bagian pangkal), dan invers ukuran puli generator (d) yang digunakan. Gambar 3 memperlihatkan bahwa hubungan linear antara daya output mikrohidro dan kombinasi faktor-faktor tersebut dapat disajikan sebagai:

$$P = 21,19 H.D/dg \quad (R^2 = 0,969) \quad /2/$$

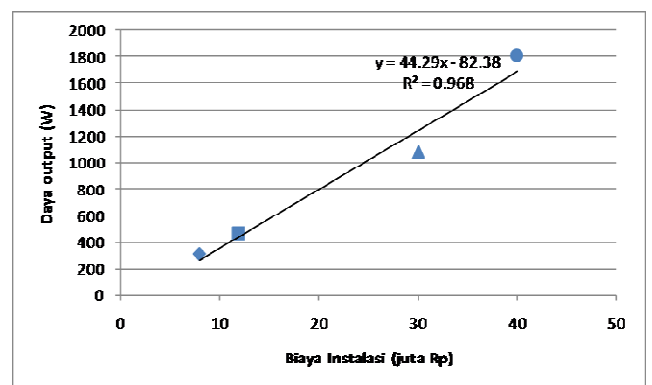
di mana D adalah diameter pipa pesat bagian pangkal dan dg adalah diameter puli generator.

Tabel 1. Kinerja empat PLTMH di Desa Bogorejo, Kecamatan Gedong Tataan, Kabupaten Pesawaran, Lampung

Parameter	PLTMH			
	Sukiman	Wanto	Suyitno	Rohman
Tahun Pembuatan	2007	2009	2007	2010
Sumber biaya	Swadaya	Swadaya	Swadaya	Swadaya
Biaya instalasi (Rp)	8.000.000	32.000.000	12.000.000	40.000.000
Merek generator	Jhoda	Mentari	Mentari	Swafuji
Kapasitas output generator (W)	5000	5000	5000	5000
Jenis kincir (turbin)	<i>Cross-flow</i>	<i>Cross-flow</i>	<i>Cross-flow</i>	<i>Cross-flow</i>
Diameter kincir (cm)	20	30	25	30
Panjang kincir (cm)	20	30	35	35
Jumlah sudu	20	30	25	30
Diameter puli kincir (cm)	30,48	30,48	30,48	30,48
Diameter puli generator (cm)	10,16	7,62	10,16	7,62
RPM puli kincir	330,0	276,0	388,0	321,0
RPM puli generator	892,0	1047,0	1011,0	1247,0
Tinggi head (m)	10,63	13,79	5,73	14,78
Panjang pipa pesat (penstock), m	168,06	182,34	102,43	282,34
Diameter pipa pesat (inchi)	5; 4	16; 6; 5; 4	16; 8; 6; 5; 4	16; 6; 5; 4
Kecepatan rata-rata aliran air (m/s)	0,38	1,24	1,11	1,13
Debit air (m ³ /s)	0,005	0,022	0,022	0,021
Daya output (W)	314	1.076	462	1.805
Harga energi listrik (Rp/kWh)	925	863	973	633
Jumlah pengguna (rumah)	2	16	17	20
Iuran bulanan (Rp/pengguna)	-	10.000	15.000	10.000



Gambar 3. Pengaruh kombinasi ketinggian head (H) dan diameter pipa pesat pangkal (D), dan invers diameter puli generator (dg) terhadap daya (P) yang dihasilkan mikrohidro.



Gambar 4. Hubungan antara biaya investasi dan daya output mikrohidro.

Besarnya daya yang dihasilkan mikrohidro ternyata juga dipengaruhi oleh biaya instalasi. Gambar 4 memperlihatkan bahwa daya output mikrohidro makin meningkat seiring dengan biaya instalasi. Hal ini dapat dijelaskan karena makin tinggi biaya instalasi akan menghasilkan mikrohidro dengan kondisi fisik (terutama kekokohan instalasi, kondisi bendungan, kondisi turbin, dan kondisi generator) yang lebih baik. Dalam hal ini, mikrohidro milik Wanto dan Rohman yang dibangun dengan biaya instalasi mencapai 32 dan 40 juta rupiah menghasilkan daya yang lebih tinggi yaitu 1076 dan 1805 W. Di lain pihak, mikrohidro milik Sukiman dan Suyitno yang dibangun dengan biaya 8 dan 12 juta rupiah hanya mampu menghasilkan daya 314 dan 462 W. Secara matematika hubungan antara biaya investasi (I, dalam jutaan rupiah) dan daya output (P) mikrohidro dapat disajikan sebagai:

$$P = 44,29 (I) - 82,38 \quad (R^2 = 0,968) \quad /3/$$

Dengan asumsi umur ekonomi 5 tahun dan bunga modal 18%, harga energi listrik berkisar antara 633 Rp/kWh (mikrohidro Rohman) hingga 973 Rp/kWh (mikrohidro Suyitno). Harga ini lebih rendah jika dibandingkan harga beli oleh PLN terhadap listrik yang dibangkitkan dari sumber energi terbarukan dan tersambung ke jaringan tegangan rendah, yaitu 1004 Rp/kWh kali faktor 1,2 atau 1204,8 Rp/kWh untuk wilayah Sumatera (Menteri ESDM, 2012). Dengan demikian maka mikrohidro skala kecil dengan daya output kurang dari 10 kW dinilai layak untuk dikembangkan.

IV. KESIMPULAN DAN SARAN

1. Daya yang dihasilkan mikrohidro merupakan fungsi linear dari kombinasi head, diameter pipa pesat bagian pangkal, dan invers diameter puli dalam bentuk persamaan matematika $P = 21,19 H.D/dg$ dengan nilai $R^2 = 0,969$.
2. Daya output mikrohidro juga merupakan fungsi dari biaya instalasi dalam bentuk

persamaan $P = 44,29 (I) - 82,38$ dengan nilai $R^2 = 0,968$.

3. Mikrohidro milik Rohman menghasilkan kinerja teknis yang paling baik (daya output 1805 W) dengan harga energi paling murah (Rp.633/kWh).
4. Listrik mikrohidro dengan daya output rendah (<10 kW) layak untuk dikembangkan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih ditujukan kepada pemilik PLTMH di Desa Bogorejo, yaitu Bapak Sukiman, Bapak Wanto, Bapak Suyitno, dan Bapak Rohman, yang telah memperkenankan pelaksanaan penelitian..

DAFTAR PUSTAKA

- Arlinawati. 2011. Pemanfaatan Limbah Pertanian & Perternakan dalam Pengembangan EBT (Energi Baru Terbarukan) Berbasis Biogas. Materi Kuliah Umum di Jurusan Teknik Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung, 10 Desember 2011.
- Menteri ESDM. 2012. Peraturan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral Republik Indonesia Nomor: 04 Tahun 2012 tentang Harga Pembelian Tenaga Listrik oleh PT PLN (Persero) dari Pembangkit Tenaga Listrik yang Menggunakan Energi Terbarukan Skala Kecil dan Menengah atau Kelebihan Tenaga Listrik.
- Muchlis, M dan Permana A.D, 2006, Proyeksi Kebutuhan Listrik PLN Tahun 2003 s.d 2020. Dalam Pengembangan Sistem Kelistrikan Dalam Menunjang Pembangunan Nasional Jangka Panjang (Editor Abu Bakar Lubis dan

- Martin Djamin). Pusat Pengkajian dan Penerapan Teknologi Konversi Dan Konservasi Energi, BPPT, Jl. M.H. Thamrin No. 8, Jakarta 10340: hal. 19-29.
- Prawira, S. 2010. Pelaksanaan Program Prioritas Energi. <http://www.esdm.go.id/siaran-pers/55-siaran-pers/3271-pelaksanaan-program-prioritas-energi.html>. Diakses, 3 Februari 2011.
- RNAM. 1995. RNAM Test Codes and Procedures for Farm Machinery. ESCAP.
- Santoso, J. dan Yudiartono, 2005, Analisis Prakiraan Kebutuhan Energi Nasional Jangka Panjang Di Indonesia. Dalam Strategi Penyediaan Listrik Nasional Dalam Rangka Mengantisipasi Pemanfaatan PLTU Batubara Skala Kecil, PLTN, Dan Pembangkit Energi Terbarukan (Editor Indyah Nurdyastuti dan M. Sidik Boedoyo). Pusat Pengkajian dan Penerapan Teknologi Konversi Dan Konservasi Energi, BPPT, Jl. M.H. Thamrin No. 8, Jakarta 10340: hal. 1-12.
- Suroso, 2002, The Prospect of Small Hydro Power Development in Indonesia (Country Report). TCDC Training Course on Small Hydro Power from 9 Oct - 18 Nov 2002, Hangzhou, People Republic of China.

STEP LAMPUNG