

Desain Pembangkit Listrik Mikro Hidro Untuk Memenuhi Kebutuhan Kawasan Wisata Air Terjun Sunggah

Widhiyanuriyawan D.¹, Sugiarto², Hutoro Arif³

^{1,2,3} Universitas Brawijaya Malang
Jl. Veteran Malang, +62-341-551611
denny_w@ub.ac.id

Abstrak

Air Terjun Sunggah terletak di desa Selur, Kecamatan Ngrayun, Kabupaten Ponorogo. Air terjun ini adalah salah satu tujuan wisata alam yang berpotensi di wilayah Ponorogo selatan. Ketinggian air terjun ini sekitar 40 meter dan memiliki pemandangan yang eksotis tetapi tidak didukung oleh fasilitas dan infrastruktur seperti listrik yang menutupi area akses dan juga pendanaan pengelolaan keberlanjutan. Salah satu kegiatan tim Program Doktor Mengabdi yang dirilis Universitas Brawijaya adalah membuat desain pembangkit listrik tenaga mikrohidro di air terjun Sunggah. Data primer dan sekunder dikumpulkan untuk menghitung energi potensial yang dihasilkan pada Air Terjun Sunggah seperti laju aliran dan head. Dari data ini dapat diperoleh desain turbin dan listrik yang dihasilkan dalam sistem mikrohidro. Selain itu, analisis ekonomi dibuat untuk memprediksi dana operasional dan manajemen. Dari data primer dan sekunder dari laju alir diperoleh laju alir rata-rata di musim hujan adalah 0,5 m³/s, laju alir pada musim kemarau 0,05 m³/s dan head adalah 40 meter. Hasil desain memperoleh laju alir yang menghasilkan untuk turbin adalah 0,12 m³/s mengalir dalam pipa penstock berdiameter 0,3 meter, dan head efektif 34 meter. Desain mikrohidro menggunakan tipe turbin crossflow dengan efisiensi 0,75, transmisi mekanis menggunakan tipe vee belt dengan efisiensi 0,8 dan generator listrik AC Synchronous Self Generator dengan efisiensi 0,85. Dari desain ini, listrik 20.392 kW dihasilkan dari Air Terjun Sunggah. Dalam analisis ekonomi menunjukkan bahwa harga listrik online ke BTS adalah Rp. 400, - / kWh dan jika daya 15 kW dijual online ke BTS maka 5 juta per bulan akan diperoleh.

Kata kunci: *Doktor Mengabdi, wisata air terjun Sunggah, mikrohidro*

Abstract

Sunggah Waterfall located in the village of Selur, Ngrayun District, Ponorogo Regency. This waterfall is one of the potentially natural tourism destinations in the southern Ponorogo region. The height of the waterfall is about 40 meters and has an exotic view but not supported by facilities and infrastructure such as electricity that covered the access area and also sustainability management funding. One of the activities of Doktor Mengabdi Program team that released by Universitas Brawijaya have made a micro hydro power plant design in Sunggah waterfall. The primary and secondary data were collected to calculate the potential

energy that was generated on the Sunggah Waterfall such as flow rate and head. From these data can obtained the design turbine and electricity that generated in microhidro system. In additon, the economic analysis was made to predict operational and management funds. From primary and secondary data of flowrate were obtained the average flowrate in the rainy season is $0.5 \text{ m}^3/\text{s}$, the flowrate in the dry season is $0.05 \text{ m}^3/\text{s}$ and head is 40 meters. The design results obtain the flowrate that generate for turbine is $0.12 \text{ m}^3/\text{s}$ flowing in 0.3 meters diameter pipe of penstock, and effective head of 34 meters. The design of microhydro used the crossflow turbine type with an efficiency of 0.75, the mechanical transmission using vee belt type with an efficiency of 0.8 and the electricity generator AC Synchronous Self Generator type with an efficiency of 0.85. From this design, the 20,392-kW electric was generated from Sunggah Waterfall. In economic analysis show that the electricity price online to the BTS is Rp. 400, -/kWh and if the 15-kW power is sold online to the BTS so its 5 million per month will be obtained.

Keywords: Doktor Mengabdi, Sunggah Waterfall, tourism, microhydro

I. PENDAHULUAN

Air Terjun Sunggah di Desa Selur Kecamatan Ngrayun Kabupaten Ponorogo merupakan salah satu destinasi wisata alam di wilayah Ponorogo bagian selatan. Iklim pegunungan yang sejuk menambah keasrian kawasan ini. Pemandangan alamnya yang indah, dikelilingi hutan dan persawahan terasiring yang eksotik mampu memanjakan mata wisatawan untuk berkunjung ke kawasan wisata air terjun sunggah.



Gambar 1. Keindahan air terjun Sunggah

Namun keelokan wisata alam tersebut masih belum didukung oleh sarana dan prasaran penunjang wisata yang memadai. Salah satu kendala yang dihadapi masyarakat desa Selur dalam mengembangkan wisata air terjun Sunggah adalah ketersediaan sumber

energy sebagai pendukung aktifitas kawasan wisata dan kebutuhan pendanaan yang berkelanjutan untuk mendukung pengembangan kawasan wisata tersebut. Wisata air terjun Sunggah mulai dibuka aksesnya oleh masyarakat dan pemerintah desa Selur di tahun 2014 dalam upaya mewujudkan desa Selur sebagai salah satu tujuan wisata di Kabupaten Ponorogo. Ketinggian air terjun sunggah sekitar 30 meter dengan latar belakang bebatuan besar yang dikelilingi oleh pohon dan sawah. Pada musim penghujan debit air sungai yang mengalir di atas terjunan bisa mencapai 1000 liter/ detik atau $1 \text{ m}^3/\text{detik}$.

Indonesia merupakan negara yang kaya sumber daya energi mikrohidro. Daerah pedesaan terpencil di pegunungan umumnya memiliki potensi sumber energi air, dan mikrohidro menjadi salah satu sumber energi air skala kecil yang potensial dikembangkan untuk meningkatkan kualitas kehidupan dan pertumbuhan ekonomi pedesaan. Ketersediaan energi listrik di daerah pedesaan, dapat memenuhi kebutuhan rumah tangga, mendorong peningkatan fasilitas kesehatan, pengembangan wisata, pendidikan dan menyediakan pekerjaan baru. Pembangkit listrik mikro hidro merupakan pembangkit listrik tenaga air dengan skala di

bawah 100 kW. Mikrohidro atau Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMH), adalah suatu pembangkit listrik skala kecil yang menggunakan tenaga air sebagai tenaga penggerak pada saluran irigasi, sungai atau air terjun alam dengan cara memanfaatkan tinggi terjunan (*head*) dan besarnya debit air. Dengan demikian di kawasan wisata air terjun Sunggah potensial untuk dibangun unit pembangkit listrik mikrohidro (PLTMH) dalam memenuhi kebutuhan energi kawasan wisata sekaligus untuk menghasilkan dana pembiayaan pengembangan kawasan wisata yang berkelanjutan sebagaimana yang diharapkan masyarakat Selur.

Pembangkit listrik tenaga air 100% ramah lingkungan dan murah. Jumlah daya yang signifikan dapat dihasilkan dari aliran sungai di lokasi yang berbeda dengan kapasitas yang berbeda. Debit air adalah jumlah air yang mengalir melalui penampang sungai per unit waktu. Pada dasarnya, pembangkit listrik mikrohidro diklasifikasikan menjadi dua kategori yang menentukan jenis turbin yang digunakan, yaitu tipe *head* rendah dengan ketinggian jatuh kurang dari 20 meter dan kategori *head* tinggi dengan ketinggian air jatuh lebih dari 20 meter. Ada beberapa tipe turbin air yang dapat digunakan dalam membangun unit pembangkit mikrohidro seperti kincir air, turbin francis, turbin pelton, turbin cross flow dan lain-lain. Turbin *hidraulik cross flow* merupakan salah satu pilihan terbaik dari pembangkit listrik mikrohidro karena efisiensinya, manufaktur murah, dan biaya perawatan yang rendah. Efisiensi menjadi pertimbangan penting dalam desain turbin air. Turbin crossflow merupakan turbin air termurah dan termudah untuk diproduksi. Masalah utama turbin crossflow adalah efisiensi maksimum yang lebih rendah dibandingkan dengan turbin pelton dan francis. Efisiensi turbin *crossflow* berada pada kisaran 70-85%. Turbin *crossflow* memiliki desain yang lebih sederhana dan lebih murah untuk diproduksi dibanding turbin tipe pelton, turgo dan francis.

Tim Doktor Mengabdi LPPM Universitas Brawijaya mengajak masyarakat Selur untuk menyediakan energi mandiri di kawasan wisata air terjun Sunggah dengan membangun unit pembangkit listrik mikrohidro, sekaligus sebagai sarana menggali dana untuk pengembangan kawasan wisata air terjun berkelanjutan.

II. METODE

Metode yang sesuai untuk menyelesaikan permasalahan yang ada adalah melalui metode kaji tindak dengan melakukan pengkajian lapangan dan mencari solusi pemecahan masalah melalui praktek langsung. Pelaksanaan kegiatan difokuskan pada upaya penyediaan energi mandiri untuk kawasan wisata air terjun sunggah, mendapatkan pendanaan dari sumber energy yang dibuat dan meningkatkan nilai tambah secara ekonomi dari aktifitas masyarakat Selur dengan keberadaan listrik Mikrohidro dan wisata air terjun Sunggah. Tahap awal dalam pembangunan unit pembangkit listrik mikrohidro di kawasan wisata air terjun adalah dengan melakukan analisa dan perencanaan kapasitas listrik terbangkit. Pengumpulan data yang diperlukan berupa data primer maupun data sekunder. Data Primer digunakan untuk menghitung debit terukur sungai Sunggah dan debit rencana PLTMH Sunggah, sedangkan data sekunder diperlukan untuk menghitung debit andalan. Untuk itu perlu dilakukan pengukuran debit air sungai Sunggah dan debit andalan sungai, tinggi air jatuh (*head*), perhitungan daya turbin, daya listrik terbangkit dari debit rencana dan penentuan tipe turbin air yang akan digunakan. Selanjutnya dibuat desain pembangkit mikrohidro Sunggah.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Dari hasil pengukuran dan data sekunder dihasilkan data-data sebagai berikut : debit air sungai rata-rata di musim basah/ penghujan adalah $0,5 \text{ m}^3/\text{det}$, debit air rata-rata di musim kering/ kemarau $0,05 \text{ m}^3/\text{det}$, tinggi jatuh (*head*) 40 meter. Dari data tersebut ditentukan debit desain dengan

mengasumsikan kondisi aliran air dalam pipa diameter 0,3 meter sebesar 0,12 m³/det dan head efektif 34 meter. Data lain diasumsikan antara lain turbin yang digunakan tipe *cross flow* manual regulator dengan efisiensi turbin $\eta_t = 0,75$, transmisi mekanik menggunakan vee belt dengan efisiensi $\eta_m = 0,8$ dan generator listrik yang digunakan adalah tipe *AC Sinkron Generator Self – Regulating Alternator* dengan efisiensi $\eta_g = 0,85$.

Untuk mengetahui daya listrik yang dapat dihasilkan PLTMH Sunggah dilakukan perhitungan daya listrik terbangkit. Daya listrik dihitung dalam kondisi debit pipa rencana teraliri penuh (aliran pipa penuh). Perhitungan daya listrik dilakukan dengan rumus:

$$P = \rho \cdot 9,8 \cdot Q \cdot H \cdot \eta_t \cdot \eta_m \cdot \eta_g \text{ (kW)}$$

dengan :

ρ = densitas air (kg/m³)

Q = debit air (m³/detik)

H = tinggi terjun air efektif (m)

η_t = efisiensi turbin

η_m = efisiensi transmisi mekanik

η_g = efisiensi generator

Maka daya listrik terbangkit sebesar :

$P = 9,8 \times 0,12 \times 34 \times 0,75 \times 0,8 \times 0,85 \text{ kW} = 20,392 \text{ kW}$. Jadi kapasitas listrik terbangkit dari PLTMH Sunggah sebesar 20,392 kW atau sekitar 20 kW.

Desain pembangkit listrik mikrohidro Sunggah terdiri dari desain bak penenang, desain saluran pembawa dan desain rumah pembangkit. Sedangkan tipe turbin yang digunakan adalah turbin tipe *cross flow* manual regulator dengan daya 24 kW, panjang *runner* 200 mm, diameter rotor 200 mm dan efisiensi turbin $\eta_t = 0,75$. Transmisi mekanik menggunakan *vee belt* dengan *speed reducer* 1 : 2 dan efisiensi $\eta_m = 0,8$. Generator listrik yang digunakan adalah tipe *AC Sinkron Generator Self – Regulating Alternator* dengan rating power 32 kVA/ 25 kW, frekuensi 50 Hz, putaran 1500 rpm, tegangan 220 volt dan efisiensi $\eta_g = 0,85$.

Kapasitas daya turbin dan generator memang seharusnya lebih besar dari daya listrik terbangkit. Untuk menjaga kestabilan tegangan listrik perlu ditambahkan Digital Electronic Load Control (DLC). Desain bak penenang, saluran pembawa dan rumah pembangkit ditampilkan dalam gambar 2 sampai 4.

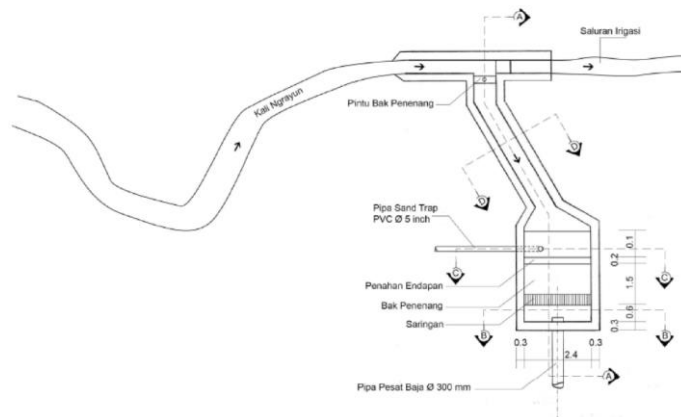
Berdasarkan hasil perhitungan listrik terbangkit dari PLTMH Sunggah sebesar 20 kW.

Dari 20 kW daya listrik terbangkit tersebut, nantinya dapat dimanfaatkan untuk kebutuhan kawasan wisata sebesar 2 kW, 3 kW lagi untuk *safety* daya dan yang 15 kW dapat dijual secara online ke BTS dengan harga Rp. 400,-/ kWh. Dari 15 kW yang dijual online ke BTS pengelola wisata atau masyarakat Selur akan mendapatkan sekitar 5 jt rupiah per bulan. Dan jika mampu menjual 15 kW selama 6 bulan saja, maka dana yang dihasilkan dari penjualan listrik PLTMH Sunggah mencapai 30 jt per tahun. Dana tersebut tentu sangat bermanfaat untuk mencukupi kebutuhan pengelolaan dan pengembangan kawasan wisata.

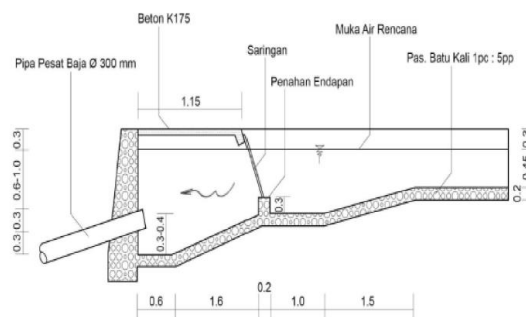
IV. KESIMPULAN

Ketersediaan sumber energi untuk mendukung aktifitas kawasan wisata air terjun Sunggah sangat dibutuhkan. Sumber energi tersebut selain digunakan untuk memenuhi kebutuhan kawasan wisata juga dapat digunakan sebagai sumber dana pembiayaan pengembangan kawasan wisata berkelanjutan. Dengan melihat debit air sungai Sunggah yang mencapai 1 m³/ detik saat musim penghujan tentu dapat dijadikan alternatif untuk membangun pembangkit listrik tenaga mikrohidro (PLTMH) memanfaatkan sebagian air yang mengalir ke terjunan. Dari perhitungan desain PLTMH Sunggah dihasilkan daya listrik terbangkit sebesar 20,392 kW. Daya listrik terbangkit tersebut dapat digunakan untuk memenuhi kebutuhan listrik di kawasan wisata sekaligus dapat dijual online ke BTS dengan harga Rp.

Denah Bak Penenang PLTMH Sunggah
Skala 1 : 100

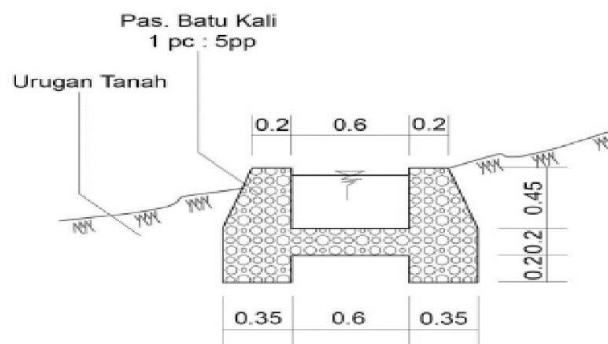


Potongan A - A
Skala 1 : 50



Gambar 2. Denah bak penenang PLTMH sunggah

Saluran Pembawa PLTMH Sunggah
Skala 1 : 30

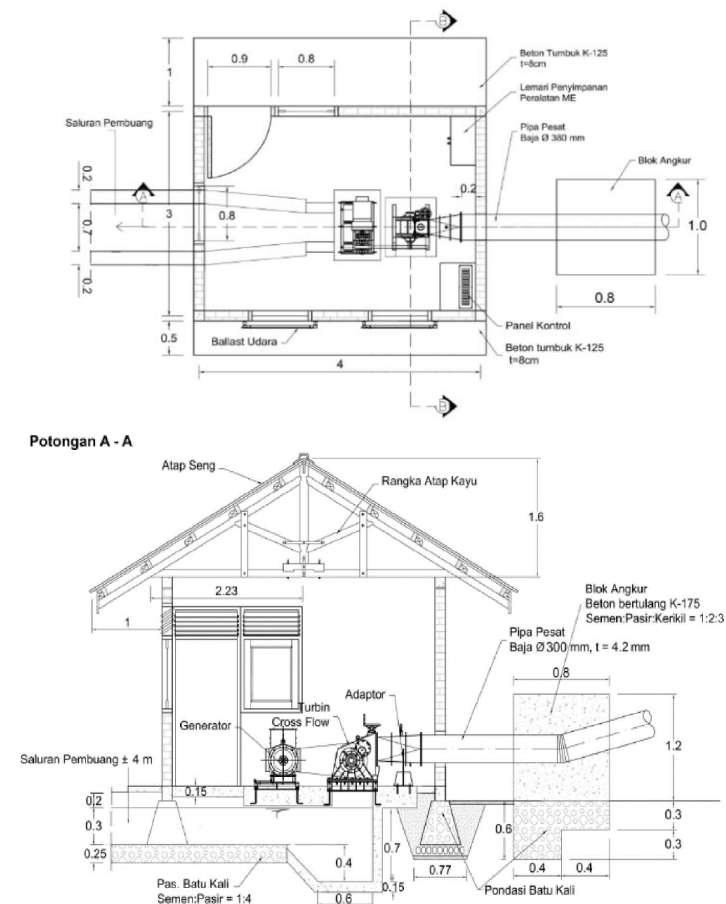


Gambar 3. Saluran pembawa PLTMH sunggah

400,-/ kWh. Jika daya yang 2 kW digunakan untuk memenuhi kebutuhan kawasan wisata, 3,392 kW untuk *savety* daya dan 15 kW dijual online ke BTS, maka akan didapatkan dana penjualan listrik sebesar 5 juta/ bulan. Jika PLTMH beroperasi penuh selama 6 bulan per tahun maka akan didapatkan dana

sebesar 30 jt/ tahun. Dana tersebut tentu sangat berguna untuk memenuhi kebutuhan pengembangan kawasan wisata berkelanjutan.

Rumah Pembangkit PLTMH Sunggah
Tampak Atas



Gambar 4. Desain rumah pembangkit (*power house*) PLTMH Sunggah

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih disampaikan kepada Rektor Universitas Brawijaya dan Ketua LPPM Universitas Brawijaya yang telah menyetujui pelaksanaan kegiatan Pengabdian Kepada Masyarakat melalui program Doktor Mengabdikan tahun 2019 dengan sumber dana Penerimaan Negara Bukan Pajak Universitas Brawijaya

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Anonimous, 2017, Kabupaten Ponorogo Dalam Angka tahun 2017, BPS Kabupaten Ponorogo
- [2] Anonimous, 2018, Profile Desa Selur 2018, Pemerintah Desa Selur Kecamatan Ngrayun Kabupaten Ponorogo
- [3] Arismunandar A and Susumu K 2000 *Buku Pegangan Teknik Tenaga Listrik Jilid I*. Jakarta: PT Pradnya Paramita.
- [4] Bhatti, T.S., R.C. Bansal and D.P. Kothari, 2004. *Small Hydro Power Systems*. 1st Edn., Dhanpat Rai and Sons Delhi, India. *Res. J. App. Sci. Eng. Technol.*, 8(7): 821-828
- [5] Dwiyanto V., Dyah Indriana K. dan Subuh Tugiono, 2016, Analisis Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMH) Studi Kasus : Sungai Air Anak (Hulu Sungai Way Besai), *JRSDD*, Edisi September 2016, Vol. 4, No. 3, Hal:407 – 422 (ISSN:2303-0011).
- [6] Ibnu Asrafi, M.Yerizam, Sairul Effendi, and Agung Mataram, 2019, *Micro Hydro Electric Power Plant*

- (MHEP) Prototype A Study Of The Effect Of Blade Numbers Toward Turbine Rotational Velocity, *Journal of Physics: Conf. Series* 1198, IOP Publishing, doi:10.1088/1742-6596/1198/4/042001.
- [7] Jiandong, T., Z. Naibo, W. Xianhuan, H. Jing and D. Huishen, 1995. *Mini hydropower*. 1st Edn., John Wiley and Sons, Chichester, England
- [8] Kurniawan, A, 2009 *Pedoman Studi Kelayakan Teknis*. Jakarta: Integrated Microhydro Development and Application Program.
- [9] Mismail, B., 1992. *Pelistrikan Desa di Indonesia*. Depok: Pusat Antar Universitas-Studi Ekonomi, Universitas Indonesia Kampus Baru.
- [10] Patty, O.F. 1995. *Tenaga Air*. Jakarta: Penerbit Erlangga.
- [11] Ram Adhikari and David Wood, 2018, The Design of High Efficiency Crossflow Hydro Turbines: A Review and Extension, *MDPI Journal*, 11, 267; doi:10.3390/en11020267.
- [12] Saket, R.K. and K.S. Anand Kumar, 2006. Hybrid micro hydro power generation using municipal waste water and its reliability evaluation. *Proceeding of the Greater Mekong Sub region Academic and Research Network (GMSARN) International Conference on Sustainable Development: Issues and Prospects for the Greater Mekong Sub Region*. Asian Institute of Technology, Bangkok, Thailand, pp: 13-20.
- [13] Sinagra M, V. Sammartano, C. Aricò, A. Collura, T. Tucciarelli, 2013, Cross-Flow turbine design for variable operating conditions, *Procedia Eng* : 12th International Conference on Computing and Control for the Water Industry (CCWI), 70, 1539–1548.
- [14] <https://www.kabardesa.com/2016/11/15/1395/air-terjun-sungguh-ngrayun-pesona-wisata-terpendam-di-desa-selur> (diunduh 2 April 2019)
- [15] <http://satudarahnetku.blogspot.com/2017/08/profil-lengkap-objek-wisata-air-terjun.html> (diunduh 2 April 2019)
-