

Pembangkit Listrik Tenaga Piko hidro Untuk Penerangan Jalan

Hari Prasetijo^{*1}, Widhiatmoko Herry Purnomo², Suroso³, Winasis⁴, Purwanto B. S.⁵, Yanuar Haryanto⁶

^{1,2,3,4}Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Jenderal Soedirman, Indonesia

⁶Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Jenderal Soedirman, Indonesia

*e-mail: hari.prasetijo@unsoed.ac.id¹

Abstrak

Sampai dengan akhir tahun 2023, target bauran energi primer energi baru terbarukan (EBT) baru mencapai 15,7%, masih memerlukan upaya yang konkrit dan terencana untuk mencapai target Bauran 23% di tahun 2025 dan 34% di tahun 2030. Sebagai salah satu usaha ikut berkontribusi dalam pengembangan energi air maka penulis dan tim mengadakan kegiatan pengabdian masyarakat dengan tujuan memanfaatkan potensi energi listrik dari energi potensial air sepanjang aliran sungai dalam kapasitas relatif kecil yaitu ≤ 1.000 watt, disebut piko hidro, untuk penerangan jalan di grumbul Plawetan, kecamatan Tambak, Jawa Tengah. Kegiatan tersebut merupakan tahapan kedua karena pada tahun sebelumnya telah dibangun rumah pembangkit berisi turbin-generator yang ditentukan berdasar hasil pengukuran dan perhitungan kapasitas daya pada sungai yang mengalir di daerah tersebut. Kegiatan ini dilakukan dengan tahapan: (1) membangun bendung pada aliran sungai. (2) membuat saluran air dari bendung ke rumah pembangkit, tepatnya agar energi potensial air dapat memutar turbin-generator, (3) distribusi daya listrik dari generator ke penerangan jalan umum (PJU), dan (4) pengujian nyala PJU. Hasilnya PJU sebanyak 15 lampu LED masing-masing berkapasitas daya 15 watt dan dummy load berupa lampu 2x200 watt dan 2x75 watt dapat menyala dengan tegangan 205 volt pada sisi beban lampu yang sesuai dengan standar PLN, yaitu SPLN 1: 1995, yakni tegangan diperbolehkan maksimum 5% dan maksimum 10% terhadap tegangan normal. Pada tegangan nominal 220 volt maka rentang tegangan yang sesuai adalah 198 s.d. 232 volt. Mengingat di daerah perbukitan dan distribusi sepanjang sekitar 700 meter maka digunakan kabel SR 2x10 mm² yang menggunakan isolator XPLE dan resistansi 1,83 ohm/km panjang, sehingga dari perhitungan drop voltage yang terjadi sekitar 9,5 volt. Dengan tercapainya tujuan kegiatan maka keamanan dan kenyamanan aktivitas warga terutama pada malam hari dapat meningkat.

Kata kunci: daya, distribusi, Generator, lampu, piko hidro

Abstract

Until the end of 2023, the primary energy mix target for new renewable energy (EBT) has only reached 15.7%, it still requires concrete and planned efforts to achieve the mix target of 23% in 2025 and 34% in 2030. As one of the efforts To contribute to the development of water energy, the author and team held community service activities with the aim of utilizing the potential electrical energy from water potential energy along the river flow in a relatively small capacity, namely $\leq 1,000$ watts, called piko hydro, for street lighting in Grumbul Plawetan, Tambak sub-district, Java Middle. This activity is the second stage because in the previous year a power house containing turbines and generators was built which was determined based on the results of measurements and calculations of the power capacity of the rivers flowing in the area. This activity is carried out in stages: (1) building a weir on the river flow. (2) making a water channel from the weir to the power house, precisely so that the potential energy of the water can turn the turbine-generator, (3) distribution of electrical power from the generator to public street lighting (PJU), and (4) testing the PJU flame. The result is that the PJU has 15 LED lamps each with a power capacity of 15 watts and a dummy load in the form of 2x200 watt and 2x75 watt lamps that can be lit with a voltage of 205 volts on the load side of the lamp which is in accordance with PLN standards, namely SPLN 1: 1995, namely a maximum permitted voltage of 5 % and a maximum of 10% of normal voltage. At a nominal voltage of 220 volts, the appropriate voltage range is 198 to 198 volts. 232 volts. Considering that it is in a hilly area and the distribution is around 700 meters long, 2x10 mm² SR cables are used which use XPLE insulators and a resistance of 1.83 ohm/km length, so from the calculations the voltage drop that occurs is around 9.5 volts. By achieving activity goals, the safety and comfort of residents' activities, especially at night, can increase.

Keywords: distribution, generator, lights, piko hydro, power

1. PENDAHULUAN

Sampai dengan akhir tahun 2023, target bauran energi primer energi baru terbarukan (EBT) baru mencapai 15,7%, masih memerlukan upaya yang konkrit dan terencana untuk mencapai target Bauran 23% di tahun 2025 dan 34% di tahun 2030[1,2]. Potensi pembangkit listrik mini hidro dan mikrohidro tercantum dalam Rencana Umum Energi Nasional sebesar 19 Giga Watt (GW) dan diproyeksikan sebesar 7 GW direalisasikan sebagai pembangkit listrik pada tahun 2050 [3]. Menurut Auriga Nusantara, di Propinsi Jawa Tengah energi air yang berpotensi digunakan sebagai pembangkit listrik tenaga mikro hidro sebesar 28,9 Mega Watt (MW) dan telah direalisasikan sebesar 840 kilo volt ampere (kVA)[4].

Kapasitas pembangkit listrik tenaga minihidro (100 kW – 5 MW) dan mikrohidro (5kW – 100 kW) memiliki nilai keekonomisan yang *feasible* sehingga cukup menarik bagi investor sehingga memungkinkan perkembangan dan pertumbuhan pemanfaatan potensial air sebagai pembangkit listrik tenaga minihidro dan mikrohidro. Di sisi lain, faktanya banyak potensi energi listrik dari energi potensial air sepanjang aliran sungai dalam kapasitas relatif kecil yaitu ≤ 1000 watt disebut pikohidro [5], yang secara ekonomis kurang *feasible* tetapi nilai manfaatnya sangat tinggi bagi masyarakat. Dukungan pemerintah maupun institusi dengan kegiatan social dapat membantu pemanfaatan dan pertumbuhan pembangkit listrik tenaga pikohidro untuk kepentingan masyarakat.

Kegiatan pengabdian yang penulis dan tim lakukan merupakan kegiatan tahun kedua, melanjutkan kegiatan tahun pertama 2023, dalam Upaya memanfaatkan aliran sungai di grumbul Plawetan, kecamatan Tambak, Jawa Tengah. Pada tahun pertama telah dilakukan pengukuran dan perhitungan debit sebesar $0,0138 \text{ m}^3/\text{s}$, *head* setinggi 1,1 meter sehingga menghasilkan daya *input* turbin 1.220 watt dengan daya *output* generator 793 watt. Untuk merealisasikan output daya listrik telah dibangun rumah pembangkit dan turbin-generator. Turbin berbentuk kincir air berbahan plat baja dikopel melalui *flywheel* dengan generator kapasitas daya 1000 volt ampere. Dengan adanya *flywheel* maka tegangan generator menjadi lebih stabil [6]. Kegiatan pada tahun kedua berupa pembangunan bendung, pembuatan saluran air dari bendung ke rumah pembangkit serta distribusi listrik ke lampu untuk penerangan jalan.

2. METODE

A. Pembuatan Bendung

Pembuatan bendung dilakukan dengan tahapan: 1. Mengalihkan aliran air menjadi separuh lebar sungai, 2. Membuat pondasi dan bendung 2 kali pada masing-masing setengah lebar sungai. Material bangunan bendung terdiri dari batu kali, pasir dan semen. Pengerjaan dilakukan dengan gotong royong warga RT 07 RW 03 grumbul Plawetan.

B. Pembuatan Saluran Air

Pembuatan saluran air dilakukan dengan langkah : 1. Menentukan jalur saluran air sehingga pada ujung saluran diperoleh *head* 1,1 m sesuai pengukuran, 2. Membuat saluran air dengan material pasir, batu kali dan semen. Proses pembanguana saluran juga dilakukan oleh warga RT 07 RW 03 grumbul Plawetan.

C. Distribusi Listrik dan Pemasangan Lampu Penerangan Jalan

Distribusi daya listrik dilakukan dengan tahapan : 1. Menentukan luas penampang, 2. Menentukan jenis kabel, 3. Penarikan instalasi kabel ke tiang penerangan jalan umum (PJU). Lampu dipilih yang hemat energi.

D. Pengujian Nyala Lampu Penerangan Jalan

Pengujian dilakukan dengan tahapan: 1. Koneksi kabel ke generator, 2. Membuka aliran air pada saluran air sehingga air memutar turbin-generator 3. Menyalakan saklar lampu dan mengukur tegangan di sisi beban lampu.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Tujuan kegiatan adalah memanfaatkan potensi aliran air Sungai menjadi daya Listrik dan mendistribusikan untuk sumber energi listrik penerangan jalan umum sehingga meningkatkan kenyamanan dan keamanan aktivitas masyarakat khususnya grumbul Plawetan pada malam hari. Dengan metode yang dijelaskan pada bagian 2 maka hasil dan pembahasan kegiatan pengabdian masyarakat ini dijelaskan di bawah ini.

A. Pembuatan Bendung

Bentang lebar sungai sekitar 8 meter. Pada sekitar bagian tengah aliran listrik terdapat batu besar yang membelah aliran sungai. Hal ini mempermudah pembuatan bendung yaitu pertama dengan mengalihkan aliran air pada salah satu sisi batu, sehingga pada bagian yang tidak teraliri air dapat dibuat pondasi dan bangunan bendung. Material batu dan pasir tersedia di sepanjang aliran sungai. Adonan pasir dan pasir dengan perbandingan 1 : 5 digunakan untuk membuat pondasi baru dan dinding bendungan batu. Setelah selesai dilanjutkan pada sisi batu yang lain dengan cara yang sama. Gambar 1. Menunjukkan bangunan bendung.



Gambar 1. Proses pembuatan bendung

Gambar 1(a) menunjukkan proses pengalihan aliran air sungai dan persiapan pembuatan pondasi. Gambar 1(b) menunjukkan proses pembangunan bendung dan gambar 1(c) merupakan bangunan bendung yang sudah selesai. Ketebalan bendung 0,6 meter, tinggi 3,5 m dan panjang sekitar 8 m, sehingga volume bangunan bendung dihitung dengan persamaan (1):

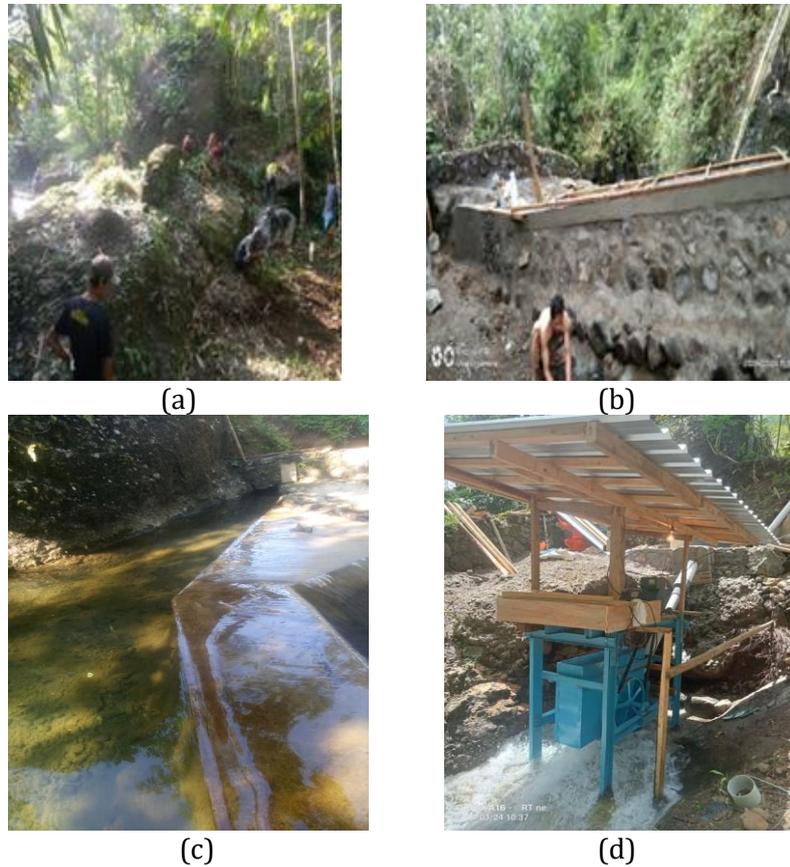
$$Volume\ bangunan\ bendung = Tebal \times Tinggi \times Panjang \tag{1}$$

$$= 0,5\ m \times 3,5\ m \times 8\ m = 14\ m^3$$

B. Pembuatan Saluran Air

Saluran air menghubungkan bendung dan rumah pembangkit. Air dari bendung melalui saluran air dan diterjunkan melalui *penstock* mengenai susu-sudu kincir air sehingga generator berputar karena dikopel dengan kincir air sebagai turbin. Tahap pembuatan saluran air dimulai dengan mencari jalur saluran air kemudian membuat saluran dengan material batu kali, pasir

dan semen. Campuran semen dan pasir memiliki perbandingan 1 : 5. Gambar 2 menunjukkan proses pembuatan saluran air. Gambar 2(a) warga secara gotong royong mencari dan membuka jalur saluran air. Gambar 2(b) menunjukkan proses pembuatan saluran air dan gambar 2, (c) saluran air dari bendung menuju terjunan, (d) ujung saluran air melalui pipa penstock dari bahan PVC mengalirkan air ke kincir air sehingga menimbulkan energi mekanik yang akan diubah menjadi energi listrik oleh generator.



Gambar 2. Proses pembuatan saluran air sampai sampai ke bagian kincir air

C. Distribusi Listrik dan Pemasangan Lampu Penerangan Jalan

Faktor yang diperhatikan dalam distribusi daya listrik diantaranya *drop voltage* (jatuh tegangan) pada kabel yang dipengaruhi luas penampang kabel penghantar dan jenis isolasi kabel untuk mengurangi gangguan akibat sumber eksternal. Tahap pertama penentuan luas penghantar kabel ditentukan dengan memperhatikan beban listrik berupa lampu 15 buah masing-masing 15 watt dan *dummy load* berupa lampu 2x 200 watt dan 2 x 75 watt. *Dummy load* berfungsi sebagai beban yang digunakan untuk menjaga tegangan pada ujung kawat penghantar di kisaran tegangan nominal yaitu ± 220 volt. Maka arus yang mengalir pada penghantar kabel pada faktor daya 0,95 dapat dihitung menggunakan persamaan (2):

$$\begin{aligned}
 \text{Arus } (I) &= \frac{\text{Daya lampu } (P)}{\text{Tegangan } (V) \times \text{faktor daya}} & (2) \\
 &= \frac{(15 \text{ lampu} \times 15 \text{ watt}) + (2 \times 200 \text{ watt}) + (2 \times 75 \text{ watt})}{220 \text{ volt} \times 0,95} = 3,7 \text{ amper}
 \end{aligned}$$

Untuk memastikan *drop voltage* yang rendah dan kabel aman dari gangguan eksternal maka dipilih kabel jenis SR dengan penampang 2 x 10mm dengan resistansi 1,83 ohm/km berisolasi XPLE ketebalan 1,2 mm dan kemampuan hantar arus 54 amper. Saluran distribusi yang dibuat dari generator sampai lampu terakhir adalah 700 meter. Besar *drop voltage*

dihitung menggunakan persamaan (3) menggunakan tegangan nominal 220 volt sebagai berikut [8]:

$$\text{drop voltage} = 2 \times \text{arus} \times \text{resistansi kabel} \quad (3)$$

$$= 2 \times 3,7 \text{ amper} \times 1,83 \text{ ohm} \times \frac{700 \text{ meter}}{1000 \text{ meter}} = 9,5 \text{ volt}$$

Penarikan kabel sepanjang 700 meter untuk menyuplai lampu pada 15 tiang sehingga jarak per tiang 50 meter dengan ketinggian 3,5 meter. Gambar 3(a) menunjukkan kabel SR 2 x 10 mm² dan gambar 3 (b) menunjukkan pemasangan kabel pada tiang penerangan jalan umum.



(a)



(b)

Gambar 3. Penarikan kabel pada tiang PJU

Jenis lampu yang digunakan adalah lampu *Light Emitting Diode* (LED) untuk PJU karena jenis lampu yang memiliki efisiensi tinggi. Penggunaan lampu LED yang merupakan teknologi terkini dalam penerangan sehingga membantu sosialisasi salah satu cara penghematan energi listrik untuk penerangan. Lampu LED memiliki keunggulan dalam *life time* dan efisiensi energi dibanding jenis lampu lain. Dibanding lampu Tube Lamp (TL), lampu LED memiliki luminasi 4x lebih baik dan *life time* 3x lebih lama [9].

D. Pengujian Nyala Lampu Penerangan Jalan

Pengujian dilakukan dengan tujuan memastikan generator dapat mendistribusikan daya listrik dan tegangan beban saat semua beban lampu dinyalakan dalam rentang standar PT. PLN yaitu antara 198 s.d. 232 volt [10]. Selain itu untuk memastikan tidak ada *short circuit* dalam distribusi daya listrik dari generator sampai dengan beban lampu. Setelah koneksi kabel distribusi ke generator dalam keadaan beban lampu tersambung melalui saklar, saluran air dibuka sehingga turbin digerakkan oleh energi potensial air. Lampu dinyalakan dengan saklar dan diukur tegangannya menggunakan voltmeter. Hasilnya tegangan di sisi beban menunjukkan nilai sekitar 205 volt dan PJU nyala tanpa ada gangguan seperti ditunjukkan dalam gambar 4.



Gambar 4. Uji tegangan beban dan PJU

Dengan selesainya pengujian maka tujuan kegiatan pengabdian masyarakat ini dapat tercapai yaitu memanfaatkan energi potensial aliran air sungai untuk penerangan jalan umum di grumbul plawetan. Keberhasilan kegiatan ini dapat meningkatkan kenyamanan dan keamanan aktifitas warga pada malam hari. Gambar 5 menunjukkan penerangan jalan umum telah berfungsi dan digunakan pada malam hari.



Gambar 5. PJU telah dimanfaatkan pada malam hari

4. KESIMPULAN

Kegiatan pengabdian masyarakat tahun ke-2 untuk memanfaatkan energi potensial aliran air sungai di grumbul Plawetan menjadi energi listrik sebagai sumber daya Listrik penerangan jalan raya telah berhasil. Melanjutkan kegiatan tahun ke-1 berupa instalasi turbin-generator di rumah pembangkit, maka pada tahun ke-2 dilakukan Pembangunan bendung, saluran air dari bendung ke turbin, mendistribusikan daya listrik ke tiang-tiang penerangan jalan umum dan pemasangan lampu. Lampu yang digunakan jenis LED yang merupakan teknologi terkini untuk penerangan dengan kelebihan efisiensi yang tinggi dan *life time* lebih lama disbanding lampu TL sekaligus sebagai sosialisasi penggunaan hemat energi kepada masyarakat. Tegangan Listrik pada sisi beban lampu menunjukkan nilai sebesar 205 volt yang memenuhi standar PT. PLN yaitu tegangan beban dalam kategori baik jika dalam rentang 198 s.d. 232 volt. Hasil kegiatan ini telah meningkatkan keamanan dan kenyamanan aktivitas warga terutama pada malam hari.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih disampaikan kepada LPPM UNSOED yang dengan bijak telah mendukung penuh pelaksanaan kegiatan ini sehingga semua tahapan dapat dilaksanakan dengan baik dan memberikan manfaat bagi Masyarakat.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Peraturan Presiden No. 112 tahun 2022, "Percepatan Pengembangan Energi Terbarukan Untuk Penyediaan Tenaga Listrik". Kementerian Sekretariat Negara.
- [2] Siaran Pers Kementerian Energi Dan Sumber Daya Mineral Republik Indonesia Nomor : 25.Pers/04/SJI/2022, 17 Januari 2022.
- [3] Peraturan Presiden No 22 Tahun 2017, "Rencana Umum Energi Nasional"
- [4] Auriga Nusantara, "Implementasi Energi Baru Terbarukan (EBT) di Propinsi Jawa

- Tengah”, Materi Diskusi Publik “Jalan Panjang Menuju Energi Terbarukan : Catatan Kritis atas Tinjauan Regulasi Energi Terbarukan di Indonesia”, 10 Maret 2021.
- [5] Badan Standar Nasional, “Spesifikasi teknis pembangkit listrik tenaga pikohidro”, SNI 8634:2018.
- [6] Hari Prasetyo, 2023. “Pemanfaatan potensi daya listrik dan instalasi turbin-generator pembangkit listrik tenaga pikohidro”. JPMI Vol. 3, No. 4, Agustus 2023.
- [7] John J. Grainger, “Power System Analysis”, Third edition, McGraw-Hill, 2000
- [8] P. Van Harten, “Instalasi Arus Kuat 1”, Bina Cipta, Bandung, 1991.
- [9] Sabila Hadinnisa, “Analisis Perbandingan Light Emitting Diode (LED) Dan Fluorescent Pada Gedung Griya Legita Universitas Pertamina”, Jurnal Simetris, Vol. 12 No. 2, 2021.
- [10] PT. PLN, “SPLN 1: 1995 tentang tegangan-tegangan standar”, Jakarta, 25 Agustus 1995.