

Alih Teknologi Pembangkit Listrik Tenaga Air Picohidro untuk Masyarakat di Desa Pekuncen Purbalingga

Transfer of Technology of the Pico-Hydropower for the Community at Desa Pekuncen Purbalingga

Jamrud Aminuddin^{*1}, Wihantoro¹, Mashuri², dan Pujo Priyadi¹

¹Jurusan Fisika FMIPA Universitas Jenderal Soedirman, Jl. dr. Suparno 61 Grendeng, Purwokerto Jawa Tengah, 53122, Indonesia.

²Jurusan Matematika FMIPA Universitas Jenderal Soedirman, Jl. dr. Suparno 61 Grendeng, Purwokerto Jawa Tengah, 53122, Indonesia.

Email*: jamrud.aminuddin@unsod.ac.id

Abstrak – Desa Pekuncen, Kecamatan Bobotsari, Kabupaten Purbalingga Provinsi Jawa Tengah merupakan wilayah yang terletak sekitar 26-27 km ke arah timur dari kota Purwokerto. Desa tersebut terdiri atas 5 RW dimana pada wilayah RW 05 terdapat 2 RT yang dipilih sebagai mitra kegiatan pengabdian. Sebelum kegiatan ini dilaksanakan, di area tersebut masih ditemukan permasalahan berupa kekurangan air bersih dan penerangan jalan. Alih teknologi pembangkit listrik tenaga air picohidro dipilih sebagai salah satu solusi untuk kedua persoalan tersebut. Alasan pemilihan solusi karena sekitar 30 m dari sumur dan tower untuk penyediaan air bersih. Selain itu, terdapat air terjun dengan ketinggian antara 8-10 m. Sistem yang telah direalisasikan dalam kegiatan ini dioperasikan melalui 5 tahapan utama untuk menghasilkan daya listrik ± 3 kW. Pertama, sumber aliran air berasal dari air terjun dialirkan menuju ke bak penampungan. Kedua, air dari bak penampung dialirkan melewati pipa pesat untuk menghasilkan air dengan kecepatan dan tekanan tinggi sebelum diarahkan untuk memutar turbin. Ketiga, turbin yang berputar dihubungkan ke generator untuk menghasilkan energi listrik. Keempat, energi listrik dari generator dinormalkan dengan stabilizer untuk mencegah terjadinya fluktuasi tegangan. Kelima, energi listrik yang telah stabil didistribusikan ke konsumen. Selanjutnya, pendistribusian daya listrik dari sistem yang telah direalisasikan dikelola oleh kelompok masyarakat setempat.

Kata kunci: Bak penampungan, generator, picohidro, pipa pesat, stabilizer

Abstract – Desa Pekuncen, Kecamatan Bobotsari, Kabupaten Purbalingga Provinsi Jawa Tengah is an area located about 26-27 km to the east of Purwokerto. The area consists of 5 RWs where in RW 5th there are 2 RTs which are chosen as the partners of service activity. Before this activity was carried out, at the area is still found the problem about the clean water and street lighting. The technology transfer of picohidro hydropower was chosen as one of the solutions for both problems. The reason for choosing the solution is because in firts survey we seek the well and tower about 30 m from the location which supply the clean water. Besides, there is a waterfall with a height about 8-10 m. The system that has been realized in this activity is operated through 5 main stages to product the electric power ± 3 kW. First, the source of the water flow comes from the waterfalls is flowed to the forebay tank. Second, water from the reservoir is flowed through the penstock pipe to produce the high speed and pressure of water before being directed to turn the turbine. Third, a rotating turbine is connected to a generator to produce electrical energy. Fourth, the electrical energy from the generator is normalized with a stabilizer to prevent voltage fluctuations. Fifth, stable electricity is distributed to consumers. Furthermore, the distribution process of the electric power for the realized system is managed by the community.

Key words: Forebay tank, generator, penstock pipe, picohydro, stabilizer.

I. PENDAHULUAN

Desa Pekuncen, Kecamatan Bobotsari, Kabupaten Purbalingga terletak sekitar 26-27 km ke arah timur dari kota Purwokerto, Provinsi Jawa Tengah. Desa tersebut terdiri atas 5 RW. Khusus pada wilayah RW 05 terdapat 2 RT yang masih kekurangan fasilitas untuk menunjang kualitas hidup masyarakatnya. Persoalan yang ditemukan berdasarkan wawancara langsung dengan Kepala Desa Pakuncen beserta Ketua RT 02 dan RT 03 adalah penyediaan air bersih untuk setiap rumah tangga dan penerangan jalan.

Permasalahan air bersih untuk kedua RT tersebut telah mendapat penanganan dari pemerintah setempat dengan pembuatan sumur bor yang airnya diangkat dengan pompa air bertenaga mesin. Mesin tersebut digerakkan dengan menggunakan aliran listrik dari PLN dengan biaya operasional untuk pembayaran listrik berkisar antara Rp 300.000,- sampai Rp 700.000,- setiap bulan. Selain itu, terdapat pula biaya operasional lainnya (pemeliharaan) berkisar antara Rp 200.000,- sampai Rp 500.000,- setiap bulan. Jadi rata-rata biaya operasional yang diperlukan adalah antara Rp 500.000,- sampai Rp 1.200.000,- setiap

bulannya. Sementara iuran yang mampu disediakan masyarakat pengguna sekitar Rp 10.000,- setiap kepala keluarga (KK) yang jumlahnya sekitar 80 KK untuk kedua RT 02 dan RT 03.

Berdasarkan perhitungan yang dilakukan bersama pengelola penyediaan air bersih dalam hal ini Ketua RT 02 dan RT 03, diketahui bahwa terjadi kekuarangan biaya operasional rata-rata Rp 400.000,- setiap bulannya. Fasilitas penyediaan air minum yang digunakan di lokasi kegiatan yang telah diuraikan diperlihatkan pada Gambar 1.



Gambar Error! No text of specified style in document.. Fasilitas penyediaan air bersih

Persoalan lainnya yang juga ditemukan dan disepakati akan dipecahkan adalah penerangan jalan. Permasalahan ini belum mendapatkan pemecahan dari pemerintah setempat. Alasannya tidak ada kelompok masyarakat yang akan bertanggungjawab untuk membayar beban listrik dari PLN. Perkiraan biaya yang dibutuhkan untuk pembayaran PLN sekitar Rp 100.000,- sampai Rp 200.000,- setiap bulan, belum termasuk biaya perawatan yang diperkirakan antara Rp 50.000,- sampai Rp 100.000,- setiap bulan. Gambaran situasi jalan desa yang belum mempunyai penerangan diperlihatkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Jalan yang belum mendapatkan fasilitas penerangan

Berdasarkan survei lapangan dan wawancara langsung dengan pemerintah tingkat desa beserta tokoh masyarakat dan pemuda yang berada dalam wilayah tersebut, maka dibuat kesepakatan untuk melaksanakan kegiatan guna mengatasi kedua permasalahan tersebut. Sumber permasalahan utama yang telah diuraikan adalah tingginya biaya untuk pembayaran beban listrik dari PLN. Untuk mengatasi persoalan tersebut, maka dilaksanakan kegiatan alih teknologi dengan prioritas kegiatan instalasi PLTA pikohidro dan sosialisasi penggunaannya. Kegiatan tersebut diperuntukkan khususnya bagi masyarakat pengguna.

Alasan pemilihan solusi persoalan yang dihadapi masyarakat dalam kegiatan ini adalah ditemukannya beberapa potensi sumber daya alam di sekitar lokasi tersebut. Potensi yang pertama adalah adanya sarana penyediaan air bersih tetapi memerlukan dukungan ketersediaan aliran listrik selain dari PLN. Potensi yang kedua adalah sekitar 30 m dari sumur dan tower untuk penyediaan air bersih terdapat air terjun dengan ketinggian antara 8 m sampai 10 m. Gambaran situasi potensi yang kedua yaitu air terjun diperlihatkan pada Gambar 3.



Gambar 3. Potensi air terjun kecil di lokasi kegiatan

Kegiatan ini bertujuan untuk mentransformasi teknologi sederhana kepada masyarakat. Masyarakat diharapkan mampu merawat dan mengembangkan PLTA pikohidro dengan daya 1-5 kW. Penamaan PLTA dalam kegiatan ini berdasarkan *output* daya listrik yang dihasilkan. Dari beberapa literatur ilmiah diketahui bahwa berdasarkan *output* daya listrik yang dihasilkan, PLTA diklasifikasikan menjadi 5 istilah, yaitu: *Large-Hydro* (> 100MW), *Medium-Hydro* (15-100 MW), *Small-Hydro* (1-15 MW), *Mini-Hydro* (100-1000kW), *Micro-Hydro* (5-100kW), dan *Pico-Hydro* (< 5kW) [1-4].

II. METODE PELAKSANAAN

Kegiatan alih teknologi ini dilaksanakan dalam beberapa tahapan dengan tujuan umum alih teknologi PLTA pikohidro yang terintegrasi dengan sarana penyediaan air bersih dan sarana penerangan jalan di lokasi mitra. Pada tahap awal dilakukan survei, pengukuran, dan analisis secara detail kemampuan air terjun di lokasi kegiatan. Tahapan ini dilakukan untuk mengetahui daya dukung atau kemampuan gaya dorong air terjun di sekitar wilayah mitra.

Pada tahap kedua dilakukan sosialisasi pertama pada masyarakat terkait dengan instalasi PLTA pikohidro. Selanjutnya dilakukan realisasi dan pemasangan PLTA pikohidro bekerja sama dengan kelompok masyarakat dan pemerintah setempat.

Pada tahap akhir dilakukan pengujian dan perbaikan sistem PLTA skala kecil sampai sistem ini bekerja dengan baik. Dalam tahapan ini sistem sudah terintegrasi dengan sarana penyediaan air bersih dan penerangan jalan di lokasi kegiatan. Sosialisasi kedua pada tahapan ini terkait dengan pemanfaatan dan perawatan PLTA pikohidro.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Kegiatan ini merupakan salah satu bentuk transformasi hasil penelitian yang telah dilaksanakan sebelumnya. Penelitian terkait dengan PLTA pikohidro yang telah dilakukan adalah konfigurasi ideal konverter energinya dan keseimbangan putaran konverter energi tersebut dengan gaya dorong pada ujung pipa *penstock* [4]. Untuk itu, dalam kegiatan ini sistem mekanis PLTA pikohidro yaitu sumber gaya dorong dan konverter energi akan diproduksi sendiri. Komponen lainnya khususnya sistem instrumentasi belum bisa diproduksi sendiri tetapi sudah banyak dipasarkan seperti generator listrik dan stabilizer [5,6].

Dalam kegiatan ini telah berhasil direalisasikan sebuah sistem pembangkit listrik tenaga air pikohidro dengan daya 2-3 kW. Sistem tersebut terdiri atas empat bagian utama. Bagian pertama adalah bak penampung (*forebay tank*) dan pipa pesat (*penstock*). Bak penampungan berfungsi untuk menampung air dari sumber aliran dan mengatur debit air. Pipa pesat berfungsi untuk memadatkan aliran air dari bak penampungan sehingga menghasilkan kecepatan dan tekanan tinggi sebelum diarahkan untuk memutar turbin [7,8]. Kedua, turbin dan sistem konverter untuk mengkonversi energi potensial air menjadi energi mekanik [4,9]. Ketiga, generator yang dihubungkan dengan turbin dan sistem konverter untuk menghasilkan energi listrik. Keempat, *stabilizer* atau alat yang berfungsi untuk menormalkan energi listrik dari generator untuk mencegah terjadinya fluktuasi tegangan [5]. Sistem PLTA pikohidro tersebut terintegrasi dengan sarana penyediaan air bersih yang sudah tersedia di lokasi mitra dan sumber aliran listrik untuk penerangan jalan yang sedang direalisasikan. Proses instalasi dan bentuk real sistem PLTA pikohidro diperlihatkan pada Gambar 4 dan 5.



Gambar 4. Kegiatan instalasi PLTA picohidro



Gambar 5. Bentuk riil PLTA pikohidro

Turbin dan generator dapat dihubungkan dengan cara *direct copel* (gandengan langsung) dan *indirect copel* (gandengan menggunakan sabuk) [2]. Gandengan langsung akan memutar generator listrik dengan kecepatan yang sama dengan kecepatan sumbu turbin, sehingga cara ini tidak memungkinkan untuk menambah kecepatan putaran generator. Gandengan tidak langsung atau menggunakan sabuk akan memutar generator listrik setelah terhubung dengan sabuk [1]. Kecepatan putarannya sangat bergantung pada desain gandengan antara turbin dan generator, sehingga cara ini memungkinkan untuk menambah kecepatan putaran generator listrik. Gandengan turbin secara

tidak langsung umumnya terdiri atas beberapa roda yang terhubung secara seporos dan serantai. Hubungan antara roda-roda tersebut dengan turbin berfungsi untuk mengoptimalkan proses konversi energi potensial menjadi energi mekanik sehingga disebut konverter energi [4]. Bentuk gandengan yang ideal untuk PLTA pikohidro diperlihatkan pada Gambar 6.



Gambar 6. Bentuk riil model gandengan konverter energi

Generator listrik adalah alat yang memproduksi energi listrik dari sumber mekanik dengan menggunakan induksi elektromagnetik. Generator berfungsi sebagai pembangkit arus listrik, tetapi tidak menciptakan muatan listrik, yang telah ada di dalam kawat konduktif dari lilitannya. Ini kurang lebih analogi dengan pompa air, yang menciptakan aliran air tetapi tidak menciptakan air di dalamnya. Berdasarkan arus listrik yang ditimbulkan generator terdiri atas dua jenis, yaitu generator listrik *alternating current* (AC) menggunakan *alternator* dan *direct current* (DC) menggunakan dinamo. Dalam alternator, terdapat dua kutub magnet yang saling berhadapan sehingga mengakibatkan timbulnya medan magnet dan di dalamnya terdapat kumparan yang berputar pada porosnya dan mengakibatkan jumlah gaya magnet menjadi berubah-ubah. Arus listrik yang dihasilkan alternator bersifat bolak balik bergelombang. Amplitudonya bergantung kepada medan magnet, jumlah dari lilitan tersebut, dan luas kumparannya [5]. Bentuk riil generator tersebut diperlihatkan pada Gambar 7.



Gambar 7. Generator listrik PLTA pikohidro

Salah satu alat yang sering digunakan untuk menstabilkan tegangan dan frekuensi pada generator induksi adalah VSI (*voltage source inverter*) dan ELC (*electronic load converter*). Sistem VSI berfungsi untuk mempertahankan tegangan generator induksi selalu berada pada kondisi konstan dengan cara mengatur besaran dari nilai arus reaktif yang masuk ke sistem generator induksi. Sementara rangkaian ELC atau yang sering disebut juga dengan *dump load* berfungsi untuk mempertahankan generator selalu pada kondisi beban penuh dengan cara mengatur besaran dari nilai RMS (*Root Mean Squared*) tegangan yang melewati *dump load*. Dengan mempertahankan generator selalu berada pada kondisi beban penuh maka frekuensi tegangan dari sistem generator dapat dijaga pada kondisi konstan. Dengan pemasangan rangkaian VSI (*Voltage Source Inverter*) dan ELC (*Electronic Load Controller*) sebagai pengatur elektrik pada sistem generator induksi maka frekuensi dan tegangan keluaran dari generator induksi tersebut dapat distabilkan [5]. *Stabilizer* yang digunakan dalam kegiatan ini diperlihatkan pada Gambar 8.



Gambar 8. Stabilizer PLTA pikohidro

Dalam kegiatan ini telah berhasil direalisasikan PLTA dalam skala kecil di Desa Pakuncen, Kecamatan Bobot Sari, Kabupaten Purbalingga, Jawa Tengah. Sistem PLTA ini secara teoretis mampu membangkitkan energi listrik sebesar 3 kW sehingga termasuk dalam kelompok PLTA pikohidro. Pada awal perancangan dan realisasi diketahui bahwa kondisi lokasi mempunyai sumber air yang memadai, tetapi karena perubahan musim pembangkit ini belum mampu bekerja secara optimal.

Salah satu faktor teknis yang menyebabkan sistem ini tidak mampu bekerja secara optimal adalah kurangnya debit air pada bak penampungan. Kondisi tersebut menyebabkan gaya dorong air pada ujung pipa pesat untuk memutar turbin tidak bekerja secara optimal. Mencermati kondisi tersebut maka pada tahapan berikutnya akan dilakukan penyempurnaan desain bak penampungan untuk mengoptimalkan gaya dorong air pada ujung pipa pesat. Salah satu rencana teknis yang akan dilaksanakan adalah membuat saluran pembuangan air dari warga dan sumber mata air pada lokasi kegiatan sehingga sistem ini tetap bekerja secara optimal pada musim kemarau.

IV. KESIMPULAN

Kegiatan yang telah dilaksanakan telah menghasilkan sebuah sistem PLTA pikohidro. Berdasarkan analisis dan

pengukuran yang telah dilakukan, maka diketahui bahwa sistem tersebut mampu menghasilkan energi listrik sebesar 3kW dalam kondisi debit air yang normal. Dalam kondisi debit air yang tidak normal, sistem ini tetap bekerja namun mengalami fluktuasi tegangan listrik.

Pada lokasi yang dipilih dalam kegiatan ini, diketahui bahwa kebutuhan masyarakat terhadap sistem yang telah direalisasikan cukup tinggi khususnya untuk penerangan jalan dan penyediaan air bersih tetapi kurang didukung sumber air yang memadai jika terjadi musim kemarau yang berkepanjangan. Untuk itu, pada kegiatan selanjutnya khususnya yang terkait dengan realisasi PLTA pikohidro disarankan memilih lokasi dengan ketersediaan sumber air yang memadai. Selain itu, perlu dipertimbangkan tingkat kebutuhan masyarakat terhadap sistem PLTA pikohidro yang akan dibangun.

Keberlanjutan kegiatan ini adalah masyarakat diharapkan mampu memanfaatkan PLTA pikohidro ini untuk mendorong peningkatan ekonomi. Selain itu, sistem ini diharapkan diharapkan menjadi media pembelajaran terkait dengan pembuatan PLTA pikohidro khususnya bagi mahasiswa Unsoed. Teknologi sederhana ini juga diharapkan dapat diterapkan di lokasi lain yang membutuhkan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Kegiatan ini dilaksanakan atas biaya dana DIPA Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi Tahun 2015 dengan Nomor DIPA-023.04.1.673453/2015 Tanggal 14 Nopember 2014 Nomor Kontrak: 2264/UN23.14/PN/2015. Untuk itu, kami mengucapkan terima kasih kepada penyandang dana kegiatan ini. Terima kasih juga kami ucapkan kepada masyarakat dan pemerintah Desa Pakuncen Purbalingga atas kerjasamanya selama kegiatan ini dilaksanakan.

PUSTAKA

- [1] Zulkarnain, H. Soekarno dan A. Berlian, Sistem Piko Hidro untuk Daerah Terpencil, *Publikasi P3TEK*, vol. 1. no. 1, 2002, hal. 20-26.
- [2] Soekarno H., T. Anggono dan A. Heriansyah, Komponen Dasar dalam Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Mini-Mikrohidro, *Publikasi P3TEK*, vol. 1. no. 1, 2002, hal. 8-12.
- [3] Jorfri B.S. Perancangan Turbin Air untuk Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (Studi Kasus Desa Way Gison Kec.Sekincaw Kab. Lampung Barat). *Jurnal Sains dan Inovasi*, vol. no.1, 2009, hal. 57-64.
- [4] Aminuddin J, dan A. N. Aziz, Analisis Konfigurasi Ideal Konverter Energi PLTA Pikohidro berdasarkan persamaan Euler-Lagrange dan Metode Runge-Kutta, *Seminar Nasional Pembangunan Pedesaan*, LPPM-Unsoed. September 2013.
- [5] Irasari P dan D Hidayati, Nurafni, Analisis Prototipe Generator Kecepatan Rendah Untuk Pembangkit Listrik Skala Kecil, *Majalah Teknologi Indonesia*, vol. 29, no. 1, 2006, hal. 47-51.
- [6] Caxaria G.A, D.M Sousa, and H.M Ramos, Small scale hydropower: generator analysis and optimization for water supply systems, *World Renewable Energy Congress*, Sweden, 8-13 May 2011, Lingskoping-Sweden, hal. 1386-1393.
- [7] Schetz J. A, A.E Fuhs, and J.A Schetz, Fundamentals of Fluid Mechanics, 2nd Eddition, *Wiley-Interscience*, USA, 1999.
- [8] Alexander K.V, and E.P. Giddens, Optimum Penstocks for Low Head Micro Hydro Schemes, *Renewable Energy*, vol. 33, issue 03, 2008, pp. 507-519.

- [9] Ho-Yan B, and W. D Lubitz, Performance evaluation of Cross-flow Turbine for Low-head Application, *World Renewable Energy Congress*, Sweden, 8-13 May 2011, Lingskoping-Sweden, pp. 1394-1399.