PENGEMBANGAN PESANTREN MANDIRI ENERGI BERBASIS PV PANEL 0,5 KW

Aripriharta ¹⁾ *, Ahmad Taufiq ²⁾, Suprayitno ³⁾, Ahmad Dardiri ⁴⁾, Sujito ¹⁾

¹⁾Teknik Elektro, Universitas Negeri Malang, Jl. Semarang No. 5, Malang, Indonesia.

²⁾Fisika, Universitas Negeri Malang, Jl. Semarang No. 5, Malang, Indonesia.

³⁾Teknik Mesin, Universitas Negeri Malang, Jl. Semarang No. 5, Malang, Indonesia.

⁴⁾Teknik Sipil, Universitas Negeri Malang, Jl. Semarang No. 5, Malang, Indonesia.

Diterima: 15 September 2020

Direvisi: 22 November 2020

Disetujui: 29 November 2020

Abstrak

Konsumsi listrik Indonesia pada tahun 2017 mencapai 1.012 Kilowatt per Hour (KWH)/kapita, naik 5,9 persen dari tahun sebelumnya. Sejauh ini, Pondok Pesantren masih bergantung kepada Perusahaan Listrik Negara (PLN) dalam membantu penerangan di lingkungan pesantren, menyebabkan beban biaya terus meningkat seiring besarnya pemakaian listrik. Berdasarkan wawancara eksklusif dengan pihak pengelola pesantren, pesantren Miftahul Ulum membutuhkan alat yang dapat menjamin kontinuitas swadaya energi listrik. Setelah mempertimbangkan permasalahan mitra yang memerlukan perangkat teknologi tepat guna (TTG) untuk menyediakan kontinuitas energi listrik tanpa suplai PLN dan bebas polusi, tim pengabdian UM mengusulkan TTG instalasi pembangkit tenaga surya 0,5 kW dengan tujuan mengatasi permasalahan mitra berupa kebutuhan kontinuitas swadaya energi listrik. Metode kegiatan ini menggunakan pendekatan survei-eksperimen dan pelatihan agar lebih efektif dan efisien dalam mencapai target luaran. Energi listrik yang dihasilkan mampu memenuhi kebutuhan penerangan pesantren. Secara keseluruhan, nilai 77,78 pada survei tingkat kepuasan menjadi indikator bahwa penduduk pesantren puas dengan kegiatan pengabdian yang telah dilaksanakan.

Kata kunci: listrik, panel surya, pembangkit, pesantren, survei.

DEVELOPMENT OF MANDIRI ENERGY PESANTREN BASED ON 0.5 KW PV PANEL

Abstract

Indonesia's electricity consumption in 2017 reached 1,012 Kilowatts per Hour (KWH)/capita, up 5.9 percent from the previous year. So far, Islamic boarding schools are still dependent on the State Electricity Company (PLN) to assist with lighting in the Islamic boarding school environment, causing the cost of electricity usage continues to increase. Based on an exclusive interview with the Islamic boarding school management, the Miftahul Ulum Islamic boarding school needs a tool that can ensure the continuity of self-supporting electrical energy. After considering the partners' problems requiring appropriate equipment (TTG) to provide electrical continuity without PLN supply and pollution-free, the UM service team proposed a TTG for the installation of 0.5 kW solar power to overcome partner problems in the form of the need for self-sustaining electrical energy continuity. The activity method uses a survey-experimental approach and training to be more effective and efficient in achieving the target output. The electrical energy produced can meet the lighting needs of the Islamic boarding school. In total, the score of 77.78 on the satisfaction level survey is an indicator that Islamic boarding school residents are satisfied with this service activity.

Keywords: electricity, islamic boarding schools, solar panels, surveys.

* Korespondensi Penulis. E-mail: aripriharta.ft@um.ac.id

PENDAHULUAN

Berdasarkan data Kementerian ESDM, konsumsi listrik Indonesia pada tahun 2017 mencapai 1.012 Kilowatt per Hour (KWH)/kapita, naik 5,9 persen dari tahun sebelumnya. Peningkatan tersebut disebabkan oleh bertambahnya akses listrik (elektrifikasi) serta perubahan gaya hidup masyarakat (Adam, 2016). Untuk memenuhi kebutuhan energi mandiri, solusi umum yang dilakukan adalah mengembangkan pembangkit listrik berskala kecil.

Gambar 1. Data Konsumsi Listrik Indonesia

Sejauh ini, Pondok Pesantren masih bergantung kepada Perusahaan Listrik Negara (PLN) dalam membantu penerangan di lingkungan pesantren, menyebabkan beban biaya yang ditanggung terus meningkat seiring dengan besarnya pemakaian listrik. Untuk menunjang aktivitas sehari-hari seperti kegiatan belajar mengajar dan lainnya diperlukan swadaya energi yang cukup sehingga ketika terjadi pemadaman listrik oleh PLN, para santri tetap dapat beraktivitas dengan baik.

Salah satu energi baru terbarukan (EBT) adalah energi matahari yang dapat dikonversi dengan PV panel. Keuntungan letak geografis Indonesia yang berada di garis khatulistiwa, maka lama sinar matahari rerata mencapai 5 jam/hari. Dukungan hasil-hasil penelitian dari tim dalam hal pengembangan pembangkit listrik tenaga surya telah dimulai dari tahun 2014 sampai saat ini, yang mencakup: MPPT konverter, smart grid, manajemen energi dan evaluasi PV panel (Aripriharta, 2018b, 2018a, 2019; Jasuan, Nawawi, & Samulah, 2018; Saputra, et. al., 2019; Wibowo, et. al., 2019).

Selain itu, pengalaman pengabdian masyarakat dalam hal konversi energi surya sudah dilakukan sejak tahun 2018, misalnya penerapan lampu tenaga surya, backup daya, dan pompa air tenaga surya (Aripriharta, 2019; Wibowo, et. al., 2019).

Harapannya, kegiatan PKM ini merupakan upaya dari Tim abdimas Universitas Negeri Malang untuk mewujudkan RENSTRA UM dengan cara membantu masyarakat daerah Sukolilo, Jabung di kabupaten Malang, khususnya Pondok Pesantren Miftahul Ulum dalam hal pengembangan mandiri energi.

Berdasarkan wawancara eksklusif dengan pihak pengelola pesantren Miftahul Ulum, diperoleh beberapa poin permasalahan pada mitra berupa perlunya alat yang dapat menjamin kontinuitas swadaya energi listrik. Selain itu, perangkat teknologi yang ditawarkan untuk menjamin kontinuitas swadaya energi listrik harus bebas polusi dan tidak membebani tagihan listrik pesantren. Penerapan teknologi tersebut juga harus diiringi dengan pelatihan penggunaan, perawatan dan perbaikan dari teknologi yang ditawarkan.

Setelah mempertimbangkan permasalahan mitra yang memerlukan perangkat teknologi tepat guna (TTG) untuk menyediakan kontinuitas energi listrik tanpa suplai PLN dan bebas polusi, maka tim mengusulkan TTG instalasi pembangkit tenaga surya 0.5 kW seperti Gambar 2. Sistem ini dilengkapi dengan:

Gambar 2. Solusi yang ditawarkan

Target kegiatan pengabdian ini adalah pemasangan TTG PLTS mikro 0,5kW pada pesantren Miftahul Ulum Sukolilo, Jabung, Kabupaten Malang sebagai pilot project pesantren mandiri energi.

METODE

Kerangka pemecahan permasalahan mitra PKM dibagi menjadi beberapa poin, yaitu titik berat kegiatan adalah menghadirkan teknologi tepat guna berupa instalasi pembangkit tenaga surya yang mampu menyuplai energi listrik sebesar 0.5 kW. Mulai dari tahap perencanaan dan instalasi pembangkit tenaga surya. Dilanjutkan dengan pengujian performa teknologi pembangkit yang telah dipasang di pesantren Miftahul Ulum. Pengujian dilakukan untuk mengukur arus, tegangan dan daya (energi) listrik pembangkit yang dikembangkan. Selanjutnya dilakukan alih teknologi melalui program pelatihan. Kegiatan dievaluasi secara periodik selama 3 bulan untuk memastikan hasil pengabdian yang dilakukan telah sesuai dengan perencanaan yang telah disusun.

Metode kegiatan ini menggunakan pendekatan survei-eksperimen dan pelatihan agar lebih efektif dan efisien dalam mencapai target luaran. Kegiatan diawali dengan observasi. Observasi ini bertujuan untuk menganalisis kebutuhan situasi pada lokasi pengabdian. Tim langsung berkunjung ke lokasi, melakukan pengecekan dan dokumentasi serta wawancara eksklusif dengan mitra. Tujuan observasi ini adalah untuk mengidentifikasi permasalahan.

Setelah diperoleh permasalahan yang dihadapi mitra, kegiatan dilanjutkan ke tahap perencanaan (desain) dan rancang bangun TTG sistem instalasi tenaga surya. Tenaga surya memiliki kelebihan seperti konversi langsung ke listrik, energi mentah yang tidak terbatas, dan nol emisi. Namun, memiliki efisiensi konversi yang rendah sekitar 8-25%, ketergantungan lingkungan, dan hasilnya dipengaruhi oleh iradiasi dan suhu (Green, et. al., 2018). Sehingga diperlukan perencanaan dan perhitungan untuk kebutuhan PV panel dan konverternya. Sementara algoritma QHBM pada MPPT digunakan sebagai optimasi untuk meningkatkan efisiensi pada PV panel (Barcellona, Piegari, Musolino, & Ballif, 2018; Basaran, Cetin, & Borekci, 2017; Dong, et. al., 2018; Goud & Gupta, 2019; Prakash, Arutchelvi, & Jesudaiyan, 2016; Wibowo, et. al., 2019). Adapun bagan alir perencanaan dan rancang bangun teknologi yang ditawarkan dapat dilihat pada Gambar 3.

Gambar 3. Prosedur Perencanaan TTG

Sistem PV biasanya menggunakan konverter dc-dc atau dc-ac, dengan atau tanpa kemampuan pengisian baterai, yang memanfaatkan MPPT (Bennett, Zilouchian, & Messenger, 2012). Peningkatan tegangan dc dilakukan dengan meningkatkan fungsi konverter dc-dc dimana daya maksimum akan tercapai ketika algoritma MPPT mengubah dan menyesuaikan siklus PWM dari konverter boost (Zainuri, Rahim, Soh, & Radzi, 2014). Adapun Gambar 4 merupakan contoh rencana sistem instalasi pembangkit tenaga surya.

Gambar 4. Rancang Bangun Instalasi Pembangkit Tenaga Surya yang Ditawarkan

Kebutuhan alat/bahan untuk rancang bangun pembangkit tenaga surya ini adalah: panel PV, kabel, konektor, boks panel (akrilik/PVC), MCB, DIN Rail, DIN terminal, rangka besi, semen, pasir, perkakas tukang, kabel merah-hitam, paku klem, kabel ties, ring nomor kabel, skun, konverter boost, kontroler, kabel

penghubung, timah, solder, baterai, isolator, tembaga strip, kabel jumper, dan mur-baut.

Kegiatan dilanjutkan dengan tahap instalasi pembangkit tenaga surya. Kegiatan ini dilakukan secara langsung di lokasi, dengan langkah-langkah sebagai berikut:

- Pemasangan PV panel dilakukan dengan kerangka khusus menggunakan penopang dari besi. Sebelum mulai membangun kerangka logam, rangkaian modul PV harus dipasang dengan sudut kemiringan dan sudut azimuth yang tepat (Ramadhani, 2018). Hal tersebut dilakukan sebab arah hadap modul PV sangat menentukan jumlah keluaran yang cukup dari pembangkit. Arah hadap modul PV yang ideal adalah tegak lurus dengan sinar matahari agar menerima radiasi secara langsung.

Gambar 5. Rangka Pondasi Panel Surya

- Memasang konverter dan perangkat kendali MPPT dan ditutup dengan panel.
- Menginstalasi kabel penghubung antara PV panel, konverter boost, dan MPPT.
- Pengecekan sambungan dan kebocoran pada sambungan kabel.

Performa sistem diuji untuk memperoleh data kecepatan pengisian, arus listrik, daya dari PV panel. Alat/bahan yang diperlukan untuk pengujian adalah sebagai berikut: voltmeter, ammeter, wattmeter/VA meter digital, tespen, dan oscilloscope.

Perwakilan dari pesantren Miftahul Ulum akan dibimbing dan didampingi oleh tim guna mengetahui penggunaan dan perawatan jangka panjang pada pembangkit tenaga surya. Mekanisme pelatihan seperti Gambar 6 dilakukan di lapangan dengan praktik langsung setelah sebelumnya dibekali konsep melalui pembekalan materi di kelas.

Gambar 6. Alih Teknologi dan Pelatihan

Serah terima TTG PLTS 0,5kW tahap 1 akan dilakukan oleh ketua tim bersama anggota kepada perwakilan pesantren Miftahul Ulum. Dokumentasi proses kegiatan dari awal sampai akhir dilakukan menggunakan kamera/video secara mandiri dan menggunakan jasa profesional. Sedangkan laporan akhir dibuat sesuai format standar pengabdian masyarakat untuk diserahkan pada LP2M UM. Diupayakan semaksimal mungkin untuk publikasi pada jurnal nasional pengabdian masyarakat, HKI, dan artikel dalam media online/cetak, juga video dalam channel youtube.

Tim pengabdian UM juga melakukan survei kepuasan untuk mengukur tingkat kepuasan mitra terhadap kegiatan pengabdian yang telah dilakukan. Survei kepuasan mencakup 3 aspek yaitu tingkat kepuasan masyarakat pesantren, kerapian instalasi, dan kesesuaian energi listrik yang dihasilkan. Setiap aspek diwakili oleh jawaban ya/tidak (biner).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Lokasi mitra berada di kabupaten Malang yang berjarak 18,9 km dari Graha Rektorat Universitas Negeri Malang (Gambar 7). Perjalanan dari UM menuju lokasi mitra dapat ditempuh sekitar 37 menit sampai 1 jam menggunakan kendaraan bermotor, tergantung kepadatan lalu lintas.

Gambar 7. Peta Lokasi Mitra

Pemasangan pembangkit listrik tenaga surya dilakukan pada tanggal 2 September 2020. Gambar 8 menunjukkan proses persiapan pemasangan sistem. Semua bahan dan peralatan diangkut menggunakan kendaraan bak terbuka.

Gambar 8. Persiapan Pemasangan

Pemasangan sistem panel surya dilakukan di pondok pesantren putri. Pemasangan dibagi menjadi 2 tim, yaitu tim pemasangan panel surya di lantai paling atas pondok pesantren dan tim pemasangan boks panel kontrol. Panel surya dipasang dengan sudut kemiringan dan sudut azimuth yang tepat agar panel mampu menerima sinar matahari secara maksimal. Boks panel kontrol dipasang di ruang genset yang digunakan sebagai pusat kontrol kelistrikan pesantren. Gambar 9 menunjukkan proses instalasi boks panel kontrol.

Gambar 9. Instalasi Boks Panel Kontrol

Boks panel kontrol dilengkapi dengan 3 mode, yaitu PLN, panel surya, dan otomatis yang dapat dipilih melalui sakelar selektor. Mode otomatis memungkinkan boks panel memprioritaskan penggunaan energi listrik yang dihasilkan oleh panel surya. Setelah instalasi selesai, terlebih dahulu tegangan keluaran pembangkit listrik diukur untuk mengetahui kesiapannya dihubungkan dengan beban listrik. Setelah pembangkit dinyatakan telah berfungsi dengan baik, pembangkit dihubungkan ke jaringan listrik penerangan pesantren. Energi

listrik yang dihasilkan mampu mencukupi kebutuhan listrik penerangan pesantren.

Tim pengabdian UM tetap memiliki semangat yang tinggi untuk menyelesaikan kegiatan instalasi pembangkit listrik tenaga surya meski situasi pandemik covid-19 masih belum mereda.

Kegiatan dilaksanakan dengan menerapkan protokol kesehatan yang ketat, seperti menggunakan masker, *face shield*, dan selalu membawa *hand sanitizer*. Kini hasil pengabdian telah dapat dirasakan manfaatnya oleh masyarakat pondok pesantren Miftahul Ulum, Sukolilo, Jabung di kabupaten Malang. Tim pengabdian UM juga mengukur tingkat kepuasan mitra melalui survei kepada 45 orang masyarakat pesantren yang dipilih secara acak. Gambar 10 menunjukkan grafik hasil survei kepuasan masyarakat pesantren terhadap pembangkit listrik tenaga surya.

Gambar 10. Respon Masyarakat Pesantren

Survei kepuasan mencakup 3 aspek yaitu kesesuaian energi listrik yang dihasilkan, kerapian instalasi, dan tingkat kepuasan masyarakat pesantren. Setiap aspek diwakili oleh jawaban biner (ya/tidak). Berdasarkan hasil survei, energi listrik yang dihasilkan telah memenuhi kebutuhan penerangan pesantren Miftahul Ulum. Masyarakat pesantren yang telah merasakan manfaat nyata memberikan nilai 86,67.

Instalasi pembangkit tenaga listrik berbasis tenaga surya juga telah dilakukan dengan baik. Hal tersebut ditandai dengan nilai 80 yang diberikan oleh masyarakat pesantren. Secara keseluruhan, nilai 77,78 pada tingkat kepuasan menjadi indikator bahwa penduduk

pesantren merasa puas dengan kegiatan yang telah dilaksanakan.

KESIMPULAN DAN SARAN

Tim pengabdian UM telah berhasil melaksanakan kegiatan instalasi pembangkit listrik tenaga surya di pondok pesantren Miftahul Ulum dengan baik. Pembangkit listrik yang telah dipasang telah berfungsi dan memiliki performa yang baik. Pengabdian yang dilakukan telah mampu memenuhi kontinuitas swadaya listrik pondok pesantren Miftahul Ulum. Masyarakat pondok pesantren Miftahul Ulum telah merasakan manfaat nyata dimana energi listrik yang dihasilkan mampu memenuhi kebutuhan penerangan pondok pesantren. Sesuai dengan kebutuhan masyarakat pesantren, pembangkit listrik tenaga surya yang telah dipasang merupakan teknologi yang ramah lingkungan.

Program berkelanjutan terkait dengan pembangkit listrik tenaga surya sebaiknya bersinergi dengan pemerintah daerah untuk menambah berbagai kebutuhan yang urgen dalam pelaksanaan penyediaan hal tersebut.

DAFTAR PUSTAKA

- Adam, L. (2016). "Dinamika Sektor Kelistrikan Di Indonesia: Kebutuhan dan Performa Penyediaan." *Jurnal Ekonomi LIPI*, 24(1), 29-41.
- Aripriharta. (2018a). *Lampu Jalan Bertenaga Surya Berbasis MPPT Untuk Mushola At-Taqwa, Kelurahan Karang Besuki, Kecamatan Kukun, Kota Malang* (Laporan Pengabdian). Universitas Negeri Malang, Malang.
- Aripriharta. (2018b). *Sistem Pompa DC Bertenaga Surya Berbasis MPPT Untuk Penyediaan Dan Penyimpanan Air Pada Mushola At-Taqwa, Kelurahan Karang Besuki, Kecamatan Sukun, Kota Malang* (Laporan Pengabdian). Universitas Negeri Malang, Malang.
- Aripriharta. (2019). *Penerapan Teknologi Pompa Air Baternaga Surya Berbasis MPPT Pada Pesantren Mafatihul Huda Mantup Lamongan* (Laporan Pengabdian). Universitas Negeri Malang, Malang.
- Barcellona, S., Piegari, L., Musolino, V. & Ballif, C. (2018). "Economic Viability for Residential Battery Storage Systems in Grid-Connected PV Plants." *IET Renewable Power Generation*, 12(2), 135-42. <https://doi.org/10.1049/iet-rpg.2017.0243>
- Basaran, K., Cetin, N. S., & Borekci, S. (2017). "Energy Management for On-Grid and off-Grid Wind/PV and Battery Hybrid Systems." *IET Renewable Power Generation*, 11(5), 642-49. <https://doi.org/10.1049/iet-rpg.2016.0545>
- Bennett, T., Zilouchian, A., & Messenger, R. (2012). "Photovoltaic Model and Converter Topology Considerations for MPPT Purposes." *Solar Energy*, 86(1), 2029–2040.
- Dong., Agamy, M. S., Todorovic, M. H., Liu, X., Garces, L., Zhou, R., & Cioffi, P. (2018). "A PV Residential Microinverter With Grid-Support Function: Design, Implementation, and Field Testing." *IEEE Transactions on Industry Applications*, 54(1), 469-481. <https://doi.org/10.1109/TIA.2017.2752680>
- Goud, P. C. D., & Gupta, R. (2019). "Dual-Mode Control of Multi-Functional Converter in Solar PV System for Small off-Grid Applications." *IET Power Electronics*, 12(11), 2851–2857.
- Green, M. A., Dunlop, E. D., Levi, D. H., Hohl-Ebinger, J., Yoshita, M., & Ho-Baillie, A. W. Y. (2018). "Solar Cell Efficiency Tables (Version 51)." *Progress in Photovoltaics: Research and Applications*, 26(1), 3–12. <https://doi.org/10.1002/pip.3171>
- Jasuan, A., Nawawi, Z., & Samaulah, H. (2018). "Comparative Analysis of Applications OffGrid PV System and On-Grid PV System for Households in Indonesia." *International Conference on Electrical Engineering and Computer Science (ICECOS)*, 253–58. Retrieved from <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/8605263>
- Prakash, S. L., Arutchelvi, M., & Jesudaiyan, A. S. (2016). "Autonomous PV-Array Excited Wind-Driven Induction Generator for Off-Grid Application in India." *IEEE Journal of Emerging and Selected Topics in Power Electronics*, 4(5), 1259-1269. <https://doi.org/10.1109/JESTPE.2016.2579>

678

- Ramadhani, B. (2018). Terbarukan dan Konservasi Energi (DJ EBTKE) *Instalasi Pembangkit Listrik Tenaga Surya Dos & Don'ts*. Jakarta: Energising Development (EnDev) Indonesia.
- Saputra, F. W. Y., Aripriharta., Fadlika, I., Mufti, N., Wibowo, K. H., & Jong, G. J. (2019). "Efficiency Comparison between DC and AC Grid Toward Green Energy In Indonesia." *International Conference on Automatic Control and Intelligent Systems*, 129-134. Retrieved from <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/8825014/>
- Wibowo, K. H., Aripriharta., Fadlika, I., Horng, G. J., Wibawanto, S., & Saputra, F. W. Y. (2019). "A New MPPT Based on Queen Honey Bee Migration (QHBM) in Stand-Alone Photovoltaic." *IEEE International Conference on Automatic Control and Intelligent Systems (I2CACIS)*, 123–28. Retrieved from <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/8825025>
- Zainuri, M. A. A. M., Rahim, N. A., Soh, A. C., & Radzi, M. A. M. (2014). "Development of Adaptive Perturb and Observe-Fuzzy Control Maximum Power Point Tracking for Photovoltaic Boost Dc–Dc Converter." *IET Renewable Power Generation*, 8(2), 183–194. Retrieved from <https://digital-library.theiet.org/content/journals/10.1049/iet-rpg.2012.0362>