Pembangkit Listrik Tenaga Surya Untuk Pompa Air Dan Penerangan Dalam Program Pengabdian Kepada Masyarakat

Fri Murdiya*, Amir Hamzah, Azriyenni, Nurhalim, Firdaus, Suwitno

Fakultas Teknik, Universitas Riau

email: frimurdiya@eng.unri.ac.id

Abstract

Community service program is a mandatory activity for higher education in community empowerment and development. These activities include training programs and application of appropriate technology including the utilization of solar energy for water pumps in orphanages in Rokan Hulu regency and the street lighting program in Simpang Petai village, Kampar regency in Riau province. This activity also considers to the obstacles faced by the community with offering and implementing appropriate technology to them as beneficiaries. This activity takes place with the involvement of students in work and lecture program (KKN) that integrated with community service activities. It is shown that the community as beneficiaries have joined diligently and received assistance with this program by implementation of solar water pump and street lighting. The evaluation of this activity shows that collaboration continues between the community and the Department of Electrical Engineering, Faculty of Engineering, University of Riau and the community feel helped and there is an improvement in the electricity infrastructure in their village. This activity was carried out in a fostered village by the Faculty of Engineering, University of Riau..

Keywords: solar energy, water pump, public lighting, KKN

Abstrak

Pengabdian kepada masyarakat merupakan kegiatan wajib perguruan tinggi dalam pemberdayaan dan pengembangan masyarakat. Kegiatan ini meliputi program pelatihan dan penerapan teknologi tepat guna antara lain Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) untuk pompa air di panti asuhan di kabupaten Rokan Hulu dan program penerangan lampu jalan di Desa Simpang Petai Kabupaten Kampar di provinsi Riau. Kegiatan ini juga mempertimbangkan kendala yang dihadapi masyarakat dengan menawarkan dan mengimplementasikan teknologi tepat guna kepada mereka sebagai penerima manfaat. Kegiatan ini berlangsung dengan adanya keterlibatan mahasiswa dalam program kuliah kerja nyata (KKN) yang terintegrasi dengan kegiatan pengabdian kepada masyarakat. Dari hasil kegiatan ini, masyarakat sebagai penerima manfaat mengikuti program ini dengan tekun dan mendapat bantuan pompa air tenaga surya dan lampu penerangan jalan. Adapun evaluasi kegiatan ini menunjukan kerjasama yang tetap terjalin antara masyarakat dengan jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Riau serta masyarakat merasa terbantu dengan adanya perbaikan infrastruktur kelistrikan di desa mereka. Kegiatan ini dilaksanakan di desa yang merupakan desa binaan Fakultas Teknik Universitas Riau.

Kata Kunci : PLTS, pompa air, lampu jalan, KKN

PENDAHULUAN

Pembangkit listrik tenaga surya (PLTS) merupakan pembangkit listrik yang menkonversikan energi matahari menjadi energi listrik dengan bantuan bahan semikonduktor. PLTS ini mengalami perkembangan sangat pesat

dan teknologinya semakin murah sehingga harga jualnya juga relatif murah. PLTS ini semakin luas penggunaannya untuk mendukung penggunaan peralatan listrik dan elektronik dengan adanya kemajuan elektronika daya yang menkonversikan tegangan rendah PLTS 12 sampai 18Vdc

menjadi tegangan nominal peralatan 220 Vac. PLTS juga merupakan pembangkit listrik energi terbarukan yang tergantung pada intensitas cahaya matahari dan dipengaruhi oleh kondisi cuaca. Namun, energi listrik yang dihasilkan dapat disimpan di dalam baterai yang dapat dimanfaatkan kapan saja. Energi listrik yang tersimpan di dalam baterai dapat dikonversikan dengan menggunakan konverter dan inverter yang berteknologi elektronika daya untuk dapat mendukung peralatan seperti televisi, lampu, pompa air dan lain-lain [1-5].

Komponen utama PLTS adalah modul sel surya atau photovoltaic (PV) yang berfungsi mengubah energi cahaya matahari (foton) menjadi energi listrik di dalam p-n junction dan baterai isi ulang. Listrik yang dibangkitkan adalah listrik arus searah (DC). Kapasitas daya modul PV dapat diukur dalam satuan Watt-peak (Wp) dan merupakan nilai teknis modul sel surya yang menyatakan nilai daya yang bisa dibangkitkan oleh modul sel surya pada saat cahaya matahari yang diterima sebesar 1000 W/m² dan suhu lingkungan 25 °C. Arus listrik DC dan Daya yang dibangkitkan oleh modul sel surya bervariasi menurut besarnya intensitas radiasi matahari yang diterima. Daya listrik keluaran modul sel surya juga dipengaruhi oleh faktor lingkungan (cuaca), sudut kemiringan instalasi dan kebersihan permukaan modul sel surya [5-9].

Gambar 1 memperlihatkan rangkaian pengganti PV dalam susunan satu dioda dan resistor terhubung seri. Dari rangkaian pengganti, diketahui persamaan arus listrik (i) sebagai pada gambar 1. Perhitungan arus diberikan pada persamaan (1-4).[10-13]

Gambar 1. Rangkaian pengganti sel surya.

$$I = I_s - I_0 \left(e^{\frac{q(V + I R_s)}{mkT}} - 1 \right) \quad (1)$$

Pada saat radiasi sinar matahari mengenai sambungan p-n dari semikonduktor, nilai irradiansi dan temperatur adalah sama. Perhitungan nilai resistor terhubung secara seri dari sel surya mengarahkan penggunaan persamaan berulang untuk menghitung nilai arus (I) dalam fungsi tegangan terminal sel surya (V). Perhitungan ini dapat menggunakan metode Newton-Raphson konvergen yang lebih cepat untuk arus positif dan negatif. Arus hubung singkat (I_{sc}) diberikan pada persamaan (2).

$$I_{sc} = I = I_s - I_0 \left[e^{\frac{q(R_s I_{sc})}{mkT}} - 1 \right] \quad (2)$$

Jika nilai resistansi seri (R_s) adalah kecil dan dapat diabaikan, tegangan pada saat rangkaian terbuka V_{oc} dapat dihitung dengan persamaan (3) adalah:

$$V = V_{oc} = \frac{mkT}{q} \ln \left(1 + \frac{I_{sc}}{I_0} \right) \quad (3)$$

Daya output dapat dihitung dengan persamaan (4) adalah:

$$P = V \left[I_{sc} - I_0 \left[e^{\frac{q(V + I R_s)}{mkT}} - 1 \right] \right] \quad (4)$$

Dimana nilai :

- I : arus dari sel surya (A)
- I_{sc} : Arus hubung singkat (A)
- I_s : arus beban (A)
- I_0 : arus saturasi balik (A)
- R_s : tahanan seri (Ohm)

V: tegangan terminal (Volt)

q : muatan listrik (C)

m: Faktor kelengkapan kurva dioda tanpa dimensi

k: konstanta Boltzman : $5,67 \times 10^{-8} \text{ W/m}^2\text{K}^4$

Pada saat dioda mengalami saturasi, arus yang mengalir pada dioda dalam temperatur kerja dari panel sel surya dapat dihitung dengan persamaan (5) yaitu:

$$I_0 = I_0^* \left(\frac{T_C}{T^*} \right)^3 e^{\frac{eq}{mk} \left(\frac{1}{T^*} - \frac{1}{T_C} \right)} \quad (5)$$

Dengan I_0 merupakan arus saturasi dioda pada kondisi nilai awal (A), T_C adalah temperatur pada sambungan p-n sel surya (K) dan T^* merupakan temperatur pada nilai awal di sambungan p-n dari sel surya (K).

Daya yang dibangkitkan oleh sebuah sel surya adalah hasil perkalian antara tegangan terminal pada saat operasi (V) dan arus yang mengalir ke beban dalam keadaan tertutup (I). Kedua parameter ini terukur ketika sel surya dipapar oleh sinar matahari. Berikut adalah kurva karakteristik antara arus dan tegangan dari sel surya yang terlihat pada gambar 2.

Gambar 2. Kurva Karakteristik Sel Surya [10]

Kurva pada gambar 3 menjelaskan bahwa pada saat arus dan tegangan disekitar area titik kerja maksimal (*maximum power Point*) maka akan membangkitkan daya keluaran maksimum (P_{mmp}). Tegangan pada titik *Maximum power Point* (MPP) dengan simbol V_{mmp} adalah lebih kecil daripada tegangan

rangkaian terbuka (V_{oc}) dan arus saat MPP (I_{mpp}) yang juga lebih rendah dari arus hubung singkat/ short circuit (I_{sc}).

Inverter adalah alat yang digunakan untuk mengubah tegangan searah menjadi bolak-balik. Topologi bentuk kerja *Inverter* dapat dilihat pada gambar 9. Persamaan model pensaklaran bentuk kerja *inverter* adalah sebagai berikut pada persamaan (6) dan (7):[14], dimana V_{ab} dan V_{ac} adalah tegangan di terminal a-b dan tegangan sumber dengan satuan Volt (V).

$$v_{ab} = s_{ab} \cdot V_{dc} \quad (6)$$

$$L \frac{di_L}{dt} = v_{ab} - v_{ac} \quad (7)$$

Gambar 3. Bentuk Kerja Inverter

METODE PENGABDIAN

Langkah – langkah yang diperlukan dalam kegiatan pengabdian masyarakat di Desa Binaan Fakultas Teknik Universitas Riau adalah sebagai berikut : membuat pompa air dan lampu penerangan jalan bertenaga surya dihibahkan kepada Desa Binaan Fakultas Teknik Universitas Riau, melakukan analisa, perhitungan dan disain PLTS yang akan dibuat, menyiapkan pompa, inverter, solar panel, lampu LED, baterai akumulator 12 volt 7,5 Ah dan komponen-komponen alat pengisi muatan baterai akumulator sesuai dengan analisa, melakukan pengujian terhadap PLTS yang telah dibuat, melakukan survei ke lokasi-lokasi strategis tempat pelaksanaan kegiatan pengabdian masyarakat, memasang konstruksi tiang PLTS yang

telah dibuat, melakukan pengujian terhadap PLTS telah terpasang, melakukan pemeriksaan/inspeksi terhadap pekerjaan pemasangan dan pengoperasian alat, melakukan evaluasi terhadap kegiatan pengabdian masyarakat.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengembangan Teknologi Mesin Pompa Air Tenaga Surya.

Metode pelaksanaan pengembangan teknologi ini adalah mendesain sistem pompa air berbasis tenaga surya untuk kebutuhan rumah dengan data yang telah diperoleh. Desain ini menghasilkan spesifikasi yang meliputi besar daya pompa, panel surya, baterai, inverter dan pengontrolannya. Diagram rangkaian sistem pompa air tenaga surya dapat dilihat pada gambar 4 dan 5. Gambar detail sistem kerja pengawatan dapat dilihat pada gambar 4 dan 5. Spesifikasi mesin pompa air beserta perlengkapan lainnya adalah sebagai berikut : pompa Air 75watt output 120 Watt tegangan masukan 220VAC, total head 32 meter, daya hisap 9m, daya dorong 23m, solar panel 2x100wp, solar charge controller 20A, pump inverter 300watt, baterai VRLA 7,2 Ah. Pengujian dan perakitan PLTS untuk pompa diberikan pada gambar 6 dan 7.

Gambar 4. rangkaian sistem pompa air tenaga surya.

Gambar 5. Gambar detail sistem kerja pengawatan sistem pompa air tenaga surya.

Gambar 6. Panel kontrol telah terpasang dan sebuah stop kontak

Gambar 7. Pengujian pompa air.

PLTS dalam Sistem Penerangan Jalan

Dalam perancangan pembangkit listrik tenaga surya di Desa Simpang Petai

Kecamatan Rumbio Jaya, dilakukan dengan beberapa tahapan. Pertama-tama adalah penentuan kebutuhan energi listrik yang akan digunakan. Kemudian penentuan kebutuhan kapasitas daya panel surya agar dapat memberikan energi sesuai dengan kebutuhannya. Karena energi surya tersedia pada siang hari dan lampu penerangan digunakan pada malam hari, maka diperlukan suatu media penyimpanan energi sinar matahari siang hari yang akan digunakan pada malam hari melalui sebuah batere yang dapat diisi dan digunakan energinya.

Untuk beban listrik dengan tegangan 12Vdc dan daya listrik 10W yang dinyalakan dari pukul 18:00 petang hari sampai dengan pukul 06:00 pagi hari dengan total jam penggunaan adalah 12 jam, membutuhkan energi sebesar $10W \times 12 \text{ jam} = 120 \text{ Wattjam}$. Kebutuhan energi ini harus tersedia di dalam batere yang menyimpan energi matahari pada siang hari dan akan digunakan pada malam hari selama 12 jam (pukul 18:00 – 06:00 WIB).

Dengan kebutuhan energi harian sebesar 120 Wattjam, maka dengan menggunakan panel surya 12V, 20WP, maka waktu yang diperlukan untuk mengisi energi batere sebanyak 120 Wattjam membutuhkan waktu selama $120 \text{ Wattjam} / 20 \text{ WP} = 6 \text{ jam}$. Dengan sinar matahari efektif dari pukul 07:00 sampai pukul 16:00 dengan durasi 9 jam, maka kebutuhan ini telah tercukupi.

Energi sebesar 120 Wattjam disimpan pada sebuah batere 12V membutuhkan kapasitas Ampere Jam batere sebesar $120 \text{ Wattjam} / 12 \text{ V} = 10 \text{ Ampere.jam}$. Agar proses pengisian batere terjadi secara aman, maka pengisian energi batere dilakukan melalui sebuah regulator pengecasan batere yang mengendalikan tegangan yang masuk ke dalam batere dan mencegah kerusakan batere akibat terlalu kosong atau juga akibat pengecasan berlebihan. Kontruksi lengkap PLTS untuk penerangan dapat dilihat pada gambar 8.

Gambar 8. Panel Surya Lengkap dan Tiang Konstruksi Panel Surya

Ketersediaan pembangkit listrik tenaga surya di Desa Simpang Petai masih sangat rendah. Tim menghadapi kendala dalam penyediaan pembangkit listrik tenaga surya dan membuat 2 unit *prototype*. Untuk penyediaan pembangkit listrik tenaga surya yang memadai di Desa Simpang Petai, kemampuan ekonomi masyarakat desa belum memadai untuk dapat memanfaatkan dan mengembangkan sumber-sumber energi alternatif. Untuk itu keterlibatan pihak swasta dan pemerintah sangat diperlukan agar tercipta masyarakat yang mandiri yang dapat memanfaatkan sumber-sumber energi alternatif yang tersedia di sekitarnya. Dalam implementasi ini, instalasi kelistrikan solar sel untuk penerangan diberikan pada gambar 9.

Gambar 9. Instalasi Penerangan dengan solar sel.

Hasil instalasi PLTS untuk penerangan jalan umum bekerja dengan baik dan dapat dilihat pada gambar 10.

Gambar 10. Penerangan dengan PLTS

SIMPULAN

Dalam menyelesaikan permasalahan penerangan di Desa Binaan Fakultas Teknik Universitas Riau pada lokasi-lokasi yang membutuhkan PLTS untuk mendukung pompa air dan penerangan jalan umum, solusi yang tepat adalah pompa dan penerangan jalan bertenaga surya. Teknik ini merupakan energi baru terbarukan yang memanfaatkan tenaga matahari untuk mengisi batre yang dapat digunakan pada malam hari. Apabila batre

sudah penuh, energinya dapat digunakan untuk dimalam hari sebagai sumber untuk menyalakan pompa selama 3 jam dan lampu LED yang hemat energi selama 12 jam. Untuk mengukur ketercapaian target dari kegiatan ini adalah dengan membandingkan hasil survey daerah yang sangat membutuhkan PLTS di malam hari seperti pompa air di panti asuhan di Rokan Hulu dan lampu penernagan jalan umum di Desa Simpang Petai Kecamatan Rumbio Jaya, sebelum pemasangan lampu jalan bertenaga surya dan setelah pemasangan lampu jalan bertenaga surya. Dari hasil ini, peneliti menyimpulkan kegiatan ini sangat bermanfaat dan mendukung perkembangan infrastruktur desa.

UCAPAN TERIMAKASIH

Terima kasih kepada Lembaga Penelitian dan Pengabdian Kepada Masyarakat (LPPM) Universitas Riau yang telah mendanai program ini melalui nomor kontrak : 868/UN.19.5.1.3/PT.01.03/2020 dan mahasiswa KUKERTA UNRI tahun 2020 yang mendukung kegiatan ini.

DAFTAR PUSTAKA

- [1]. Cellucci, L. Burattini, C. Drakou, D.; Gugliermetti, F, Bisegna, F, de Lieto Vollaro, A. Salata, F, Golasi, I. Urban lighting project for a small town: Comparing citizens and authority benefits. *Sustainability* 2015, 7, 14230–14244. doi:10.3390/su71014230
- [2]. Wahyudi Sutopo, Ika Shinta Mardikaningsih, Roni Zakaria and Ahad Ali. A Model to Improve the Implementation Standards of Street Lighting Based on Solar Energy: A Case Study. *Energies* 2020, 13, 630; doi:10.3390/en13030630
- [3]. Ramadhan, M.; Naseeb, A. The cost–benefit analysis of implementing a photovoltaic solar system in the state of Kuwait. *Renew. Energy* 2011, 36, 1272–

- 1276.doi:10.1016/j.renene.2010.10.004
- [4]. Reid, G.; Wynn, G. The Future of Solar Power in the United Kingdom. *Energies* 2015, 8, 7818–7832.
<https://doi.org/10.3390/en8087818>
- [5]. Escolar, A.G.; Martinez, A.C.; Pulido, J.M.G.; Martinez, J.M.G.; Stapic, Z.; Merodio, J.A.M. A Study to Improve the Quality of Street Lighting in Spain. *Energies* 2015, 8, 976–994.
doi:10.3390/en8020976
- [6]. Morris, M.; Tosunoglu, S. Comparison of Rechargeable Battery Technologies. In Proceedings of the 2012 ASME Early Career Technical Conference, ASME ECTC, Atlanta, GA, USA, 2–3 November 2012.
- [7]. Atikah, N.; Ghabid, A.H.A.; Sutopo, W.; Purwanto, A.; Nizam, M. Technical Feasibility for Technology Commercialization of Battery Lithium-Ion. AIP Conference Proceedings 2217, 030042 (2020).
<https://doi.org/10.1063/5.0000740>
- [8]. Sanaz Ghazi, Kenneth Ip, The effect of weather conditions on the efficiency of PV panels in southeast of UK, *Renewable Energy* 2011, 69, 50–59, DOI: 10.1016/j.renene.2014.03.018
- [9]. Sihombing, D.T.B.; Kasim, S.T. Perencanaan Sistem Penerangan Jalan Umum Dan Taman Di Areal Kampus Usu Dengan Menggunakan Teknologi Tenaga Surya (Aplikasi Di Areal Pendopo Dan Lapangan Parkir). Departemen Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Sumatera Utara. *Singuda Ensikom* 2013, 3, 118–123.
- [10]. Jitendra Bikaneria, Anil Verma. Matlab Based Empirical Model of PV System, *Int J Of Eng Res & Tech* 2018, 2, 349-358
- [11]. Saloux, E., Teyssedou, A. and Sorin, M., “Explicit model of photovoltaic panels to determine voltages and currents at the maximum power point,” *Solar Energy*, Vol. 85, No. 5, pp. 713-722, 2011.
- [12]. Sera, D., Teodorescu, R. and Rodriguez, P., “PV panel model based on datasheet values”, IEEE International Symposium on Industrial Electronics, Vigo, Spain, pp. 2392-2396, 2007. doi: 10.1109/ISIE.2007.4374981.
- [13]. Ma, T., Yang, H. and Lu, L., “Solar photovoltaic system modeling and performance prediction,” *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, Vol. 36, pp. 304-315, 2014. DOI: 10.1016/j.rser.2014.04.057
- [14]. Huanqi Tao, Suyi Liu, Design and Implementation of Digital Control of Photovoltaic Power Inverter, *Procedia Environmental Sciences* 2011, 11, 155-162.
doi:10.1016/j.proenv.2011.12.024