
Pemasangan Sistem *Hybrid* Sebagai Penggerak Pompa Air

Ali Basrah Pulungan, Juli Sardi, Hamdani, Hastuti

^{1,2,3,4}Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Padang

*Corresponding author, e-mail: alibpft@ft.unp.ac.id

Abstrak

Pada umumnya peralatan di rumah menggunakan energi listrik yang berasal dari PLN sebagai BUMN penyedia energi listrik. Namun, di beberapa tempat seperti panti asuhan yang dihuni oleh puluhan bahkan ratusan anak panti memerlukan listrik yang cukup besar, sehingga memberikan sumbangan penambahan biaya operasional. Oleh karena itu, perlu adanya solusi konkret atas permasalahan ini, yaitu berupa sumber listrik alternatif sebagai pengganti suplai dari PLN. Sumber listrik alternatif dapat diperoleh dari energi yang berbasis *renewable energy* seperti energi matahari. Energi matahari adalah pilihan yang tepat, selain ketersediaannya melimpah juga ramah lingkungan. Penerapan teknologi yang dilakukan adalah pemanfaatan panel surya sebagai alat konversi energi matahari menjadi energi listrik untuk sumber listrik pompa air. Hal ini merupakan alternatif solusi yang efektif, hemat, dan efisien. Penggunaan sistem *hybrid* yang diterapkan pada panti asuhan Bundo Saiyo bertujuan sebagai upaya pemanfaatan sumber energi alternatif sekaligus sebagai edukasi dan penambahan pengetahuan praktis bagi anak-anak panti asuhan. Tenaga listrik yang dihasilkan oleh panel surya dijadikan sebagai sumber utama menggantikan PLN. Operasional sistem *hybrid* ini menggunakan Automatic Transfer Switch (ATS), sebagai prioritas adalah sumber listrik dari panel surya dan sumber cadangan adalah PLN. Berdasarkan pengujian sistem diperoleh data tegangan 236 volt dan arus 2 ampere dari sumber panel surya sedang dari sumber PLN tegangan 221,7 volt dan 1.86 ampere. Waktu yang dibutuhkan untuk pemindahan sumber dari panel surya – PLN atau sebaliknya 0,5 detik, sedangkan waktu operasi beban saat Panel surya – PLN tetap 0,5 detik sedangkan PLN – Panel surya 3,5 detik, hal ini terjadi karena proses perubahan nilai tegangan arus searah (DC) 12 volt menjadi tegangan arus bolak balik (AC) 220 volt oleh inverter. Sehingga dapat disimpulkan bahwa pemasangan sistem *hybrid* pada pompa air telah dapat bekerja dengan baik. Penerapan produk teknologi ini telah memberikan manfaat bagi panti asuhan Bundo Saiyo berupa penghematan pemakaian listrik untuk kebutuhan sehari-hari.

Abstract

Generally speaking, the household appliances use electrical energy from PLN as a state-owned electricity provider. However, in some places such as orphanages which are inhabited by tens or even hundreds of orphanage children consume substantial electricity, thus contributing to the addition of operational costs. Therefore, there needs a concrete solution to this problem, namely in the form of an alternative source of electricity as a substitute for energy supply from PLN. The alternative source of electricity can be obtained from renewable energy-based energy such as solar energy. The solar energy is the right choice, besides its abundant availability it is also environmentally friendly. The application of technology is the use of solar panels as a means of converting solar energy into electrical energy for water pumps. This is an alternative solution that is effective, economical, and efficient. The use of a *hybrid* system was implemented at Panti Asuhan Bundo Saiyo, which is aimed at utilizing alternative energy sources as well as education and adding practical knowledge for orphanage children. The generated electricity by solar panels is used as the main source to replace PLN. This *hybrid* system operation uses Automatic Transfer Switch (ATS), which is as priority of the source of electricity from solar panels and the backup source is PLN. Based on testing of the system, obtained the voltage data of 236 volts and current data of 2 amperes from solar panel sources, therefore from PLN sources are the voltage of 221.7 volts and the current of 1.86 amperes. The time which is required to move the source from the solar panel to PLN or vice versa is 0.5 seconds, while the operating time of the load when the solar panel - PLN remains 0.5 seconds, and the PLN - solar panel is 3.5 seconds, this happens because the process of changing the voltage value 12 volt direct current (DC) to 220 volts alternating current (AC) voltage by the inverter. To be concluded that the installation of a *hybrid* system on a water pump has been able to work well. The application of this technology product has provided benefits for Panti Asuhan Bundo Saiyo in the form of saving electricity consumption for daily needs.

Keywords: Alternative Energy, Solar Energy, *Hybrid*, Water Pump

PENDAHULUAN

Kebutuhan akan energi akan selalu bergerak lurus dengan laju pertumbuhan ekonomi dan bertambahnya jumlah penduduk. Sebagaimana yang telah kita ketahui suplay energi masih bergantung kepada PLN. Atas dasar ini timbullah kesadaran perlu dieksplorasi sumber energi alternatif yang ramah lingkungan yaitu energi terbarukan. Sumber energi ini berasal dari alam dan sifatnya berkelanjutan seperti matahari, angin, dan air. Energi terbarukan dapat diaplikasikan dimana saja termasuk di rumah. Khusus untuk pemanfaatan energi matahari menjadi hal yang menarik dan populer, sehingga banyak konsumen secara mandiri memanfaatkan energi ini sebagai sumber energi alternatif, terutama sekali untuk penerangan. Hal ini disebabkan ketersediaan teknologi untuk konversi energi matahari menjadi energi listrik yaitu panel surya sangat mudah didapatkan[1][2][3][4].

Rumah pada umumnya menggunakan energi listrik yang berasal dari PLN sebagai BUMN utama yang menyuplai listrik. Ketika rumah dijadikan panti asuhan atau tempat ibadah tentu memerlukan listrik yang sangat besar dalam mencukupi kebutuhan listrik sehari-hari. Penambahan beban listrik ini akan berpengaruh terhadap biaya yang harus dikeluarkan setiap bulannya. Disamping itu, disaat terjadi gangguan listrik dari PLN maka akan mengganggu aktifitas sehari-hari, salah satu contohnya jika menggerakkan pompa air dengan listrik namun saat terjadi pemadaman karena berbagai hal maka kegiatan yang berhubungan dengan air tidak dapat dilakukan[2]. Oleh karena itu, untuk mengatasi hal tersebut dapat dilakukan dengan pemanfaatan energi terbarukan, seperti energi matahari. Penggunaan sumber energi dari dua jenis pembangkit yang berbeda sering disebut sistem *hybrid*. Sistem *hybrid* ini menjadi salah satu solusi untuk menjawab permasalahan biaya operasional yang dikeluarkan [5].

Namun, beberapa kelompok konsumen yang seharusnya sangat membutuhkan sumber energi alternatif, ternyata masih banyak yang belum memanfaatkan, seperti Panti Asuhan Bundo Saiyo. Panti asuhan ini berlokasi di Kelurahan Balai Gadang, Kecamatan Koto Tangah, kota Padang. Sekarang ini jumlah anak di panti asuhan bundo saiyo 45 orang dan setiap tahun mengalami peningkatan. Daya listrik yang terpasang untuk gedung panti adalah 2200 VA dengan biaya minimal yang dikeluarkan adalah minimal Rp.750.000,- setiap bulan tergantung pemakaian sehari-hari. Untuk panti asuhan yang termasuk kategori sosial, biaya listrik sebesar itu cukup memberatkan. Karena masih banyak kebutuhan lain yang harus dibayarkan setiap bulan. Khusus pemakaian listrik, selain digunakan untuk penerangan malam hari juga digunakan untuk menghidupkan pompa air listrik yang menjadi kebutuhan paling utama.

Besarnya biaya listrik dipengaruhi oleh pemakaian pompa air yang cukup besar. Hal ini, disebabkan sumber air untuk panti hanya diperoleh dari pompa air yang digunakan untuk keperluan sehari-hari, seperti mandi, mencuci pakaian, memasak dan lainnya. Pompa air ini diperkirakan masing-masing beroperasi lebih kurang 5,5 jam perhari. Jika dilihat dari uraian permasalahan tersebut, salah satu solusi yang dapat dilakukan adalah mengurangi pemakaian listrik untuk pompa air. Ini dapat dilakukan dengan pemanfaatan energi matahari yang ramah lingkungan sebagai sumber energi utama dan juga sumber energi PLN sebagai cadangan. Secara umum kinerja pompa air tenaga Surya dapat berjalan baik apabila mendapatkan radiasi sinar matahari yang cukup [6]. Studi literatur terhadap penerapan teknologi yang dilakukan sangat membantu dalam membuat pompa air bertenaga matahari atau tenaga surya [1][6][7].

Penarapan produk teknologi pada kegiatan ini merupakan pemanfaatan dua sumber energi yang berbeda untuk melayani satu jenis beban yang sama yaitu pompa air sering disebut sistem *hybrid*. Sistem ini terdiri dari sumber tenaga surya sebagai sumber utama dan prioritas dan PLN sebagai cadangan. Pada saat cuaca kurang mendukung yang dapat mengganggu pengisian energi dari panel surya ke baterai maka sumber dari PLN akan menggantikan

sumber energi sehingga pompa air tetap dapat memenuhi kebutuhan air. Namun disaat pengisian baterai sudah mampu menggerakkan pompa, maka sumber energi yang digunakan kembali ke tenaga surya secara otomatis.

Panel surya merupakan elemen aktif yang mengubah cahaya matahari menjadi energi listrik. Prinsip kerja suatu panel surya adalah memanfaatkan efek *photovoltaic* yang dapat mengubah secara langsung cahaya matahari menjadi suatu energi listrik. Dalam berbagai penggunaan, panel surya dengan daya ± 50 Wp dan ketebalan 0.3 mm pada penyinaran 1000 W/m² dengan tegangan 16.8 Volt memungkinkan untuk melakukan pengisian baterai 12 Volt [8][7]. Penggunaan teknologi panel surya juga dapat dimanfaatkan sebagai energi penggerak pompa air yang dapat menggantikan sumber listrik konvensional berbasis diesel, gas dan batu bara[9][10][11] [12].

Baterai merupakan merupakan sumber listrik DC yang dapat digunakan sebagai alat penyimpan daya yang dihasilkan oleh panel surya[13]. Sumber energi yang dihasilkan panel surya sangat tergantung dengan sinar matahari, sehingga pada saat penyinaran baik, maka energi listrik yang dihasilkan akan berlimpah, ini dapat disimpan pada baterai. Daya yang disimpan ini dapat digunakan saat periode radiasi matahari rendah atau malam hari [14]. Komponen baterai dinamakan akumulator, baterai yang umum digunakan dalam aplikasi surya adalah baterai yang bebas dari timbal asam (maintenance-free lead -acid batteries). Umumnya untuk penggunaan baterai dengan kapasitas 105 Ah digunakan tipe *battery deep cycle* [7].

Charge Controller adalah peralatan yang mengatur arus DC yang masuk dari panel surya dan keluar dari baterai menuju beban yang terlebih dahulu melewati inverter jika berbeban AC. Charge controller menerapkan teknologi Pulse Width Modulation (PWM) untuk mengatur fungsi pengisian baterai dan pembebasan arus dari baterai ke beban. Panel surya dengan tegangan 12 Volt mempunyai tegangan keluaran 16 – 21 Volt. Fungsi lainnya untuk menghindari overcharging dan overvoltage, jika baterai sudah penuh maka listrik dari panel surya tidak akan dialirkan ke baterai dan sebaliknya. Kemudian dari baterai ke beban, jika listrik dalam baterai tinggal 20 - 30 % maka listrik ke beban otomatis dimatikan [7]

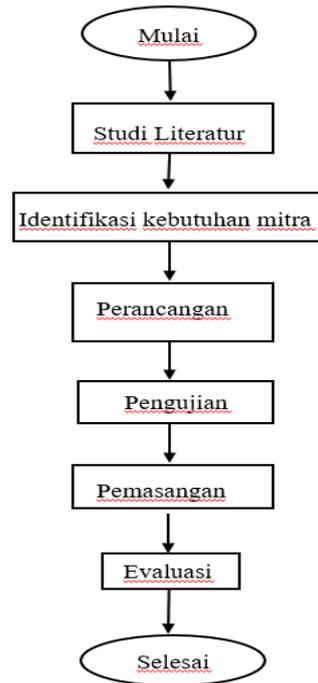
Inverter adalah perangkat elektronika yang dipergunakan untuk mengubah tegangan DC (Direct Current) menjadi tegangan AC (Alternating Current). Sumber tegangan input inverter dapat menggunakan baterai, tenaga surya, atau sumber tegangan DC lainnya [14]. Karena motor induksi yang digunakan membutuhkan tegangan AC, maka tegangan DC yang dihasilkan panel surya perlu dikonversi ke bentuk AC menggunakan inverter. Inverter yang digunakan pada penerapan teknologi ini akan mengkonversi tegangan DC 12 Volt menjadi tegangan AC 220 Volt, sesuai dengan tegangan nominal motor.

Automatic Transfer Switch (ATS) merupakan peralatan yang dilengkapi dengan tuas change over switch antara dua sumber daya listrik yang berbeda, dalam hal ini adalah baterai dan PLN. ATS ini dipasang pada box panel untuk mengganti arus listrik dari baterai ke PLN secara otomatis, saat daya listrik dari baterai tidak mencukupi yang disebabkan pengisian dari panel surya berkurang.

METODE

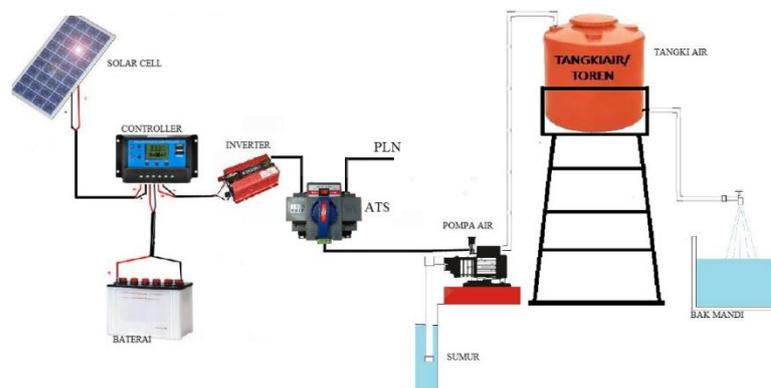
Dalam kegiatan pengabdian ini, metode pelaksanaan yang dilakukan berupa perancangan dan pemasangan sistem *hybrid* panel surya - PLN sebagai penggerak pompa air. Pompa air yang digunakan merupakan motor listrik arus bolak balik (AC) satu fasa. Pelaksanaan kegiatan program pengabdian masyarakat direncanakan dalam beberapa tahapan kegiatan dengan mensinergikan aktifitas pelaksana dan mitra. Tahap awal terdiri dari pengumpulan bahan referensi dan studi literatur. selanjutnya mengidentifikasi kebutuhan mitra, kebutuhan

peralatan, perancangan, sistem *hybrid* tenaga surya – PLN, pemasangan di lokasi mitra dan uji operasional alat serta evaluasi kinerja alat, sebagaimana ditunjukkan pada gambar...



Gambar 1. Diagram alir pengabdian

Perancangan sistem *hybrid* yang dipasang disesuaikan dengan kapasitas penampung air dan daya motor listrik sebagai pompa air yang digunakan di panti asuhan bundo saiyo. Berikut ini gambar skema sistem *hybrid* yang digunakan untuk pompa air.



Gambar 2. Skema instalasi Pompa air menggunakan sistem *hybrid* panel surya-PLN

Semua peralatan terlebih dahulu diuji di laboratorium konversi energi Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Negeri Padang. Pengujian dilakukan untuk memastikan bahwa peralatan yang akan digunakan sudah dapat bekerja dengan baik sesuai fungsi masing-masing. Pengujian ini dilakukan meliputi pengujian panel surya, Baterai, kontroler, ATS dan inverter. Pengukuran dilakukan menggunakan Power Quality Analyzer untuk mengukur parameter kualitas daya listrik satu fasa atau tiga fasa. Berikut ini daftar spesifikasi peralatan yang digunakan.

Tabel 1. Spesifikasi peralatan yang digunakan.

No.	Peralatan		Volume
	Nama Barang	Spesifikasi	
1.	Panel surya	Monocrystalline silicon 150 Wp, Cells 36 PCS, Size 1476 mm x 671 mm x 30 mm.	1
2.	Inverter	1 Fasa, Rated Power 500 W, Output: waveform sine wave, Output voltage 220 V/230 V, Output Frequency 50 Hz, Rated Voltage 12 V, Max Input Current 52 A,	1
3.	Solar Charger Controller	Max solar panel input Voltage 50 V, rated voltage 12 V - 24 V auto work	1
4.	Baterai	Amaron BH65D26L, Zero maintenance	1
5.	Dual Power Automatic Transfer Switch (ATS)	Max I = 63 A, AC 50 Hz, 230 V, Waktu pindah < 4 s	1
6.	Motor Induksi	Satu fasa, 220V	

Panel surya dipasang di lantai atap bangunan asrama panti asuhan Bundo Saiyo yang juga merupakan letak tangki penampungan air. Hal ini tentu akan memudahkan pelaksanaan pemasangan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

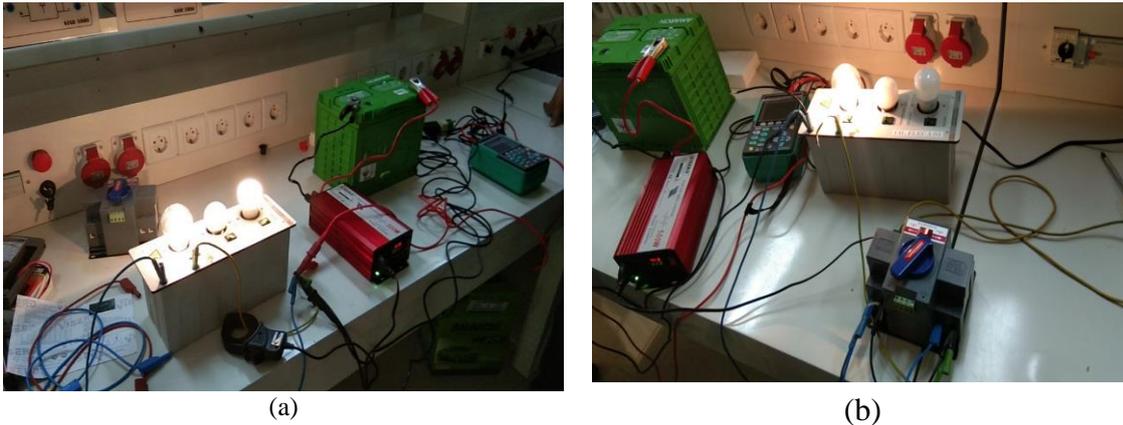
Kegiatan pemasangan produk teknologi berupa sistem *hybrid* pada pompa air di Panti Asuhan Bundo Saiyo telah dilaksanakan pada tanggal 28 september 2019 pelaksanaan kegiatan ini berjalan lancar. Hal ini disebabkan karena persiapan yang telah dilakukan dengan baik, seperti ketersediaan hand tools dan kondisi peralatan yang baik karena telah melalui pengujian di laboratorium. Beberapa kegiatan yang dilakukan akan diuraikan pada bagian berikut.

A. Pengujian sistem *hybrid* dilaboratorium

Pengujian alat dilakukan untuk mengetahui apakah alat dapat bekerja sesuai dengan yang direncanakan. Pengujian dilakukan di laboratorium konversi energi listrik Teknik Elektro UNP, yaitu pengujian berbeban terdiri dari beban lampu dan motor induksi satu fasa. Alat ukur yang digunakan pada pengujian ini terdiri dari ampere meter dan Power Quality Analyzer. Alat ukur ini dapat menampilkan gelombang arus dan tegangan yang dihasilkan system hibrid panel surya - PLN. Berikut ini hasil masing-masing pengujian;

Tabel 2. Hasil Pengujian di Laboratorium

No.	Jenis Beban	Tegangan (V)		Arus (A)	Sumber Tegangan
		Input (DC)	Output (AC)		
1	Lampu 3 buah (31 Watt)	12,3	221,2	0,11	Panel surya
		-	220,7	0,14	PLN
2.	Motor Induksi Satu Fasa	12,3	221,2	1,56	Panel Surya
		-	233	1,79	PLN



Gambar 3. Pengujian system hybrid Panel Surya – PLN beban lampu (a) sumber tegangan dari Panel surya (b) sumber tegangan dari PLN



Gambar 4. Pengujian system hybrid Panel Surya – PLN beban motor

B. Pemasangan sistem *hybrid* di Panti Asuhan Bundo Saiyo

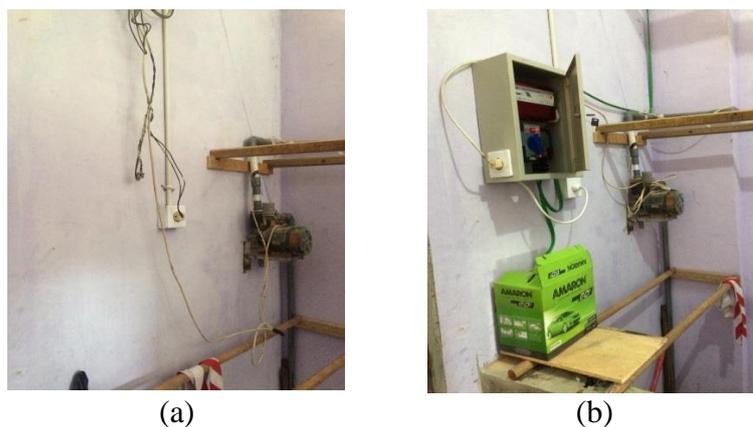
Tahapan penting pada kegiatan ini berupa pemasangan sistem *hybrid* dilokasi mitra. Panti asuhan bundo saiyo sebagai mitra memiliki sumber air dari tanki penampungan yang pengisiannya menggunakan pompa air motor induksi satu fasa 220 volt. Pemasangan produk teknologi sistem *hybrid* ini terdiri dari pemasangan panel surya, baterai dan pemasangan box panel yang berisi inverter, ATS dan solar charger controller, kotak kontak dan terminal.



Gambar 5. Susunan komponen pada box panel



Gambar 6. Pemasangan panel surya



(a)

(b)

Gambar 7. Kondisi tempat sebelum dan sesudah pemasangan box panel
(a) sebelum pemasangan (b) sesudah pemasangan

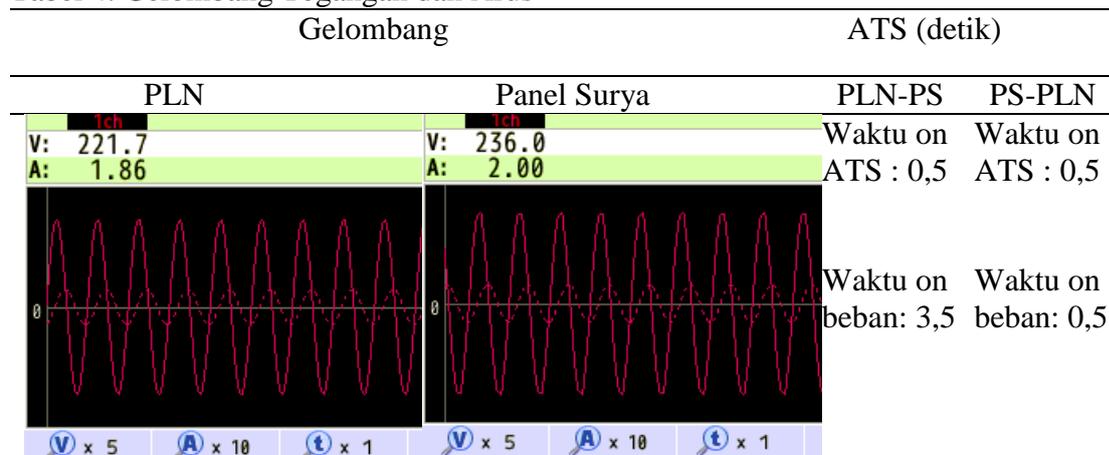
C. Pengujian sistem *hybrid* di lokasi mitra

Pengujian penerapan produk teknologi berupa sistem *hybrid* dilakukan langsung di lokasi mitra setelah semua peralatan dan instalasi komponen terpasang. Selanjutnya dilakukan pengujian pada pompa air untuk pengisian tanki penampungan, Panel Surya (PS) atau PLN dijadikan sebagai sumber tegangan. Simulasi kinerja power automatic switch (ATS) dilakukan dengan on-off pada salah satu sumber tegangan. Panel surya dijadikan sebagai sumber utama dan PLN sebagai sumber cadangan, pada saat daya tersedia dari panel surya posisi ATS ‘on’ pada sumber panel surya. Jika daya tidak mencukupi atau tidak tersedia dari panel surya, maka posisi ‘on’ ATS berpindah ke sumber PLN. Selanjutnya pada saat kedua sumber tersedia, posisi on ATS pada sumber panel surya. Berikut ini tabel hasil pengujian sistem *hybrid* pada pompa air di panti asuhan Bundo Saiyo.

Tabel 3. Hasil Pengujian di Lokasi Mitra

No.	Jenis Beban	Tegangan (V)		Arus (A)	Sumber Tegangan
		Input (DC)	Output (AC)		
1.	Motor Induksi Satu Fasa	12,5	236,0	2,0	Panel Surya
		-	221.7	1,86	PLN

Tabel 4. Gelombang Tegangan dan Arus



Berdasarkan hasil pengujian diperoleh perbedaan data tegangan dan arus dengan kapasitas motor induksi sebagai pompa air. Berdasarkan spesifikasi arus motor 1,3A sedangkan hasil pengukuran dari sumber PLN 1,86A dan panel surya 2A. Sedangkan untuk tegangan sumber PLN 221,7V dan sumber panel surya 236,0V dispesifikasi motor 220V. Perbedaan nilai arus dan tegangan ini masih dalam batas toleransi dan tidak akan mengganggu kinerja motor, hal ini telah dibuktikan dengan beroperasinya pompa air secara baik dan dapat mengisi penampungan air. Sedangkan waktu dibutuhkan pada saat perpindahan sumber tegangan dari panel surya ke PLN, ATS beroperasi untuk memindahkan posisi dengan waktu 0,5 detik sama dengan waktu PLN ke panel surya. Perbedaan terjadi pada saat operasi beban, yaitu perpindahan dari sumber PLN ke panel surya butuh waktu 3,5 detik untuk motor dapat beroperasi normal. Sedangkan pada saat sebaliknya, beban beroperasi langsung saat ATS sudah berpindah. Perbedaan waktu ini terjadi karena proses perubahan tegangan 12V DC menjadi 220V AC melalui inverter. Secara umum kondisi ini tidak mengganggu kinerja motor sebagai pompa air.

PENUTUP

Pemanfaatan tenaga surya untuk pompa air otomatis dirancang untuk memenuhi kebutuhan air dan meringankan beban biaya listrik yang harus dibayar oleh Panti Asuhan Bundo Saiyo sebagai mitra. Pengoperasian pompa air dilakukan dengan pemanfaatan sistem *hybrid* panel surya – PLN. Sistem ini telah beroperasi dengan baik dan dapat mengoperasikan pompa air secara otomatis dengan sumber utama dari panel surya sedangkan sumber PLN sebagai cadangan. Data pengujian menunjukkan bahwa kedua sumber ini telah mampu mengoperasikan pompa air secara baik dan pengisian air pada tanki penampungan telah berlangsung dengan baik.

Panti Asuhan bunda saiyo sebagai mitra sangat mengapresiasi kegiatan ini dan berharap kegiatan sejenis pada tahun berikutnya tetap dapat dilaksanakan. hal ini, disebabkan masih adanya dua pompa air lagi yang belum dioperasikan dengan sistem *hybrid*.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] A. Rettop and R. Waremra, "Pompa Air Bertenaga Energi Matahari (Solar Cell) Untuk Pengairan Sawah," *J. Sci. Educ. MUSAMUS*, vol. 1, no. Nomor 2, April 2019, pp. 46–52, 2019.
- [2] A. Effendi and F. Raynaldi, "Analisa Perhitungan Pompanisasi Irigasi Dengan Menggunakan Tenaga Panel Surya Di Daerah Koto Baru Simalanggang Payakumbuh," vol. 7, no. 2, pp. 128–132, 2018.
- [3] W. Yandi, S. Syafii, and A. B. Pulungan, "Tracker Tiga Posisi Panel Surya untuk Peningkatan Konversi Energi dengan Catu Daya Rendah," *J. Nas. Tek. Elektro*, vol. 6, no. 3, p. 159, 2017.
- [4] A. B. Pulungan, S. Juli, Hastuti, S. Islami, and Hamdani, "Pemasangan Solar Cell Untuk Kapal Nelayan," *J. Inf. Technol. Comput. Sci.*, vol. 2, no. 2, Desember 2019, pp. 1689–1699, 2019.
- [5] B. Haryanto, "Optimasi Pembangkit Hybrid PLN - Solar Cell Pada Aplikasi Home Industry," Yogyakarta, 2018.
- [6] C. Apriowo, E. Teguh, and M. Anwar, "Prototype Sistem Pompa Air Tenaga Surya Untuk Meningkatkan Produktivitas Hasil Pertanian," *ABDIMAS*, vol. 21, no. No. 2 Desember 2017, pp. 97–101, 2017.
- [7] Subandi; and S. Hani, "Pembangkit Listrik Energi Matahari Sebagai Penggerak Pompa Air Dengan Menggunakan Solar Cell," *J. Teknol. Technoscientia*, vol. 7, no. 2, pp. 157–163, 2015.
- [8] R. As Sadad and Iswanto, "Peranan Teknologi Solar Cell dalam Peningkatan Daya Saing Usaha Kecil dan Menengah," *J. Ilm. Semesta Tek.*, vol. 14, no. 1, pp. 58–63, 2011.
- [9] V. C. Sontake and V. R. Kalamkar, "Solar photovoltaic water pumping system - A comprehensive review," *Renew. Sustain. Energy Rev.*, vol. 59, pp. 1038–1067, 2016.
- [10] G. Li, Y. Jin, M. W. Akram, and X. Chen, "Research and current status of the solar photovoltaic water pumping system – A review," *Renew. Sustain. Energy Rev.*, vol. 79, no. December 2016, pp. 440–458, 2017.
- [11] Usman, A. Sunding, and A. N. Parawangsa, "Analisis Kinerja dan Ekonomi Sistem Pompa Air Tenaga Surya Skala Laboratorium Abstrak," *J. Teknol. Terap.*, vol. 4, no. 1, Maret 2018, pp. 12–18, 2018.

-
- [12] Krismadinata, Aprilwan, and A. B. Pulungan, "Rancang Bangun Sistem Monitoring Simulator Modul Surya," *Pros. - Semin. Nas. Tek. Elektro UIN Sunan Gunung Djati Bandung*, no. Seminar Nasional Teknik Elektro UIN Sunan Gunung Djati Bandung (SENTER 2018), pp. 192–201, 2018.
- [13] T. Thamrin, Erlangga, and W. Susanty, "Implementasi Rumah Listrik Berbasis Solar Cell," *J. Sist. Inf. dan Telemat.*, vol. 9, no. 2, pp. 178–185, 2018.
- [14] D. Wijayanto and I. Widiastuti, "Pompa Air Bertenaga Hibrid Untuk Irigasi Tanaman Buah Naga," *J. Mech. Eng. Educ.*, vol. 1, no. 2, Desember 2016, pp. 169–178, 2016.

Biodata Penulis

Ali Basrah Pulungan, lahir di Hutanaingkan, 12 Desember 1974. Sarjana Teknik di Jurusan Teknik Elektro di Universitas Sumatera Utara 1999. Magister Teknik di Universitas Gadjah Mada di tahun 2007. Staf pengajar di Jurusan Teknik Elektro FT UNP sejak tahun 2003 – sekarang

Juli Sardi, lahir di Pulau Punjung, 18 Juli 1987. Sarjana Pendidikan di Jurusan Teknik Elektro FT UNP 2010. Tahun 2013 memperoleh gelar Master Teknik di jurusan Teknik Elektro Pasca sarjana ITS. Staf pengajar di jurusan Teknik Elektro FT UNP sejak tahun 2014- sekarang

Hamdani, orang Batusangkar lahir 6 Juni 1988. Setelah menamatkan kuliah S2 di magister Fakultas Teknik Universitas Negeri Padang kemudian menjadi salah satu staf pengajar di Jurusan Teknik Elektro FT UNP sejak tahun 2015 - sekarang