

Penerapan Teknologi PV-SHS sebagai Penyedia Listrik Bertenaga Matahari di Kabupaten Kutai Kartanegara: Studi Kasus Wilayah Desa Jonggon Jaya

Dadan Hamdani¹, Rahmawati², Nanda Khoirunisa³, Lambang Subagiyo⁴

^{1,2,3}Jurusan Fisika, FMIPA, Universitas Mulawarman Samarinda

⁴Program Studi Pendidikan Fisika, FKIP, Universitas Mulawarman Samarinda

¹dadanhamdani@fmipa.unmul.ac.id

Received: 3 Oktober 2022; Revised: 4 Juni 2023; Accepted: 21 September 2023

Abstract

Geographical constraints are the main factor hampering the distribution of PLN in meeting community's electricity needs in Jonggon Jaya Village, Loa Kulu District, Kutai Kartanegara Regency. So, to meet the needs of electrical energy by using a Genset. This activity aims to provide alternative solutions for alleviating electrification problems by applying PV-SHS (Photovoltaic-Solar Home System) technology that utilizes solar energy sources that are converted directly into electrical energy. Stages of activities carried out in realizing it, including assembling the PV-SHS System, testing functionality, and calculating the estimated electrical energy needs according to daily needs. The resulting PV-SHS system is a modular device consisting of a PV module, charge controller, inverter, and loading system in the form of a compatible device as a generator of electrical energy. The results of the functionality test show that the performance test of the PV-SHS System has a high potential to be developed in this area. In addition, efforts to reduce investment costs are carried out by figuring out how much electricity is needed each day to avoid oversizing in the design and implementation.

Keywords: *PV-SHS; electrical energy; design; functionality test*

Abstrak

Kendala geografis merupakan faktor utama terhambatnya distribusi PLN dalam memenuhi kebutuhan listrik masyarakat di Desa Jonggon Jaya, Kecamatan Loa Kulu, Kabupaten Kutai Kartanegara. Sehingga untuk memenuhi kebutuhan energi listrik dilakukan dengan menggunakan Genset. Kegiatan ini bertujuan untuk memberikan solusi alternatif bagi pengentasan masalah elektrifikasi dengan penerapan Teknologi PV-SHS (*Photovoltaic-Solar Home System*) yang memanfaatkan sumber energi matahari yang dikonversi langsung menjadi energi listrik. Tahapan kegiatan yang dilakukan dalam merealisasikannya, diantaranya perakitan Sistem PV-SHS, uji fungsionalitas dan perhitungan perkiraan kebutuhan energi listrik sesuai kebutuhan sehari-hari. Perangkat Sistem PV-SHS yang dihasilkan merupakan perangkat modular yang terdiri dari modul PV, charge controller, inverter, dan sistem beban (*loading*) dalam bentuk perangkat yang kompatibel sebagai penghasil energi listrik. Hasil uji fungsionalitas menunjukkan bahwa pengujian kinerja Sistem PV-SHS berpotensi tinggi untuk dikembangkan di daerah ini. Selain itu, upaya untuk menekan biaya investasi dilakukan dengan perhitungan perkiraan kebutuhan energi listrik harian untuk menghindari terjadinya *over-sizing* pada perancangan dan implementasinya.

Kata Kunci: *PV-SHS; energi listrik; perancangan; uji fungsionalitas*

Penerapan Teknologi PV-SHS sebagai Penyedia Listrik Bertenaga Matahari di Kabupaten Kutai Kartanegara: Studi Kasus Wilayah Desa Jonggon Jaya

Dadan Hamdani, Rahmawati, Nanda Khoirunisa, Lambang Subagiyo

A. PENDAHULUAN

Secara geografis Kabupaten Kutai Kartanegara merupakan salah satu daerah otonom di Wilayah Provinsi Kalimantan Timur dengan luas wilayah 27.263,10 km² dan luas perairan sekitar 4.097 km² yang dibagi dalam 18 wilayah kecamatan dan 225 desa/kelurahan dengan jumlah penduduk mencapai 729.382 jiwa (BPS Kabupaten Kutai Kartanegara Dalam Angka, 2021). Kecamatan Loa Kulu sebagai bagian dari Wilayah Kabupaten Kutai Kartanegara dengan luas wilayah 1.045,70 km² dan jumlah penduduk 52.376 jiwa yang tersebar di 15 desa/kelurahan dengan kepadatan penduduk sekitar 50 jiwa/km², seperti ditunjukkan pada Gambar 1 (BPS, Kecamatan Loa Kulu Dalam Angka, 2021). Sebagian besar penduduk di Kecamatan Loa Kulu menjalani kehidupan bercocok tanam, perkebunan, peternakan, dan perikanan sebagai salah satu profesi utama dalam menopang kehidupan mereka. Persebaran jumlah penduduk dengan luas wilayah Kecamatan Loa Kulu yang cukup luas ditambah dengan jalur transportasi darat yang sebagian merupakan wilayah tambang yang berimbas pada masalah pemenuhan kebutuhan sehari-hari, termasuk di antaranya adalah kebutuhan energi listrik. Dari 15 desa tersebut, salah satu di antaranya adalah Desa Jonggon Jaya yang berjarak sekitar 58 Km dari Ibukota Kecamatan Loa Kulu, yaitu Desa Loa Kulu Kota.

Salah satu kendala yang dihadapi oleh daerah-daerah di wilayah Desa Jonggon Jaya adalah pasokan listrik sebagian besar belum terjangkau oleh distribusi dari jaringan listrik PLN karena secara geografis daerah termasuk kategori daerah-daerah terpencil. Pemenuhan energi listrik diperoleh dari pengoperasian Genset yang dioperasikan pada pukul 18.00-07.00, dioperasikan baik secara pribadi maupun berkelompok. Hal ini merupakan suatu kendala yang sangat besar, karena harga BBM untuk keperluan Genset tergolong sangat mahal dan sulit didapatkan untuk desa-desa terpencil akibat akses darat sulit dijangkau. Permasalahan ini harus menjadi prioritas penanganan karena menyangkut pemerataan

pembangunan ke wilayah terpencil termasuk di Desa Jonggon Jaya untuk dapat meningkatkan kesejahteraan dalam upaya mendukung desa swasembada energi.



Gambar 1. Peta administrasi Kabupaten Kutai Kartanegara

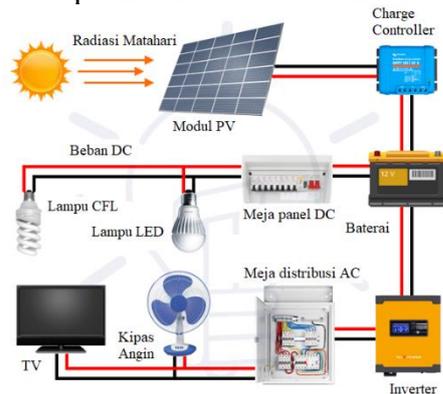
Pengembangan energi terbarukan yang bersumber dari energi matahari, salah satu di antaranya Teknologi Fotovoltaik (PV) berdasarkan uraian di atas sangat potensial untuk mengatasi permasalahan kelistrikan di daerah-daerah terpencil. Penelitian dan pengembangan teknologi PV terus dilakukan berdasarkan berbagai sudut pandang, di antaranya pengembangan jenis dan tipe PV untuk meningkatkan efisiensi konversinya, kajian sosio-ekonomi, aspek penerapan berdasarkan faktor yang mempengaruhinya, kondisi cuaca wilayah setempat, dan sebagainya. Penerapan teknologi Fotovoltaik (PV) untuk pemenuhan energi listrik memberi keuntungan besar, selain operasionalnya tidak menghasilkan emisi GRK secara langsung, perawatan dan operasional relatif mudah dilakukan juga efisiensi konversi semakin meningkat dan biaya investasi menurun (Benavente et al., 2019; El-houari et al., 2019).

Penerapan teknologi PV-SHS (*Photovoltaic-Solar Home System*) sebagai sumber energi listrik bertumpu pada pemanfaatan modul PV untuk mengonversi cahaya matahari secara langsung menjadi daya

listrik. Komponen sistem PV merupakan sistem modular yang terdiri dari modul PV, sistem elektronik (*charge controller*, inverter DC/AC), sistem penyimpanan energi (*battery banks*), dan sistem beban (*load*) yang terinstalasi secara *off grid* skala kecil (Ghaib & Ben-Fares, 2017; Iqbal & Iqbal, 2019). Mengingat penerapan teknologi ini membutuhkan pengetahuan dan keterampilan khusus, terutama dalam pengenalan dan cara kerja komponen sistem PV, serta instalasi sistem, sangat perlu dilakukan pendampingan berupa pelatihan perakitan dan pemeliharaan.

B. PELAKSANAAN DAN METODE

Sasaran dari kegiatan Penerapan Teknologi PV-SHS ini adalah masyarakat di Wilayah Desa Jonggon Jaya, Kecamatan Loa Kulu, Kabupaten Kutai Kartanegara yang memerlukan penanganan prioritas elektrifikasi yang ditetapkan berdasarkan hasil survei.



Gambar. 2 Skematik Sistem PV-SHS *Off Grid* Skala Kecil

Permasalahan utama yang dihadapi oleh masyarakat adalah penerapan Sistem PV-SHS *off grid* untuk kelistrikan masih dianggap sebagai pengetahuan baru, serta membutuhkan wawasan dan keterampilan khusus. Upaya pemanfaatan sumber energi listrik yang ramah lingkungan ini telah berhasil diterapkan dalam bentuk paket teknologi PV berupa prototipe sistem PV dalam kemasan yang praktis dan kompatibel yang dapat menghasilkan energi listrik skala kecil, seperti ditunjukkan pada Gambar 2 (Hamdani, et al., 2016).

Metode yang digunakan dalam pelaksanaan kegiatan Penerapan Teknologi PV-SHS skala kecil, meliputi identifikasi

permasalahan, usulan pemecahan masalah, dan pendampingan. Analisis pemecahan masalah dilakukan dengan analisis deskriptif sederhana yang mengacu pada skala prioritas kebutuhan dalam penyelesaian masalah (Febri, et al., 2022). Tahapan proses yang dilakukan meliputi perakitan, uji fungsionalitas dan perhitungan ukuran Sistem PV-SHS berdasarkan kebutuhan energi harian

C. HASIL DAN PEMBAHASAN

Tahapan proses pada kegiatan pengabdian masyarakat dalam penerapan Sistem PV-SHS sebagai penghasil energi listrik secara langsung di Desa Jonggon Jaya, Kecamatan Loa Kulu Kabupaten Kutai Kartanegara dijabarkan dalam uraian di bawah ini.

Perakitan Sistem PV-SHS

Dengan mengacu pada Gambar 2, maka proses perakitan Sistem PV-SHS dilakukan dengan instalasi dari perangkat sistem secara modular, di mana konversi ini menghasilkan tegangan DC yang dapat langsung digunakan sebagai sumber energi atau disimpan dalam sistem *battery banks* dalam bentuk energi listrik. Penggunaan Sistem PV-SHS untuk suplai energi listrik skala rumah tangga dilakukan dengan mengubah tegangan DC-AC menggunakan inverter DC/AC dioperasikan langsung pada peralatan rumah tangga (lampu, TV, radio, dan sebagainya), seperti ditunjukkan pada Gambar 3.

Uji Fungsionalitas Sistem PV-SHS

Uji fungsionalitas sistem PV-SHS dilakukan untuk menguji kinerja sistem terhadap pengaruh-pengaruh lingkungan. Pada pengujian dilakukan pengamatan terhadap beberapa parameter, di antaranya perubahan temperatur sel PV, irradiansi matahari, arus dan tegangan PV. Simulator beban dirancang antara 10–100 W yang diatur dengan menggunakan pengaturan waktu dengan *analog timer system*. Proses uji fungsionalitas Sistem PV-SHS ditunjukkan pada Gambar 4.

Pengujian fungsionalitas sistem PV-SHS dilakukan bertujuan untuk menguji kinerja sistem dengan pengukuran parameter lingkungan dan keluaran listriknya. Hasil

Penerapan Teknologi PV-SHS sebagai Penyedia Listrik Bertenaga Matahari di Kabupaten Kutai Kartanegara: Studi Kasus Wilayah Desa Jonggon Jaya

Dadan Hamdani, Rahmawati, Nanda Khoirunisa, Lambang Subagiyo

pengukuran yang dilakukan pada tanggal 16 Juli 2022 di Desa Jonggon Jaya ditunjukkan pada Tabel 1. Penilaian terhadap kinerja sistem dilakukan dengan melakukan perhitungan daya keluaran sistem PV-SHS (P_{out}) yang dinyatakan dengan persamaan:

$$P_{out} = V_{out} \times I_{out} \quad (1)$$



Gambar 3. Perakitan Sistem PV-SHS yang Dioperasikan secara *off-grid* Skala kecil



Gambar 4. Uji Fungsionalitas Sistem PV-SHS

Dengan menggunakan persamaan (1), maka proses konversi energi matahari menjadi energi listrik selama selang pengukuran dari pukul 09.00 s.d 15.00 diperoleh energi listrik DC sebesar 629,36 Wh (asumsi dalam proses pengisian tidak dilakukan pembebanan). Jumlah daya listrik yang dihasilkan dapat ditingkatkan dengan menambah jumlah modul PV dan sistem penyimpanan (baterai) yang dioperasikan menyesuaikan kebutuhan energi harian.

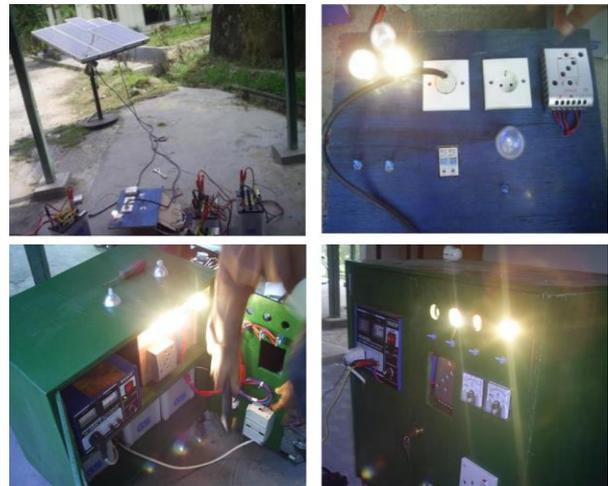
Tabel 1. Hasil Pengujian dan Pengukuran Parameter sebagai Indikator Kinerja Sistem PV-SHS

Waktu (Jam)	G (W/m^2)	T_{sel} (K)	V_{out} (V)	I_{out} (A)
09.00	586,2	322,1	19,3	3,6
10.00	846,2	332,6	19,2	6,4
11.00	1073,7	343,1	18,6	7,1
12.00	1066,8	344,6	18,4	5,9
13.00	949,8	340,5	18,8	5,6
14.00	607,2	328,5	18,1	3,5
15.00	253,2	315,4	18,5	1,5

Ket.: G , T_{sel} , V_{out} dan I_{out} masing-masing menyatakan intensitas cahaya matahari, temperatur sel, tegangan keluaran, dan arus keluaran modul PV.

Penentuan Ukuran PV-SHS

Hasil prototipe Sistem PV-SHS dikemas menjadi produk yang kompatibel dengan pengoperasian dan pemeliharaan lebih mudah memiliki potensi besar dalam pemenuhan kebutuhan energi listrik, seperti diperlihatkan dalam Gambar 5.



Gambar 5. Prototipe Sistem PV-SHS

Kendala lain yang dihadapi pada penerapan Sistem PV-SHS, yaitu biaya yang dikeluarkan untuk pengadaan komponen-komponen PV-SHS relatif masih tinggi. Salah satu upaya yang dilakukan adalah melalui penentuan ukuran sistem untuk menghindari terjadinya *over-sizing* pada perancangan dan implementasi PV-SHS. Informasi yang diperlukan dalam melakukan aplikasi SHS dalam pemenuhan kebutuhan energi listrik, meliputi Profil penggunaan berisi informasi tentang spesifikasi penggunaan peralatan (AC

atau DC) dan berapa keperluan energi yang digunakan dalam satu hari. Tabel 2 menunjukkan hasil wawancara dengan anggota masyarakat tentang penggunaan beberapa peralatan elektronik yang digunakan setiap hari.

Tabel. 2 Rincian Kebutuhan Energi Skala Kecil

Item	Jumlah	Beban Pemakaian		Total
		(W)	(Jam/Hari)	
Lampu	3	11	8	264
TV	1	80	2	160
Kipas	1	55	5	275
		146		699

Berdasarkan rincian kebutuhan energi yang diperoleh pada Tabel 2, perkiraan rancangan PV-SHS untuk memenuhi kebutuhan energi sebesar 699 W/hari. Selanjutnya dilakukan perhitungan data jumlah photovoltaic (PV) yang diperlukan untuk memenuhi kebutuhan energi tersebut. Berdasarkan *data sheet* untuk PV Isofoton I – 55 dengan luas penampang 0.45 m² dan keluaran maksimum 55 watt, serta efisiensi 14 % dapat dinyatakan sebagai berikut (Benavente et al., 2019):

$$A_{PV(total)} = \frac{W_{PV}}{\eta G} = \frac{699}{(0.14)(1000)} \approx 5m^2 \quad (2)$$

dengan $A_{PV(total)}$ luas total PV yang dibutuhkan untuk dapat membangkitkan daya listrik lebih besar atau sama dengan 699 W/hari, W_{PV} daya yang diperlukan, η efisiensi PV dan G tingkat irradiansi pada jangka waktu tertentu, dalam hal ini diambil rata-rata sekitar 14% dan 1000 W/m² didasarkan pada hasil pengujian rata-rata G , sehingga jumlah PV yang diperlukan dinyatakan dengan persamaan :

$$N = \frac{A_{PV(total)}}{A_{PV}} = \frac{5}{0.45} \approx 12 \quad (3)$$

diperlukan sekitar 12 modul PV dengan daya 55 Watt.

Selanjutnya perhitungan dilakukan untuk merancang jumlah baterai yang diperlukan untuk dapat menyuplai energi 699 W/hari. Hal pertama yang dilakukan, yaitu melakukan spesifikasi terhadap jenis baterai yang digunakan (misalnya lead acid battery 12

V) dan tegangan inverter $V_{inv} = 12$ V, sehingga ukuran baterai dalam *Ampere Hour* (Ah) dapat ditentukan berdasarkan asumsi bahwa efisiensi inverter 85 %, sehingga :

$$W_{PV} = \frac{W_{energi}}{\eta_{INV}} = \frac{699}{0.85} \approx 823 Wh \quad (4)$$

$$Ah_{Baterai} = \frac{W_{Bat}}{V_{INV}} = \frac{699}{12} \approx 59 Ah \quad (5)$$

Dengan menggunakan asumsi bahwa DOD (*depth of discharge*) baterai sekitar 80%, maka:

$$Ah_{Baterai} = \frac{59}{0.8} = 74 Ah$$

Sistem PV-SHS dirancang untuk keadaan dua hari tanpa matahari (*autonomous*), maka jumlah baterai yang diperlukan $2 \times 74 Ah = 148 Ah$. Jadi untuk merancang SHS dengan energi harian yang dibutuhkan sekitar 699 W/hari, maka diperlukan 2 buah baterai berukuran 74 Ah (untuk dua hari tanpa penyinaran). Ukuran *charge controller* yang digunakan untuk melindungi baterai dari *overcharge* dan *overload* ketika digunakan untuk pemenuhan keperluan rumah tangga tersebut sekitar 10 A dengan asumsi bahwa tegangan baterai 12 V dan arus yang melewati baterai tidak boleh lebih dari 10A. Penggunaan inverter digunakan untuk mengubah tegangan DC dari baterai menjadi tegangan AC yang disesuaikan dengan kebutuhan energi harian, berdasarkan hasil analisis di atas bahwa kebutuhan energi harian sekitar 699 W/hari, sehingga dapat digunakan inverter berkekuatan 1000 W. Dengan demikian, untuk memenuhi kebutuhan energi listrik harian, seperti ditunjukkan pada Tabel 2, maka diperlukan sekitar 12 buah modul PV (55 Wp), sistem penyimpanan energi (baterai) sebesar 74 Ah, *charge controller* 10 A, dan inverter 1000 W.

Masalah utama yang dihadapi dalam penerapan teknologi PV-SHS, yaitu biaya investasi yang secara ekonomis tidak terjangkau masyarakat yang sebagian besar peserta merupakan petani, sehingga dipandang perlu mengupayakan pemberian subsidi dari pihak-pihak terkait, misalnya pemerintah daerah, *Community Development* (COMDEV)

Penerapan Teknologi PV-SHS sebagai Penyedia Listrik Bertenaga Matahari di Kabupaten Kutai Kartanegara: Studi Kasus Wilayah Desa Jonggon Jaya

Dadan Hamdani, Rahmawati, Nanda Khoirunisa, Lambang Subagiyo

perusahaan yang beroperasi di Wilayah Desa Jonggon Jaya Kecamatan Loa Kulu, atau kerjasama dengan pihak koperasi yang dapat memberikan jaminan pembiayaan PV-SHS.

PENUTUP

Simpulan

Pemenuhan kebutuhan energi listrik di Desa Jonggon Jaya Kecamatan Loa Kulu Kabupaten Kutai Kartanegara merupakan prioritas penanganan dalam pengentasan masalah kelistrikan di daerah ini. Sistem PV-SHS mampu mengonversi energi matahari langsung menjadi energi listrik yang potensial untuk diterapkan sebagai solusi permasalahan. Pada kegiatan pengabdian ini telah berhasil dibuat Prototipe Sistem PV-SHS sebagai sistem modular yang kompatibel dan mudah dioperasikan untuk menghasilkan energi listrik dalam pemenuhan kebutuhan sehari-hari. Selain itu, berdasarkan hasil uji fungsional menunjukkan kinerja Sistem PV-SHS cocok diterapkan di daerah percontohan. Selain itu, identifikasi terhadap kebutuhan energi listrik harian dilakukan untuk memberikan gambaran ukuran (*sizing*) terkait komponen PV-SHS untuk menghitung pembiayaannya.

Saran

Selain masalah pembiayaan PV-SHS, pengetahuan mengenai teknologi PV-SHS untuk pengentasan masalah kelistrikan sangat perlu dilakukan sehingga diperlukan kegiatan lanjutan melalui Skema Program Kemitraan Masyarakat dalam bentuk kegiatan sosialisasi, pelatihan dan pendampingan.

Ucapan Terima Kasih

Lembaga Penelitian dan Pengabdian Kepada Masyarakat (LP2M) atas pembiayaan yang diberikan melalui Kegiatan Kuliah Kerja Nyata (KKN) Angkatan-48 Universitas Mulawarman Tahun 2022 dengan SK DPL Nomor: 1689/UN17/HK.02.03/2022.

D. DAFTAR PUSTAKA

BPS Kabupaten Kutai Kartanegara, 2021. Kutai Kartanegara Dalam Angka 2021, Badan Pusat Statistika.
BPS Kabupaten Kutai Kartanegara, 2020.

Kecamatan Loa Kulu Dalam Angka 2020, Badan Pusat Statistika.

Benavente, F., Lundblad, A., Campana, P. E., Zhang, Y., Cabrera, S., & Lindbergh, G. (2019). Photovoltaic/battery system sizing for rural electrification in Bolivia: Considering the suppressed demand effect. *Applied Energy*, 235, 519–528. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2018.10.084>.

El-houari, H., Allouhi, A., Rehman, S., Buker, M. S., Kousksou, T., Jamil, A., & El Amrani, B. (2019). Design, Simulation, and Economic Optimization of an Off-Grid Photovoltaic System for Rural Electrification. *Energies*, 12(24). <https://doi.org/10.3390/en12244735>.

Febri, S.P., Fonna, S., Huzni, S., dan Darwin. (2022). Aplikasi Turbin Savonius sebagai Penggerak Aerator: Sebuah Alternatif Penyelesaian Permasalahan Petani Tambak Tradisional di Rantau Selamat, Aceh Timur. *E-DIMAS: Jurnal Pengabdian kepada Masyarakat*, 13(1), 24-28.

Ghaib, K., & Ben-Fares, F.-Z. (2017). A design methodology of stand-alone photovoltaic power systems for rural electrification. *Energy Conversion and Management*, 148, 1127–1141. <https://doi.org/10.1016/j.enconman.2017.06.052>.

Hamdani, D., Susanto, D., dan Subagiyo, L. (2016). Program Penerapan Teknologi Stand Alone Photovoltaic System (SAPS) Sebagai Solusi Masalah Kelistrikan Masyarakat Di Desa Mugirejo Kecamatan Samarinda Utara Kota Samarinda, Laporan Pengabdian Kepada Masyarakat LP2M Universitas Mulawarman (Tidak dipublikasikan)

Iqbal, A., & Iqbal, M. T. (2019). Design and Analysis of a Stand-Alone PV System for a Rural House in Pakistan. *International Journal of Photoenergy*, 2019, 4967148. <https://doi.org/10.1155/2019/4967148>