

PELATIHAN DAN PENDAMPINGAN PENERAPAN TEKNOLOGI SEL SURYA UNTUK PENGENTASAN MASALAH ELEKTRIFIKASI

Dadan Hamdani, Sahara Hamas Intifadhah, Rahmawati Munir,
Adrianus Inu Natalisanto, Suhadi Mulyono

Program Studi Fisika, Jurusan Fisika, FMIPA Universitas Mulawarman, Samarinda, Indonesia

Corresponding author : Dadan Hamdani
E-mail : dadanhamdani@fmipa.unmul.ac.id

Diterima 24 November 2023, Direvisi 05 Desember 2023, Disetujui 05 Desember 2023

ABSTRAK

Energi listrik merupakan kebutuhan dasar bagi masyarakat pada modern sekarang ini, dimana keberadaannya sangat mempengaruhi berbagai sendi kehidupan. Keterbatasan dalam penyaluran energi listrik disebabkan oleh faktor geografis yang sulit dijangkau mempengaruhi peningkatan biaya investasi dalam pemasangan instalasi dan distribusi jaringan listrik. Tujuan dari pengabdian ini yaitu mengidentifikasi tingkat kebutuhan energi listrik dan memberikan sosialisasi serta penyuluhan kepada masyarakat mengenai Teknologi Tepat Guna (TTG) sel surya. Upaya yang dilakukan adalah dengan penerapan energi terbarukan melalui konversi sumber energi matahari menjadi energi listrik secara langsung yang merupakan solusi alternatif dalam pemenuhan kebutuhan energi listrik sehari-hari untuk daerah-daerah yang belum terjangkau jaringan listrik PLN. Metode yang digunakan untuk penerapan teknologi sel surya ini dilakukan melalui kegiatan pelatihan, penyuluhan dan pendampingan kepada masyarakat di sekitar Desa Muara Enggelam, Kabupaten Kutai Kartanegara. Hasil dan kegiatan ini menunjukkan bahwa masyarakat memperoleh wawasan dan kemampuan dalam mengoperasikan teknologi sel surya. Selain itu kegiatan ini juga menghasilkan prototipe Teknologi Tepat Guna (TTG) yang kompatibel, berdaya guna, dan mudah dioperasikan bagi pengguna listrik DC, AC dan gabungannya (DC+AC) untuk pemenuhan kebutuhan listrik sehari-hari. Penerapan jangka panjang dari prototipe TTG ini perlu dilakukan kajian, baik terkait kelayakan kinerja teknologi sel surya yang melibatkan banyak faktor maupun kajian kelayakan secara ekonomi terkait pembiayaan teknologi sel surya ini.

Kata kunci: : energi listrik; energi matahari; sel surya; prototipe TTG; kelayakan.

ABSTRACT

Electrical energy is a basic need for people in today's modern society, where its existence greatly affects various aspects of life. Limitations in the distribution of electrical energy caused by geographical factors that are difficult to reach affect the increase in investment costs in the installation and distribution of electricity networks. The purpose of this service is to identify the level of electrical energy needs and provide socialization and counseling to the community regarding appropriate technology (TTG) solar cells. The effort made is the application of renewable energy through the conversion of solar energy sources into electrical energy directly which is an alternative solution in meeting daily electrical energy needs for areas that have not been reached by the PLN electricity network. The method used for the application of solar cell technology is carried out through training, counseling and mentoring activities for the community around Muara Enggelam Village, Kutai Kartanegara Regency. The results and activities showed that the community gained insight and ability to operate solar cell technology. In addition, this activity also produced a prototype of Appropriate Technology (TTG) that is compatible, effective, and easy to operate for users of DC, AC and combined electricity (DC + AC) to fulfill their daily electricity needs. The long-term application of this TTG prototype needs to be studied, both related to the feasibility of solar cell technology performance involving many factors and economic feasibility studies related to the financing of this solar cell technology.

Keywords: electrical energy; solar energy; solar cell; TTG prototype; feasibility.

PENDAHULUAN

Desa Muara Enggelam merupakan salah satu desa di Provinsi Kalimantan Timur yang belum terjangkau pasokan energi PLN.

Desa Muara Enggelam merupakan desa yang terletak di Danau Melintang, sehingga belum adanya akses distribusi PLN pada desa ini. Sumber energi listrik yang digunakan oleh

masyarakat pada kehidupan sehari-hari yaitu menggunakan genset, sebelum dibangunnya Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS). Permasalahan mengenai kebutuhan energi listrik hampir belum menemukan solusi karena banyak faktor yang cukup kompleks didalamnya, misalnya masalah geografis dan tingginya biaya investasi yang harus dikeluarkan menjadi masalah tersendiri dalam upaya peningkatan kesejahteraan masyarakat, terutama di wilayah daerah terpencil

Ketergantungan masyarakat terhadap energi, terutama energi listrik pada masa sekarang ini tidak dapat dihindari karena berkaitan dengan sendi kehidupan yang telah mengubah perilaku kehidupan dalam berbagai sektor, diantaranya perilaku sosial dan ekonomi masyarakat. Salah satu diantaranya terjadi pada Kota Samarinda yang merupakan Ibu Kota Provinsi Kalimantan Timur yang berbatasan dan menjadi penopang bagi wilayah Ibu Kota Negara (IKN) yang sudah dicanangkan oleh Pemerintah Indonesia berada di Provinsi Kalimantan Timur. Oleh karena itu, kegiatan pembangunan dalam berbagai sektor terus dilakukan sebagai bentuk dukungan terhadap IKN, termasuk diantaranya terkait dengan masalah elektrifikasi masyarakat.

Diperlukan upaya pemerataan pemenuhan kebutuhan listrik dengan menggunakan sumber energi terbarukan yang ramah lingkungan, salah satu diantaranya penerapan teknologi sel surya. Desa Muara Enggelam, merupakan salah satu wilayah di Kecamatan Muara Wis yang seluruhnya belum terjangkau jaringan PLN. Lokasi ini merupakan daerah pengembangan Kabupaten Kutai Kartanegara yang sebagian besar penduduknya merupakan transmigran yang memerlukan perhatian program elektrifikasi daerah. Muara Wis merupakan sebuah kecamatan yang terletak di wilayah pedalaman Kabupaten Kutai Kartanegara, Kalimantan Timur. Kecamatan Muara Wis memiliki luas wilayah mencapai 1.108,16 km² yang terbagi dalam 7 desa dengan jumlah penduduk mencapai 7.352 jiwa (Tahun 2005). Selain dibelah oleh sungai-sungai kecil anak Sungai Mahakam, wilayah kecamatan Muara Wis terletak di tepi dua buah danau terbesar di Kutai Kartanegara yakni Danau Melintang dan Danau Semayang. Kecamatan Muara Wis memiliki beberapa Desa diantaranya Desa Enggelam, Lebak Cilong, Lebak Mantan, Melintang, Muara Enggela, Muara Wis dan Desa Sebeban. 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

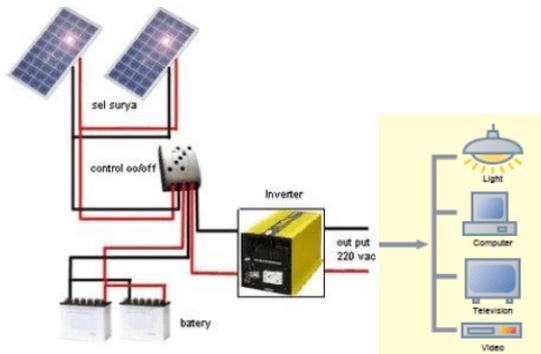
kecamatan dan 225 desa/kelurahan dengan jumlah penduduk mencapai 729.382 jiwa (Kutai Kartanegara Dalam Angka, BPS, 2021).

Desa Muara Enggelam Kecamatan Muara Wis masuk dalam wilayah administrasi Pemerintah Kabupaten Kutai Kartanegara yang berbatasan dengan Kecamatan Kembang Janggut (Utara), Kecamatan Muara Kaman (Timur), Kecamatan Kota Bangun (Selatan) dan Kabupaten Kutai Barat (Barat). Desa Muara Enggelam terletak di tengah Danau Melintang. Danau yang memiliki luas sekitar 11 ribu hektar menjadi sumber daya air tawar yang melimpah.

Indonesia merupakan wilayah yang mempunyai potensi energi matahari rata-rata cukup tinggi sekitar 4,8 kWh/(m²hari) dan potensi energi angin antara 3-6 m/s mampu dimanfaatkan secara optimal untuk menghasilkan energi listrik dengan konversi langsung menggunakan melalui pemanfaatan energi baru dan terbarukan (Hiendro et al., 2013). Pengembangan energi terbarukan yang bersumber dari energi matahari, salah satu diantaranya Teknologi Sel Surya (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, diantaranya pengembangan jenis dan tipe PV untuk meningkatkan efisiensi konversinya, kajian sosio-ekonomi, aspek penerapan berdasarkan faktor-faktor yang mempengaruhinya, kondisi cuaca wilayah setempat, dan sebagainya (Dhiman et al., 2019; El-houari et al., 2019; Fakher Alfahed et al., 2019; Minaei et al., 2021; van Sark, 2019; Wang et al., 2020).

Penerapan teknologi Sel Surya untuk pemenuhan energi listrik memberi keuntungan besar, selain dalam operasionalnya tidak menghasilkan emisi GRK secara langsung, perawatan dan operasional relatif mudah dilakukan juga efisiensi konversi semakin meningkat dan biaya investasi menurun (Bayrak et al., 2017). kajian terhadap penerapan teknologi *Stand Alone PV Power Systems* (SPPSs) untuk program elektrifikasi di daerah pedalaman Maroko dalam upaya penurunan biaya produksi listrik dengan beberapa pendekatan, diantaranya: perkiraan kebutuhan energi, karakterisasi kinerja PV di wilayah setempat, penentuan ukuran penyimpanan energi (*baterai banks*), dan perkiraan lokasi instalasi PV. Hasilnya menunjukkan bahwa penerapan teknologi ini cukup efektif diterapkan untuk daerah dengan potensi sumber energi matahari yang tinggi sepanjang tahun (Ghaib & Ben-Fares, 2017). Berdasarkan tinjauan simulasi dan pemodelan,

desain dan analisis Sistem *Stand Alone PV system* dilakukan untuk menguji kinerja dan biaya investasi di daerah pedalaman Pakistan dengan Perangkat *Homer Pro* menunjukkan bahwa untuk 5.8 kW PV, 8 baterai 12 V (8 x 255 Ah) dan 1.4 kW inverter membutuhkan biaya sekitar \$9650 dan produksi listrik sekitar \$0.199/kWh (Iqbal & Iqbal, 2019).



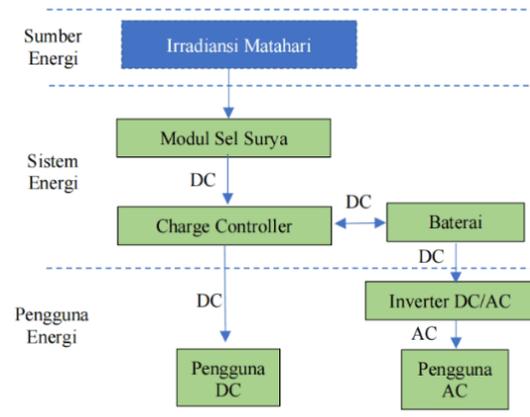
Gambar 1. Skema sistem modul sel surya (PV) dan komponen-komponen penyusunnya.

Penerapan teknologi sel surya secara *off grid* sebagai sumber energi listrik bertumpu pada pemanfaatan modul sel surya untuk mengkonversi cahaya matahari secara langsung menjadi energi listrik. Komponen sistem sel surya merupakan sistem modular yang terdiri dari modul sel surya, sistem elektronik (*charge controller*, inverter DC/AC), sistem penyimpanan energi (*battery banks*), dan sistem beban (DC/AC) yang terinstalasi secara skala kecil, seperti ditunjukkan pada Gambar 1. Diharapkan dari kegiatan ini dihasilkan produk teknologi tepat guna (TTG) penghasil energi listrik dari konversi energi matahari yang kompatibel dan berdaya guna untuk pemenuhan kebutuhan energi listrik skala kecil dalam pengentasan masalah kelistrikan di daerah. Sehingga dengan adanya beberapa permasalahan di atas, kegiatan pengabdian ini bertujuan untuk mengidentifikasi tingkat kebutuhan energi listrik dan memberikan sosialisasi serta penyuluhan kepada masyarakat mengenai Teknologi Tepat Guna (TTG) sel surya.

METODE

Untuk menyelesaikan permasalahan yang dihadapi dalam kegiatan ini, maka dilaksanakan beberapa tahapan diantaranya yaitu dengan Metode Pelatihan, Metode Demonstrasi dan Metode Pendampingan. (Febriana, dkk., 2022). Tahapan pertama yaitu melakukan sosialisasi teori dan aplikasi teknologi sel surya secara mendasar, tahapan kedua yaitu memberikan demonstrasi instalasi sistem sel surya mulai dari penyiapan komponen, pengoperasian, dan pemeliharaan

sistem sel surya secara keseluruhan dan tahapan ketiga yaitu melakukan pendampingan langsung kepada masyarakat dalam mengoperasikannya pada keadaan udara mendung dan udara terang, sehingga penanganan sistem sel surya *off grid* secara keseluruhan terkait dengan kondisi lingkungannya dapat diketahui dan dapat diaplikasikan secara kontinu.



Gambar 2. Gambaran teknologi sel surya sebagai penghasil energi listrik skala kecil yang diterapkan di daerah mitra.

Gambar 2 menunjukkan gambaran teknologi sel surya penghasil energi listrik skala kecil yang akan diterapkan di wilayah mitra dalam penyelesaian masalah elektrifikasi. Skema sistem sel surya dibedakan untuk dua jenis kebutuhan energi listrik, yaitu skema pengguna DC (tipe 1) dan skema pengguna AC (tipe 2) (Dhiman et al., 2019)

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kegiatan pangabdian yang dilaksanakan di Desa Muara Enggelam terlaksana dengan antusiasme masyarakat yang sangat baik, hal tersebut ditunjukkan dari partisipasi yang tinggi dalam kegiatn pelatihan, penyuluhan maupun pendampingan dalam menggunakan teknologi sel surya. Serangkaian kegiatan yang terlaksana ditunjukkan dengan beberapa dokumentasi kegiatan.

Kegiatan pertama yaitu pelatihan penerapan teknologi sel surya yang difasilitasi oleh Kepala Desa Muara Enggelam sebagai mitra kegiatan, seperti ditunjukkan pada Gambar 3.

Hasil dari kegiatan ini menunjukkan bahwa masalah utama yang dihadapi dalam aplikasi teknologi sel surya, yaitu masalah biaya investasi yang secara ekonomis tidak terjangkau oleh masyarakat di Desa Muara Enggelam, Kecamatan Samarinda Utara yang sebagian besar berprofesi sebagai petani. Oleh karena itu, dipandang perlu mengupayakan

pemberian subsidi dari pihak-pihak terkait, misalnya pemerintah daerah melalui dana desa, *Community Development* (comdev) perusahaan yang beroperasi di Wilayah Kecamatan Muara Wis maupun Kabupaten Kutai Kartanegara secara umum. Selain masalah pembiayaan, pengetahuan dalam penerapan teknologi sel surya untuk pengentasan masalah kelistrikan sangat perlu dilakukan. Mengingat teknologi ini merupakan hal yang baru bagi masyarakat di Wilayah Desa Muara Enggelam, sehingga sangat perlu dilakukan pendampingan dalam penerapan teknologi sel surya, melalui kegiatan pelatihan dan pelatihan.



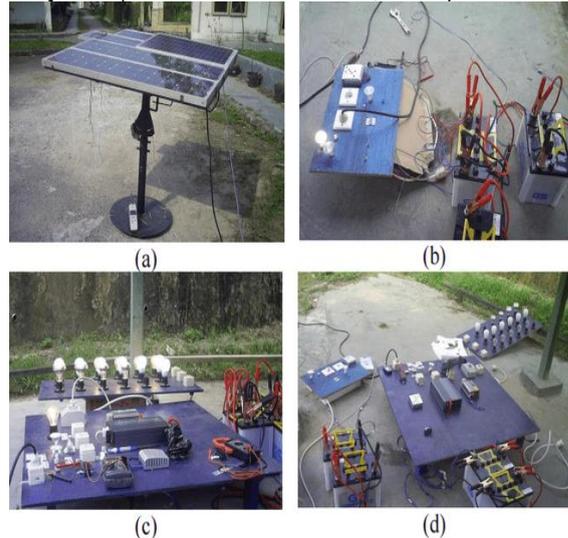
Gambar 3. Kegiatan pelatihan penerapan teknologi sel surya di Desa Muara Enggelam, Kabupaten Kutai Kartanegara

Hasil yang diperoleh dari kegiatan ini menunjukkan animo masyarakat yang sangat tinggi dan sangat membutuhkan kehadiran teknologi sel surya yang diharapkan mampu mengatasi masalah kelistrikan yang terjadi selama ini. Menanggapi hal tersebut, maka selanjutnya disepakati untuk merancang prototipe teknologi sel surya skala kecil sebagai penghasil energi listrik bersumber dari energi matahari, seperti ditunjukkan pada Gambar 4.

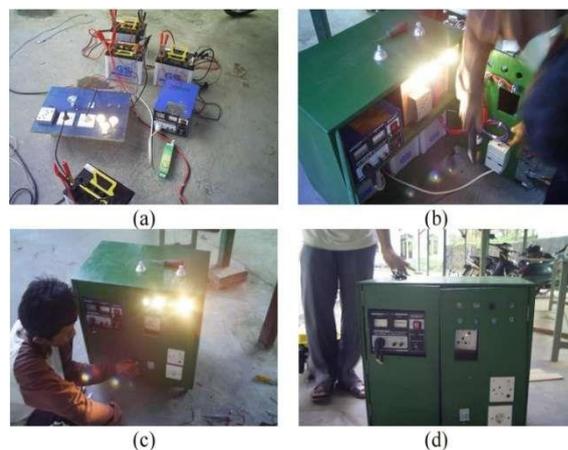
Dari kegiatan pelatihan dan pelatihan yang dilaksanakan berhasil diimplementasikan sistem disesuaikan dengan kebutuhan, yaitu pengguna DC (tipe 1), pengguna AC (tipe 2), dan pengguna gabungan (tipe1 dan tipe 2). Prinsip kerja sistem ini didasarkan pada penggunaan untuk mode operasi, yaitu mode siang (pengguna DC) dan mode malam (Pengguna AC).

Selanjutnya untuk meningkatkan nilai tambah penerapan teknologi sel surya sebagai penghasil energi listrik dari konversi energi matahari, maka dilakukan finalisasi dan kompatibilitas dalam bentuk paket teknologi tepat guna (TTG) yang dikemas secara praktis

dalam memudahkan proses pengoperasiannya, seperti ditunjukkan pada Gambar 5. Secara teknologi, penerapan TTG ini sangat potensial dikembangkan mengingat bahwa potensi energi matahari sangat tinggi sehingga memungkinkan secara teknis untuk memenuhi kebutuhan energi listrik bagi masyarakat yang belum terjangkau jaringan distribusi PLN. Di sisi lain, kelayakan secara tekno-ekonomi perlu dilakukan, terutama terkait dengan biaya komponen yang digunakan dan sumber pembiayaan untuk pengadaan TTG sistem sel surya ini (Fakher Alfahed et al., 2019).



Gambar 4. Implementasi penerapan teknologi sel surya skala kecil (a) Modul sel surya; (b) Sistem sel surya-tipe 1; (c) Sistem sel surya-tipe 2 (d) Sistem gabungan.



Gambar 5. Finalisasi dan kompatibilitas teknologi sel surya dalam bentuk paket teknologi tepat guna (TTG) penghasil energi listrik skala kecil bagi masyarakat.

Karena sangat disadari bahwa listrik merupakan kebutuhan sehari-hari, sehingga pelatihan dan demonstrasi penerapan teknologi sel surya harus mampu memberikan solusi bagi masyarakat, terutama untuk daerah yang

secara geografis susah terjangkau jaringan PLN. Berkenaan dengan hal tersebut, maka disepakati dilakukan kegiatan pendampingan penerapan teknologi sel surya yang dilakukan pada keluarga percontohan dengan harapan mampu memberikan stimulus kepada keluarga lainnya, serta secara teknis memiliki kemampuan untuk mengoperasikan peralatan. Upaya positif ini merupakan dukungan yang bersifat *bottom-up* dalam mendukung upaya pemerintah dalam diversifikasi dan intensifikasi keenergian di Indonesia, terutama energi listrik yang mengandalkan sumber energi Matahari yang jumlahnya sangat melimpah. Kegiatan pendampingan tersebut terdokumentasi pada Gambar 6.



Gambar 6. Kegiatan pendampingan penerapan teknologi tepat guna sel surya dalam bentuk monitoring dan evaluasi dalam pemanfaatannya.

SIMPULAN DAN SARAN

Pemenuhan kebutuhan energi listrik pada zaman sekarang ini merupakan hal yang utama dalam pemenuhan kebutuhan hidup masyarakat. Keterbatasan distribusi jaringan listrik PLN untuk mencapai daerah yang secara geografis tidak bisa dijangkau dapat diatasi dengan penerapan teknologi tepat guna (TTG), yaitu melalui penerapan teknologi sel surya. Pelaksanaan kegiatan dilakukan melalui kegiatan pelatihan, pelatihan dan pendampingan teknis operasional penerapan teknologi sel surya. Dalam kegiatan ini telah berhasil diidentifikasi kebutuhan energi listrik pada masyarakat Desa Muara Enggelam yang semakin meningkat. Selain itu dengan adanya pelatihan dan pendampingan maka masyarakat memperoleh informasi terkait penggunaan teknologi sel surya dengan mencoba secara langsung untuk mengoperasikan paket TTG sel surya. Secara teknologi, penerapan TTG sel surya bisa menjadi solusi dalam pemenuhan kebutuhan energi listrik masyarakat.

UCAPAN TERIMAKASIH

Terimakasih disampaikan kepada Pendanaan Hibah PNPB FMIPA Universitas Mulawarman Tahun 2023 yang diberikan. Selain itu terimakasih kepada Laboratorium Fisika Teori dan Material Jurusan Fisika FMIPA Universitas Mulawarman dan Dinas

Lingkungan Hidup dan Kehutanan (DLHK) Kabupaten Kutai Kartanegara yang menjadi Mitra Kegiatan Pengabdian kepada Masyarakat.

DAFTAR RUJUKAN

- Bayrak, F., Ertürk, G., & Oztop, H. F. (2017). Effects of partial shading on energy and exergy efficiencies for photovoltaic panels. *Journal of Cleaner Production*, 164, 58–69. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.06.108>
- Badan Pusat Statistik, Kabupaten Kutai Kartanegara, BPS, 2021.
- Dhiman, B., Kumar, T., Rituraj, G., Bhalla, K., & Chakrabarti, D. (2019). Study of small scale photovoltaic applications in rural Indian household context. *Journal of Physics: Conference Series*, 1343(1), 012095. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1343/1/012095>
- 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>
- Fakher Alfahed, R. K., Oudah, S., & Al-jabori, K. (2019). Electrification of a Rural Home by Solar Photovoltaic System in Haur Al-Hammar of Iraq. *Journal of Energy Management and Technology*, 3(3), 30–40. <https://doi.org/10.22109/jemt.2018.134845.1102>
- 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>
- Hiendro, A., Kurnianto, R., Rajagukguk, M., Simanjuntak, Y. M., & Junaidi. (2013). Techno-economic analysis of photovoltaic/wind hybrid system for onshore/remote area in Indonesia. *Energy*, 59, 652–657. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2013.06.005>
- 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>
- Minaei, F., Minaei, M., Kougias, I., Shafizadeh-Moghadam, H., & Hosseini, S. A. (2021). Rural electrification in protected

- areas: A spatial assessment of solar photovoltaic suitability using the fuzzy best worst method. *Renewable Energy*, 176, 334–345. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2021.05.087>
- Van Sark, W. (2019). Photovoltaic System Design and Performance. *Energies*, 12(10). <https://doi.org/10.3390/en12101826>
- Wang, D., Qi, T., Liu, Y., Wang, Y., Fan, J., Wang, Y., & Du, H. (2020). A method for evaluating both shading and power generation effects of rooftop solar PV panels for different climate zones of China. *Solar Energy*, 205, 432–445. <https://doi.org/10.1016/j.solener.2020.05.009>