

Jurnal *Rekayasa Elektrika*

VOLUME 15 NOMOR 3

Desember 2019

Strategi Pembebanan PLTS Off Grid untuk Peningkatan Kontinuitas Suplai Energi Listrik 157-161

Syafii, Yona Mayura, dan Muhardika

JRE	Vol. 15	No. 3	Hal 157-202	Banda Aceh, Desember 2019	ISSN. 1412-4785 e-ISSN. 2252-620X
-----	---------	-------	-------------	------------------------------	--------------------------------------

Strategi Pembebanan PLTS Off Grid untuk Peningkatan Kontinuitas Suplai Energi Listrik

Syafii, Yona Mayura, dan Muhardika
Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Andalas
Kampus Limau Manis, Padang, Sumatera Barat, 25163
e-mail: syafii@eng.unand.ac.id

Abstrak—Pembangkit listrik tenaga surya (PLTS) menggunakan teknologi yang ramah lingkungan dalam proses memanen energi dari matahari dapat menjadi solusi terhadap krisis energi listrik masa depan sehingga menjadi alternatif yang paling banyak dikembangkan dan dapat diandalkan. Namun demikian konversi energi surya sangat tergantung dari ketersediaan dan kondisi sinar matahari. Pada kondisi cerah PLTS dapat melayani beban-beban besar sekaligus mengisi baterai secara maksimal. Sedangkan pada kondisi cuaca mendung atau malam hari PLTS melayani beban dan tanpa ada pengisian baterai. Baterai akan meluahkan energi yang tersimpan sampai habis dan suplai ke beban akan terputus sebelum waktu yang diinginkan. Oleh karena itu diperlukan penelitian strategi pembebanan PLTS yang bertujuan untuk meningkatkan pasokan listrik dari energi surya dan menjaga kontinuitas suplai listrik ke beban. Strategi manajemen daya beban mengikuti ketersediaan energi matahari pada cuaca cerah, mendung, hujan atau malam hari dengan mempertimbangkan sisa kapasitas baterai yang dapat digunakan. Instalasi beban dirancang terdiri atas instalasi beban rendah, menengah dan beban tinggi. Hasil simulasi menunjukkan bahwa penggunaan strategi manajemen pembebanan PLTS dapat meningkatkan lama operasi PLTS. Pada saat sisa kapasitas baterai 15% dan PLN tersedia, sakelar pasokan akan dialihkan ke PLN. Sisa 15% kapasitas baterai PLTS dapat digunakan untuk mempertahankan pasokan listrik ke beban rendah sekiranya PLN padam. Dengan demikian penggunaan strategi pembebanan akan meningkatkan pasokan listrik dari energi terbarukan dan meningkatkan kontinuitas suplai energi listrik.

Kata kunci: manajemen pembebanan, PLTS off grid, peningkatan kontinuitas suplai

Abstract—Solar power plants using environmentally friendly technology in the process of harvesting energy from the sun can be a solution to the future electricity crisis so that it has been the most widely developed and reliable alternative. However, the conversion of solar energy depends on the availability and conditions of sunlight. In sunny conditions, the PV system can serve large loads while charging the battery to the maximum. While in cloudy weather conditions or at night, the PV system serves the load and without charge of the battery. The battery will discharge the stored energy until it runs out and the supply to the load will be cut off before the desired time. Therefore, research on PV system loading strategy is needed to increase the amount of electricity from solar energy and maintain the continuity of electricity supply to the load. The load power management strategy follows the conditions of sunny, cloudy, rainy or night time by considering the remaining capacity of the battery that can be used. Load installations are designed to consist of low, medium and high load installations. Simulation results show that the use of PV loading management strategies can increase the operating time of the PV system. When the remaining 15% battery capacity and PLN supply is available, the supply will be switched to PLN. The remaining 15% of PV battery capacity could be used to maintain electricity supply to a low load if the PLN supply interrupted. Thus the use of the charging strategy will increase the supply of electricity from renewable energy and improve the continuity of electricity supply.

Keywords: loading manajemen, off grid PV system, improve continuity supply

Copyright © 2019 Jurnal Rekayasa ElektriKA. All right reserved

I. PENDAHULUAN

Indonesia berada di daerah tropis dan mempunyai potensi energi surya sangat besar sekitar rata-rata 4,8 kWh/m²/hari atau setara dengan 112.000 GWp [1]. Oleh karena itu pembangkit listrik tenaga surya telah menjadi sumber energi listrik alternatif yang paling banyak dikembangkan dan dapat diandalkan [2]. Pemerintah Indonesia melalui Peraturan Pemerintah No. 79 Tahun 2014, tentang kebijakan energi nasional [3] telah menjadikan PLTS

sebagai prioritas sumber energi terbarukan yang akan dikembangkan di Indonesia untuk mencapai target EBT sebesar 23% pada tahun 2025 dan 31% pada tahun 2050.

Umumnya pembangkit listrik tenaga surya (PLTS) dapat diklasifikasikan menjadi dua jenis menurut kongurasi komponennya, yaitu PLTS yang terhubung dengan jaringan listrik (*on grid*) dan PLTS yang berdiri sendiri (*off grid*). Komponen utama dalam PLTS on-grid adalah panel surya serta inverter yang dapat sinkron dengan grid PLN. Sistem on-grid dapat secara langsung

mengimbangi tagihan listrik. Namun sistem ini memiliki kekurangan yaitu jika listrik dari PLN terputus maka PLTS *on grid* juga akan terputus, demikian juga pada saat malam hari PLTS *on grid* akan lepas sinkron dengan sendirinya. Sedangkan sistem PLTS *off grid* dapat beroperasi mandiri untuk memasok beban DC atau AC. Sistem ini sangat sesuai untuk menjadi sumber daya listrik pada daerah terpencil yang sulit diakses oleh jaringan grid nasional [4]. Namun demikian jenis PLTS *off grid* sangat tergantung dari ketersediaan cahaya matahari dalam mencharging baterai. Pada saat matahari tidak tersedia, arus charging baterai akan berhenti, beban akan disuplai dari sisa energi listrik yang tersimpan pada baterai. Beban akan terputus pada saat sisa kapasitas baterai yang dapat digunakan habis. Sehingga isu peningkatan kontinuitas suplai listrik PLTS *off grid* menjadi penting.

Pada sistem *off grid*, kapasitas baterai harus memperhitungkan cadangan jika kondisi cuaca buruk yang berakibat pada produksi energi sinar matahari kurang optimal. Kementerian ESDM menyarankan masyarakat yang menggunakan sistem ini untuk menggunakan baterai dengan kapasitas cadangan minimal 3 hari sebagai patokan. Dengan demikian akan meningkatkan investasi baterai menjadi besar. Dengan demikian diperlukan penelitian untuk mengoptimalkan kapasitas PLTS *off grid* baik di sisi pembangkitan maupun sisi pembebanan.

II. STUDI PUSTAKA

Meningkatnya kesadaran masyarakat terhadap pelestarian lingkungan dan naiknya harga bahan bakar, telah merangsang para peneliti di bidang penyediaan tenaga listrik untuk terus mengembang sistem pembangkit listrik terbarukan yang ramah lingkungan [2]. Letak Indonesia yang berada di daerah khatulistiwa secara teoritis akan selalu disinari matahari selama 10 – 12 jam sehari dan hampir seluruh wilayah Indonesia mendapatkan intensitas penyinaran yang relatif merata [5]. Kondisi ini cukup layak untuk dimanfaatkan sebagai sumber energi surya. PLT surya juga telah menjadi prioritas sumber energi terbarukan yang akan dikembangkan di Indonesia dan instalasi pembangkit ini terus meningkat di berbagai daerah dengan adanya kebijakan energi terbarukan.

Unjuk kerja dari panel surya sangat tergantung kepada sinar matahari yang diterimanya. Pada kondisi cerah panel surya dapat melayani beban-beban besar sekaligus mengisi baterai secara maksimal. Sedangkan pada kondisi cuaca mendung atau malam hari panel surya tidak mampu melayani beban dan mengisi baterai. Baterai akan meluahkan energi yang tersimpan sampai habis dan suplai ke beban akan terputus sebelum waktu yang diinginkan. Oleh karena itu diperlukan penelitian terkait teknik optimalisasi PLTS dan manajemen pembebanan sehingga kontinuitas suplai listrik tetap terjaga mengikuti ketersediaan sinar matahari.

Beberapa penelitian sebelumnya dalam mengoptimalkan kerja PLTS *off grid* telah dilakukan terutama sisi pembangkitan [6-10]. Kazem H telah

menyajikan metode untuk mendesain kapasitas optimal PLTS *off grid* untuk daerah terpencil di Sohar–Oman [7]. Model yang diusulkan dengan menemukan besar sudut kemiringan yang tepat pada pemasangan panel surya menggunakan simulasi Matlab. Hasil simulasi telah menunjukkan perbaikan kinerja sistem. Desain PLTS *off grid* untuk aplikasi rumah kaca di Kota Sabha, Libya telah dipresentasikan dalam referensi [8]. Hasil studi menunjukkan bahwa pemasangan PLTS *off grid* dapat berkompetisi dengan pembangkit diesel. Teknik optimasi lainnya untuk penghematan lahan dan pengurangan biaya investasi pembangunan PLTS [9] dan teknik menggunakan sistem pendingin pada panel surya dengan sistem *floating tracker* [10] telah dilakukan. Kedua sistem optimasi tersebut telah meningkatkan keandalan dan efisiensi pemakaian sumber energi surya.

Penelitian terkait dengan sistem mengoptimalkan pemanfaatan PLTS telah dilakukan baik pada sistem *off-grid* maupun *on-grid*. Teknik optimalisasi pemanfaatan PLTS tersebut lebih banyak dilakukan pada sisi suplai, sementara peluang konservasi energi surya dapat juga dilakukan pada sisi pemakaian. Oleh karena itu pada sisi pemakaian diperlukan sistem manajemen pembebanan PLTS untuk meningkatkan kontinuitas suplai mengikuti ketersediaan sinar matahari. Strategi manajemen pembebanan yang direncanakan mengikuti keadaan cuaca cerah, mendung, hujan atau malam hari. Instalasi beban akan diatur sedemikian sehingga ada opsi beban rendah, menengah, dan beban tinggi. Selanjutnya akan pembangunan sistem manajemen operasi pembebanan secara merata mengikuti waktu dan fungsinya secara otomatis menggunakan controller Arduino. Dengan demikian kapasitas PLTS yang tersedia dan kondisi charging panel surya tetap mampu melayani beban untuk setiap siklus tanpa ada pemutusan. Hasil rancangan sistem dan simulasi lama waktu pemakaian akan diberikan pada bagian berikutnya dari artikel ini.

III. METODE

Penelitian strategi manajemen pembebanan PLTS dilakukan pada model rancangan PLTS *off grid* skala rumah tangga 900 VA. Sistem PLTS *off grid* terdiri dari: 4 unit panel surya @ 250 Wp terpasang parallel, 1 unit inverter Luminous 1500 VA dan 2 unit baterai *deep cycle*. Spesifikasi dari Luminous Solar Inverter [11] adalah: tipe *pure sine wave*, dengan *rating* 1500 VA, waktu pengisian baterai sampai penuh: 10–12 jam dengan *rating charging*: 40 Amp/24V.

Tahapan penelitian dimulai dari uji karakteristik konversi energi pembangkit surya dan pembebanan. Dari hasil uji karakteristik konversi energi panel surya diperoleh kurva arus *charging*. Berdasarkan arus *charging* dilakukan pengembangan algoritma manajemen pembebanan. Selanjutnya dilakukan simulasi sistem manajemen pembebanan PLTS *off grid* untuk berbagai kondisi cuaca cerah, mendung, hujan dan malam hari sampai diperoleh hasil kinerja terbaik.

Model rancangan sistem otomasi manajemen pembebanan PLTS *off grid* skala rumah tangga seperti pada Gambar 1. Sistem manajemen operasi pembebanan mengikuti waktu dan fungsinya secara otomatis menggunakan kendali mikrokontroller Arduino. Modul sensor arus dan tegangan DC digunakan untuk memperoleh besar arus *charging* dan tegangan terminal baterai. Sisa kapasitas baterai (SKB) dapat diperoleh dari Persamaan (1) berikut:

$$V_{oc_Bat} = V_{t_Bat} + I_{beban} \times R_{in}, \quad (1)$$

dimana V_{oc_Bat} adalah tegangan *open circuit* baterai, V_{t_Bat} tegangan terminal baterai, I_{beban} adalah arus beban, dan R_{in} tahanan dalam sistem PLTS.

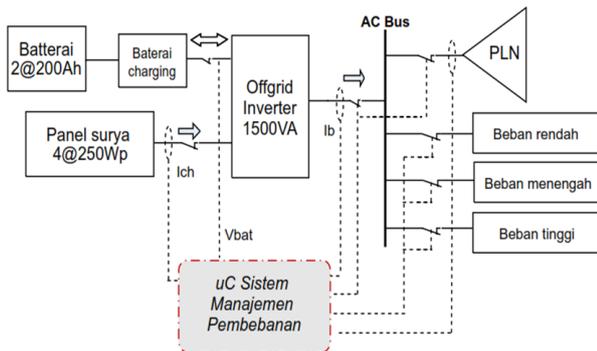
Arus beban AC (I_b) diperoleh dari pembacaan sensor PZem. Instalasi beban terdiri dari intalasi beban rendah, menengah dan tinggi seperti Gambar 1. Sebagai sakelar pemutus otomatis dapat digunakan relai 220 V yang digerakkan oleh relai 5 V berbasis kendali Arduino.

Simulasi kapasitas baterai yang tersedia mengikut kemampuan arus *charging* panel surya untuk melayani beban untuk setiap siklus tanpa ada pemutusan. Lama waktu pemakaian PLTS dihitung menggunakan Persamaan (2) berikut:

$$T_{Bat} = \frac{(C_{Bat} \times V)}{L / 1000}, \quad (2)$$

dimana C_{Bat} adalah kapasitas baterai (Ah), T_{Bat} menunjukkan lama waktu pemakaian sisa kapasitas baterai, L adalah beban (Watt), dan V tegangan baterai (Volt).

Pada makalah ini akan dipaparkan simulasi strategi pembebanan PLTS dengan kendali mikrokontrollrel (uC) Arduino untuk fungsi sebagai saklar pemindah otomatis PLTS dengan PLN dan fungsi manajemen pembebanan tinggi, sedang, dan rendah.



Gambar 1. Model rancangan sistem manajemen pembebanan PLTS

Tabel 1. Kapasitas Baterai *Luminous*

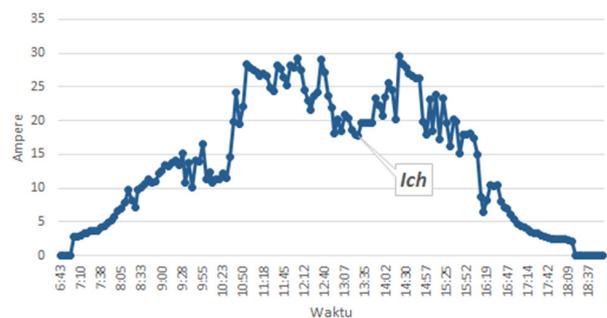
V_{Bat}	SOC (%)
22,2	0%
22,9	20%
23,6	40%
24,3	60%
25	80%
25,7	100%

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

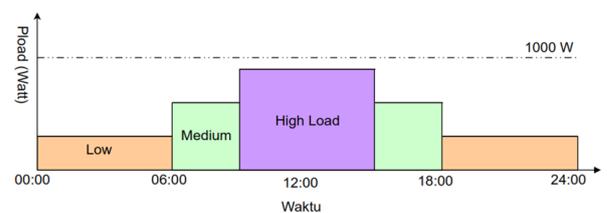
Hasil eksperimen pengukuran arus *charging* panel surya yang terpasang pada lantai 4 Gedung Jurusan Teknik Elektro untuk 4 unit panel surya 250 Wp per unit yang dipasang parallel adalah seperti Gambar 2. Kondisi cuaca pada saat pengambilan data relatif cerah. Dari kurva tersebut terlihat bahwa arus *charging* sudah mulai muncul sejak pagi setelah jam 6 dan meningkat pada tengah hari dan kembali turun menjelang sore hari sampai dengan jam 6 sore. Pada kondisi cerah sekitar jam 10.00 sampai dengan jam 14.00, arus *charging* panel surya cukup besar sehingga dapat melayani beban-beban besar sekaligus mengisi baterai secara maksimal. Namun demikian, besar arus *charging* dapat berubah dan sangat ditentukan dari keadaan cuaca. Fluktuasi arus *charging* juga terjadi karena sinar matahari terhalang oleh awan meskipun cuaca cerah.

Modul sensor tegangan DC digunakan untuk memperoleh besar tegangan terminal baterai. Resistansi internal rata-rata digunakan untuk memperkirakan status pengisian daya baterai. Sisa kapasitas baterai dapat diperoleh dari persamaan (1) seperti pada Tabel 1.

Berdasarkan kurva arus *charging* panel surya dan sisa kapasitas baterai dapat disusun pola pembebanan PLTS seperti Gambar 3. Pada saat rentang arus *charging* relatif besar di atas 20 Ampere sistem PLTS akan mampu melayani beban tinggi, Pada kondisi arus *charging* antara 10 A sampai dengan 20 A, PLTS diberi beban menengah. Sedangkan jika kurang dari 10 A maka opsi pembebanan rendah yang digunakan. Kondisi tersebut berlaku sepanjang hari seperti Gambar 3. Operasi beban tinggi dapat diperoleh pada rentang waktu jam 10:30 sampai dengan jam 13:30, beban menengah mulai jam 6:30 sampai dengan jam 10:30 dan mulai jam 13:30 sampai dengan 17:30. Sedangkan operasi beban rendah untuk kondisi malam hari sejak jam 17:30 sampai dengan jam



Gambar 2. Kurva arus *charging*



Gambar 3. Pola pembebanan harian

Tabel 2. Simulasi lama waktu pemakaian

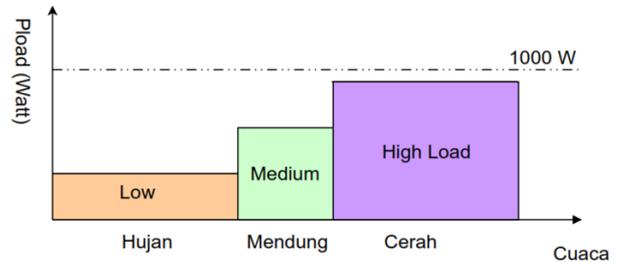
Kapasitas baterai	kWh	Beban (Watt)	Lama (Jam)
Kapasitas baterai 320 Ah			
120	2,88	750	3,84
100	2,4	500	4,8
100	2,4	250	9,6
Kapasitas baterai 260 Ah			
60	1,44	750	1,92
100	2,4	500	4,8
100	2,4	250	9,6
Kapasitas baterai 200 Ah			
NA	NA	750	0
100	2,4	500	4,8
100	2,4	250	9,6
Kapasitas baterai 150 Ah			
NA	NA	750	0
50	1,2	500	2,4
100	2,4	250	9,6
Kapasitas baterai 100 Ah			
NA	NA	750	0
NA	NA	500	0
100	2,4	250	9,6

6:30 dini hari.

Hasil simulasi lama waktu pemakaian untuk tiga jenis pembebanan rendah (250 Watt), sedang (500 Watt), dan tinggi (750 Watt) untuk beberapa kondisi kapasitas baterai seperti terlihat pada Tabel 2. Pada saat kapasitas baterai tinggal 100 Ah kondisi mendung atau menjelang malam hari, maka beban berada pada status beban rendah. Dengan pemakaian beban rendah lama waktu operasi PLTS sekitar 9,6 jam, masih kurang 1,4 jam tanpa ada pasokan listrik dari PLTS. Oleh karena itu sebagai *back up* daya listrik PLN tetap harus digunakan.

Strategi pembebanan PLTS mengikuti cuaca diperlihatkan pada Gambar 4. Pada saat kondisi cuaca mendung arus *charging* akan menurun dan semakin kecil ketika kondisi cuaca hujan. Pola pembebanan pada kondisi cuaca mendung hanya beroperasi untuk instalasi beban rendah dan menengah saja, sedangkan pada kondisi hujan instalasi beban menengah akan terputus dan yang tinggal hanya beban-beban penerangan dengan total kapasitas 250 Watt. Pada kondisi cerah arus *charging* baterai cukup besar dapat *men-charge* baterai sekaligus melayani beban-beban besar.

Rancangan sistem kendali pembebanan PLTS diharapkan dapat bekerja sesuai dengan pengaturan sisa kapasitas baterai. Sistem dirancang untuk berkerja memindahkan sakelar jika tegangan baterai PLTS kurang dari 60%, sakelar akan dialihkan ke beban menengah. Sedangkan ketika baterai PLTS lebih dari 65 %, sakelar akan kembali beralih lagi ke beban tinggi. Demikian juga ketiga kapasitas baterai kurang 30% sakelar akan dialihkan ke beban menengah. Sedangkan ketika baterai



Gambar 4. Pola pembebanan mengikuti cuaca pada siang hari

PLTS lebih dari 35 %, sakelar akan kembali beralih lagi ke beban tinggi. Pada saat sisa kapasitas baterai dan PLN tersedia, sakelar pasokan akan dialihkan ke PLN. Hal ini dilakukan untuk meningkatkan keandalan selama arus *charging* baterai PLTS belum tersedia. Pada saat PLN padam, sisa 15% kapasitas baterai PLTS dapat digunakan untuk mempertahankan pasokan listrik ke beban rendah.

Durasi gangguan rata-rata sistem (SAIDI) PLN untuk 2017 adalah 14,61 jam/tahun dan indeks frekuensi gangguan rata-rata sistem (SAIFI) PLN adalah 9,69 waktu/tahun [12]. Rata-rata, durasi pemadaman PLN adalah sekitar dua jam/waktu interupsi, sehingga pengaturan 15% dari kapasitas baterai 2 @200Ah cukup untuk melayani beban rendah mengatasi pemadaman PLN. Oleh karena itu, sistem kendali pembebanan berbasis Arduino nantinya dapat meningkatkan pasokan listrik PLTS dan meningkatkan kontinuitas suplai energi listrik.

V. KESIMPULAN

Sistem manajemen pembebanan PLTS telah dirancang mengikuti kondisi cuaca cerah, mendung, hujan atau malam hari dengan mempertimbangkan sisa kapasitas baterai yang dapat digunakan. Arus *charging* baterai dan sisa kapasitas baterai menjadi parameter ukur berkerjanya sistem kendali untuk menggerakkan relai sebagai saklar pemutus beban atau sebaliknya. Pada waktu siang hari dan kondisi cuaca cerah, arus *charging* panel surya cukup besar sehingga dapat melayani beban tinggi sekaligus mengisi baterai secara maksimal. Pada waktu malam hari atau kondisi cuaca hujan tidak ada arus pengisian baterai, sisa kapasitas baterai menjadi acuan bekerjanya sakelar pemindah secara otomatis. Pada saat tegangan baterai PLTS kurang dari 60%, sakelar akan dialihkan ke beban menengah, dan pada saat kapasitas baterai kurang 30% sakelar akan dialihkan ke beban rendah. Dengan demikian kapasitas PLTS yang tersedia mengikuti kemampuan arus *charging* panel surya tetap mampu melayani beban untuk setiap siklus tanpa ada pemutusan. Suplai PLN hanya digunakan sebagai backup pada saat sisa kapasitas baterai kurang dari 15 % untuk mengantisipasi PLN padam.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada DRPM Kemenristekdikti atas bantuan pendanaan penelitian yang diberikan melalui skema Penelitian Tesis Magister 2019

dengan No. Kontrak: T/30/UN.16.17/PT.01.0 3/PKR-EET/2019.

REFERENSI

- [1] Irawan R dan Ira F, Analisis Potensi Pembangkit Listrik Tenaga Surya di Indonesia, Buku Publikasi Ilmiah BPPT, 2005, ISBN: 979-95999-5-4, Jakarta.
- [2] Chinmay K.N., Kumari K, Manas R.N., “Economical management of microgrid for optimal participation in electricity market”, *Journal of Energy Storage*, vol. 21, 2019, pp: 657-664.
- [3] Peraturan Pemerintah Republik Indonesia No. 79 Tahun 2014, Tentang: Kebijakan Energi Nasional, 2014 (<http://www.den.go.id/upload/ken/ppken.pdf>)
- [4] T. R. Ayodele, A. S. O. Ogunjuyigbe, K. O. Akpeji, and O. O. Akinola, “Prioritized rule based load management technique for residential building powered by PV/battery system,” *Eng. Sci. Technol. an Int. J.*, 2017.
- [5] Syafii and R. Nazir, “Performance and energy saving analysis of grid connected photovoltaic in West Sumatera,” *Int. J. Power Electron. Drive Syst.*, vol. 7, no. 4, 2016.
- [6] Muammar Zainuddin dan Haditsah Annur, “Optimasi Penempatan dan Kapasitas PLTS on grid pada Sistem Distribusi Radial Menggunakan Metode Algoritma Genetika Multi Konstrain”, *Jurnal Rekayasa Elektrika*, vol. 15, no.1, April 2019.
- [7] Hussein A. Kazem, “Renewable and Sustainable Energy, Principles and Applications”, 1st Edition, 978-3-659-46238-2, 2013, LAP LAMBERT Academic Publishing, German
- [8] Sopian K, Elbreki A.M , Ruslan M.H., Ali Najah Al-Shamani, Elhub B., Azher M. Abed, Husam Abdulrasool Hasan, Dezfouli M. M. S., “A stand-alone Photovoltaic System Design and Sizing: a Greenhouse Application in Sabha City: Case study in Libya”, *Proceeding of The 3rd Engineering Science And Technology*, vol. 3, *International Conference (ESTIC)* 2016.
- [9] Campana P. E., Wästhage L., Nookuea W., Tan Y., and Yan J., “Optimization and assessment of floating and floating-tracking PV systems integrated in on- and off-grid hybrid energy systems,” *Solar Energy*, vol. 177, pp. 782–795, 2019.
- [10] Miss. L. Raja Rajeswari, and Krishna Bhanu C. V., “Design of Stand-Alone Photovoltaic System – A Case Study”, *International Journal of Engineering Research and Applications (IJERA)*, vol. 3, no. 2, 2013, pp: 510-515.
- [11] Solar Hybrid, Inverter Luminous 1500VA, 2019 (<https://luminous.co.id/inverter/solar-hybrid/>)
- [12] Kepmen-ESDM-No.1567 K/21/MEM/2018, “Rencana Usaha Penyediaan Tenaga Listrik 2017,” PT.PLN (Persero) Tahun 2018/2027, 2018.

Penerbit:

Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Syiah Kuala

Jl. Tgk. Syech Abdurrauf No. 7, Banda Aceh 23111

website: <http://jurnal.unsyiah.ac.id/JRE>

email: rekayasa.elektrika@unsyiah.net

Telp/Fax: (0651) 7554336

