

PEMANFAATAN INTENSITAS SINAR MATAHARI UNTUK PANEL SURYA SEBAGAI SUMBER DAYA MENGGUNAKAN POWER INVERTER DC KE AC DAYA RENDAH

Koesmarijanto¹, Azam Muzakhim Imammudin², Hendro Darmono³

Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Malang

email: ¹koesmarijanto@polinema.ac.id, ²azampolinema@gmail.com, ³hendro_darmono@polinema.ac.id

(Artikel diterima: Desember 2020, diterima untuk terbit: Januari 2021)

Abstrak – Energi bersih dan terbarukan dengan memanfaatkan intensitas sinar (energi) matahari pada sistem pembangkitan listrik tenaga surya. Sel surya dapat mengubah secara langsung energi sinar matahari dari diatomik menjadi energi listrik. Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) dirancang sesuai kebutuhan dari skala rumah tangga sampai skala besar dengan teknologi yang mudah diadopsi oleh masyarakat. Energi matahari yang dikonversikan menjadi energi listrik dengan memanfaatkan panel surya digunakan sebagai energi alternatif yang dimanfaatkan untuk perumahan yang berada di daerah terpencil atau untuk keperluan yang lain. Tujuan penelitian ini mendesain sistem pembangkit tenaga surya dengan daya rendah untuk daerah yang belum terjangkau oleh aliran listrik atau memanfaatkan energi panel surya saat aliran listrik kondisi padam. Hasil variabel uji penelitian ini adalah tegangan yang dihasilkan kondisi konstan pada aki sebesar 12 Volt untuk mendorong inverter power dc ke ac menjadi tegangan 220 Volt. Tegangan Panel Surya sesuai spesifikasi tanpa beban (open circuit) sebesar 21,8 V dan diukur sebesar 19,8 V kondisi siang hari (cerah) jam 12.30 wib, sedangkan tegangan aki sebesar 12,61 V tanpa beban. Tegangan panel surya sebesar 19,8 V dibebani aki mengalami penurunan menjadi 14,4 V pada Solar Charge Controller. Efisiensi panel surya sebesar 16,83 %.

Kata kunci: sel surya, PLTS, inverter, *charge controller*, aki

Abstract – Renewable energy by utilizing the intensity of sunlight (energy) in solar power generation systems. Solar cells can directly convert sunlight energy from diatomic to electrical energy. Solar Power Plants (PLTS) are designed according to the needs of the household scale to large scale with technology that is easily adopted by the community. Solar energy which is converted into electrical energy by utilizing solar panels is used as an alternative energy used for housing in remote areas or for other purposes. The purpose of this study is to design a solar power generation system with low power for areas that have not been reached by electricity or utilize solar panel energy when the electricity is off. The results of the test variables in this study are the voltage produced by the battery constant conditions of 12 Volts to drive the dc to ac power inverter to a voltage of 220 Volts. The voltage of the Solar Panel according to the specifications without load (open circuit) is 21.8 V and measured at 19.8 V in daytime conditions (sunny) at 12.30 WIB, while the battery voltage is 12.61 V without load. The solar panel voltage of 19.8 V loaded with the battery decreased to 14.4 V on the Solar Charge Controller. The efficiency of solar panels is 16.83%.

Keywords: solar PV, inverter, charge controller, battery

I. PENDAHULUAN

Upaya-upaya pencarian sumber energi alternatif selain fosil menyemangati para peneliti di berbagai negara untuk mencari energi lain yang kita kenal sekarang dengan istilah energi terbarukan. Energi terbarukan dapat didefinisikan sebagai energi yang secara cepat dapat diproduksi kembali melalui proses alam. Energi terbarukan meliputi energi air, panas bumi, matahari, angin, biogas, bio mass serta gelombang laut. Beberapa kelebihan energi terbarukan antara lain: Sumbernya relatif mudah didapat; dapat diperoleh dengan gratis; minim limbah; tidak mempengaruhi suhu bumi secara global, dan tidak terpengaruh oleh kenaikan harga bahan bakar [1].

Solar cell (sel surya) mampu beroperasi dengan baik di hampir seluruh belahan bumi yang tersinari matahari tanpa menghasilkan polusi yang dapat merusak lingkungan sehingga lebih ramah lingkungan [2]. Cara kerja sel surya adalah dengan memanfaatkan teori cahaya sebagai partikel. Sebagaimana diketahui bahwa cahaya baik yang tampak maupun yang tidak tampak memiliki dua buah sifat yaitu dapat sebagai gelombang dan dapat sebagai partikel yang disebut dengan *photon* [3].

Salah satu perangkat yang mampu mengubah energi matahari menjadi energi listrik yaitu yang menggunakan sel surya (panel surya). Panel Surya adalah alat yang terdiri dari

sel surya, aki dan baterai yang mengubah cahaya menjadi listrik. Panel surya menghasilkan arus listrik searah atau DC. Untuk menggunakan berbagai alat rumah tangga yang berarus bolak-balik atau AC dibutuhkan inverter (alat pengubah arus DC ke AC) [4].

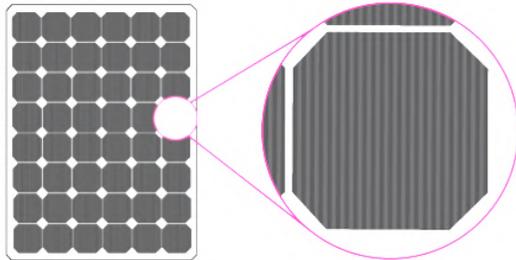
Pemakaian listrik masyarakat perkotaan sebagian besar hanya pada malam hari karena di siang hari mereka sibuk bekerja di luar rumah, maka pemanfaatan energi surya yang sangat melimpah di siang hari sehingga penggunaan sistem PLTS di skala rumah tinggal merupakan solusi terbaik [5].

II. KAJIAN PUSTAKA

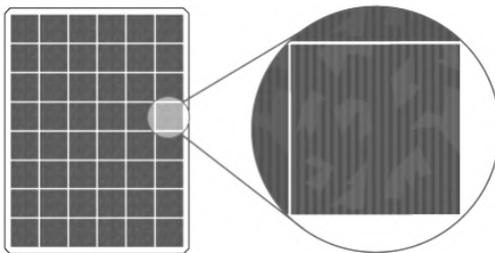
Sel surya adalah sebuah alat yang berfungsi mengubah energi cahaya menjadi energi listrik. Sel surya kadang juga diistilahkan sebagai **Photovoltaic**. Sel surya menjadi pilihan dalam memenuhi ketersediaan listrik pada daerah yang memiliki iklim tropis seperti di Indonesia. Panel surya [6] juga menjadi sumber energi listrik terbarukan yang ramah lingkungan [7].

Opsi panel surya yang tersedia saat ini sesuai dengan salah satu dari jenis: *monocrystalline*, *polycrystalline* (juga dikenal sebagai *multi-crystalline*), film tipis atau jenis amorphous dan panel surya yang terbuat dari *Gallium Arsenide* (GaAs). Setiap tipe memiliki kelebihan dan kekurangannya masing-masing, dan tipe panel surya yang paling sesuai untuk pemasangan, bergantung pada faktor-

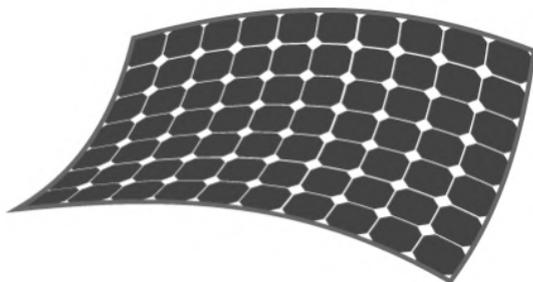
faktor khusus untuk properti Anda sendiri dan karakteristik sistem yang diinginkan. Panel surya ini bervariasi dalam cara pembuatannya, penampilan, kinerja, biaya, dan pemasangannya yang paling sesuai. Bergantung pada jenis penginstalan yang menjadi pertimbangan, satu opsi mungkin lebih sesuai daripada yang lain.



Gambar 1. Panel Surya Monokristalin [8]



Gambar 2. Panel Surya Polikristalin [8]



Gambar 3. Panel Surya Silikon Amorphous [8]



Gambar 4. Panel Surya Gallium Arsenide [8]

A. Solar Charge Controller

Controller atau sering dikenal dengan *charge controller* adalah perangkat elektronik yang digunakan dalam sistem PLTS untuk mengatur pengisian arus searah dari panel surya ke baterai dan mengatur penyaluran arus dari baterai ke peralatan listrik (beban). Alat ini juga mempunyai

kemampuan untuk mendeteksi kapasitas baterai. Bila baterai sudah terisi penuh dengan cadangan energi listrik maka penyaluran energi listrik dari panel akan dapat dihentikan secara otomatis. Cara alat ini mendeteksi adalah melalui monitor level tegangan baterai. Charge controller menerapkan teknologi *pulse width modulation* (PWM) untuk mengatur fungsi pengisian baterai dan pembebasan arus dari baterai ke beban. Beberapa fungsinya seperti mengatur arus untuk pengisian ke baterai, menghindari *overcharging*, *overvoltage* dan monitoring temperatur baterai.



Gambar 5. Solar Charge Controller [9]

B. Inverter

Inverter adalah perangkat elektronika pendukung panel surya untuk mengubah arus searah (*direct current, DC*) menjadi arus bolak-balik (*alternating current, AC*) yang umumnya peralatan listrik butuhkan. Pemilihan inverter yang tepat untuk aplikasi tertentu tergantung pada kebutuhan beban dan juga kepada sistem itu sendiri apakah sistem yang terhubung ke jaringan listrik (*grid connected*) atau sistem yang berdiri sendiri (*stand alone system*). Efisiensi inverter pada saat pengoperasian adalah sekitar 90%. Ada tiga kategori inverter, yaitu: *grid-tied*, *grid-tied* dengan baterai cadangan, dan *stand-alone*. Kedua jenis inverter yang pertama adalah inverter *line-tied*, yang digunakan dengan sistem panel surya *utility-connected*. Jenis yang ketiga adalah *stand-alone* atau inverter *off-grid*, diciptakan untuk berdiri sendiri (tidak bergantung).

- Beberapa fungsi dari solar charge controller adalah:
- Menghindari arus untuk pengisian ke baterai, dari *overcharging* dan *overvoltage*,
 - Mengatur arus yang dibebaskan/diambil dari baterai agar baterai tidak *full discharge*, dan *overloading* dan
 - Monitoring temperatur baterai.



Gambar 6. Inverter [10]

C. Menentukan Efisiensi Panel Surya

Efisiensi panel surya merupakan ukuran keluaran daya listrik panel surya (dalam watt) dibandingkan dengan luas permukaannya. Umumnya, semakin tinggi efisiensi sebuah panel surya, semakin banyak daya yang bisa didapatkan dari panel surya tersebut. Mengetahui efisiensi panel surya menjadi penting karena membantu memilih panel surya yang tepat dan sesuai dengan kebutuhan untuk area pemasangan yang memiliki lahan sempit, diperlukan efisiensi pada panel surya yang besar, sehingga dapat memaksimalkan daya yang dihasilkan.

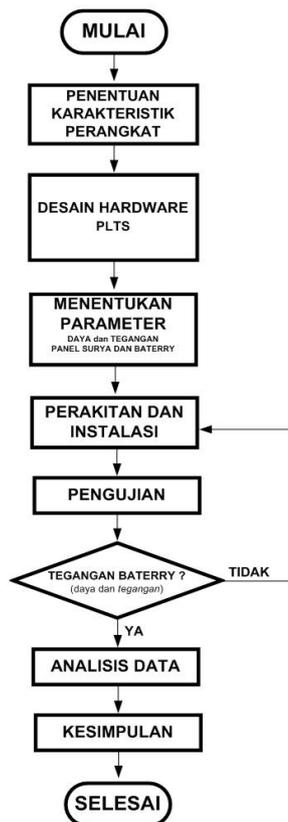
Koefisien *standart test condition* (STC) untuk *incident radiation flux* atau sering diistilahkan jumlah sinar matahari yang diterima permukaan bumi dengan satuan W/m^2 . Sedangkan STC adalah kondisi pengujian kinerja panel surya utama yang oleh kebanyakan produsen dan badan pengujian.

STC merupakan standart industri untuk menunjukkan panel surya dengan ketentuan suhu sel $25^{\circ}C$ dan radiasi $1000W/m^2$ dengan spektrum massa 1,5 (AM1.5). Hal ini sesuai dengan radiasi dan spektrum kejadian sinar matahari pada hari yang cerah pada kemiringan 37° yang menghadap matahari dengan sudut $41,81^{\circ}$ di atas cakrawala [11]

$$\eta_{max} = \frac{P \text{ max (maximum power)}}{\text{Incident radiation flux x area of collector}}$$

III. METODE PENELITIAN

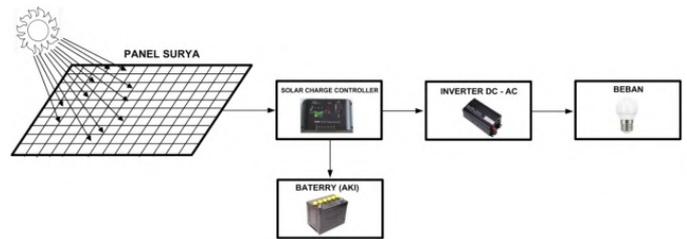
Penelitian dilakukan dengan mengacu kerangka solusi dan diagram alur melalui tahapan secara keseluruhan yang dilakukan sebagai berikut,



Gambar 7. Diagram Alur Metode Penelitian

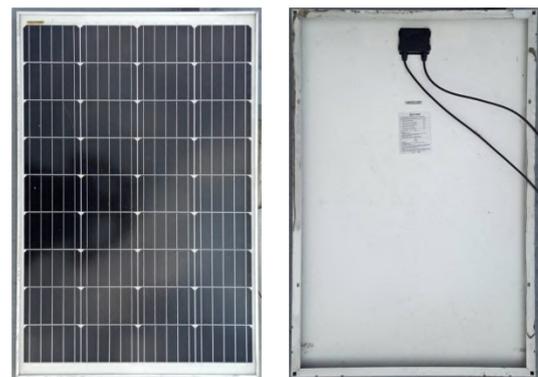
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil desain perencanaan sistem ditunjukkan seperti Gambar 8.



Gambar 8. Perencanaan sistem

Spesifikasi panel surya yang digunakan jenis mono crystalin dan bentuk fisik, seperti yang ditunjukkan Gambar 9.



(a) (b)

ST SOLAR	
MONO CRYSTALLINE SOLAR MODULE	
PERFORMANCE UNDER STANDARD TEST CONDITIONS (STC)	
Maximum Power (Pmax)	100W
Maximum Power Current (Imp)	5.62A
Maximum Power Voltage (Vmp)	17.8V
Open Circuit Voltage (Voc)	21.8V
Short Circuit Current (Isc)	6.05A
STC: 1000W/m ² , 25°C, AM1.5	
DANGER:	
1 ELECTRIC SHOCK The connection of two or more modules in series results in the accumulation of voltage and imposed danger.	
2 WORK ON LIVE PARTS When working and wiring use and wear protective equipment (insulated tools, insulated gloves, etc.)	
WARNING!	
1 ARCING Modules generate direct current (DC) when exposed to light.	
2 SAFE INSTALLATION Do not carry out installation work in strong winds. Secure yourself and other persons against falling. Secure work materials against dropping. Ensure a safe working environment so as to prevent accidents.	
3 Fire protection/explosion protection Modules must not be installed in the vicinity of highly flammable gases, vapors or dusts or filling stations, gas tanks, paint spraying equipment.	
4 Do not use damaged modules. Do not dismantle modules.	
CE ISO	

(c)

Gambar 9. Tampilan panel surya (a) tampak depan, (b) tampak belakang, (c) Spesifikasi panel surya Mono Crystalline



Gambar 10. Tegangan Panel Surya Tanpa Beban

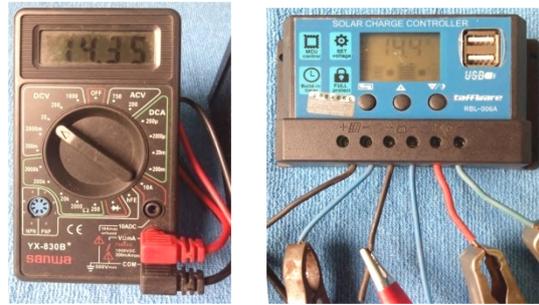
Tegangan Panel Surya sesuai spesifikasi saat tanpa beban (*open circuit*) sebesar 21,8 V dan saat diukur sebesar 19,8 V kondisi siang hari (cerah) jam 12.30 wib (Minggu, 18 Juli 2021), seperti ditunjukkan Gambar 10. Sedangkan tegangan aki sebesar 12,61 V tanpa beban seperti ditunjukkan Gambar 11.



Gambar 11. Tegangan Aki Tanpa Beban

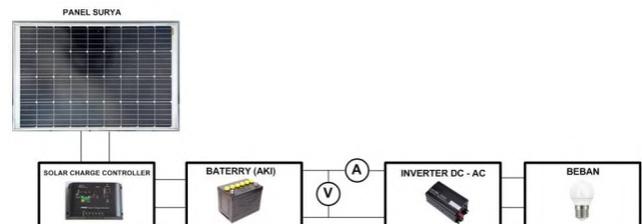


Gambar 12. *Set-up* perangkat sesuai desain perencanaan



Gambar 13. Tegangan aki saat terhubung dengan panel surya

Gambar 12 menunjukkan aki terhubung dengan panel surya saat mengisi arus sesuai dengan kemampuan tegangan yang dimiliki oleh panel surya saat terbebani oleh aki mengalami penurunan yang semula 19,8 V menjadi 14,4 V pada *Solar Charge Controller*, sedangkan yang terbaca pada Voltmetr sebesar 14,35 V ($\approx 14,4$ V) seperti yang ditunjukkan Gambar 14. *Set-up* pengukuran arus dan tegangan dengan beban lampu dan inverter.



Gambar 14 *Set-up* pengukuran tegangan dan arus dengan beban 12 W

Tabel 1. Pengukuran arus dan tegangan selama 5 jam dengan beban 12 Watt

No.	Tanggal	Tegangan (V)	Arus (A)	Daya (W)
1	18 - 07- 2021	12,61	1,13	14,25
2	19 - 07- 2021	12,60	1,13	14,24
3	20 - 07- 2021	12,49	1,14	14,24
4	21 - 07- 2021	12,20	1,17	14,27
5	22 - 07- 2021	11,85	1,21	14,34
6	23 - 07- 2021	11,60	1,23	14,27
7	24 - 07- 2021	11,30	1,26	14,24
Rata-rata		12,09	1,18	14,26

Daya yang dihasilkan merupakan perkalian arus dan tegangan, sesuai dengan persamaan,

$$P = V \cdot I = (12,61) \times (1,13) = 14,25 \text{ W}$$

Hasil pengujian yang ditunjukkan pada Tabel 4.1 merupakan pengisian aki sekali yang digunakan untuk 7 hari dengan beban 12 Watt dan beban inverter dengan waktu tiap hari selama 5 jam. Rata-rata untuk tegangan sebesar 12,09 V, arus 1,18 A, dan daya beban lampu sebesar 12 W sedangkan daya inverter sebesar 2,26 W.



Gambar 15. Panel surya terhubung dengan aki tanpa beban dan beban lampu 12 W

Pengujian dengan daya beban lampu sebesar 12 Watt ditunjukkan pada Gambar 4.8, sebelum beban dinyalakan dan setelah beban dinyalakan. Kemampuan untuk beban daya 12 W tegangan pada aki tetap tetap 12,6 V, selama pengujian dilakukan selama 5 menit.

$$\text{Maksimum efisiensi, } \eta_m = \frac{\text{Daya output maksimum}}{(\text{incident radiation flux}) \times (\text{luas area panel})}$$

Incident radiation flux = jumlah sinar yang diterima bumi dengan satuan $\text{W/m}^2 = 1000 \text{ W/m}^2$

$$\text{Luas panel surya} = \text{panjang} \times \text{lebar} = (95 \times 63) \text{ cm} = 5985 \text{ cm}^2 = 0,5985 \text{ m}^2$$

$$\text{Daya Output Maks. } P_{\max} = V_{\text{mpp}} \times I_{\text{mpp}} = 17,8 \text{ V} \times 5,62 \text{ A} = 100,036 \text{ Watt}$$

$$\text{Maksimum efisiensi, } \eta_m = \frac{100,036 \text{ W}}{1000 \text{ W/m}^2 \times 0,5985 \text{ m}^2} \times 100 \% = 16,83 \%$$

V. KESIMPULAN

Kajian tentang pemanfaatan energi matahari sebagai sumber daya skala kecil telah disajikan. Tujuan utama dari penelitian ini adalah menguji seberapa besar efisiensi solar panel untuk kondisi radiasi dan beban yang bervariasi. Sangkaian pengujian telah dilakukan di laboratorium dan hasilnya adalah Tegangan Panel Surya sesuai spesifikasi tanpa beban (open circuit) sebesar 21,8 V dan diukur sebesar 19,8 V kondisi siang hari (cerah) jam 12.30 wib, sedangkan tegangan aki sebesar 12,61 V tanpa beban. Tegangan panel surya sebesar 19,8 V dibebani aki mengalami penurunan menjadi 14,4 V pada Solar Charge Controller. Efisiensi panel surya sebesar 16,83 %.

VI. REFERENSI

- [1] DESDM. 2005. *Blueprint Pengelolaan Energi Nasional 2005-2025*. Jakarta.
- [2] Abrori, Muchammad. Sugiyanto. Thaqibul Fikri Niyartama. 2017. *Pemanfaatan Solar Cell Sebagai Sumber Energi Alternatif dan Media Pembelajaran Praktikum Siswa Di Pondok Pesantren "Nurul Iman" Sorogonen Timbulharjo, Sewon, Bantul, Yogyakarta Menuju Pondok Mandiri Energi*. Jurnal Bakti Saintek. Vol.1, No. 1, hal. 17–26.
- [3] Subandi, Slamet Hani. 2015. *Pembangkit Listrik Energi Matahari Sebagai Penggerak Pompa Air Dengan Menggunakan Solar Cell*. Jurnal Teknologi Technoscintia. Vol. 7 No. 2, hal. 157 – 163.
- [4] Asy'ari, Hasyim. Jatmiko. Angga. 2012. *Intensitas Cahaya Matahari Terhadap Daya Keluaran Panel Sel Surya*. *Symposium Nasional RAPI XI FT UMS*.
- [5] Herwandi, Mohammad Luqman, Donny Radianto. 2021. *Implementasi grid tie inverter pada pembangkit listrik tenaga surya on grid untuk golongan pelanggan rumah tangga masyarakat perkotaan*. Jurnal Eltek Vol. 19, No. 1, hal. 108–113, April 2021.
- [6] Asriya, dkk. 2016. *Rancang Bangun Automatic Transfer Switch (ATS) Pada PLTS dan PLN serta Genset*. Jurnal ElektriKa No. II/Tahun 13/Nopember 2016.
- [7] <https://www.andalanelektro.id/2018/09/sistem-pengisian-panel-surya-pwm-dan-mppt.html>. Diakses 24 Januari 2021
- [8] <https://www.sankelux.co.id/blog/Mengenal-Jenis-Solar-Panel-Yang-Paling-Cocok-di-Indonesia>. Diakses 24 Januari 2021.
- [9] <https://tenagasurya.weebly.com/penjelasan-plts.html>. Diakses 24 Januari 2021
- [10] Yuwono, Budi. 2015 *Optimalisasi Panel Sel Surya Dengan Menggunakan Sistem Pelacak Berbasis Mikrokontroler At89c51*. Skripsi, Surakarta: Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Sebelas Maret.
- [11] Pimentel, David. 2008. *Biofuels, Solar and Wind as Renewable Energy Systems, Benefits and Risks*. Springer Science+Business Media B.V. New York