SNESTIK

Seminar Nasional Teknik Elektro, Sistem Informasi, dan Teknik Informatika

https://ejurnal.itats.ac.id/snestik dan https://snestik.itats.ac.id

Informasi Pelaksanaan :
SNESTIK II - Surabaya, 26 Maret 2022
Ruang Seminar Gedung A, Kampus Institut Teknologi Adhi Tama Surabaya

Informasi Artikel:
DOI : 10.31284/p.snestik.2022.2554

Prosiding ISSN 2775-5126

Fakultas Teknik Elektro dan Teknologi Informasi-Institut Teknologi Adhi Tama Surabaya
Gedung A-ITATS, Jl. Arief Rachman Hakim 100 Surabaya 60117 Telp. (031) 5945043
Email : snestik@itats.ac.id

Optimalisasi Panel Surya Untuk Skala Rumah Tangga

Riny Sulistyowati[1], Ahmad Fadholi[2]

Institut Teknologi Adhi Tama Surabaya[1,2]

e-mail: riny.971073@itats.ac.id

ABSTRACT

Power outage in a certain time may happen when the electrical installation of State Power Plant gets in troubles and repair or electrical reliability measurement. The basic cost of electricity stipulated by the State Power Plant has made the consumers in Madumulyorejo Village, Dukun District, Gresik Regency saving electricity in certain hours due to the loss of electrical subsidies for 900VA electrical users. To overcome this problem, solar panels can be employed to produce electrical energy as it has advantages such as environmentally friendly, low maintenance cost, non-gas emission, and abundant availability in nature. Thus, the solar panel becomes the solution for electrical source particularly for saving and satisfying the basic need of household namely house lighting. Since many people do not understand about electricity, a panel of ATS (Automatic Transfer Switch) must be made for regulating the switch automatically based on the required mode The capacity of solar panel 3od Wp and power reduction due to losses 18.7% obtained the maximum solar panels 247.65 watts. The result of efficiency measurement on the Polly Crystalline-typed solar panel gained efficiency of 30.55%. To optimize the output of solar panel, a modeling of solar panel was carried out in good angle measurement of 20° to 30° within current averagely 9 50A to 9.51A As a result, the electricity in I month after solar panel installment 29.65Kwh in electrical basic tariff IDR 1352 could be saved IDR 39,954 or around 13%

Keywords: *Solar panel; renewable enrgy, ATS (Automatic Transfer Switch); efficiency; tilt angle.*

ABSTRAK

Pemadaman listrik bisa terjadi jika instalasi listrik dari PLN mengalami gangguan dan dilakukan perbaikan atau pengukuran keandalan listrik, maka disitulah akan terjadi pemadaman listrik disaat saat tertentu. Besarnya tagihan tarif dasar listrik PLN membuat para konsumen listrik di Desa Madumulyorejo, Kecamatan Dukun, Kabupaten Gresik sering melakukan penghematan listrik dijam jam tertentu karena hilangnya subsidi

listrik bagi pengguana listrik 900VA. Untuk mengatasi permasalahan ini penggunaan Panel surya sebagai alat untuk memproduksi energi listrik dengan kelebihan ramah lingkungan, dan rendah biaya perawatan dan tidak menimbulkan gas emisi serta energi yang dibutuhkan tersdia di alam yakni berupa sinar matahari. Panel surya menjadi sebuah solusi untuk sumber listrik untuk melakukan penghematan untuk memenuhi kebutuhan rumah tengga terutama kebutuhan yang paling mendasar yaitu penerangan rumah. Dikarenakan pada yang ada dirumah tidak ada kepahaman masalah kelistrikan maka dibuatlah sebuah panel ATS *(Auto Matic Transfer Switch)* untuk mengatur switch secara otomatis berdasarkan mode yang diinginkan. Dari kapasiatas panel surya 300 Wp dan terjadi pengurangan daya karena adanya *losses* sebesar 15% maka kapasitas maksimum dari panel surya menjadi 255,8 watt. Hasil pengukuran efisiensi pada panel surya dengan jenis *polly cristalline* dengan perhitungan didapatkan efisensi sebesar 30,55%. Untuk memaksimalkan Output dari panel surya maka pemodelan panel surya sudut kemiringan yang bagus saat pengukuran pada sudut 20° sampai 30° dengan arus rata-rata 9,50A sampai 9,51A. Sedangkan penghematan listrik dalam 1 bulan setelah pemasangan panel surya sebesar 30,54Kwh dangan harga tarif dasar listrik Rp. 1.352 maka dalam satu bulan didapatkan penghematan sebesar Rp. 41.290,08 dangan presentase penghematan sebesar 13,76%.

Kata kunci: Panel surya, Energi Baru terbarukan, ATS *(Auto Matic Transfer Switch)*, Efisiensi, Sudut Kemiringan

PENDAHULUAN

Listrik rumah tangga merupakan bagian yang tidak terpisahkan. Saat ini, hampir semua bentuk kenyamanan modern bergantung pada listrik. Listrik tidak hanya digunakan untuk penerangan rumah, tetapi juga banyak digunakan pada berbagai peralatan rumah tangga. Akibatnya, peralatan yang banyak menggunakan listrik menyebabkan tagihan listrik membengkak[1]. Kenaikan tagihan listrik dan mahalnya harga dasar listrik menjadi masalah bagi kebutuhan listrik rumah tangga Indonesia. Masalah ini muncul karena besarnya kebutuhan energi listrik yang digunakan. sebab, kebutuhan listrik semakin meningkat setiap tahunnya [2]. Salah satu cara untuk mengurangi biaya tagihan listrik rumah tangga per bulan adalah dengan menggunakan tenaga surya untuk menghasilkan listrik yang umumnya sudah dikenal masyarakat dengan nama panel surya [3]. Konsep penyimpanan energi dengan menggunakan jaringan yang terhubung ke baterai sebagai sumber listrik digunakan untuk menentukan nilai optimal kebutuhan panel surya di rumah. Inverter yang digunakan adalah inverter dua arah, sehingga jika energi yang dihasilkan oleh panel surya yang disimpan di baterai tidak cukup untuk memenuhi kebutuhan listrik rumah, maka daya dari pembangkit lain dapat digunakan sebagai tenaga cadangan, sehingga tidak akan terjadi pemadaman listrik [4]. Prakiraan daya hasil panel surya yang dihasilkan saat pemasangan. Selain itu, dipercaya bahwa konsekuensi prakiraan daya luluh panel surya dapat digunakan untuk menilai presentasi panel surya.

Pembangkit Listrik Tenaga Surya

Sebuah pembangkit tenaga yang memanfaatkan radiasi bertenaga matahari untuk menghasilkan energi listrik. Tenaga yang diciptakan merupakan cara untuk mengubah energi esensial menjadi energi baru dan energi ramah lingkungan. Bagian utama dari kerangka adalah panel surya atau sel yang seharusnya berorientasi matahari, yang kapasitasnya untuk mengubah energi panas dari radiasi berbasis matahari menjadi energi listrik aliran langsung [5].

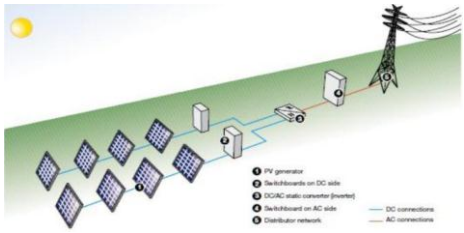
Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya

Pada dasarnya pembangkit listrik tenaga matahari bergantung pada konfigurasi komponennya, sistem pembangkit listrik tenaga matahari sendiri dikenal menjadi 2 jenis[6].

- Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya *ON Grid*.

  Pembangkit listrik tenaga surya yang terhubung ke jaringan adalah kombinasi dari sistem tenaga surya dan kelistrikan lainnya. Baik itu jaringan listrik tradisional atau jaringan

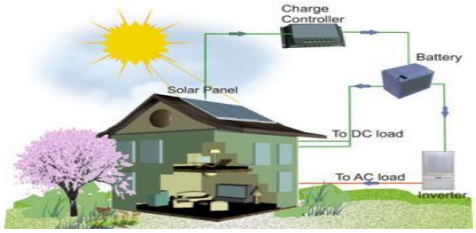
energi terbarukan, tingkat pemanfaatan dapat dioptimalkan untuk menghasilkan jumlah listrik maksimum [7,8].



Gambar 1. Susunan *ON Grid* [6].

- Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya *OFF-Grid*

  Pembangkit listrik tenaga surya mandiri adalah Rangkaian PLTS yang berarti menghasilkan daya untuk kebutuhan listrik sebuah rumah dengan mengandalkan energi berbasis sinar matahari sebagai salah satu sumber energi yang mendasar.



Gambar 2. Susunan *OFF-Grid* [6]

Perhitungan Kapasitas Energi Pembangkit Listrik Tenaga Surya

Panel surya atau *SollarCell* dengan jenis *Polly-Crystalline* memiliki efisiensi yang cukup tinggi dan masa pakai normal 25 tahun, saat tingkat daya panel surya telah turun 20%.

Untuk menentukan kapasitas *SollarCell*, maka terlebih dahulu mencari faktor pengisian (fill factor) dengan sebagai berikut[9]:

$$FF = \frac{Vm\ x\ Im}{V_{oc}\ x\ I_{sc}} \tag{1}$$

Pada luas permukaan *Sollar Cell* yaitu, *P x L* sehingga total luas permukaan *Sollar Cell* adalah ruang daya matahari yang didapat saat radiasi matahari ke panel surya berada pada titik paling ekstrim adalah sekitar 1000 watt/m2. Pada saat itu kemampuan sel bertenaga matahari adalah [10]:

$$\eta = \frac{P_{out}}{P_{in}} = \frac{V_{oc}\ x\ I_{sc}\ x\ FF}{s\ x\ F}\ x\ 100\% \tag{2}$$

Dimana :

FF = Fill factor saat pengisian.
S = Luas permukaan panel Surya.
F = Radiasi dalam keadaan maksimum.

Kapasitas energi yang dihasilkan pembangkit listrik tenaga surya adalah kapasitas dari gabungan tiap panel surya. Agar mendapatkan energi listrik dapat menghitung dengan rumus dibawah ini :

$$\frac{E_L}{G_{av}\ x\ \eta_{pv}\ x\ TCF\ x\ \eta_{out}} = PV\ Area \quad (3)$$

Setelah memastikan area panel surya seperti pada rumus (2.4) maka akan diketahui daya (watt peak) dengan rumus sebagai berikut :

$$P_{peak\ power} = PV\ Area\ x\ PSI\ x\ \eta_{pv} \quad (4)$$

Dimana :
$P_{peak\ power}$ = Daya yang dibangkitkan (wp)
PSI = Peak solar insolation (1000 w/m^2)

Untuk mendapatkan banyak jumlah *SollarCell* yang dibutuhkan maka :

$$\frac{P_{peak\ power}}{P_{MPP}} \quad (5)$$

Kemudian untuk penghitungan rata-rata daya yang digunakan dalam 1 hari adalah sebagai berikut :

$$W = (P\ x\ V) = \ldots . Wp \quad (6)$$

Inverter

Inverter adalah komponen elektronik yang mendukung panel surya. Panel surya digunakan sebagai konverter arus langsung (DC). Arus searah dihasilkan oleh panel surya dan diubah menjadi arus pengganti (AC). Tegangan hasil variabel dapat diperoleh dengan mengubah tegangan input DC dan menjaga agar inverter mulai konsisten, Saat inverter bekerja, batas efisiensi adalah 90% [11].

Kapasitas Baterai

Sarat baterai bekerja secara normal adalah, arus tersimpan di baterai tidak boleh terkuras kurang lebih dari 25%, sehingga DOD (deep of discharge) = 100% - 30% = 70% [9].

$$penggunaan\ untuk\ satu\ hari = \frac{E_{load}}{V} \quad (8)$$

Maka dengan ini untuk mencari baterai dengan kapasitas untuk memenuhi kebutuhan listrik rumah tangga adalah sebagai berikut :

$$i_b = \frac{\frac{E_{maks}}{V_b} + beban\ dalam\ sehari\ (Ah)}{DOD\ x\ 0{,}8} \quad (9)$$

Controller/ Sollar Charger Controller

Controller ini berfungsi sebagai pengontrol tegangan baterai dengan tujuan agar tidak melampaui batas resistansinya. Hal ini ditunjukkan pada Gambar 3.



Gambar 4. Charger Controller Tipe PWM[4].

ATS (Automatic Transfer Switch)

ATS adalah rangkaian kontrol yang digunakan untuk mengatur konversi otomatis catu daya dari berbagai sumber energi dari panel surya ke PLN atau dari generator ke PLN sistem switching bekerja secara otomatis. Dalam sistem ini, tingkat kedalaman atau pengosongan baterai (DOD) diatur pada batasan 70% untuk memastikan bateri bisa bertahan lebih lama. Jika sistem PLTS tidak memiliki suplai energi maka sistem PLTS akan terputus dan sistem ATS akan beralih ke sumber PLN [9].

Perbandingan Penurunan dan Presentase

Penggunaan listrik harian sangat bergantung dari beban yang digunakan, waktu penggunaan rata-rata dalam satu hari dapat dihiting dengan rumus sebagai berikut [10] :
Rata-Rata beban harian sebagai berikut :

$$P = \frac{P_1 + P_2 + P_3 + \ldots + P_n}{t} \tag{10}$$

Rata-Rata penggunaan harian

$$T = \frac{T_1 + T_2 + T_3 + \ldots + T_n}{t} \tag{11}$$

Penggunaan beban dalam satu hari dengan lama penggunaan maka dapat diketahui daya yang diperlukan untuk semua kebutuhan penerangan rumah.
Rata- Rata Energi harian :

$$E = \frac{E_1 + E_2 + E_3 + \ldots + E_n}{t} \tag{12}$$

Setelah mendapat konsumsi daya sebelum dipasang panel surya dan setelah terpasang panel surya sehingga dapat dicari selisihnya dengan rumus sebagai berikut:

$$\Delta E = E_{sebelum} - E_{sesudah} = \Delta E_{satu\ bulan} x\ harga\ dasar\ Kwh \tag{13}$$

Penggunaan panel surya satu tahun maka akan menghemat daya listrik dan biaya sebagai berikut :

$$\Delta E_{Satu\ Tahun} = \Delta E\ x365 \tag{14}$$

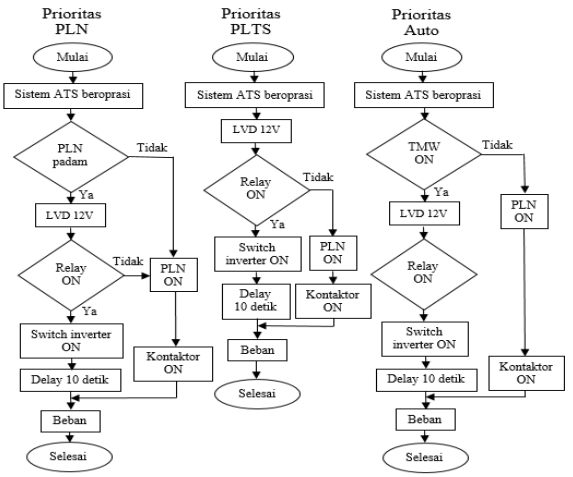
Prosentase penghematan dari pemakaian panel surya terhadap Listrik PLN dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$\frac{\Delta E}{\sum \Delta E_{Sebelum}}\ x\ 100\% \tag{15}$$

METODE

Sistem kerja diagram alir

fungsi pembangkit tenaga berbasis sinar matahari terhadap radiasi berbasis matahari yang akan ditangkap oleh papan berbasis matahari kemudian aliran listrik dengan menyambungkan listrik papan surya dan PLN daya dengan panel ATS (*Automatic Transfer Switch*) sebagai mode perancah untuk memindahkan aliran listrik. Diagram sistem panel ATS pada Gambar 5.



Gambar 5. Flowcart Sistem ATS

Pada sistem panel ATS disematkan 3 mode sebagai berikut :

- Prioritas PLN

  Mode ini dapat diartikan sebagai arus listrik yang di prioritaskan adalah arus listrik PLN dan arus listrik yang tersimpan pada baterai hanya sebagai emergency.
- Prioritas PLTS

  Mode ini dapat diartikan sebagai arus listrik yang di proiritaskan arus listrik yang tersimpan pada baterai, dan untuk arus yang berasal dari PLN hanya sebagai backup.
- Prioritas AUTO

  Pada mode ini kedua arus listrik baik dari PLN maupun dari panel surya keduanya sama sama dipakai untuk pemakaiannya di kontrol secara otomatis oleh *timer weekly* untuk jam pemakaian listrik secara bergantian.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian Panel Surya

Pengujian panel surya diselesaikan dengan memperkirakan tegangan dan arus panel surya sebelum terhubung dengan beban. Panel surya yang digunakan adalah *polly-crystalline* 300 Wp (100Wp 3 unit) yang disusun secara pararel. Estimasi panel surya menggunakan multimeter digital.

Pengujian Baterai (Accu)

Baterai sebagai media kapasitas dan sumber tenaga, dalam pengujian ini baterai yang digunakan adalah tipe basah dengan tegangan 12V DC. Mengingat energi yang diciptakan oleh panel surya akan menjadi bervariasi. Berikutnya adalah informasi perkiraan untuk pengisian baterai tanpa beban. Tegangan baterai di tunjukkan pada Gambar 6.



Gambar 6. Tegangan Baterai (accu) Saat Pengisian

Pengujian Inverter

Pengujian bertujuan untuk mengetahui nilai dari frekuensi. Pengujian tersebut dilakukan pada display Kwh meter digital. Mengenai pengujian rekurensi ini dengan membandingkan nilai rekurensi yang muncul dari penyajian pada tayangan Kwh meter. Pada Gambar 7 merupakan gambar gelombang inverter yang memiliki nilai rekurensi 50 Hz. Sedangkan pengujian tegangan inverter tanpa beban dan dengan beban di tunjukkan pada Gambar 8a dan 8b.



Gambar 7. Tegangan dan Frekwensi yang dihasilkan Inverter



(a)



(b)

Gambar 8.a) Tegangan Inverter Tanpa Beban b) Tegangan Inverter Dengan Beban

Pengujian tegangan dilakukan untuk mengetahui tegangan yang dihasikan oleh inverter apakah sudah sesuai dengan tegangan yang di harapkan 220V. Terdapat dua pengambilan gambar pada tegangan iverter yang sudah terdapat beban dan tengan inverter tanpa beban.

Pengujian Kapasitas Maksimum Panel Surya

Tenaga yang didapat dari *sun power board* tidak 100% murni dan dapat masuk ke charger karena ada beberapa jenis kerusakan yang ada pada papan berorientasi matahari, jadi untuk charger yang dialihkan ke baterai Karena kemungkinan besar akan terkena losses karena semakin rendah sifat bahan panel surya, maka semakin tinggi pula losses yang diperoleh oleh papan tersebut. sistem tertutup pada bagian dan struktur PLTS [11].

Tabel 1 Perhitungan Daya[12]

Daya PV	**300Wp**	
Jenis Losses	**Besar nilai Losses**	**Daya**
losses Manufacture (Power Tolerance)	3% (0,97)	291
Losses dirt/kotoran (debu, kotoran burung dll)	5% (0,95)	276,45
Losses Temperatur module	5,7% (0,943)	260,69
Losses kabel	5% (0,95)	247,65
Total *Losses*	52,35	
Total daya output PV	**300W – 52,35W**	**247,65W**

Referensi [11] mengklarifikasi bahwa *losses* total adalah 18,7%. sedangkan dalam pengujian berikutnya menggunakan referensi [13]23 menjelaskan *losses* total 15% yang mencakup *losses* pengkabelan, inverter, papan berbasis matahari dan kerusakan yang dipengaruhi oleh residu dan suhu papan berorientasi matahari.

$3\ Unit\ x\ 100\ Watt = 300\ Watt$
$Pi \quad = 300\ x\ 15\% = 45\ Watt$
P_{total} *= 300 Watt - 45 Watt = 255 Watt*

Dalam satu tes, *losses* mutlak adalah 18,7% tergantung pada referensi [11]. Sementara itu, pada pengujian fase kedua, *losses* total adalah 15% berdasarkan pada referensi [13], ada perbedaan 3,7% dalam *losses*. Namun untuk pengujian asli dengan menggunakan alat DC Watt meter menunjukkan daya sebesar 255,8 Watt sebagai berikut :



Gambar 9. Pengukuran Panel Surya Menggunakan Watt Meter.

Pengujian Efisiensi Panel Surya

Pada saat menghitung efisiensi panel surya untuk mendapat nilai efisiensi beban perubahan kebutuhan rumah tangga. intensitas energi dibawah sinar matahari mencapai sekitar 1000 watt dipermukaan bumi. Namun, utilitas untuk mengubah energi radiasi matahari menjadi listrik hanya 25%, pembangkit listrik panel surya yang dapat diproduksi panel surya 250 watt m².

$P_{in} = I.A_P$

P_{in} 300 Wp = 225W/m² x (1,05 x 0,67 x 3)
= 225W/m² x 2,11 m²
= 474, 75 watt

Besar energi yang dihasilkan dari panel surya P_{out} dapat di hitung dengan rata-rata voltse dan amper rata-rata sebagai berikut :

$P_{out} = V.I$
P_{out} = 12,4 x 11,7
=145,08 watt

Sehingga besar efisiensi yang dihasilakan baterai dapat di hitung sebagai berikut :

$$\eta = \frac{P_{out}}{P_{in}} \text{x} 10^2 \text{x} 100\%$$
$$= \frac{145{,}08}{474{,}75} x 10^2 x 100\%$$
$$= 30{,}55\%$$

Perbandingan Sebelum dan Setelah Pemasangan Panel Surya

Perhitungan Konsumsi energi harian yang didapatkan dari sebelum pemasangan panel surya dan setelah pemasanagan, perbedaannya dapat ditetukan sebagai berikut:

$$\Delta E = 221{,}89Kwh - 191{,}35Kwh$$
= 30,54 Kwh

Pembelian token listrik 900VA dalam satu bulan. Biaya pokok per Kwh atau biaya per unit energi dinyatakan dalam Rp./kWh.

$$\frac{300.000}{1.352} = 221{,}89Kwh$$
$$\Delta E_{Satu\ Bulan} = 30{,}54\ x\ 1.352 = Rp.\ 41.290{,}08$$

PLTS daya berbasis sinar matahari ke daya PLN, PLTS dapat memasok atau mengurangi kebutuhan listrik dari semua penerangan rumah yang dapat diperoleh dari penggunaan energi PLTS adalah sebagai berikut:

$$\frac{41.290{,}08}{300.000}\ x\ 100 = 13{,}76\%$$

KESIMPULAN

Pada kesimpulan data tersebut didasari dari uji coba dan analisa dilapangan. Pembuatan pembangkit listrik tenaga surya 300 Wp dengan panel surya 100Wp 3 unit yg dirangkai secara pararel belum dapat menghasilkan kapasitas maksimum 300Wp, karena adanya *losses* 15% sehingga hanya bisa menghasilkan kapasitas maksimum panel surya sebesar 255,8Wp. Pada kapasitas maksimum dengan intensitas matahari rata–rata dapat menghasilkan 1.018,08 watt dan dalam kurun waktu satu bulan dapat menghasilkan 30,54Kwh. Pembangkit listrik tenaga Surya 100Wp 3 unit yang dirangkai pararel dengan total luas permukaan panel surya 2,11 m² dapat menghasilkan efisiensi sebesar 30,55%. Untuk pengoptimalan nilai arus output panel surya dengan mengatur sudut kemiringan dari 0° (Rata lantai) sampai 50° dengan posisi panel surya permanen menghadap ke arah barat laut dari terbit sampai terbenam matahari (180°) tanpa mengubah arah, dapat disimpulkan bahwa arus rata-rata terbesar yaitu pada sudut 10° sampai 20° dengan nilai rata-rata arus output 9,51A sampai 9,65A.

DAFTAR PUSTAKA

[1] R. Salman, "Analisis Perencanaan Penggunaan Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya (Plts) Untuk Perumahan (Solar Home System)," *Maj. Ilm. Bina Tek.*, vol. 1, no. 1, pp. 46–51, 2013.

[2] R. Rusman, "Pengaruh Variasi Beban Terhadap Efisiensi Solar Cell Dengan Kapasitas 50 Wp," *Turbo J. Progr. Stud. Tek. Mesin*, vol. 4, no. 2, 2017.

[3] D. Dzulfikar and W. Broto, "Optimalisasi Pemanfaatan Energi Listrik Tenaga Surya Skala Rumah Tangga," vol. V, pp. SNF2016-ERE-73-SNF2016-ERE-76, 2016.

[4] M. Rif'an, S. H. Pramono, M. Shidiq, R. Yuwono, H. Suyono, and F. Suhartati, "Optimasi Pemanfaatan Energi Listrik Tenaga Matahari Di Jurusan Teknik Elektro Universitas

Brawijaya," *J. EECCIS*, vol. 6, no. 1, pp. 44–48, 2012.
[5] P. Hanna J, "Universitas IndonesiaAnalisis Keekonomian Kompleks Perumahan Berbasis Energi Sel Surya (Studi Kasus: Perumahan Cyber Orchid Town Houses, Depok)," *Fmipa Ui*, no. 0806455143, p. 4240543, 2012.
[6] M. F. Hakim, "Perancangan Rooftop Off Grid Solar Panel Pada Rumah Tinggal," *J. Din. DotCom*, vol. 8, no. 1, pp. 1–11, 2017.
[7] HA Sujono, MA Novianto, R Sulistyowati, H Suryoatmojo. " Design Of One Phase Inverter 250 Watt Third Harmonic Injection Pulse Width Modulation Method In Mini-Grid Photovoltaic," International Conference on Smart Technology and Applications (ICoSTA), 1-6, 2020.
[8] HA Sujono, R Sulistyowati, A Safi'i, CW Priananda Photovoltaic Farm With Maximum Power Point Tracker Using Hill Climbing Algorithm, ARPN Journal of Engineering and Applied Sciences 13 (13), 4167-4172, 2018.
[9] P. Jawab *et al.*, "Penerbit LP3M UMY Penerbit LP3M UMY," *Tek. 37 (2), 2016, 59-63*, vol. 11, no. 2, pp. 61–78, 2016.
[10] B. A. B. Ii and D. Teori, ") adalah energi dari matahari per unit waktu yang diterima pada satu unit luasan permukaan yang tegak lurus arah radiasi matahari pada jarak rata-rata matahari-bumi di luar atmosfer. World Radiation Center (WRC) mengambil nilai konstanta matahari (G," pp. 6–44.
[11] S. Plts, D. Kecamatan, N. Ngala, K. S. Timur, and J. Siwalankerto, "Studi Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga," vol. 10, no. 1, pp. 1–10, 2017.
[12] S. Eko, D. Saputro, I. Kho, and H. Khwee, "ANALISIS PERENCANAANPEMBANGKIT LISTRIK TENAGA SURYA," pp. 1–10.
[13] A. Asriyadi, A. W. Indrawan, S. Pranoto, A. R. Sultan, and R. Ramadhan, "Rancang Bangun Automatic Transfer Switch (ATS) Pada PLTS dan PLN serta Genset," *J. Teknol. Elekterika*, vol. 13, no. 2, p. 225, 2016.
[14] T. J. Pramono, E. Erlina, Z. Arifin, and J. Saragih, "Pemanfaatan Pembangkit Listrik Tenaga Surya Pada Gedung Bertingkat," *Kilat*, vol. 9, no. 1, pp. 115–124, 2020.