

SKRIPSI
**ANALISIS KINERJA *PROTOTYPE HYBRID PLTS* –
GENERATOR SET DENGAN *AUTOMATIC TRANSFER*
*SWITCH***



SKRIPSI

**Dibuat Untuk Memenuhi Syarat Mendapatkan Gelar Sarjana Teknik Pada
Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya**

Oleh:

**KHALIF WISNUTAMA
03041381722093**

**JURUSAN TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS SRIWIJAYA**

2022

LEMBAR PENGESAHAN

ANALISIS KINERJA *PROTOTYPE HYBRID PLTS – GENERATOR SET*
DENGAN *AUTOMATIC TRANSFER SWITCH*



SKRIPSI

Disusun untuk Memenuhi Syarat Mendapatkan Gelar Sarjana Teknik pada
Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik
Universitas Sriwijaya

Oleh :
KHALIF WISNUTAMA
03041381722093

Palembang, Juni 2022


Menyetujui,

Pembimbing Utama

Mengetahui,

Ketua Jurusan Teknik Elektro


Muhammad Abu Bakar Sidik, S.T., M.Eng., Ph.D.
NIP : 197108141999031005


Ir. H. Hairul Alwani, HA M.T.


NIP : 195709221987031003

HALAMAN PERNYATAAN DOSEN

Saya sebagai pembimbing dengan ini menyatakan bahwa saya telah membaca dan menyetujui skripsi ini dan dalam pandangan saya skop dan kualitas skripsi ini mencukupi sebagai skripsi mahasiswa sarjana strata satu (S1)

Tanda Tangan

:



Pembimbing Utama

:

Ir. H. Hairul Alwani.HA M.T.

Tanggal

:

7 / Juni / 2022

**PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR
UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS**

Sebagai civitas akademik Universitas Sriwijaya, saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Khalif Wisnutama
NIM : 03041381722093
Jurusan : Teknik Elektro
Fakultas : Teknik
Jenis karya : Skripsi

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Sriwijaya **Hak Bebas Royalti (*Non-exclusive Royalty-Free Right*)** atas karya Ilmiah saya yang berjudul:

**ANALISIS KINERJA *PROTOTYPE HYBRID PLTS – GENERATOR SET*
DENGAN *AUTOMATIC TRANSFER SWITCH***

Beserta perangkat yang ada (Jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Noneksklusif ini Universitas Sriwijaya berhak menyimpan, mengalihmedia/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (database), merawat, dan mempublikasikan tulisan saya tanpa meminta izin dari saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta. Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di Palembang
Pada tanggal: Juni 2022



Khalif Wisnutama

HALAMAN PERNYATAAN INTEGRITAS

Yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Khalif Wisnutama
NIM : 03041381722093
Fakultas : Teknik
Jurusan/Prodi : Teknik Elektro
Universitas : Sriwijaya

Hasil Pengecekan *Software iThenticate/Turnitin* : 4%

Menyatakan bahwa karya ilmiah dengan judul “Analisis Kinerja *Prototype Hybrid PLTS – Generator Set Dengan Automatic Transfer Switch*” merupakan karya sendiri dan benar keasliannya. Apabila ternyata dikemudian hari karya ilmiah ini merupakan hasil plagiat atas karya ilmiah orang lain, maka saya bersedia bertanggung jawab dan menerima sanksi yang sesuai dengan ketentuan yang berlaku.

Demikian pernyataan ini saya buat dalam keadaan sadar dan tanpa paksaan.

Palembang, Juni 2022


Khalif Wisnutama

KATA PENGANTAR

Alhamdulillah *rabbil'alamin*, Puji syukur penulis panjatkan atas kehadiran Allah SWT atas berkah, rahmat, dan karunia-Nya penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini, sholawat serta salam semoga selalu tercurahkan kepada Baginda Nabi Muhammad SAW, keluarga dan para sahabatnya. Setelah melewati proses yang panjang Berkat rahmat, hidayah, karunia, serta ridho dari Allah SWT, penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini yang berjudul “**ANALISIS KINERJA PROTOTYPE HYBRID PLTS – GENERATOR SET DENGAN AUTOMATIC TRANSFER SWITCH**”. Pembuatan tugas akhir ini merupakan syarat mendapatkan gelar Sarjana Teknik pada Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya. Dalam kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Bapak Muhammad Abu Bakar Sidik, S.T., M.Eng., Ph.D., IPU. Selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro Universitas Sriwijaya.
2. Bapak Prof. Ir. Zainuddin Nawawi, Ph.d., IPU. selaku Guru Besar Teknik Elektro Universitas Sriwijaya.
3. Ibu Dr. Eng. Suci Dwijayanti S.T., MS. selaku Sekretaris Jurusan Teknik Elektro Universitas Sriwijaya.
4. Bapak Ir. H. Hairul Alwani. HA M.T. selaku dosen pembimbing tugas akhir yang telah memberikan banyak sekali ilmu, bimbingan, serta nasihat selama pengerjaan tugas akhir.
5. Bapak Dr. Ir. Armin Sofijan, M.T., selaku dosen pembimbing tugas akhir yang telah memberikan banyak sekali ilmu, bimbingan, serta nasihat selama pengerjaan tugas akhir.
6. Segenap Bapak/Ibu Dosen Penguji skripsi yang telah memberikan masukan selama proses penyelesaian skripsi.
7. Segenap Dosen Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya yang telah memberikan ilmu selama perkuliahan.

8. Segenap staf Fakultas Teknik serta staf Jurusan Teknik Elektro Universitas Sriwijaya.
9. Kedua Orang Tua tercinta Dharma Wiwaha (Papa) dan Eka Dwi Sartika (Mama) yang tiada henti-hentinya memberikan dukungan baik berupa doa, motivasi, dan materi dalam menyelesaikan perkuliahan dan tugas akhir ini.
10. Sahabat-sahabat penulis Muhammad Ansyari Arpan, Ahmad Rafli Baiduri, Ilyas Akmal Akbar, Muhammad Dwi Rizky, Muhammad Fajar Sartana, Muhammad Sayyid Taqiy yang telah menemani penulis dari awal masa perkuliahan hingga menyelesaikan perkuliahan ini.
11. Sahabat penulis Raka Dwi Putra yang telah menemani pada masa tugas akhir yang telah memberi dukungan berupa motivasi dan moral hingga menyelesaikan tugas akhir ini .
12. Teman-teman mahasiswa tergabung di dalam jurusan Teknik Elektro Universitas Sriwijaya

Penulis menyadari bahwa dalam penyusunan tugas akhir ini masih terdapat banyak kekurangan. Oleh karena itu, kritik dan saran yang membangun dari semua pihak sangat diharapkan. Semoga tugas akhir ini dapat bermanfaat untuk kita semua.

Palembang, Juni 2022



Khalif Wisnutama

Universitas Sriwijaya

ABSTRAK
ANALISIS KINERJA PROTOTYPE HYBRID PLTS –
GENERATOR SET DENGAN AUTOMATIC TRANSFER
SWITCH

(Khalif Wisnutama, 03041381722093, X halaman)

Indonesia merupakan negara yang saat ini mengalami peningkatan kebutuhan energi listrik, tetapi masih banyak daerah di Indonesia yang saat ini belum dapat menikmati energi listrik dari PLN. Penelitian ini menggunakan *Hybrid Solar Power System* yang memanfaatkan energi matahari dan merupakan alternatif sistem pembangkit yang daerahnya sulit dijangkau jaringan listrik PLN. Penelitian ini menggunakan *Hybrid Solar Power System* yang digabungkan dengan generator set dan aliran listrik dari PLN pada satu *panel box* dengan ketiga sumber pada keadaan *standby* dan bekerja secara otomatis menggunakan sistem *automatic transfer switch*. Penelitian ini bertujuan untuk mengurangi ketergantungan dan dapat menggantikan penggunaan terhadap generator set maupun aliran listrik PLN. Penggunaan *Hybrid PLTS – Generator Set* ini dapat mengurangi penggunaan generator set selama 1,5 jam yang dimana dapat menghemat satu liter BBM dari pengoperasiannya. *Hybrid PLTS – Generator Set* yang dirancang menggunakan *Automatic Transfer Switch* yang berfungsi sebagai pengalihan otomatis suplai ke beban dan menjamin ketersediaan pasokan energi listrik, sehingga dapat dikoneksikan dengan jaringan listrik PLN. Apabila suatu *Hybrid PLTS* dirancang sesuai dengan yang akan dibebankan, penggunaan *Hybrid PLTS – Generator Set* bukan hanya mengurangi pemakaian generator set, bahkan menggantikannya.

Kata Kunci - *Hybrid System, Automatic Transfer Switch, Generator Set, Prototype*

Mengetahui,

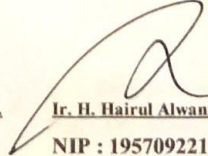
Ketua Jurusan Teknik Elektro


Mahallimad Abu Bakar Sidik, S.T., M.Eng., Ph.D.
NIP: 197108141999031005

Palembang, Juni 2022

Menyetujui,

Pembimbing Utama


Ir. H. Hairul Alwani, HA M.T.
NIP : 195709221987031003

ABSTRACT
**PERFORMANCE ANALYSIS OF PLTS HYBRID PROTOTYPE –
GENERATOR SET WITH AUTOMATIC TRANSFER SWITCH**

(Khalif Wisnutama, 03041381722093, X pages)


Indonesia is a country that is currently experiencing an increase in the need for electrical energy, but there are still many areas in Indonesia where currently people are not able to enjoy electrical energy from PLN. This study uses a Hybrid Solar Power System that utilizes solar energy and is an alternative power system in areas that are difficult to reach by the PLN electricity network. This study uses a Hybrid Solar Power System which is combined with a generator set and electricity from PLN in a panel box with all three sources on standby and works automatically using an automatic transfer switch system. This research aims to reduce dependence and can replace the use of generator sets and PLN electricity. In this study, the application of Hybrid PLTS – Generator Set can reduce the use of generator sets for 1.5 hours which can save one liter of fuel from its operation. Hybrid PLTS – Generator Set designed using Automatic Transfer Switch which functions as an automatic transfer of supply to the load and ensures the availability of electrical energy supply, so that it can be connected to the PLN electricity network. If a PLTS Hybrid is designed according to what will be charged, the use of Hybrid PLTS – Generator Set not only reduces the use of the generator set, it even replaces it.

Keywords – Hybrid System, Automatic Transfer Switch, Generator Set, Prototype

Mengetahui,
Ketua Jurusan Teknik Elektro


Mubammad Abu Bakar Sidik, S.T., M.Eng., Ph.D.
NIP : 197108141999031005

Palembang, Juni 2022
Menyetujui,
Pembimbing Utama


Ir. H. Hairul Atwani, HA M.T.
NIP : 195709221987031003

Universitas Sriwijaya

DAFTAR ISI

SKRIPSI	i
LEMBAR PENGESAHAN	ii
PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR	iii
HALAMAN PERNYATAAN INTEGRITAS	iv
HALAMAN PERNYATAAN DOSEN	v
KATA PENGANTAR	vi
ABSTRAK	viii
ABSTRACT	ix
DAFTAR ISI	x
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR TABEL	xiv
DAFTAR RUMUS	xv
BAB 1 PENDAHULUAN	16
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	1
1.3 Batasan Penelitian	2
1.4 Tujuan Penelitian	2
1.5 Sistematika Penulisan	3
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1. Energi Surya	4
2.2. Pembangkit Listrik Tenaga Surya	5
2.2.1 <i>Off-Grid System</i> – Tidak terkoneksi ke jaringan listrik lain	5
2.2.2 <i>Photovoltaic (PV) Direct</i> – Sistem sederhana.....	6
2.2.3 <i>Battery Based System</i>	7
2.2.4 <i>On-Grid Connect System</i>	8
2.2.5 <i>Hybrid System</i> – Terkoneksi dengan pembangkit listrik lainnya	10
2.3. Komponen Utama PLTS	11
2.3.1 <i>Photovoltaic (PV)</i>	12
2.3.2 <i>Solar Charge Controller</i>	14
2.3.3 <i>Baterai</i>	14
2.3.4 <i>Inverter</i>	15
2.4. Sistem Hybrid PLTS – Generator Set	15
2.4.1 <i>Komponen Sistem Hybrid PLTS – Generator Set</i>	15

2.4.2	Syarat Sistem <i>Hybrid</i> PLTS – Generator Set.....	17
2.5.	Perhitungan Kapasitas Komponen PLTS	18
2.5.1	Panel Surya	18
2.5.2	Kapasitas <i>Solar Charge Control</i>	19
2.5.3	Kapasitas, Jumlah, dan Rangkaian Baterai	19
2.5.4	Kapasitas Inverter.....	21
2.6.	Daya.....	21
2.6.1	Daya Aktif.....	21
2.6.2	Daya Reaktif.....	21
2.6.3	Daya Semu	22
BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN.....		23
3.1	Lokasi dan Waktu Penelitian.....	23
3.2	Metode Pengambilan dan Perhitungan Data	23
3.3	Tahapan Penelitian	23
3.4	Peralatan dan Spesifikasi	24
3.5	Diagram Alir Penelitian	28
3.6	Diagram Blok Rangkaian Sistem <i>Hybrid</i> PLTS – Generator ... Set	29
3.7	Skema Penelitian.....	29
BAB 4 HASIL DAN DISKUSI.....		30
4.1	Total Beban Listrik yang disuplai.....	30
4.2	Perhitungan Kapasitas PLTS	30
4.2.1	<i>PV Array</i>	31
4.2.2	Daya yang dibangkitkan PLTS	32
4.2.3	Jumlah panel surya.....	32
4.2.4	Rangkaian panel surya	32
4.2.5	Kapasitas Solar Charge Controller.....	33
4.2.6	Kapasitas, Jumlah dan Rangkaian Baterai	34
4.2.7	Kapasitas Inverter.....	36
4.3	Skema Rangkaian Jaringan PLTS Terhitung.....	36
4.4	Rangkaian Alat Penelitian	38
4.5	Pengambilan Data menggunakan <i>Prototype</i>.....	39
4.6	Grafik Pengambilan Data	41
4.7	Analisa Hasil Penelitian.....	46

BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN	49
5.1 Kesimpulan.....	49
5.2 Saran	49
DAFTAR PUSTAKA	50

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Skema PLTS sistem <i>Off Grid Direct</i>	7
Gambar 2.2 Skema PLTS sistem <i>Off Grid Battery Based</i>	8
Gambar 2.3 Skema PLTS sistem <i>On Grid Connected</i>	10
Gambar 2.4 Skema PLTS sistem <i>Hybrid</i>	11
Gambar 2.5 Sistem Kerja <i>Photovoltaic</i> (Technologies and Education, 2009).	13
Gambar 2.6 Skema ATS 2 Sumber.	17
Gambar 2.7 Segitiga Daya..	22
Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian	28
Gambar 3.2 Diagram Blok Rangkaian Sistem <i>Hybrid</i> PLTS – Generator Set	29
Gambar 3.3 Diagram Blok Skema Penelitian	29
Gambar 4.1 Rangkaian Panel Surya.....	37
Gambar 4.2 Rangkaian Baterai	37
Gambar 4.3 Skema Rangkaian Jaringan PLTS Terhitung Berkapasitas 1300 W .	38
Gambar 4.4 Wiring diagram <i>Hybrid</i> PLTS – PLN – Generator Set	38
Gambar 4.5 Grafik Perbandingan data output PLTS dan Generator Set	41
Gambar 4.6 Grafik Perbandingan Arus Inverter dan Generator Set	42
Gambar 4.7 Grafik Perbandingan Tegangan Inverter dan Generator Set	43
Gambar 4.8 Grafik Perbandingan Tegangan Output Panel Surya dan Baterai	44
Gambar 4.9 Grafik Perbandingan Arus Panel Surya dan Radiasi Matahari	45

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 Alat dan Bahan.....	24
Tabel 3.2 Spesifikasi Panel Fotovoltaik.....	26
Tabel 3.3 Spesifikasi Baterai Furukawa N120.....	26
Tabel 3.4 Spesifikasi Solar Charge PWM 30.....	26
Tabel 3.5 Spesifikasi Inverter Kenika 2000 W	27
Tabel 3.6 Spesifikasi Generator Set Starke ST 1200	27
Tabel 4.1 Spesifikasi Panel Fotovoltaik.....	30
Tabel 4.2 Spesifikasi Solar Charge Suoer-MPPT-100A.....	34
Tabel 4.3 Spesifikasi Baterai Furukawa N120.....	34
Tabel 4.4 Daya Output Panel Surya Polycristalline 500 Wp.....	39
Tabel 4.5 Data output keluaran Inverter 2000 W.....	40
Tabel 4.6 Data output Generator Set 750 W	40
Tabel 4.7 Perbandingan Kapasitas PLTS Terpasang dan Terhitung	48

DAFTAR RUMUS

Persamaan (1) Psaat t naik °C	15
Persamaan (2) PMPP saat naik menjadi t°C	15
Persamaan (3) TCF (Temperature Correction Factor)	16
Persamaan (4) PV Array	21
Persamaan (5) Pwattpeak	21
Persamaan (6) Jumlah Panel Surya	21
Persamaan (7) Kapasitas Solar Charge Controller	22
Persamaan (8) Total Kapasitas Baterai yang Dibutuhkan	22
Persamaan (9) Jumlah Baterai	23
Persamaan (10) Jumlah Baterai Rangkaian Seri	23
Persamaan (11) Jumlah Baterai Rangkaian Paralel	23
Persamaan (12) Kapasitas Inverter	23

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Indonesia merupakan negara yang saat ini mengalami peningkatan akan kebutuhan energi listrik, hal ini dikarenakan perkembangan teknologi yang sangat pesat. Akan tetapi, masih banyak daerah di Indonesia yang saat ini masyarakatnya belum dapat menikmati energi listrik dari PLN selama 24 jam. Salah satu penyebabnya ialah sulitnya pembangunan jalur aliran listrik di daerah tersebut. Oleh karena itu, masyarakat sangat termotivasi untuk mengembangkan *prototype - prototype* yang bisa menghasilkan energi listrik untuk memenuhi kebutuhan energi listrik di daerahnya. Salah satu pengembangan yang dilakukan oleh masyarakat Indonesia dalam menghasilkan energi listrik adalah membuat *prototype* Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS). Perkembangan PLTS sendiri terbilang cukup pesat karena sumber energi yang digunakan dalam menghasilkan energi listrik merupakan jenis energi baru terbarukan yaitu cahaya matahari.

Sistem Hybrid merupakan alternatif sistem pembangkit yang dimana daerahnya sulit dijangkau seperti desa yang jauh dari jaringan PLN. Generator set merupakan salah satu sumber energi listrik untuk desa yang jauh dari jaringan PLN. Generator set biasanya hanya beroperasi selama beberapa jam saja dan memerlukan banyak BBM untuk pengoperasiannya. Pada siang hari semua perangkat kelistrikan tidak bisa digunakan karena biasanya Generator Set dioperasikan pada malam hari. Jadi dengan adanya permasalahan diatas, penulis ingin membahas tentang **“Analisis Kinerja *Prototype Hybrid* PLTS – Generator Set Dengan Automatic Transfer Switch“**

1.2 Rumusan Masalah

Solar Power System merupakan pemanfaatan energi panas matahari. Salah satu sistem pembangkit yang dapat digunakan adalah sistem pembangkit *hybrid*. Alasan sistem pembangkit *hybrid* dipilih sebagai upaya pemanfaatan energi alternatif dari *Solar Power System* yang digabungkan dengan generator set dan

aliran listrik dari PLN pada satu panel box dengan ketiga sumber pada keadaan *standby* dan bekerja secara otomatis menggunakan system automatic transfer switch. Sehingga harapannya dapat mengurangi ketergantungan terhadap generator set maupun aliran listrik PLN. Oleh karena itu rumusan masalah pada penelitian kali ini adalah :

1. Apakah penggunaan *Hybrid* PLTS dapat menggantikan penggunaan Generator Set dan aliran listrik PLN?
2. Bagaimana mendesain *Hybrid* PLTS – Generator Set dan aliran listrik PLN pada satu panel box yang akan dipakai?

1.3 Batasan Penelitian

1. Penelitian menggunakan PV berjenis *Polycrystalline* 100 Wp sebanyak 5 Panel, Power Inverter dengan daya 2000 Watt, *Wet-Cell Battery* berkapasitas 120 Ah dengan tegangan 12 V dan Generator Set dengan daya 750 Watt.
2. Penelitian ini menggunakan beban lampu LED dengan beban 100 Watt sebanyak 6 Lampu.
3. Pada penelitian ini bahan bakar yang digunakan untuk Generator Set adalah *Petrol mix oil* dan tidak menggunakan bahan bakar yang lain.
4. Penelitian ini tidak menghitung pengaruh kemiringan, perhitungan ekonomis, kecepatan angin dan rugi-rugi daya, pengujian baterai dan pengaruh temperatur pada panel surya.
5. Parameter yang diukur oleh *Datalogger* berupa Tegangan (V), Arus (A), Radiasi Matahari (W/m²).

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan penulisan tugas akhir ini adalah sebagai berikut :

1. Menganalisa kinerja *Prototype Hybrid* PLTS sebagai pengganti Generator Set dan PLN.
2. Mendesain *Prototype Hybrid* PLTS dengan dua sumber alternatif

yaitu, Generator Set & PLN.

1.5 Sistematika Penulisan

Adapun Sistematika Penulisan dalam proposal tugas akhir ini adalah sebagai berikut :

BAB I PENDAHULUAN

Bab ini menjelaskan Latar Belakang mengenai perkembangan *Hybrid* PLTS, Perumusan Masalah, Batasan Penelitian, Tujuan Penelitian dan Sistematika Penulisan.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini membahas mengenai Energi Surya, Sistem pada PLTS, Sistem *Hybrid*, Perhitungan menentukan kapasitas PLTS, dan teori tentang Daya yang didapat dari berbagai sumber seperti jurnal, artikel, buku dan sebagainya.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Bab ini membahas tentang lokasi dan waktu penelitian, metode dan tahapan penelitian, peralatan yang digunakan, diagram alir penelitian, diagram blok rangkaian pada sistem *hybrid* PLTS – Generator Set, serta skema penelitian.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini membahas tentang hasil perhitungan perencanaan pembangkit listrik tenaga surya, pengambilan data menggunakan prototype *hybrid* PLTS – Generator Set yang telah dirancang menggunakan system ATS, serta analisa penelitian.

BAB V PENUTUP.

Bab ini membahas tentang kesimpulan dan saran mengenai Tugas Akhir yang telah dibuat

DAFTAR PUSTAKA

- [1] 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, doi: 10.31963/elekterika.v13i2.988.
- [2] E. Susanto, “Automatic Transfer Switch (Suatu Tinjauan),” *J. Tek. Elektro Unnes*, vol. 5, no. 1, pp. 3–6, 2013, doi: 10.15294/jte.v5i1.3549.
- [3] J. C. McVeigh, “Solar energy.,” 1988, doi: 10.2307/j.ctv22jnp8m.7.
- [4] A. Hafid, Z. Abidin, S. Husain, R. Umar, and I. Pendahuluan, “Analisa Pembangkit Listrik Tenaga Surya Pulau Balang Lompo,” *J. List. Telekomun. Elektron.*, vol. 14, no. 1, pp. 6–12, 2017.
- [5] R.-E. Precup, T. Kamal, and S. Z. Hassan, *Solar photovoltaic power plants: Advanced Control and Optimization Techniques*, vol. 1. 2019.
- [6] M. R. Islam, F. Rahman, and W. Xu, *Green Energy and Technology Advances in Solar Photovoltaic Power Plants*. 2016.
- [7] E. Franklin, “Types of Solar Photovoltaic Systems,” no. August, p. 6, 2017.
- [8] A. Sofijan, B. Y. Suprpto, M. Khori, and Z. Nawawi, “Efficiency Analysis Of The Effect Of Radiation And Temperature On Photovoltaic Monocrystalline , Polycrystalline , And Amorphous Recorded By Data Logger Based On Arduino Mega 2560,” no. July, 2021.
- [9] T. T. Gultom, “Pemanfaatan Photovoltaic Sebagai Pembangkit Listrik Tenaga Surya,” *J. Mudira Indure*, vol. 1, no. 3, pp. 33–42, 2015.
- [10] H. O. Tijani, C. Wei Tan, and N. Bashir, “Techno-economic analysis of hybrid photovoltaic/diesel/battery off-grid system in northern Nigeria,” *J. Renew. Sustain. Energy*, vol. 6, no. 3, p. 033103, 2014, doi: 10.1063/1.4873122.

- [11] T. Salameh, M. A. Abdelkareem, A. G. Olabi, E. T. Sayed, M. Al-Chaderchi, and H. Rezk, "Integrated standalone hybrid solar PV, fuel cell and diesel generator power system for battery or supercapacitor storage systems in Khorfakkan, United Arab Emirates," *Int. J. Hydrogen Energy*, vol. 46, no. 8, pp. 6014–6027, 2021, doi: 10.1016/j.ijhydene.2020.08.153.
- [12] P. S. Indonesia, "Experimental Analysis of ACP on Photovoltaics as Free Convection for Increasing Output Power," no. 5, pp. 121–125, 2022, doi: 10.15199/48.2022.05.22.
- [13] I. Bizzy, R. Sipahutar, D. Puspitasari, A. Sofijan, and M. A. Fajri, "The cooling effect of polycrystalline type PV panels using perforated aluminum plates," *IOP Conf. Ser. Mater. Sci. Eng.*, vol. 909, no. 1, 2020, doi: 10.1088/1757-899X/909/1/012005.
- [14] M. A. Omar and M. M. Mahmoud, "Improvement Approach for Matching PV-array and Inverter of Grid Connected PV Systems Verified by a Case Study," vol. 10, no. 4, pp. 687–697, 2021, doi: 10.14710/ijred.2021.36082.
- [15] O. Chieochan, A. Saokaew, and E. Boonchieng, "Internet of things (IOT) for smart solar energy: A case study of the smart farm at Maejo University," *2017 Int. Conf. Control. Autom. Inf. Sci. ICCAIS 2017*, vol. 2017-Janua, no. October, pp. 262–267, 2017, doi: 10.1109/ICCAIS.2017.8217588.
- [16] A. Purwadi, Y. Haroen, M. Zamroni, N. Heryana, and A. Saryanto, "Study of hybrid PV-diesel power generation system at Sebira Island-Kepulauan Seribu," *2012 Int. Conf. Power Eng. Renew. Energy, ICPERE 2012*, no. July, pp. 1–7, 2012, doi: 10.1109/ICPERE.2012.6287251.
- [17] A. Sofijan, "The Solar Renewable Energy System Study with A Capacity of 1300 W Utilizing Polycrystalline Photovoltaic," *J. Mech. Sci. Eng.*, vol. 6, no. 1, pp. 005–011, 2020, doi: 10.36706/jmse.v6i1.29.
- [18] M. S. Loegimin, B. Sumantri, M. A. B. Nugroho, H. Hasnira, and N. A. Windarko, "Sistem Pendinginan Air Untuk Panel Surya Dengan Metode

- Fuzzy Logic,” *J. Integr.*, vol. 12, no. 1, pp. 21–30, 2020, doi: 10.30871/ji.v12i1.1698.
- [19] M. Gharibi and A. Askarzadeh, “ScienceDirect Size and power exchange optimization of a grid- connected diesel generator-photovoltaic-fuel cell hybrid energy system considering reliability , cost and renewability,” *Int. J. Hydrogen Energy*, vol. 44, no. 47, pp. 25428–25441, 2019, doi: 10.1016/j.ijhydene.2019.08.007.
- [20] U. S. G. P. Office, N. Technical, and I. Service, “No Title,” 1981.
- [21] P. Technologies and P. Education, *Photonics Principles in Photovoltaic Cell Technology*.
- [22] R. F. Gusa, W. Sunanda, I. Dinata, and T. P. Handayani, “Monitoring System for Solar Panel Using Smartphone Based on Microcontroller,” *Proc. - 2018 2nd Int. Conf. Green Energy Appl. ICGEA 2018*, no. April, pp. 79–82, 2018, doi: 10.1109/ICGEA.2018.8356281.
- [23] T. Majaw, R. Deka, S. Roy, and B. Goswami, “Solar Charge Controllers using MPPT and PWM : A Review,” vol. 2, no. 1, pp. 2–5, 2018.
- [24] Fianti, A. Y. Perdana, B. Astuti, and I. Akhlis, “Analysis of PWM- And MPPT-solar charge controller efficiency by simulation,” *J. Phys. Conf. Ser.*, vol. 1918, no. 2, 2021, doi: 10.1088/1742-6596/1918/2/022004.
- [25] A. Sofijan, Z. Nawawi, B. Y. Suprpto, R. Sipahutar, and I. Bizzy, “Performance Evaluation Solar Charge Controller on Solar Power System Home-Based SPV Amorphous 80 Watt-peak,” *J. Phys. Conf. Ser.*, vol. 1500, no. 1, 2020, doi: 10.1088/1742-6596/1500/1/012004.
- [26] J. Mangapul, “PengaturanTeganganPembangkitListrikTenagaSurya(PLTS) 1000 WATT,” *J. Kaji. Tek. Elektro*, vol. 1, no. 1, pp. 79–95, 2016.
- [27] A. Q. Al-shetwi and M. Z. Sujod, “Sizing and Design of PV Array for Photovoltaic Power Plant Connected Grid Inverter,” no. January 2018, 2016.

- [28] B. Kommey, S. D. Kotey, E. T. Tchao, and G. Adom-bamfi, "Intelligent Miniature Circuit Breaker," vol. 10, no. 3, pp. 195–204, 2021.
- [29] J. Jamaaluddin, I. Sulistiyowati, B. W. A. Reynanda, and I. Anshory, "Analysis of Overcurrent Safety in Miniature Circuit Breaker AC (Alternating Current) and DC (Direct Current) in Solar Power Generation Systems," *IOP Conf. Ser. Earth Environ. Sci.*, vol. 819, no. 1, 2021, doi: 10.1088/1755-1315/819/1/012029.
- [30] R. Kumar, "Techno-Economic analysis of grid connected PV- h system with feed-in tariffs Biomass based hybrid for ISM , Dhanbad," 2015.
- [31] H. Soekarno, V. J. Wargadalam, and A. Hardoko, "ANALISIS KINERJA PLTS PADA SISTEM HIBRIDA PLTS 2 . 5 kW dan PLTMH PENDAHULUAN Perkembangan kebutuhan listrik di perdesaan tidak lagi hanya sebagai penerangan tetapi juga kebutuhan lain (TV , Radio , Tape , dll) membuat SHS (solar home system) tidak la," vol. 9, no. 1, pp. 69–79, 2010.