



Desain Pembangkit Listrik Tenaga Surya di Gedung Serbaguna Politeknik Penerbangan Indonesia Curug

Design of Solar Power Plant in Multi-Purpose Building of Indonesian Aviation Polytechnic Curug

Jatu Maulana Sakti¹, Yayuk Suprihartini², Taryana³

23418014@ppicurug.ac.id, yayuk.suprihartini@ppicurug.ac.id, taryana@ppicurug.ac.id,

Politeknik Penerbangan Indonesia, Curug, Tangerang

ABSTRAK

Gedung serbaguna Politeknik Penerbangan Indonesia Curug berlokasi di Kabupaten Tangerang, Provinsi Banten, Indonesia. Gedung serbaguna merupakan fasilitas penunjang dari Politeknik Penerbangan Indonesia Curug untuk kegiatan ketarunaan seperti seminar, sosialisasi, sampai kegiatan ekstra kulikuler. Beban yang sering digunakan adalah penerangan. Suplai listrik gedung ini masih menggunakan PLN. Dengan memanfaatkan cahaya matahari yang berada di Indonesia, penulis mendesain PLTS sebagai energi alternatif untuk menyuplai listrik bagian penerangan gedung serbaguna Politeknik Penerbangan Indonesia Curug. Desain PLTS diuji menggunakan aplikasi PVsyst untuk mengetahui energi rata-rata perhari yang dihasilkan panel surya. Hasil dari pengujian tersebut bernilai 50,18 kWh/hari. Jika PLTS menghasilkan energi lebih dari beban yang akan disuplai, maka akan langsung dialihkan menuju beban-beban yang tersambung dengan gardu II yang nilainya akan dimonitor oleh KWH EXIM.

Kata Kunci: PLTS, On Grid, Gedung Serbaguna, PVsyst, Panel Surya, KWH EXIM

ABSTRACT

Curug Indonesia Aviation Polytechnic multipurpose building is located in Tangerang, Banten, Indonesia. The multipurpose building is a supporting facility of the Curug Indonesian Aviation Polytechnic for cadet activities such as seminars, socialization, to extra-curricular activities. The load that is often used is lighting. The electricity supply for this building is still using PLN. By utilizing sunlight in Indonesia, the author designed solar power plant as an alternative energy to supply electricity for the lighting section of the Indonesian Aviation Polytechnic Curug multipurpose building. Design of solar power plant was tested using the PVsyst application to determine the average daily energy produced by solar panels. The results of these tests are worth 50.18 kWh/day. If the solar power plant produces more energy than the load to be supplied, it will be directly transferred to the loads connected to the substation II whose value will be monitored by KWH EXIM.

Keyword: Solar Power Plant, On Grid, Multipurpose Building, PVsyst, Solar Cell, KWH EXIM

1. PENDAHULUAN

Politeknik Penerbangan Indonesia Curug (PPIC) ialah salah satu politeknik yang berada di bawah Kementerian Perhubungan Indonesia. Politeknik ini terletak di Kecamatan Curug, Kabupaten Tangerang, Provinsi Banten, Indonesia. PPIC memiliki tugas dan fungsi mendidik taruna-taruni terbaik bangsa Indonesia untuk menjadi sumber daya manusia yang ahli dan terampil di bidang penerbangan, yang diakui secara nasional maupun internasional. Tidak hanya menunjang kegiatan tarunanya untuk berkembang baik dalam bidang akademis tapi menunjang juga dalam bidang non akademis. Dalam perkembangan kegiatan non akademis taruna, PPIC membangun fasilitas-fasilitas penunjang, salah satunya ialah gedung serbaguna.

Gedung serbaguna merupakan salah satu gedung yang sering digunakan untuk kegiatan ekstrakurikuler, seminar, sosialisasi, ataupun kegiatan non akademis lainnya (Khadafi, 2018). Gedung ini memiliki fasilitas didalamnya seperti penerangan (lampu), air conditioner (AC), dan Proyektor. Dalam setiap kegiatan, fasilitas yang sering digunakan adalah lampu.

Catu daya gedung serbaguna saat ini hanya menggunakan suplai dari Perusahaan Listrik Negara (PLN). Hal tersebut pastinya menguras biaya yang tidak sedikit karena memakan energi listrik yang tidak kecil. Oleh sebab itu gedung serbaguna PPIC membutuhkan energi alternatif untuk menekan biaya pemakaian listrik PLN (Rachmi et al., 2020).

Indonesia sendiri berada di garis khatulistiwa. Dan potensi energi surya sepanjang tahun merupakan potensi energi baru terbarukan (EBT) untuk dimanfaatkan (Moukhtar et al., 2021) (Iman & Pambayun, 2018) . Pembangkit listrik tenaga surya

(PLTS) adalah pembangkit listrik yang menggunakan energi matahari (Bayu & Windarta, 2021; Hutajulu et al., 2020). Pembangunan fasilitas pembangkit listrik Indonesia sudah marak seiring dengan rencana daya listrik 35.000 MW di masa kepemimpinan Presiden Joko Widodo (Sumariana et al., 2019). Komitmen pemerintah untuk mendukung kebijakan energi nasional dan mencapainya 23% penggunaan energi baru dan terbarukan pada tahun 2025 telah diwujudkan melalui berbagai kebijakan dan regulasi, termasuk pembangunan PLTS di Indonesia.

Berdasarkan latar belakang tersebut penulis akan membuat desain PLTS yang dapat diaplikasikan pada gedung serbaguna Politeknik Penerbangan Indonesia Curug (Iman & Pambayun, 2018; Sumariana et al., 2019). Desain tersebut diharapkan dapat dijadikan referensi selanjutnya terkait pemasangan PLTS, serta dapat dijadikannya estimasi untuk penghematan pada gedung serbaguna apabila dipasangkan PLTS yang didesain.

2. METODE PENELITIAN

Metode Penelitian menggunakan metode kuantitatif yang bersifat eksperimental dengan desain pemasangan PLTS di gedung serbaguna (Sugiyono, 2013) Politeknik Penerbangan Indonesia Curug. Penulis akan melakukan studi literatur untuk mencari teori pendukung pada buku / modul pustaka, jurnal-jurnal, dan sumber / referensi lain yang berkaitan dengan pembangkit listrik tenaga surya sistem on grid (Ariawan & Sinaga, 2021; Mustakim, 2021; Sumbung et al., 2016). Berdasarkan referensi dari literatur tersebut, penulis mendapatkan materi dalam bentuk teori dan data apa saja yang akan digunakan untuk merancang desain tersebut. Data ini kemudian dijadikan bahan

perhitungan seberapa besar energi listrik yang dapat dibangkitkan. Dalam melakukan perhitungan tentu digunakan beberapa asumsi yang masih bisa diterima. Hasil perhitungan energi ini akan menjadi salah satu bahan untuk menentukan parameter desain unit pembangkit listrik tenaga surya (Rachmi et al., 2020). Hal tersebut akan dibuat secara sistematis.

Langkah-langkah yang dilakukan oleh penulis, pertama observasi beban yang ada pada Gedung Serbaguna Politeknik Penerbangan Indonesia Curug. Observasi yang dilakukan ialah melihat beban-beban apa saja yang terpasang pada gedung serbaguna, tempat kosong untuk ditempati panel surya, dan beberapa pelengkap/pendukung atau factor yang bisa mempengaruhi dalam pendesainan. Kedua dilakukan pengambilan data beban pada gedung serbaguna. Pengambilan data dilaksanakan agar memperoleh data yang digunakan untuk mendesain (Hidayat et al., 2019). Ketiga menganalisis dan perencanaan detail gambar PLTS (Bayu & Windarta, 2021). Dari data yang diperoleh, selanjutnya melakukan analisis untuk perencanaan detail gambar. Keempat penyusunan desain PLTS. Setelah kita mengetahui tempat serta komponen-komponen untuk memasang PLTS (Mustakim, 2021), bisa langsung membuat desainnya berupa gambar teknis. Kelima pemeriksaan desain PLTS. Memeriksa ulang desain PLTS. Melakukan penambahan jika terdapat kekurangan dalam pendesainan. Keenam pengujian desain PLTS. Desain akan diuji dari gambar sampai dengan RAB-nya. Terakhir adalah melakukan evaluasi apabila desain belum memenuhi syarat setelah pengujian maka akan diperbaiki lagi (Sumbung et al., 2016). Dan jika desain

sudah memenuhi syarat maka pembuatan desain PLTS telah selesai.

Penulis memiliki kriteria dalam pengujian desain PLTS ini yaitu :

- Kecilnya persentase daya optimum yang terbangun pada desain kemiringan panel surya yang dapat dilihat simulasi aplikasi PVsyst.
- Energi rata-rata yang dihasilkan dalam satu hari oleh PLTS yang didesain lebih besar dari beban gedung serbaguna, menggunakan simulasi aplikasi PVsyst (Setiyani, 2020; Syukri, 2010) .

Teknik Pengumpulan Data

Peneliti memilih beberapa metode dalam pembuatan desain PLTS yaitu (Sugiyono, 2013):

1. Studi Pustaka

Studi pustaka adalah kegiatan untuk mengumpulkan informasi atau data yang berkaitan dengan topik yang dibahas oleh peneliti. Informasi-informasi tersebut bersumber dari buku, dokumen, karya ilmiah, jurnal, disertasi, dan lain sebagainya.

2. Observasi

Teknik observasi adalah kegiatan untuk mengumpulkan informasi atau data secara langsung. Dalam teknik pengumpulan data ini, penulis melakukan observasi langsung di lokasi yang sesuai dengan judul penelitian ini. Dimana lokasi tersebut terletak di Politeknik Penerbangan Indonesia,

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Tahapan Perancangan

1. Analisa Beban

Tabel 1. Mapping Beban Penerangan Gedung Serbaguna

PENERANGAN				
NO	BENDA	DAYA	JUMLAH	TOTAL DAYA
1	LAMPU TL LED	16 W	154	2.464 W
2	LAMPU LED	5 W	28	140 W
3	LAMPU LED	10 W	8	80 W
4	LAMPU LED	20 W	18	360 W
5	LAMPU LED BOLAM	8 W	87	696 W
6	LAMPU LED DOWNLIGHT	6 W	12	72 W
TOTAL				3.812 W

Penerangan gedung serbaguna Politeknik Penerbangan Indonesia Curug memiliki daya total 3.812 W dengan cara mapping beban. Apabila penerangan gedung serbaguna digunakan setiap hari dan rata-rata waktu penggunaannya sekitar 12 jam. Maka energi yang dihasilkan panel surya perharinya (Hutajulu et al., 2020; Ramadhan et al., 2016) :

$$\begin{aligned}
 W &= P \text{ (beban maksimum)} \times t \text{ (waktu pemakaian)} \\
 &= 3.812 \text{ W} \times 12 \text{ jam} \\
 &= 45.744 \text{ WH/hari} \\
 &= 45,744 \text{ kWh/hari}
 \end{aligned}$$

2. Spesifikasi Panel Surya

Dalam desain ini, penulis menggunakan panel surya yang tersedia di pasaran dan sudah tersertifikasi untuk mempermudah memilih panel surya (Afrida et al., 2021). Panel surya yang digunakan menggunakan merek Solana model SOL-M24450W . Jenis panel surya ini monocrystalline yang memiliki nilai nominal power 450 Wp dengan efisiensi sebesar 20,7%. Modul ini memiliki luas 2094x1038 mm (Sumariana et al., 2019; Sumbung et al., 2016).

3. Menghitung Luas Panel Surya (PVArea) Jika kapasitas PLTS sudah diketahui, maka luas panel surya dapat dihitung sebagai berikut (A et al., 2018; Idris & Thaha, 2019):

$$\begin{aligned}
 P_{\text{saat } t \text{ naik}} &= 0,5\% \text{ per}^{\circ}\text{C} \times PMPP \times \Delta t \\
 &= 0,5\% \text{ per}^{\circ}\text{C} \times 450\text{W} \times (31,55-25)^{\circ}\text{C} \\
 &= 0,5\% \text{ per}^{\circ}\text{C} \times 450\text{W} \times 6,55^{\circ}\text{C} \\
 &= 14,7375\text{W}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 PMPP \text{ saat naik menjadi } t^{\circ}\text{C} &= PMPP - P_{\text{saat } t \text{ naik}} \\
 &= 450\text{W} - 14,7375\text{W} \\
 &= 435,2625\text{W}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 TCF &= PMPP \text{ saat naik menjadi } t^{\circ}\text{C} / PMPP \\
 &= 435,2625\text{W} / 450\text{W} \\
 &= 0,96725
 \end{aligned}$$

PVArea

$$\begin{aligned}
 &= W / G_{av} \times \eta_{pv} \times TCF \\
 &= 45,744 \text{ kWh} / 5,52 \text{ kWh/m}^2 \times 20,7\% \times 0,96725 \\
 &= 41,389 \text{ m}^2 \\
 &= 41,4 \text{ m}^2
 \end{aligned}$$

4. Menghitung Daya Yang Dibangkitkan (Idris & Thaha, 2019)

$$\begin{aligned}
 P_{\text{Watt peak}} &= \text{area array} \times PSI \times \square_{pv} \\
 &= 41,4 \text{ m}^2 \times 1.000 \text{ W/m}^2 \times 20,7\% \\
 &= 8.569,8 \text{ W}
 \end{aligned}$$

5. Kapasitas Inverter

Kapasitas inverter ditentukan oleh besaran daya input yang dihasilkan PLTS (Ismiyadinata et al., 2019). Karena daya input yang dihasilkan PLTS sebesar 8.569,8 W atau 8,6 kW maka penulis menggunakan inverter dengan kapasitas lebih besar yang beredar di pasaran, yaitu 10kW.

6. Menentukan Jumlah Modul Panel Surya

$$\begin{aligned} \text{Jumlah Panel Surya} &= P_{\text{Watt peak}} / P_{\text{MPP}} \\ &= 8.569,8 \text{ W} / 450 \text{ W} \\ &= 19,044 \\ &= 20 \text{ panel} \end{aligned}$$

Penulis menambah jumlahkan jumlah panel dari minimum panel yang dibutuhkan menjadi 20 panel untuk memudahkan pembuatan rangkaian PLTS (Fuaddin & Daud, 2021; Sumbung et al., 2016). Sehingga daya maksimum yang dapat dibangkitkan adalah energi puncak panel surya (450 Wp) dikalikan banyak panel yang dipasang (20) menghasilkan 9.000 W atau 9 kW. Maka energi maksimum perhari yang dihasilkan oleh PLTS selama lama waktu penyinaran matahari (± 8 jam) adalah 9 kW dikalikan 8 jam menghasilkan 72 kWh.

7. Menentukan Rangkaian Panel Surya

Diketahui pada panel surya 450W :

- Open-circuit Voltage (V_{oc}) = 50V
- Optimum Operating Voltage (V_m) = 41,4V
- Optimum Operating Current (I_m) = 10,88A

Diketahui pada inverter 10 kW :

- Minimum DC Input (V_{min}) = 200V
- Maximum DC Input (V_{max}) = 1.000V
- Maximum Current Input (I_{max}) = 33A

Maksimum dan minimum panel surya untuk di seri dan paralel :

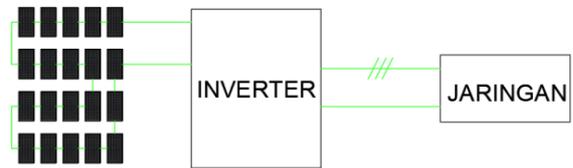
- Minimal untuk diseri = $400\text{V}/50\text{V} = 8$ panel
- Maksimal untuk diseri = $850\text{V}/41,4\text{V} = 20,53 \approx 20$ panel

Ma

ksimal untuk diparalel = $13,8\text{A}/10,88\text{A} = 1,268 \approx 1$ panel

Karena panel surya yang dipasang berjumlah 20 panel, maka penulis mendesain PLTS

dengan 1 string panel surya yang diparalelkan. Jumlah setiap string ada 20 panel yang dirangkai diseri.



Gambar 1. Rangkaian Seri Paralel Panel Surya

Dengan rangkaian tersebut, dapat diketahui tegangan dan arus maksimum yang dapat dikeluarkan oleh PLTS :

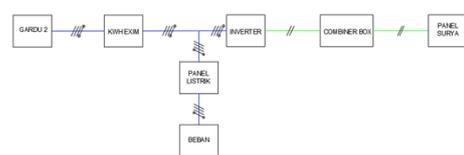
$$\begin{aligned} 20 \times V_m &= 20 \times 41,4 \text{ V} \\ &= 828 \text{ V} \\ 1 \times I_m &= 1 \times 10,88 \text{ A} \\ &= 10,88 \text{ A} \end{aligned}$$

Dengan rangkaian tersebut, dapat diketahui tegangan dan arus maksimum yang dapat dikeluarkan oleh PLTS :

$$\begin{aligned} 20 \times V_m &= 20 \times 41,4 \text{ V} \\ &= 828 \text{ V} \\ 1 \times I_m &= 1 \times 10,88 \text{ A} \\ &= 10,88 \text{ A} \end{aligned}$$

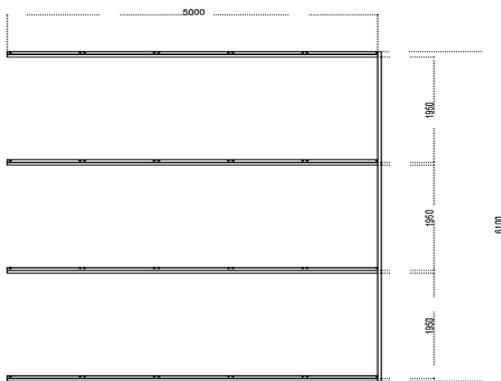
Hasil Dan Pembahasan

String disambungkan ke combiner box. Sehingga memiliki system proteksi.

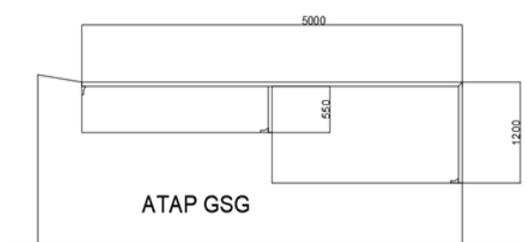


Gambar 2. Single Line Diagram PLTS

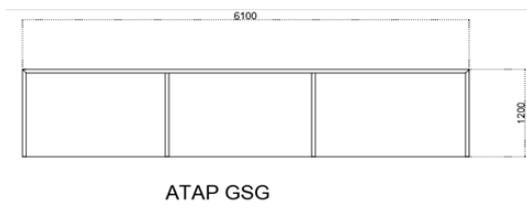
Mounting digunakan sebagai rak tempat peletakan panel surya. penulis mendesain mounting dengan menggunakan bahan besi hollow 5x5 cm2 dan tiang siku sebagai pengunci panel surya.



Gambar 3. Mounting Tampak Atas

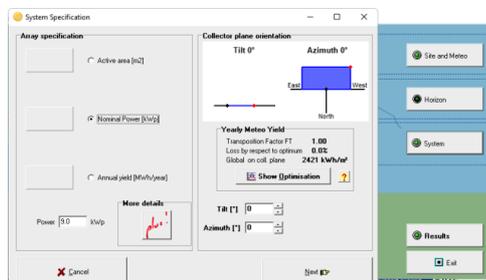


Gambar 4. Mounting Tampak Depan

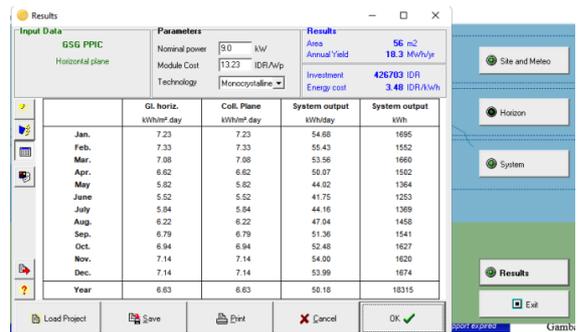


Gambar 5. Mounting Tampak Samping

Untuk mengetahui apakah desain ini memenuhi kriteria atau tidak, penulis melakukan pengujian terhadap desain PLTS ini menggunakan aplikasi PVsyst.



Gambar 6. Halaman Spesifikasi Sistem



Gambar 7. Hasil PVsyst

Hasil dari simulasi yang telah dilakukan, maka dapat diketahui bahwa kemiringan panel surya pada PLTS yang didesain membuat daya optimal terbuang 0% dan rata-rata energi perhari yang dapat dihasilkan oleh PLTS yang didesain bernilai 50,18 kWh/hari.

Dengan diketahui daya yang dapat dihasilkan oleh PLTS bernilai 9 kW. Dengan mengalikan energi perhari yang dihasilkan oleh PLTS dengan waktu PLTS bekerja ±8 jam dan harga rupiah per-kWh Rp 1.522,88, maka akan ditemukan perhitungan penghematan dalam satu hari (Hafid, A., Abidin, Z., Husain, S., & Umar, R., 2017). Berikut adalah perhitungannya :

$$\begin{aligned}
 &\text{Keuntungan perhari} \\
 &= P_{\text{maks}} \times \text{waktu optimum PLTS} \times \text{harga/kWh} \\
 &= 9 \text{ kW} \times 8 \text{ H} \times \text{Rp } 1.522,88/\text{kWh} \\
 &= 72 \text{ kWh} \times \text{Rp } 1.522,88/\text{kWh} \\
 &= \text{Rp } 109.647,36
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &\text{Keuntungan pertahun} = \text{hari dalam 1 tahun} \\
 &\times \text{keuntungan perhari} \\
 &= 365 \times \text{Rp } 109.647,36 \\
 &= \text{Rp } 40.021.286,4
 \end{aligned}$$

Sehingga dalam satu tahun gedung serbaguna dapat menghemat biaya sebesar Rp 40.021.286,4.

4. KESIMPULAN

Pembangkit listrik tenaga surya siap untuk di implementasikan di gedung serbaguna Politeknik Penerbangan Indonesia Curug, dengan catatan sebagai berikut :

- a) Hasil uji simulasi menggunakan aplikasi PVsyst mendapat energi yang dihasilkan PLTS rata-rata dalam sehari adalah 50,18 kWh/hari.
- b) Jika ada kelebihan energi, maka akan langsung dialirkan ke beban-beban yang tersambung pada grid panel penerangan dan nilainya dimonitor oleh KWH EXIM.

DAFTAR PUSTAKA

- A, A., Elbaset, E., & Hassan, M. . (2018). *Design and power quality improvement of photovoltaic power system*. Springer International Publishing, 2018. https://books.google.co.id/books/about/Design_and_Power_Quality_Improvement_of.html?id=2UdbuQEACAAJ&redir_esc=y
- Afrida, Y., Setiabudi, B., Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Lampung Jl Pagar Alam No, J. Z., Ratu, L., & Bandar Lampung, K. (2021). Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Surya solar home system. *Jurnal Ilmiah Teknik Elektro*, 02(1), 23–27.
- Ariawan, A. M., & Sinaga, N. (2021). Perencanaan pembangunan PLTS hybrid di Pondok Pesantren Al-Anwar 4 Serang, kabupaten Rembang, Provinsi Jawa Tengah. *Jurnal Sains Dan Teknologi Reaksi*, 19(01). <https://doi.org/10.30811/jstr.v19i01.2261>
- Bayu, H., & Windarta, J. (2021). Tinjauan kebijakan dan regulasi pengembangan PLTS di Indonesia. *Jurnal Energi Baru Dan Terbarukan*, 2(3), 123–132. <https://doi.org/10.14710/jebt.2021.10043>
- Fuaddin, D., & Daud, A. (2021). Rancangan Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya On-Grid Kapasitas 20 kWp untuk Residensial. *Jurnal Teknik Energi*, 10(1), 53–57. <https://doi.org/10.35313/energi.v10i1.2329>
- Hidayat, F., Winardi, B., & Nugroho, A. (2019). *Analisis ekonomi perencanaan pembangkit listrik tenaga surya (PLTS) di departemen teknik elektro universitas diponegoro*. <https://doi.org/10.14710/transient.7.4.875-882>
- Hutajulu, A. G., RT Siregar, M., & Pambudi, M. P. (2020). Rancang Bangun Pembangkit Listrik Tenaga Surya (Plts) on Grid Di Ecopark Ancol. *TESLA: Jurnal Teknik Elektro*, 22(1), 23. <https://doi.org/10.24912/tesla.v22i1.7333>
- Idris, A. R., & Thaha, S. (2019). Desain sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya pada tambak udang sebagai penggerak aerator. *INTEK: Jurnal Penelitian*, 6(1), 36. <https://doi.org/10.31963/intek.v6i1.1012>
- Iman, M., & Pambayun, A. P. (2018). Penggunaan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) atap untuk keperluan pada rumah tinggal studi kasus: rumah tinggal di jalan swadaya, Depok. *Trave*. <http://repository.istn.ac.id/2575/1/JURNAL%20Andhika.pdf>
- Ismiyadinata, J., Yuliansyah, H., Aziz, M. R. K., & Rohman, A. S. (2019). Desain dan Implementasi Inverter Satu Fasa 400 Watt dengan Metode Switching High Frequency. *Journal of Science and Applicative Technology*, 3(1), 9. <https://doi.org/10.35472/jsat.v3i1.121>
- Khadafi, A. (2018). *Perancangan ruang serbaguna*. <http://ejournal.untagsmd.ac.id/index.php/TEK/article/view/3917>
- Moukhtar, I., Z, A., Dein, E., A, A., Elbaset, E., & Yasunori Mitani. (2021). *Solar energy*. <https://link.springer.com/book/10.1007/>

- 978-3-030-61307-5
- Mustakim, M. M. A. (2021). *Analisis kelayakan pemasangan pembangkit listrik tenaga surya sistem on grid pada gedung perkantoran polres Takalar* [Institut Teknologi PLN]. <http://156.67.221.169/id/eprint/3124%0A>
- Rachmi, A., Prakoso, B., Hanny Berchmans, Devi Sara, I., & Winne. (2020). Panduan perencanaan dan pemanfaatan PLTS atap di Indonesia. *PLTS Atap*, 94. <https://drive.esdm.go.id/wl/?id=XOegh8pXO9FMjeb14x0joDD6hIZe94Fm>
- Ramadhan, A. I., Diniardi, E., & Mukti, S. H. (2016). Analisis desain sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya kapasitas 50 WP. *Teknik*, 37(2), 59. <https://doi.org/10.14710/teknik.v37i2.9011>
- Setiyani, M. S. (2020). *Analisa pembangkit listrik tenaga surya pada gedung C fakultas teknik universitas islam Riau*.
- Sugiyono, P. D. (2013). *Metodo penelitian kuantitatif, kualitatif dan R&D* (19th ed.). Alfabeta Bandung.
- Sumariana, K., Kumara, I. N. S., & Ariastina, W. G. (2019). Desain dan analisa ekonomi PLTS atap untuk villa di Bali. *Majalah Ilmiah Teknologi Elektro*, 18(3), 337. <https://doi.org/10.24843/mite.2019.v18i03.p06>
- Sumbung, F. H., Letsoin, Y., & Hardiantono, D. (2016). Penentuan kapasitas dan karakteristik modul PV pada perencanaan pembangunan PLTS komunal di Distrik Okaba. *Mustek Anim Ha*, 5(2), 181–195. <https://doi.org/10.35724/mustek.v5i2.623>
- Syukri, M. (2010). Perencanaan pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) terpadu menggunakan Software PVSYST pada komplek perumahan di Banda Aceh. *Jurnal Rekayasa ElektriKa*, 9(2), 77–80.
- Gedung Kantor Kecamatan Tapian Dolok Sinaksak (Doctoral dissertation, Institut Teknologi PLN).
- Prajogo, S., Utami, S., & Pudim, A. (2018). Pengembangan Sistem Manajemen Energi Pembangkit Listrik Tenaga Surya Guna Meningkatkan Kontinuitas Listrik Rumah Tangga. In Seminar Nasional Vokasi Indonesia.