

Rancang Bangun Solar Home System (SHS) Dengan Penerapan *Automatic Transfer Switch* (ATS) Sebagai Sumber Energi Listrik Rumah Tinggal

Mychael Gatriser Pae¹, Duma Pabiban², Felistyanto A.C. Betty³

Jurusan Teknik Elektro, Program Studi Teknik Listrik, Politeknik Negeri Kupang
Lasiana, Kecamatan, Kelapa Lima, Kota Kupang, Nusa Tenggara Timur 85258

¹mychel.pae@mail.ugm.ac.id

²dumapabiban77@gmail.com

³arybetty17@gmail.com

Intisari — Kabupaten Kupang adalah salah satu Kabupaten dari 22 Kabupaten yang berada di Provinsi Nusa Tenggara Timur (NTT). Data Badan Pusat Statistik Kabupaten Kupang tahun 2020 mencatat, Rasio Elektrifikasi kelistrikan Kabupaten Kupang sebesar 73%. Namun masih terdapat 6 dari 24 kecamatan dengan rasio elektrifikasi kurang dari 50%. Data tersebut juga menunjukkan bahwa 31 desa yang tersebar di 9 dari 24 kecamatan di Kabupaten Kupang masih belum memiliki akses energi dari Pembangkit Listrik Negara (PLN). Penelitian ini menawarkan solusi untuk memanfaatkan energi listrik dari sumber energi terbarukan yaitu matahari dengan merancang dan membuat Pembangkit listrik Tenaga Surya pada rumah tinggal (solar home system) sebagai sumber energi alternatif ketika terjadinya pemadaman listrik Oleh PLN. Sistem ini akan bekerja secara otomatis menggunakan Automatic Transfer Switch (ATS) ketika terjadi pemadaman Listrik. Selain itu, sistem ini dapat diprioritaskan sebagai sumber energi listrik utama dalam melayani beban ketika keadaan beban lebih rendah dari kapasitas PLTS. Hasil pengujian diketahui terjadi penghematan konsumsi energi listrik dari PLN sebesar 940 Wh atau dengan presentase 77.4%. PLN akan melayani beban mulai dari pukul 14.00-24.00 dan sisanya diambil alih oleh Pambangkit listrik Tenaga Surya.
Kata kunci — Matahari, Daya, Rumah, ATS, PLN

Abstract — Kupang Regency is one of the 22 regencies in the Province of East Nusa Tenggara (NTT). Data from the Central Statistics Agency of Kupang Regency in 2020 recorded that the electricity electrification ratio of Kupang Regency was 73%. However, there are still 6 out of 24 sub-districts with an electrification ratio of less than 50%. The data also shows that 31 villages spread across 9 out of 24 sub-districts in Kupang Regency still do not have access to energy from the State Power Plant (PLN). This study offers a solution to utilize electrical energy from renewable energy sources, namely the sun, by designing and creating a Solar Power Plant in homes (solar home system) as an alternative energy source when there is a power outage by PLN. This system will work automatically using the Automatic Transfer Switch (ATS) when a power outage occurs. In addition, this system can be prioritized as the main source of electrical energy in serving the load when the load is lower than the capacity of the PLTS. The test results show that there is a saving in electricity consumption from PLN of 940 Wh or with a percentage of 77.4%. PLN will serve the load from 14.00-24.00 and the rest is taken over by the Solar Power Plant.

Keywords— Solar, Power, Home, ATS, PLN

I. PENDAHULUAN

Kabupaten Kupang adalah salah satu Kabupaten dari 22 Kabupaten yang berada di Provinsi Nusa Tenggara Timur (NTT). Data Badan Pusat Statistik Kabupaten Kupang tahun 2020 mencatat, Rasio Elektrifikasi kelistrikan Kabupaten Kupang sebesar 73%. Namun masih terdapat 6 dari 24 kecamatan dengan rasio elektrifikasi kurang dari 50%. Data tersebut juga menunjukkan bahwa 31 desa yang tersebar di 9 dari 24 kecamatan di Kabupaten Kupang masih belum memiliki akses energi dari Pembangkit Listrik Negara (PLN) [1]. Rendahnya rasio elektrifikasi di Kabupaten Kupang disebabkan oleh berbagai

kendala. Kendala utama dari keadaan ini adalah kondisi geografis beberapa desa yang belum mendapat pasokan listrik dari PLN yang sulit dijangkau. Salah satu kecamatan yang ada di Kabupaten Kupang yang masih mengalami kekurangan akses listrik adalah Kecamatan Am Abi Oefeto Timur. Terdapat 2 Desa dari 10 Desa di Amabi Oefeto Timur yang sampai saat ini belum mendapatkan saluran energi Listrik dari PLN. Dari total 3.793 rumah tinggal, terdapat 791 rumah yang tidak mendapatkan sumber energi listrik dari PLN [2]. Hal ini akan sangat berdampak buruk pada aktifitas masyarakat Am Abi Oefeto Timur karena listrik saat ini mempunyai peranan penting bagi

peningkatan ekonomi masyarakat suatu Desa. Jika dilihat dari potensi sumber daya alam khususnya sumber energi terbarukan, NTT mempunyai potensi besar untuk pengembangan pembangkit listrik dari sumber energi terbarukan. Intensitas penyinaran matahari di NTT cukup tinggi dibandingkan provinsi lain. Potensi durasi penyinaran matahari mencapai 10,6 jam per hari, sedangkan kecepatan angin rata-rata mencapai 4 m/s per hari [3].

Penelitian ini menawarkan solusi untuk memanfaatkan energi listrik dari sumber energi terbarukan yaitu matahari dengan merancang dan membuat Pembangkit listrik Tenaga Surya (PLTS) pada rumah tinggal (solar home system) sebagai sumber energi alternatif ketika terjadinya pemadaman listrik Oleh PLN. Sistem ini akan bekerja secara otomatis menggunakan Automatic Transfer Switch (ATS) ketika terjadi pemadaman Listrik. Selain itu, sistem ini dapat diprioritaskan sebagai sumber energi listrik utama dalam melayani beban ketika keadaan beban lebih rendah dari kapasitas PLTS.

II. PENELITIAN TERDAHULU

Beberapa Penelitian yang telah membahas tentang perancangan pembangkit listrik tenaga surya maupun solar home sistem baik off-grid maupun on-grid yang dijadikan acuan dalam penelitian ini diantaranya adalah Penelitian yang dilakukan oleh M. Afkar Gumintang, M. Faizal Sofyan dan Ilmam sulaeman pada tahun 2020 tentang “Design and Control of PV Hybrid System in Practice” [4]. Penelitian tersebut menggunakan bantuan pendekatan perangkat lunak HOMER pro untuk mengalasi teknologi ekonomi dari PLTS yang terkoneksi dengan Grid PLN untuk meningkatkan efisiensi energi di industri manufaktur. Selama satu tahun pengujian, hasil penelitian tersebut menunjukkan bahwa setelah penerapan Sistem Fotovoltaik On-Grid, biaya listrik berkurang sebesar Rp16.935.541 atau sekitar 15%. Sistem Fotovoltaik On-Grid menyumbang 15,6% dari total penggunaan energi, sementara sisanya, 84,4%, masih berasal dari jaringan listrik konvensional. Dari hasil penelitian tersebut, peneliti

merekomendasikan penggunaan sistem fotovoltaik surya on-grid sebagai solusi alternatif untuk menghemat energi di sektor industri manufaktur.

Penelitian selanjutnya yaitu pada tahun 2020 oleh Darmanto N, dkk dengan judul “Design and Development of Automatic Transder Switch System, Energy Saving Emergency Panel [5] Pada penelitian tersebut, para peneliti menerapkan sistem ATS pada PLTS yang terkoneksi dengan grid PLN. Sistem ATS tersebut diaplikasikan pada jaringan satu fasa dengan daya listrik 2200 VA, 220 V, 50 Hz. Berdasarkan uji lapangan, jika PLTS dioperasikan pada pukul 10.00-14.00 maka akan diperoleh daya listrik sebesar 7144 Wh yang disuplai oleh PLTS, sedangkan kebutuhan energi listrik dalam satu hari sebesar 33753 Wh, sehingga dapat disimpulkan bahwa Pembangkit Listrik Tenaga Surya dengan penerapan ATS dapat menghemat konsumsi listrik sebesar 21,17% dari total konsumsi energi harian.

Selanjutnya adalah penelitian yang dilakukan oleh Moien mohamadi dkk pada tahun dengan judul “A Comparison of Implementation of Solar and Diesel Power Generation for a Case Study in Kaloo” [6]. Penelitian tersebut mengintegrasikan PLTS dengan Generator Diesel pada jaringan utilitas pada sebuah desa kecil di Iran. Beban yang disuplai dari sistem yang dirancang meliputi 7 rumah tinggal serta sekolah dan pompa air. Hasil perhitungan dari penelitian tersebut memungkinkan untuk pemasangan PLTS dengan kapasitas 4,4 kWp dan Generator diesel dengan kapasitas 5 KVA. Hasil penelitian menunjukkan penggunaan sistem pembangkit listrik tenaga surya di desa yang disebutkan sangat praktis, terutama untuk daerah terpencil yang jauh dari jaringan listrik. Meskipun faktor-faktor lain seperti populasi desa, harga tanah, gaya hidup, dan akses jalan juga mempengaruhi pembangunan dan kinerja dari sistem.

Ketiga penelitian yang telah dijelaskan diatas menjadi acuan dalam perancangan Solar Home System ini. Yang berbeda dari sistem ini adalah tidak diperlukannya energi listrik cadangan seperti UPS untuk membackup sumber listrik dari PLTS ketika terjadi switching anata PLN ke PLTS. Sistem

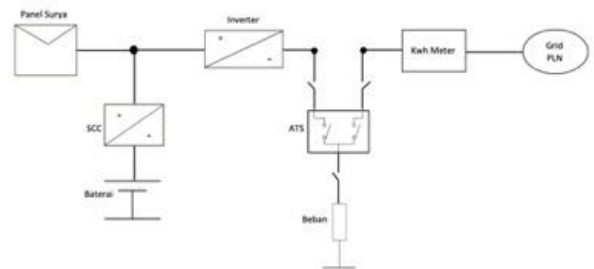
ini akan bekerja secara otomatis ketika terjadi pemadaman listrik oleh PLN. Ketika listrik dari PLN kembali aktif, maka sumber listrik untuk beban diambil dari PLN dan PLTS hanya berfokus untuk pengisian baterai.

III. METODE PENELITIAN

Dalam rancang bangun Solar Home System (SHS) dengan Penerapan Automatic Transfer Switch ini, penulis akan melakukan penelitian berdasarkan metode yang dijalankan secara bertahap dan terencana. Jenis penelitian yang digunakan adalah penelitian kuantitatif dengan metode eksperimental. Teknik Pengolahan data dalam penelitian ini meliputi reduksi data untuk mengurangi atau memilah-milah data yang sesuai dengan topik dimana data tersebut dihasilkan dari penelitian. Selanjutnya data tersebut disesuaikan untuk penentuan kapasitas setiap komponen PLTS meliputi kapasitas PV, baterai, SCC, maupun Inverter. Tahapan terakhir adalah perancangan sistem sesuai dengan data-data yang telah diperoleh diantaranya radiasi matahari, suhu, dan kelembaban udara. Adapun gambaran rancangan sistem seperti pada Gambar 1.

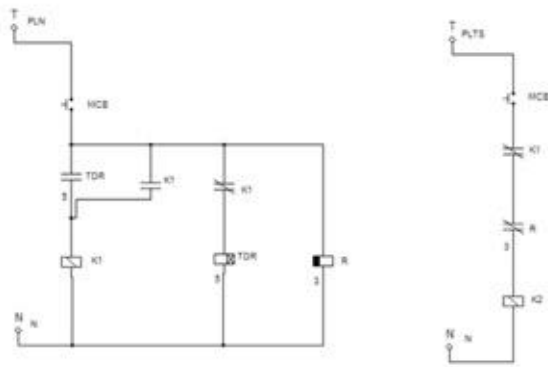
Rancang bangun SHS dengan penerapan sistem switching ini dibagi menjadi 3 tahapan diantaranya;. Pada tahap pertama, peneliti akan merancang solar home system yaitu PLTS. Tahapan perancangan PLTS ini akan dimulai dari perhitungan kapasitas beban listrik, selanjutnya hasil perhitungan tersebut akan dijadikan acuan untuk menentukan kapasitas setiap komponen PLTS. Perhitungan kapasitas PLTS meliputi penghitungan kapasitas panel surya, perhitungan kapasitas baterai, perhitungan kapasitas solar charge controller (SCC), dan perhitungan kapasitas inverter yang akan digunakan. Selanjutnya adalah pemasangan/instalasi PLTS. Tahapan kedua adalah perancangan sistem switching antara PLTS dan PLN. Sistem ini disebut juga sebagai Automatic Transfer Switch (ATS). Perancangan ATS ini menggunakan 3 buah kontaktor dan relay dimana setiap komponen kontaktor dan relay sebagai saklar penghubung dan pemutus energi listrik dari

PLTS maupun dari grid PLN. Tahapan ketiga adalah pengujian kinerja dari sistem. Pada tahapan ini dibagi menjadi 2 tahapan yaitu pengujian PLTS dalam memproduksi energi listrik untuk disuplai ke beban serta pengujian ATS meliputi pengujian waktu tunda ketika sumber energi listrik dari PLN di ambil alih oleh PLTS ketika terjadi pemadaman listrik maupun keadaan sebaliknya.



Gbr. 1 Konsep perancangan solar home system (SHS) dengan penerapan automatic transfer switch (ATS)

Automatic Transfer Switch (ATS) berperan sebagai saklar otomatis untuk menentukan sumber listrik mana yang akan melayani beban baik PLN maupun PLTS. Sistem ini menggunakan 2 unit kontaktor, relay dan timer. Sistem ini akan bekerja secara interlock sehingga ketika sumber listrik dari PLTS melayani beban maka sumber listrik dari PLN akan diputuskan oleh relay PLN, dan begitupun sebaliknya. Untuk menyuplai daya listrik ke beban maka kedua relay disambung dengan 2 kondisi yang berbeda. PLN diprioritaskan sebagai sumber utama maka relay PLN dipasang pada posisi Normaly Open (NO) sedangkan relay PLTS pada keadaan Normaly Close (NC) Relay PLN akan langsung terhubung ke beban melalui kontaktor PLN, sedangkan Relay PLTS akan bekerja ketika terjadi gangguan atau pemadaman pada PLN. Instalasi relay pada sistem ini seperti gambar dibawah ini



Gbr. 2 Rangkaian automatic transfer switch (ATS)

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Perhitungan Kapasitas Beban

Untuk menentukan kapasitas setiap komponen PLTS maka perlu diketahui kebutuhan daya listrik yang akan disuplai oleh sistem. Dari hasil pengukuran, total konsumsi daya listrik meliputi penerangan, hexos, dan pompa air adalah 307 Watt dengan total konsumsi energi listrik selama satu hari adalah 865 Wh. Berikut ini adalah table rekapitulasi beban listrik rumah tinggal:

Tabel 1. Beban Listrik Rumah Tinggal

Beban	Daya (Watt)	Waktu Operasi (jam)	Total Energi (Wh)
3 lampu	12	5	180
5 lampu	10	8	400
1 Hexos	35	1	35
Pompa Air	250	1	250

B. Perhitungan Kapasitas dan Perancangan PLTS

Parameter lain untuk menentukan kapasitas panel surya adalah efisiensi dari sistem. Efisiensi dapat dihitung berdasarkan losses panel surya, losses baterai, losses pada inverter dan losses pada kabel. Untuk menjaga kestabilan dalam memproduksi energi listrik, total losses sistem sebesar 30% sehingga efisiensi sistem adalah 70% [8]. Namun untuk mengantisipasi fluktuasinya radiasi matahari maka dalam penelitian ini peneliti menggunakan 50% efisiensi untuk menentukan kapasitas panel surya. Untuk menghitung kapasitas panel surya digunakan persamaan:

$$P_{pv} = E_{beban} / (PSH \times \eta_{sistem}) \dots \dots \dots (1)$$

Dengan P_{pv} adalah daya panel surya, E_{beban} adalah energi yang digunakan oleh beban, PSH adalah puncak radiasi matahari yang terjadi di NTT yaitu 6 jam/hari, dan η_{sistem} adalah efisiensi dari sistem. Hasil perhitungan didapatkan kapasitas panel surya tidak boleh kurang dari 288 Wp sehingga dalam penelitian ini digunakan 1 unit panel surya dengan kapasitas 310 Wp. Panel surya ditempatkan pada posisi atap rumah dengan menyesuaikan sudut kemiringan panel pada posisi 15°. Berikut ini adalah penempatan panel surya pada atap rumah.



Gbr. 3 Penempatan modul panel surya pada atap rumah

Untuk menentukan kapasitas baterai, dapat dihitung menggunakan persamaan 2 [9]:

$$BC = (E_{beban} \times h) / (V_{batt} \times \eta_{sistem}) \dots \dots (2)$$

Dengan BC adalah daya baterai, E_{beban} adalah energi yang digunakan oleh beban, h adalah total waktu sistem beroperasi, V_{batt} adalah tegangan baterai, η_{sistem} adalah efisiensi baterai, dan DOD adalah Depth Of Discharge. Dari hasil perhitungan dengan kapasitas tegangan baterai 12V dan efisiensi baterai 80%, diketahui kapasitas baterai yang harus digunakan tidak boleh kurang dari 90 Ah. Dengan demikian, pada penelitian ini baterai yang digunakan adalah 100 Ah dengan tipe VRLA.

Untuk menentukan kapasitas Solar Charger Controller (SCC) menggunakan persamaan 3 [10] dengan I_{sc} adalah arus controller, I_{sc} panel adalah arus hubung singkat panel surya (Ampere), N panel adalah jumlah panel surya yang digunakan, 125% adalah nilai safety factor yang digunakan.

$$I_{sc} = I_{sc \text{ Panel}} \times N \text{ Panel} \times 125\% \dots \dots \dots (3)$$

Dengan jumlah panel yang digunakan adalah 300 Wp sebanyak 1 unit dan I_{sc} panel adalah 8.95 Ampere maka kapasitas SCC tidak boleh kurang dari 11.1 Ampere sehingga dalam penelitian ini, peneliti menggunakan SCC dengan kapasitas 30 Ampere dengan nominal tegangan 12/24 Volt. Untuk menentukan kapasitas inverter dapat menggunakan persamaan 4 [11]:

$$C_{lv} = W_h \times S_f \dots \dots \dots (4)$$

Dengan C_{lv} adalah kapasitas dari inverter yang digunakan, W_h adalah konsumsi energi harian, dan S_f adalah safety factor dengan ketentuan S_f sebesar 1.25. Dengan total konsumsi energi sebesar 865 Wh maka dalam perancangan ini inverter yang digunakan tidak boleh kurang dari 1.2 VA sehingga inverter yang digunakan adalah jenis pure sine wave dengan kapasitas 5 Kw. Dipilihnya 5 Kw untuk persiapan penambahan pemakaian beban listrik maupun upgrading kapasitas PLTS.

C. Perancangan ATS

Automatic Transfer Switch (ATS) bekerja secara otomatis ketika terjadi pemadaman listrik oleh PLN. Selain itu, untuk menghemat pemakaian listrik dari PLN, user atau pengguna dapat memprioritaskan PLTS sebagai sumber listrik utama untuk melayani beban dengan ketentuan beban yang di suplai tidak lebih besar dari kapasitas PLTS. Sistem ATS ini dilengkapi dengan 2 buah kontaktor yaitu kontaktor PLN dan kontaktor PLTS yang akan bekerja secara bergantian dalam menyuplai energi listrik ke beban. Cara kerja dari kedua kontaktor ini dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 2. Tabel Logika Cara Kerja Kontaktor

Input		Output
Kontaktur PLN	Kontaktur PLTS	
0	0	Off
1	0	PLN
0	1	PLTS
1	1	PLN

Dari tabel tersebut diatas dapat diketahui bahwa PLTS dapat berfungsi sebagai backup ketika terjadi pemadaman listrik oleh PLN. Namun pada keadaan PLN dan PLTS 1, user dapat memprioritaskan PLTS untuk melayani beban dengan ketentuan bahwa beban listrik harus lebih rendah dari kapasitas PLTS. Secara keseluruhan, perancangan PLTS dengan penerapan ATS seperti gambar 4.



a. Perancangan PLTS



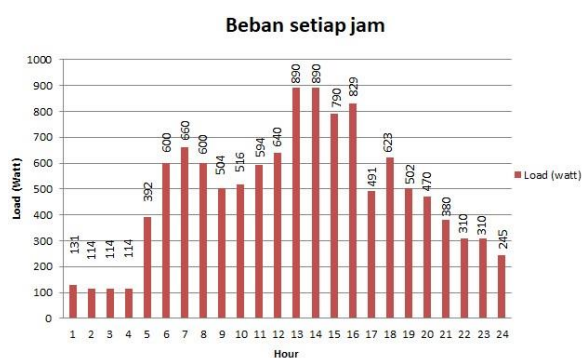
b. Perancangan ATS

Gbr. 4 Hasil perancangan sistem. a. Perancangan PLTS. b. Perancangan ATS

D. Pengujian Kinerja Sistem

Berdasarkan hasil pengukuran data beban diketahui total kebutuhan daya selama satu hari adalah 11.709 Watt. Hasil pengukuran diketahui puncak daya beban adalah 890 Watt yang terjadi pada pukul 18.00 sampai dengan 19.00. Hal ini dikarenakan semua peralatan elektronik dan penerangan mulai beroperasi. Sedangkan kebutuhan daya terendah beban adalah 114 Watt pada pukul 07.00 sampai dengan pukul 09.00. Pada keadaan ini, beberapa beban penerangan sudah dimatikan dan beberapa peralatan elektronik belum beroperasi. Hasil pengukuran beban sistem dapat dilihat pada gambar 5.

Hasil pengukuran diketahui total konsumsi energi listrik sebesar 4768 Watt hour sedangkan total produksi energi listrik dari PV sebesar 3828 Watt hour. Dengan demikian adanya sistem ini, konsumsi dari PV dapat menghemat konsumsi energi listrik rumah tinggal sebesar 940 Watt hour sehingga dapat dihitung penghematan dari PLTS sebesar 77,4 %.



Gbr. 5 Garfik pengukuran beban

Hasil pengukuran menunjukkan kontribusi penghematan konsumsi energi listrik yang cukup signifikan. Namun pada beberapa keadaan PLTS tidak mampu melayani permintaan beban puncak sehingga suplai listrik ke beban diambil alih oleh PLN. Dari hasil pengujian selama 1 hari, PLN mulai mengambil alih beban dari pukul 14.00 sampai dengan pukul 24.00. Sedangkan sisanya dapat diambil alih oleh PLTS. Berikut ini adalah tabel pengujian kinerja sistem.

Tabel 3. Hasil Pengujian Kinerja Sistem

Jam	Daya Beban (Watt)	Daya Output PLTS (Watt)	Daya PLN (Watt)	Keterangan
06.00	280	319	0	PLN OFF
08.00	263	319	0	PLN OFF
10.00	260	319	0	PLN OFF
12.00	280	319	0	PLN OFF
14.00	380	319	61	PLN ON
16.00	410	319	91	PLN ON
18.00	520	319	201	PLN ON
20.00	720	319	401	PLN ON
22.00	530	319	211	PLN ON
24.00	315	319	91	PLN ON
02.00	310	319	0	PLN OFF
04.00	310	319	0	PLN OFF

V. KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Dari hasil penelitian ini diketahui total konsumsi daya listrik beban rumah tinggal sebesar 307 Watt dengan total konsumsi energi listrik sebesar 865 Wh. Dari hasil perhitungan, kapasitas PV yang digunakan adalah 310 Wp, solar charger control 30

Ampere dan kapasitas inverter tidak boleh kurang dari 1.2 kW sehingga dengan pertimbangan upgrating kapasitas maka digunakan inverter dengan kapasitas 5000 Watt. Sedangkan baterai yang digunakan adalah tipe VRLA dengan kapasitas baterai 100 Ah / 12 Volt. Hasil pengujian diketahui terjadi penghematan konsumsi energi listrik dari PLN sebesar 940 Wh atau dengan presentase 77.4%. PLN akan melayani beban mulai dari pukul 14.00-24.00 dan sisanya diambil alih oleh PLTS.

B. Saran

Dari hasil perancangan dan pengujian ini perlu di tambahkan sistem manajemen daya listrik untuk memprioritaskan penggunaan sumber listrik dari PLTS karena user atau pengguna masih secara manual memprioritaskan penggunaan sumber listrik dari PLTS ketika beban listrik lebih rendah dari Sistem. Dengan sistem manajemen beban maka akan meningkatkan penghematan konsumsi energi listrik dari PLN.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terimakasih kepada Politeknik Negeri Kupang yang telah mendanai penelitian ini dari dana penelitian rutin Politeknik Negeri Kupang Tahun 2024.

REFERENSI

- [1] “Badan Pusat Statistik Kabupaten Kupang”, Accessed: Jul. 04, 2023. [Online]. Available: <https://kupangkab.bps.go.id/pencarian.html?searching=Kabupaten+Kupang+Dalam+Angka+2021&yt1=Cari>
- [2] Sinaga Rusman, “Pengelolaan Sumber Energi Listrik Perspektif dalam Peningkatan Rasio Elektrifikasi,” Kupang, Dec. 2020.
- [3] T. M. and W. A. S. D. Ardiansyah, “Potential Classification Prediction of Solar and Wind Energy in Indonesia using Machine Learning with Random Forest Algorithm _ IEEE Conference Publication _ IEEE Xplore,” 2022 5th International Conference of Computer and Informatics Engineering (IC2IE), pp. 297–302, 2022, Accessed: Jul. 04, 2023. [Online]. Available:

- <https://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?tp=&arnumber=9970129&isnumber=9970007>
- [4] M. Afkar Gumintang, M. Faizal Sofyan, and Ilmam sulaeman, "Design and Control of PV Hybrid System in Practice," Jakarta, Jun. 2020. [Online]. Available: www.giz.de
- [5] N. A. Darmanto and B. W. A. Mahardika, "Design and Development of Automatic Transfer Switch System, Energy Saving Emergency Panel," in 7th International Conference on Information Technology, Computer, and Electrical Engineering, ICITACEE 2020 - Proceedings, Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc., Sep. 2020, pp. 300–303. doi: 10.1109/ICITACEE50144.2020.9239160.
- [6] M. Mohamadi, E. Roshandel, and S. M. Gheasaryan, "A Comparison of Implementation of Solar and Diesel Power Generation for a Case Study in Kaloo," pp. 114–119, Dec. 2017, Accessed: Oct. 06, 2024. [Online]. Available: <https://ieeexplore.ieee.org/document/8324954>
- [7] "Global Solar Atlas", Accessed: Dec. 27, 2023. [Online]. Available: <https://globalsolaratlas.info/detail?s=-10.202503,123.627211&m=site&c=-10.202503,123.627211,11&pv=small,0,16,1>
- [8] B. Sreewirote and M. Leelajindakrairerk, "Design and Development of Solar Water Pump," IEEE, 2016.
- [9] X. Duan, S. Wu, R. Diao, and A. Yang, "Design of Hybrid Solar-hydro Microgrid for Village School in China," 2018 IEEE Global Humanitarian Technology Conference (GHTC), pp. 1–7, 2018.
- [10] M. Fahmi Hakim, "Perancangan Rooftop Off Grid Solar Panel Pada Rumah Tinggal Sebagai Alternatif Sumber Energi Listrik," 2017. Accessed: Oct. 21, 2024. [Online]. Available: <http://ejurnal.stimata.ac.id/index.php?journal=DINAMIKA&page=article&op=view&path%5B%5D=234>
- [11] M. B. Arief, M. Widyartono, W. Aribowo, and A. L. Wardani, "Desain Pembangkit Listrik Tenaga Surya Off-Grid dan Monitoring Berbasis Node-Red," ELPOSYS: Jurnal Sistem Kelistrikan, vol. 11, no. 1, Accessed: Oct. 21, 2024. [Online]. Available: <https://jurnal.polinema.ac.id/index.php/elposys/article/download/4906/3327>