

SISTEM PHOTOVOLTAIC ON-GRID DENGAN CHANGE OVER SWITCH OTOMATIS UNTUK POMPA AIR DI SD MUHAMMADIYAH 1 KREMBUNG

**Jamaaluddin¹⁾, Husna Imro'athush Sholihah²⁾, Darmansyah³⁾,
Askhaarina Aulia Tsalits⁴⁾, M. Aditya S.⁵⁾, M. Azrul A.⁶⁾, Muhammad Ilham⁷⁾**

^{1,5,6,7)} Teknik Elektro, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Muhammadiyah Sidoarjo, Jawa Timur

²⁾ Sekolah Tinggi Keguruan dan Ilmu Pendidikan Muhammadiyah Blora, Jawa Tengah

³⁾ Universitas Lancang Kuning, Pekanbaru, Sumatra Selatan

⁴⁾ Magister Agrobisnis, Universitas Brawijaya Malang, Jawa Timur

askhaarinal@gmail.com

Abstract

Permasalahan akses energi terbarukan di lembaga pendidikan dasar masih menjadi tantangan serius dalam mendukung proses belajar-mengajar yang berkelanjutan dan efisien. SD Muhammadiyah 1 Krembung sebagai sekolah berbasis keagamaan dengan keterbatasan fasilitas energi mengalami kesulitan dalam efisiensi operasional, terutama dalam pemenuhan kebutuhan air bersih menggunakan pompa air berbasis listrik PLN. Pengabdian kepada masyarakat ini bertujuan untuk memperkenalkan teknologi energi terbarukan berbasis sistem Photovoltaic (PV) On-Grid dengan Change Over Switch (COS) otomatis yang terintegrasi pada sistem pompa air. Selain meningkatkan efisiensi energi dan menurunkan biaya operasional, kegiatan ini juga bertujuan memberikan edukasi tentang energi terbarukan kepada siswa, guru, dan masyarakat sekitar. Program dilaksanakan dengan pendekatan partisipatif dan kolaboratif yang melibatkan dosen dan mahasiswa Universitas Muhammadiyah Sidoarjo. Hasil kegiatan menunjukkan peningkatan pemahaman energi terbarukan, berfungsinya sistem secara optimal, serta potensi replikasi di lembaga pendidikan lain.

Keywords: Photovoltaic, Energi Terbarukan, Change Over Switch, Edukasi Energi, SDGs.

Abstrak

Kegiatan Pengabdian kepada Masyarakat ini bertujuan untuk meningkatkan kemampuan aparatur desa dalam mengolah, menganalisa dan menyajikan data statistik sektoral dalam bentuk infografis desa. Perangkat desa belum memiliki kemampuan melakukan visualisasi data statistik desa dengan infografis menjadi latar belakang dilaksanakannya pelatihan ini. Metode pelaksanaan kegiatan ini meliputi persiapan, pelaksanaan, dan evaluasi. Hasil pretest dan posttest digunakan untuk mengevaluasi efektivitas pelatihan serta mengukur sejauh mana peningkatan pemahaman dan keterampilan peserta setelah mengikuti kegiatan pengabdian kepada masyarakat. Berdasarkan uji Wilcoxon Signed-Rank diketahui bahwa kegiatan pengabdian kepada masyarakat memberikan pengaruh yang signifikan terhadap pemahaman dan keterampilan peserta tentang infografis.

Keywords: Photovoltaic, Renewable Energy, Change Over Switch, Energy Education, SDGs.

1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Isu krisis energi global menjadi perhatian utama berbagai pihak,

termasuk sektor pendidikan (Rusiana Iskandar et al., 2021) (Lazo et al., 2022) (Sidoarjo, 2018). Salah satu pendekatan strategis dalam menjawab tantangan ini adalah penerapan energi

terbarukan berbasis surya di institusi pendidikan(Aghapour sabagh et al., 2023). SD Muhammadiyah 1 Krembung merupakan lembaga pendidikan dasar yang sedang berkembang dan menghadapi kendala dalam pengadaan energi yang efisien dan berkelanjutan, khususnya untuk kebutuhan operasional pompa air sekolah(Tummala et al., 2023).



Gambar 1. SD Muhammadiyah 1 Krembung, Sidoarjo

Sekolah ini masih mengandalkan sumber energi konvensional dari PLN yang berisiko tinggi terhadap lonjakan biaya operasional. Sebagai institusi pendidikan, SD Muhammadiyah 1 Krembung memiliki tanggung jawab dalam memberikan edukasi yang sesuai dengan perkembangan teknologi dan tantangan masa depan, termasuk dalam bidang energi terbarukan(Jamaaluddin, Ayuni, et al., 2024). Oleh karena itu, program pengabdian ini difokuskan pada instalasi sistem PV On-Grid dengan fitur Change Over Switch otomatis guna mendukung pengoperasian pompa air sekolah, sekaligus sebagai sarana pembelajaran energi bersih bagi siswa dan guru.

Kegiatan ini turut mendukung pencapaian Sustainable Development Goals (SDGs) poin ke-7, yaitu menyediakan akses terhadap energi yang bersih dan terjangkau(Lastyo, 2019)(Kementerian ESDM, 2019)(Katadata, 2022). Melalui

keterlibatan aktif mahasiswa dalam seluruh tahapan kegiatan, program ini juga selaras dengan konsep Merdeka Belajar Kampus Merdeka (MBKM) dan indikator kinerja utama (IKU) perguruan tinggi.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, rumusan masalah yang diangkat dalam kegiatan ini adalah:

- a. Bagaimana mengatasi ketergantungan sekolah terhadap sumber energi konvensional untuk operasional pompa air?
- b. Bagaimana meningkatkan pemahaman siswa dan guru terhadap sistem energi terbarukan khususnya sistem photovoltaic?
- c. Bagaimana dampak sistem photovoltaic terhadap efisiensi biaya operasional sekolah?
- d. Bagaimana kontribusi kegiatan ini terhadap pelaksanaan MBKM dan pencapaian SDGs?

1.3 Tujuan

Tujuan utama kegiatan pengabdian masyarakat ini adalah untuk:

- a. Menyediakan sistem energi alternatif untuk pengoperasian pompa air di SD Muhammadiyah 1 Krembung.
- b. Mengedukasi siswa, guru, dan masyarakat sekitar mengenai teknologi energi terbarukan.
- c. Mengurangi biaya operasional listrik di sekolah.
- d. Menumbuhkan kesadaran lingkungan dan praktik pemanfaatan energi bersih.

- e. Meningkatkan keterampilan mahasiswa dalam penerapan ilmu dan pengabdian kepada masyarakat.

2. TINJAUAN PUSTAKA

Pemanfaatan energi surya melalui teknologi photovoltaic telah menjadi solusi utama dalam pemenuhan kebutuhan energi terbarukan di berbagai sektor. Potensi radiasi matahari di permukaan bumi dapat mencapai 4,2 kWh/m² per hari (Hasan et al., 2023) (Jamaaluddin, Anshory, et al., 2024) (Jamaaluddin et al., 2023). Namun, pemanfaatannya masih di bawah 30%. Teknologi PV on-grid memungkinkan integrasi energi surya dengan sistem kelistrikan PLN, dilengkapi dengan inverter dan charge over switch otomatis untuk menjamin kontinuitas pasokan energi (-International Energy Agency, 2023) (Jamaaluddin, Ayuni, et al., 2024) (Jamaaluddin Jamaaluddin, Putra, Boy Isma & Agus Hayatal, 2024).

Implementasi sistem photovoltaic di sekolah tidak hanya bermanfaat dari sisi teknis tetapi juga edukatif. Bahwa intervensi teknologi energi terbarukan dapat meningkatkan literasi energi siswa sejak usia dini. Selain itu, kegiatan berbasis proyek seperti ini mendukung implementasi MBKM dan mendukung IKU kampus (Bate et al., 2020) (Jamaaluddin et al., 2020).

3. METODE

Metode pelaksanaan kegiatan pengabdian ini adalah pendekatan partisipatif dengan tahapan sebagai berikut:

3.1 Survei dan Identifikasi Masalah

Observasi dilakukan untuk mengetahui kebutuhan energi sekolah serta kondisi pompa air dan sumber daya listrik yang tersedia.

3.2 Perancangan Sistem

Tim menyusun rancangan sistem photovoltaic on-grid berkapasitas 200Wp, inverter 1000W, dan charge over switch otomatis (Iskandar et al., 2021) (Rusiana Iskandar et al., 2021).

3.3 Instalasi dan Implementasi

Proses pemasangan panel, inverter, dan sistem COS dilakukan secara bertahap dengan partisipasi mahasiswa. Panel dipasang di atap sekolah dan dihubungkan ke sistem pompa air.



Gambar 2. Pemasangan Sistem PLTS

3.4 Pelatihan dan Sosialisasi

Guru dilatih dalam pengoperasian sistem dan diberikan materi ajar untuk siswa mengenai energi terbarukan.

3.5 Monitoring dan Evaluasi

Evaluasi dilakukan terhadap kinerja sistem, konsumsi energi, dan dampaknya terhadap biaya operasional.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Peningkatan Efisiensi Energi

Sistem PV on-grid yang dipasang berhasil mendukung operasional pompa air secara efisien.

Ketika suplai dari PV mencukupi, sistem otomatis mengalihkan beban dari PLN ke PV, mengurangi beban listrik konvensional.



Gambar 3. Serah Terima Sistem dari Universitas Muhammadiyah Sidoarjo ke Kepala Sekolah dasar Muhammadiyah 1 Krembung

4.2 Penurunan Biaya Operasional

Data awal menunjukkan adanya penurunan biaya listrik hingga 30% setelah sistem aktif. Hal ini memberikan keuntungan ekonomi langsung bagi sekolah.

4.3 Edukasi dan Peningkatan Literasi Energi

Kegiatan pelatihan kepada guru dan demonstrasi sistem kepada siswa meningkatkan pemahaman mereka terhadap energi terbarukan. Materi pembelajaran yang diberikan memperkuat kompetensi siswa dalam memahami prinsip dasar energi surya.

4.4 Pelaksanaan MBKM dan Keterlibatan Mahasiswa

Mahasiswa memperoleh pengalaman praktis yang berharga dalam perencanaan dan implementasi teknologi terapan di masyarakat. Ini mendukung pelaksanaan MBKM serta kontribusi terhadap IKU perguruan tinggi.

Hasil pengukuran sistem ditunjukkan pada tabel 1.

Tabel 1. Hasil Pengukuran Sistem

No	Waktu	Tegangan PV	Arus PV	Tegangan Baterai	Arus Baterai
1	11:00	37,1	2,5	27,0	2,4
2	11:05	37,2	2,5	27,0	2,4
3	11:10	36,6	2,4	27,0	2,5
4	11:15	36,2	2,6	27,0	2,5
5	11:20	35,5	2,3	27,1	2,4
6	11:25	35,7	2,4	27,2	2,5
7	11:30	34,8	2,4	27,0	2,5
8	11:35	35,5	2,3	27,1	2,5
9	11:40	36	2,4	27,0	2,4
10	11:45	35,9	2,4	27,0	2,5
11	11:50	34,2	2,6	27,1	2,5
12	11:55	35,6	2,6	27,2	2,4
13	12:00	36	2,3	24,7	6,1
14	12:05	34	2,3	24,1	7,1
15	12:10	35,2	2,2	23,9	7,8
16	12:15	35,1	2,4	24,0	5,9
17	12:20	33,6	2,1	23,9	6,4
18	12:25	35,6	2,3	23,7	6,6
19	12:30	34	2,2	23,6	6,7
20	12:35	34,2	2,2	23,5	6,7
21	12:40	34	2,0	23,4	6,8
22	12:45	34,1	2,0	23,3	7,0
23	12:50	35,5	2,1	23,1	7,1
24	12:55	34,4	1,9	22,9	7,3
25	13:00	34,0	1,6	22,7	7,6
26	13:05	32	1,7	22,5	7,5
27	13:10	34,0	1,6	22,4	7,5
28	13:15	33,7	1,7	21,9	7,7
29	13:20	32,5	1,8	21,5	6,2
30	13:25	34,0	1,7	25,2	8,6
31	13:30	34,2	1,6	25,4	8,6
32	13:35	33,8	1,7	25,9	8,7
33	13:40	33,5	1,7	23,0	7,3
34	13:45	33,2	1,5	22,6	7,6
35	13:50	33,0	1,5	22,4	7,1
36	13:55	33,1	1,6	22,1	6,2
37	14:00	34,1	1,4	21,7	6,5

38	14:05	32,0	1,1	25,0	0,9
39	14:10	30,0	1,1	25,1	0,9
40	14:15	30,0	1,1	25,1	0,9
41	14:20	29,0	1,1	25,2	0,9

Data yang diperoleh menunjukkan adanya perubahan kinerja panel surya dan karakteristik pengisian baterai selama rentang waktu tiga jam lebih. Terdapat empat fase utama yang menggambarkan dinamika hubungan antara tegangan dan arus dari panel surya (PV) terhadap proses pengisian baterai.

Pada fase awal, tegangan panel surya berada pada kisaran tinggi, antara 35,5 hingga 37,2 Volt, dengan arus yang relatif stabil di kisaran 2,3 hingga 2,6 Ampere. Tegangan baterai juga cenderung stabil pada sekitar 27 Volt, dan arus pengisian berada di antara 2,4 hingga 2,5 Ampere. Data ini menunjukkan bahwa panel surya menghasilkan daya yang cukup besar dan mampu mengisi baterai secara efisien dalam kondisi pencahayaan yang optimal.

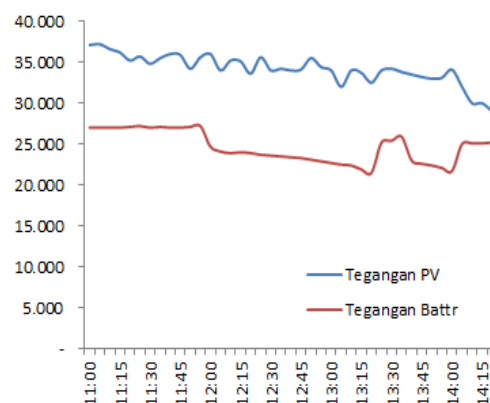
Memasuki pukul 12:00, tegangan baterai mulai menurun secara bertahap dari 24,7 Volt hingga sekitar 22 Volt. Sementara itu, arus pengisian baterai justru meningkat signifikan, mencapai nilai puncak sekitar 7,8 Ampere. Kenaikan arus ini mengindikasikan bahwa sistem sedang melakukan pengisian cepat (fast charging) atau baterai mengalami penurunan kapasitas sementara karena beban penggunaan yang tinggi. Tegangan PV mengalami sedikit penurunan, namun masih cukup untuk menopang proses pengisian.

Pada fase ini, terjadi fluktuasi antara peningkatan dan penurunan nilai tegangan serta arus. Tegangan PV berada pada kisaran 32–34 Volt dengan arus antara 1,5 hingga 1,8 Ampere. Tegangan baterai sempat meningkat

kembali hingga 25,9 Volt dengan arus pengisian mencapai lebih dari 8 Ampere, kemungkinan akibat aktivasi mode pengisian maksimal oleh sistem kontrol. Nilai ini tidak bertahan lama dan segera menurun seiring dengan menurunnya daya yang dihasilkan panel surya.

Menjelang akhir pengamatan, terlihat bahwa tegangan dan arus dari panel surya mengalami penurunan cukup tajam, dengan tegangan mencapai 29 Volt dan arus hanya 1,1 Ampere. Meskipun begitu, tegangan baterai tetap tinggi di kisaran 25 Volt, namun arus pengisian sangat rendah yaitu sekitar 0,9 Ampere. Hal ini menunjukkan bahwa baterai telah mendekati penuh dan sistem telah beralih ke mode pengisian pemeliharaan (float charging), di mana hanya sedikit arus yang disuplai untuk menjaga tegangan baterai tetap stabil tanpa overcharging.

Terdapat penurunan tegangan battery yang cukup tajam pada pukul 12.00 sd pukul 14.00 dikarenakan pada saat tersebut pompa air beroperasi dengan catu daya dari battery. Pada gambar 4 dan 5 dapat dilihat perbandingan tegangan dan arus PV dan battery.



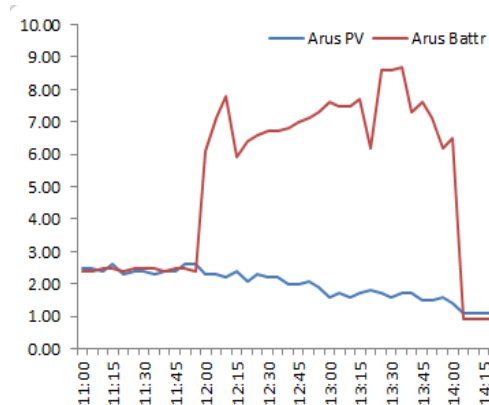
Gambar. 4. Perbandingan tegangan PV dan Battery

Grafik pada Gambar 4, menunjukkan perubahan tegangan pada

panel surya (PV) dan baterai selama rentang waktu pukul 11:00 hingga 14:15. Garis biru menggambarkan tegangan dari panel PV, sedangkan garis merah menggambarkan tegangan pada baterai. Tegangan panel PV mengalami penurunan bertahap dari sekitar 37 volt pada pukul 11:00 menjadi di bawah 30 volt menjelang pukul 14:15. Penurunan ini menunjukkan bahwa intensitas sinar matahari yang diterima panel kemungkinan semakin berkurang seiring berjalannya waktu, baik karena perubahan posisi matahari maupun karena faktor cuaca seperti mendung atau tertutup awan. Selain itu, terdapat fluktuasi kecil yang terjadi secara terus-menerus, yang dapat disebabkan oleh kondisi lingkungan yang tidak stabil.

Tegangan baterai cenderung lebih stabil dan berada di kisaran 21 hingga 27 volt. Terdapat dua penurunan tajam pada sekitar pukul 11:45 dan 13:30, yang kemudian diikuti oleh kenaikan kembali. Pola ini kemungkinan menunjukkan bahwa terjadi penurunan tegangan karena beban yang tiba-tiba aktif, atau adanya sistem proteksi pada baterai yang bekerja untuk menjaga kestabilan. Setelah beban berkurang atau suplai dari panel PV kembali cukup, tegangan baterai kembali naik.

Grafik ini dapat disimpulkan bahwa sistem masih berfungsi secara normal, dengan panel PV memberikan suplai tegangan yang menurun seiring waktu, dan baterai yang berusaha menjaga kestabilan tegangan meskipun terdapat gangguan sesaat. Untuk kinerja yang lebih optimal, perlu dilakukan pemantauan terhadap beban yang terhubung dan kondisi pencahayaan di sekitar panel surya.



Gambar 5. Perbandingan Arus PV dan Battery

Grafik pada Gambar 5, menunjukkan perbandingan arus keluaran dari panel surya (PV) dan arus yang masuk atau keluar dari baterai selama rentang waktu pukul 11:00 hingga 14:15. Garis biru menunjukkan Arus PV, sedangkan garis merah menunjukkan Arus Baterai.

Pengamatan (sekitar pukul 11:00 hingga 11:45), arus dari panel surya dan baterai cenderung stabil, berada pada kisaran 2,4 hingga 2,6 ampere, dengan nilai yang hampir sama. Namun, perubahan signifikan terjadi setelah pukul 11:45, di mana arus baterai meningkat tajam hingga mencapai sekitar 7–9 ampere. Lonjakan ini menunjukkan bahwa baterai mulai mengalirkan arus dalam jumlah besar, kemungkinan karena adanya aktivasi beban yang cukup tinggi. Setelah lonjakan tersebut, arus baterai tetap berada di kisaran tinggi (sekitar 6 hingga 9 ampere) hingga mendekati pukul 13:45. Dalam periode ini, arus PV justru mengalami penurunan bertahap, dari sekitar 2,5 ampere menjadi sekitar 1,3 ampere. Data ini menunjukkan bahwa kontribusi panel surya terhadap pengisian baterai atau suplai beban semakin menurun, mungkin karena penurunan intensitas cahaya matahari.

Menjelang pukul 14:00 hingga 14:15, arus dari baterai secara tiba-tiba

turun drastis menjadi sekitar 1 ampere, menandakan bahwa beban besar kemungkinan telah dimatikan atau dilepas, atau sistem perlindungan baterai menghentikan arus untuk mencegah overdischarge. Arus PV pun berada di level rendah dan stabil mendekati 1 ampere.

Sedangkan petunjuk pengoperasiannya adalah sebagai berikut :

I. Tombol tombol Pada Inverter (Gambar 6)



Gambar 6. Modul Inverter dan SCC

a) Tombol power di gunakan untuk menyalakan inverter dengan cara di tekan selama kurang lebih 1-2 detik setelah terdengar suara (tiit) tombol bisa di lepaskan

b) Func digunakan untuk melakukan penyetingan pada inverter baik penyetingan tegangan kapasitas cas tegangan minimum dan laian sebagainya

c) Tombol Up digunakan untuk menggerakkan tampilan layer dengan cara di tekan , bisa untuk melihat input inverter , tegangan PLTS, Kapasitas baterai, suhu, dan juga beban

d) Down sama dengan dengan up hanya saja berbeda arah jika kita menekan up kita bisa membalikkan tampilan yang terlewat dengan menekan down

II. Arti Lampu Pada inverter, Jika lampu menyala.

a) Ac : inverter sedang menggunakan tegangan dari PLN untuk menggerakkan pompa.

b) Bat : Baterai sedang melakukan pengecasan.

c) INV: Inverter sedang menggunakan baterai atau plts untuk menggerakkan pompa.

d) Fault : ada tegangan yang tidak normal biasanya akan mengeluarkan bunyi jika bunyi terlalu lama maka matikan saja inverternya dan mulai ulang.

III. Penjelasan Panel (Gambar 7)



Gambar 7. Panel MCB

a) Pink : sebagai output atau keluaran yang mengalir menuju pompa air atau beban

b) Hijau : Mcb Sumber dari baterai

c) Kuning : Mcb sumber dari vp

IV. Cara menyeting Inverter

a) Tekan tombol Func selama beberapa detik sampai terdengar suara dan keluar tampilan kedip kedip di A0

b) Tekan Up untuk menggerakkan ke atas dan down untuk ke bawah

c) Jika ingin mengubah mode pengecasan atau mengubah mode baterai prioritas tekan Func lagi selama 1 detik sampai angka yang kedap kedip pindah dari kiri ke kanan

d) Kemudian tekan up atau down untuk mengatur

V. Cara menyalakan inverter



Gambar 8. Cara Menyetting Inverter

Note: jika ketika dinyalakan dan di masuki beban pompa MCB dari baterai turun maka bisa di naikan Ketika pln sudah masuk .

5. KESIMPULAN

Kegiatan pengabdian masyarakat ini berhasil memberikan solusi energi bersih melalui sistem photovoltaic on-grid di SD Muhammadiyah 1 Krembung. Sistem ini terbukti mampu mengurangi ketergantungan pada listrik PLN, menekan biaya operasional, dan menjadi media edukasi energi yang efektif. Kegiatan ini juga memberikan pengalaman berharga bagi mahasiswa dan menjadi bentuk nyata kontribusi perguruan tinggi terhadap pencapaian SDGs dan MBKM.

UCAPAN TERIMAKASIH

Diucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada Majelis Dikti Litbang Pimpinan Pusat Muhammadiyah dan DRPM Universitas Muhammadiyah Sidoarjo yang telah membantu terwujudnya paper ini baik secara moril dan materiil. Semoga amal ibadahnya diterima dan mendapatkan balasan yang banyak dari Allah SWT.

DAFTAR PUSTAKA

- International Energy Agency, I. (2023). *Global EV Outlook 2023: Catching up with climate ambitions*. www.iea.org
- Aghapour sabagh, F., Hossainpour, S., & Pourhemmati, S. (2023). Energy, exergy, and economic evaluation of integrated waste incineration facility with a thermal power plant. *Energy Conversion and Management: X*, 20(August), 100434. <https://doi.org/10.1016/j.ecmx.2023.100434>
- Bate, P. Y., Sartika Wiguna, A., & Aditya Nugraha, D. (2020). *KURAWAL Jurnal Teknologi, Informasi dan Industri*. 3, 81–92. <https://jurnal.machung.ac.id/index.php/kurawal>
- Hasan, H. A., Sherza, J. S., Abed, A. M., Togun, H., Ben Khedher, N., Sopian, K., Mahdi, J. M., & Talebizadehsardari, P. (2023). Thermal and flow performance analysis of a concentrated linear Fresnel solar collector with transverse ribs. *Frontiers in Chemistry*, 10(January), 1–10. <https://doi.org/10.3389/fchem.2022.1074581>
- Iskandar, H. R., Elysees, C. B., &

- Ridwanulloh, R. (2021). Analisis Performa Baterai Jenis Valve Regulated Lead Acid pada PLTS Off-grid 1 kWp. *Jurnal Teknologi Universitas Muhammadiyah Jakarta*, 13(2), 129–140.
<https://jurnal.umj.ac.id/index.php/jurtek/article/view/7624>
- Jamaaluddin, J., Anshory, I., Sartika, S. B., Khoiri, & Mardiyono. (2023). Utilizing Solar Power for Communication and Illumination in Disaster Zones. *Academia Open*, 8(2), 1–15.
<https://doi.org/10.21070/acopen.8.2023.7236>
- Jamaaluddin, J., Anshory, I., Tedjo, S., Hindarto, Fudholi, A., Ahmudiarto, Y., Martides, E., & Sopian, K. (2024). Heat Transfer Management of Solar Power Plant for Dryer. *International Journal on Engineering Applications*, 12(3), 195–203.
<https://doi.org/10.15866/irea.v12i3.23959>
- Jamaaluddin, J., Ayuni, S. D., & Wulandari, I. A. S. (2024). Design of Automatic Transfer Switch System Solar Power Plant – PLN. *Journal of Electrical Technology UMY*, 7(2), 57–64.
<https://doi.org/10.18196/jet.v7i2.14651>
- Jamaaluddin, J., Sulistyowati, I., & Rosnawati, E. (2020). Diseminasi Pembangkit Listrik Tenaga Surya Dengan Instalasi Arus Searah Kendali Jarak Jauh Berbasis Android. *Abdimas Adpi*, 1; No 2(Dewi).
- Jamaaluddin Jamaaluddin, Putra, Boy Isma, & Agus Hayatal, S. (2024). TRAINER SMART PLTS UNTUK PEMBELAJARAN SISTEM PLTS PADA SISWA SMK MUHAMMADIYAH 3 NGORO. *MARTABE : Jurnal Pengabdian Masyarakat*, 7, 3552–3559.
<https://doi.org/10.31604/jpm.v7i9.3552-3559>
- Katadata. (2022). *PLN Kelebihan Pasokan Listrik, Ini Proyeksi Kebutuhan Tenaga Listrik RI. 2030.*
<https://databoks.katadata.co.id/datapublish/2022/09/28/pln-kelebihan-pasokan-listrik-ini-proyeksi-kebutuhan-tenaga-listrik-ri>
- Kementerian ESDM. (2019). Rencana Usaha Penyediaan Tenaga Listrik (RUPTL) PLN. *Rupltl*, 1(1), 1–58.
- Lastyo, S. (2019). *Kontribusi usaha mikro kecil dan menengah (umkm) pada penyerapan tenaga kerja di kabupaten sidoarjo.* 2–3.
- Lazo, J., Aguirre, G., & Watts, D. (2022). An impact study of COVID-19 on the electricity sector: A comprehensive literature review and Ibero-American survey. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 158(October 2021), 112135.
<https://doi.org/10.1016/j.rser.2022.112135>
- Rusiana Iskandar, H., Bebbby Elysees, C., Ridwanulloh, R., Charisma, A., Yuliana, H., Elektro, J. T., Teknik, F., Jenderal, U., Yani, A., Terusan, J., & Sudirman, J. (2021). *ANALISIS PERFORMA BATERAI JENIS VALVE REGULATED LEAD ACID PADA PLTS OFF-GRID 1 KWP, Jurnal Teknologi Volume 13 No. 2 Juli 2021.* 13(2).
<https://doi.org/10.24853/jurtek.1>

3.2.129-140

- Sidoarjo, B. P. S. K. (2018). *Kabupaten Sidoarjo Dalam Angka 2018*. Badan Pusat Statistik Sidoarjo.
- Tummala, S. K., Rakesh, G., Al-Kharsan, I. H., & Shah, P. K. (2023). Integration of solar and wind energy systems with PI and PID controller. *E3S Web of Conferences*, 391, 1–13. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202339101002>