

**OPTIMALISASI DESAIN *MICROGRID HYBRID* SURYA-DIESEL-
BATERAI UNTUK KETAHANAN ENERGI DI DESA CISOLOK JAWA
BARAT: ANALISIS *TECHNO-ECONOMIC* DENGAN HOMER PRO**



SKRIPSI

Diajukan Untuk Memenuhi Sebagian Syarat Untuk Memperoleh Gelar Sarjana
Teknik Elektro Program Studi S-1 Teknik Elektro

Oleh:

Ananda Raihan Fajar

E.5051.2104072

**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS PENDIDIKAN TEKNIK DAN INSIDUSTRI
UNIVERSITAS PENDIDIKAN INDONESIA**

2025

HALAMAN HAK CIPTA

OPTIMALISASI DESAIN *MICROGRID HYBRID* SURYA-DIESEL-BATERAI UNTUK KETAHANAN ENERGI DI DESA CISOLOK JAWA BARAT: ANALISIS *TECHNO-ECONOMIC* DENGAN HOMER PRO

Oleh:

Ananda Raihan Fajar

Sebuah skripsi yang diajukan untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar
Sarjana Teknik pada Program Studi S-1 Teknik Elektro
Fakultas Pendidikan Teknik dan Industri

© Ananda Raihan Fajar

Universitas Pendidikan Indonesia

2025

© Hak Cipta dilindungi Undang-Undang

Skripsi ini tidak boleh diperbanyak seluruhnya atau sebagian, dengan dicetak ulang, *difotocopy*, atau cara lainnya tanpa izin dari penulis

LEMBAR PENGESAHAN

ANANDA RAIHAN FAJAR

E.505.2104072

**OPTIMALISASI DESAIN *MICROGRID HYBRID* SURYA-DIESEL-
BATERAI UNTUK KETAHANAN ENERGI DI DESA CISOLOK JAWA
BARAT: ANALISIS *TECHNO-ECONOMIC* DENGAN HOMER PRO**

Disetujui dan disahkan oleh pembimbing:

4/8-25
ncc

Dosen Pembimbing



Dr. Bambang Trisno, MSIE

NIP. 19610309 198610 1 001

Mengetahui

Ketua Program Studi Teknik Elektro



Didin Wahyudin, S.Pd., M.T., Ph.D

NIP. 19760827 200912 1 001

PERNYATAAN BEBAS PLAGIARISME

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Ananda Raihan Fajar
NIM : 2104072
Program Studi : Teknik Elektro
Judul Karya : Optimalisasi Desain *Microgrid Hybrid* Surya-Diesel-Baterai untuk Ketahanan Energi di Desa Cisolok Jawa Barat: Analisis *Techno-Economic* dengan HOMER Pro

Dengan ini saya menyatakan bahwa karya tulis ini sepenuhnya merupakan hasil pemikiran dan kerja saya sendiri. Saya menjamin bahwa seluruh isi karya ini, baik sebagian maupun keseluruhan, tidak mengandung unsur plagiarisme dari karya pihak lain, kecuali pada bagian yang secara jelas telah dicantumkan sumber dan referensinya.

Apabila di kemudian hari terbukti terdapat pelanggaran etika akademik atau unsur plagiarisme, saya bersedia menerima segala bentuk sanksi yang berlaku sesuai ketentuan Universitas Pendidikan Indonesia.

Bandung, Agustus 2025

Yang membuat pernyataan,

Ananda Raihan Fajar

NIM. 2104072

UCAPAN TERIMA KASIH

Segala puji dan syukur penulis panjatkan ke hadirat Allah SWT, karena berkat rahmat, taufik, dan hidayah-Nya, penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul **"Optimalisasi Desain *Microgrid Hybrid* Surya-Diesel-Baterai untuk Ketahanan Energi di Desa Cisolok Jawa Barat: Analisis *Techno-Economic* dengan HOMER Pro"**.

Skripsi ini disusun sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana pada Program Studi S-1 Teknik Elektro, Fakultas Pendidikan Teknik dan Industri, Universitas Pendidikan Indonesia. Penulisan skripsi ini merupakan hasil dari proses pembelajaran, penelitian, dan bimbingan yang tidak terlepas dari dukungan, bantuan, dan doa dari berbagai pihak.

Pada kesempatan ini, penulis menyampaikan rasa terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Orang tua tercinta, yang selalu memberikan kasih sayang, doa, dukungan moril maupun materil, serta menjadi sumber semangat terbesar dalam setiap langkah penulis.
2. Bapak Prof. Dr. Enjang Ahmad Juanda, M.Pd., M.T., selaku Wali Dosen yang senantiasa memberikan arahan, nasihat, dan motivasi selama masa studi dan proses penyusunan skripsi ini.
3. Bapak Dr. Bambang Trisno, MSIE., selaku Dosen Pembimbing yang telah membimbing dengan sabar, memberikan masukan konstruktif, serta mendorong penulis untuk menghasilkan penelitian yang berkualitas.
4. Bapak Didin Wahyudin, S.Pd., M.T., Ph.D., selaku Ketua Program Studi Teknik Elektro S-1, Universitas Pendidikan Indonesia, yang memberikan arahan serta dukungan akademik selama proses studi.
5. Seluruh Dosen Program Studi Teknik Elektro UPI, yang telah membekali penulis dengan ilmu dan pengalaman yang bermanfaat sebagai bekal masa depan.

6. Muhammad Zaky Adz Dzikro Ramdhani dan Ridwan Septiadi Ramlan, yang telah membantu dan memberikan dukungan dalam proses pengerjaan tugas akhir ini.
7. Cecep Nugraha, Ahmad Ali Yasin, dan Iffat Khalih Girasto, yang selalu memberikan dukungan, motivasi, serta bantuan teknis dalam penyelesaian skripsi ini.
8. Afifah Shofiyanoitrani, seseorang yang spesial, yang telah memberikan dukungan moril, semangat, dan doa selama proses penelitian.
9. Muhammad Fadhlan, Dhani Hernawan, dan Muhammad Adli Baihaqi, sahabat yang selalu ada, memberikan dukungan, bantuan teknis, serta motivasi di setiap tahap penelitian.
10. Seluruh mahasiswa Teknik Elektro, yang telah menjadi rekan diskusi, belajar bersama, dan saling mendukung selama masa perkuliahan

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari sempurna. Oleh karena itu, kritik dan saran yang membangun sangat penulis harapkan demi perbaikan ke depannya. Semoga karya ini dapat memberikan manfaat bagi pembaca dan menjadi kontribusi kecil dalam pengembangan teknologi energi terbarukan di Indonesia.

Bandung, Agustus 2025

Penulis

ABSTRAK

Permintaan energi listrik di wilayah terpencil Indonesia, khususnya di Jawa Barat, masih menghadapi tantangan besar terkait keterbatasan akses dan ketergantungan pada generator diesel yang mahal serta menghasilkan emisi tinggi. Desa Cisolok merupakan salah satu wilayah yang memiliki potensi energi terbarukan melimpah namun belum dimanfaatkan secara optimal. Penelitian ini bertujuan mengembangkan model optimasi sistem mikrogrid hybrid surya-diesel-baterai menggunakan pendekatan tekno-ekonomi melalui perangkat lunak HOMER Pro. Metode penelitian dilakukan dengan simulasi untuk mengevaluasi berbagai konfigurasi sistem, mempertimbangkan parameter radiasi matahari, kebutuhan beban, biaya investasi, biaya operasional, serta dampak lingkungan. Data radiasi menunjukkan potensi rata-rata sebesar 4,80 kWh/m²/hari, dengan nilai tertinggi pada September (5,50 kWh/m²/hari) dan terendah pada Februari (4,37 kWh/m²/hari). Hasil optimasi menunjukkan bahwa konfigurasi PV-Diesel-Baterai memberikan performa terbaik, menghasilkan total produksi listrik sebesar 207.887 kWh/tahun, dengan kontribusi PV sebesar 47% dan diesel 53%. Konfigurasi ini menghasilkan Levelized Cost of Energy (LCOE) terendah sebesar Rp 601,99/kWh, jauh di bawah target Rp 1.500/kWh, serta Net Present Cost (NPC) sebesar Rp 1.960.824.000. Dari sisi lingkungan, sistem ini mampu mengurangi emisi karbon dioksida dan karbon monoksida sebesar 56,64% dibandingkan sistem diesel murni. Temuan ini membuktikan bahwa integrasi energi surya, diesel, dan baterai merupakan solusi teknis dan ekonomis yang efektif untuk meningkatkan ketahanan energi sekaligus mendukung keberlanjutan lingkungan di desa-desa terpencil Jawa Barat.

Kata Kunci: Energi Surya, HOMER Pro, *Hybrid Renewable Energy System*, Mikrogrid, Tekno-Ekonomi

ABSTRACT

Electricity demand in remote areas of Indonesia, particularly in West Java, still faces significant challenges related to limited access and dependence on expensive diesel generators that produce high emissions. Cisolok Village is one such area with abundant renewable energy potential that has not yet been optimally utilized. This study aims to develop an optimization model for a hybrid solar-diesel-battery microgrid system using a techno-economic approach through the HOMER Pro software. The research method involves simulations to evaluate various system configurations, considering parameters such as solar radiation, load requirements, investment costs, operational costs, and environmental impacts. Radiation data indicates an average potential of 4.80 kWh/m²/day, with the highest value in September (5.50 kWh/m²/day) and the lowest in February (4.37 kWh/m²/day). Optimization results indicate that the PV-Diesel-Battery configuration provides the best performance, generating a total electricity production of 207,887 kWh/year, with a 47% contribution from PV and 53% from diesel. This configuration achieves the lowest Levelized Cost of Energy (LCOE) of Rp 601.99/kWh, well below the target of Rp 1,500/kWh, and a Net Present Cost (NPC) of Rp 1,960,824,000. From an environmental perspective, this system reduces carbon dioxide and carbon monoxide emissions by 56.64% compared to a pure diesel system. These findings demonstrate that the integration of solar energy, diesel, and batteries is an effective technical and economic solution for enhancing energy resilience while supporting environmental sustainability in remote villages in West Java.

Keywords: Solar Energy, HOMER Pro, Hybrid Renewable Energy System, Microgrid, Techno-Economics

DAFTAR ISI

HALAMAN HAK CIPTA	i
LEMBAR PENGESAHAN	ii
PERNYATAAN BEBAS PLAGIARISME	iii
UCAPAN TERIMA KASIH	iv
ABSTRAK	vi
ABSTRACT	vii
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR TABEL.....	xi
DAFTAR LAMPIRAN	xii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	4
1.3 Tujuan Penelitian	4
1.4 Manfaat Penelitian	5
1.4.1 Manfaat Akademik	5
1.4.2 Manfaat Praktis.....	5
1.5 Ruang Lingkup Penelitian	5
BAB II KAJIAN PUSTAKA	6
2.1 Hybrid Renerable Energy System (HRES).....	6
2.2 Komponen HRES	7
2.2.1 Energi Surya	7
2.2.2 Generator Diesel	7
2.2.3 Penyimpanan Baterai	7
2.2.4 Inverter.....	8
2.3 Sistem Microgrid	9
2.3.1 Komponen microgrid.....	9
2.3.2 Potensi Manfaat Penggunaan <i>Microgrid</i>	10
2.4 Hybrid Optimization Model for Multiple Energy Resources (HOMER)	10

2.5 Analisis Techno-Economic	11
2.5.1 Parameter Evaluasi	12
2.6 Penelitian Terdahulu	14
BAB III METODE PENELITIAN.....	16
3.1 Penelitian Terdahulu	16
3.2 Lokasi Penelitian	17
3.3 Pengumpulan Data.....	17
3.3.1 Profil Beban Listrik Harian	18
3.3.2 Indeks Radiasi dan Kejernihan Harian Pada Lokasi	19
3.3.3 Suhu Harian Pada Lokasi	19
3.4 Skema Desain Konfigurasi Sistem	20
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	22
4.1 Hasil Simulasi pada HOMER Pro	22
4.1.1 Hasil Analisis Sistem Hybrid Diesel-PV-Baterai	22
4.1.2 Hasil Analisis Sistem Diesel-Baterai.....	23
4.2 Hasil Analisis Ekonomi	24
4.3 Analisis Emisi.....	26
4.4 Pembahasan Penelitian	27
BAB V PENUTUP.....	29
5.1 Kesimpulan.....	29
5.2 Rekomendasi	29
DAFTAR PUSTAKA	31
LAMPIRAN.....	37

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Sistem Microgrid.....	9
Gambar 2. 2 Tampilan Utama HOMER Pro	11
Gambar 3. 1 Diagram Alir Penelitian.....	16
Gambar 3. 2 Map Area Studi Desa Cisolok, Kecamatan Cisolok, Kabupaten Sukabumi	17
Gambar 3. 3 Beban listrik rata-rata sehari	18
Gambar 3. 4 Indeks Radiasi dan Kejernihan.....	19
Gambar 3. 5 Data Suhu	19
Gambar 3. 6 Desain sistem yang digunakan	20
Gambar 4. 1 Produksi Listrik Bulanan Sistem Hybrid Diesel-PV-Baterai	23
Gambar 4. 2 Produksi Listrik Bulanan Sistem Diesel-Baterai.....	23
Gambar 4. 3 Arus Biaya Ekonomi dan Komponen.....	25
Gambar 4. 4 Grafik Perbandingan Emisi Sistem	26

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Perbandingan baterai lithium-ion dan lead-acid.....	8
Tabel 2. 2 Penelitian Terdahulu	14
Tabel 3. 1 Penggunaan Beban	18
Tabel 3. 2 Jenis Komponen dan Parameter	21
Tabel 4. 1 Hasil Optimasi HOMER	22
Tabel 4. 2 Parameter Ekonomi dari Sistem yang Dioptimalkan	24
Tabel 4. 3 Perbandingan ekonomi sistem dasar dan sistem optimasi	25

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Surat Tugas Pembimbing	37
Lampiran 2. Data Global Horizontal Irradiation	38
Lampiran 3. Data Temperatur.....	39

DAFTAR PUSTAKA

- Aderibole, A., Zeineldin, H. H., & Al Hosani, M. (2019). A Critical Assessment of Oscillatory Modes in Multi-Microgrids Comprising of Synchronous and Inverter-Based Distributed Generation. *IEEE Transactions on Smart Grid*, 10(3), 3320–3330. <https://doi.org/10.1109/TSG.2018.2824330>
- Albahar, A. K., & Haqi, M. F. (2020). Pengaruh Sudut Kemiringan Panel Surya (PV) Terhadap Keluaran Daya. *Jurnal Ilmiah Elektrokrisna*, 8(2), 115–122.
- Almutairi, K., Hosseini Dehshiri, S. S., Hosseini Dehshiri, S. J., Mostafaeipour, A., Issakhov, A., & Techato, K. (2021). Use of a Hybrid Wind—Solar—Diesel—Battery Energy System to Power Buildings in Remote Areas: A Case Study. *Sustainability*, 13(16), 8764. <https://doi.org/10.3390/su13168764>
- Al-Shamma'a, A. A., Alturki, F. A., & Farh, H. M. H. (2020). Techno-economic assessment for energy transition from diesel-based to hybrid energy system-based off-grids in Saudi Arabia. *Energy Transitions*, 4(1), 31–43. <https://doi.org/10.1007/s41825-020-00021-2>
- AMARON 12V 100AH CR1000H29R INVERTER UPS BATTERY. (n.d.). Retrieved July 17, 2025, from <https://www.powerwale.com/store/amaron-12v-100ah-cr1000h29r-inverter-ups-%20battery/77232>
- Anifah, E. M., Rini, I. D. W. S., Hidayat, R., & Ridho, M. (2021). Estimasi Emisi Gas Rumah Kaca (GRK) Kegiatan Pengelolaan Sampah di Kelurahan Karang Joang, Balikpapan. *Jurnal Sains & Teknologi Lingkungan*, 13(1). <https://doi.org/10.20885/jstl.vol13.iss1.art2>
- Arief, Y. Z., Wilyanti, S., & Ridlo Al-Hakim, R. (2023). Using HOMER Simulation Method for Renewable Energy Power Generation Design in South Sumatra Indonesia. *International Journal of Sustainability in Research (IJSR)*, 1(2), 73–92. <https://doi.org/10.59890/ijsr.v1i2.155>
- Baruah, A., Basu, M., & Amuley, D. (2021). Modeling of an autonomous hybrid renewable energy system for electrification of a township: A case study for Sikkim, India. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 135, 110158. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2020.110158>
- Come Zebra, E. I., van der Windt, H. J., Nhumaio, G., & Faaij, A. P. C. (2021). A review of hybrid renewable energy systems in mini-grids for off-grid electrification in developing countries. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 144, 111036. <https://doi.org/10.1016/J.RSER.2021.111036>
- Cui, X., Wang, C., Liao, J., Fang, Z., & Cheng, F. (2021). Economic policy uncertainty exposure and corporate innovation investment: Evidence from China. *Pacific-Basin Finance Journal*, 67, 101533. <https://doi.org/10.1016/J.PACFIN.2021.101533>

- Cyubahiro, O. K., Giraneza, M., Abo-Al-Ez, K., & Khan, M. T. E. (2022). A Designed Energy Management System (EMS) for an Off- Grid Residential Microgrid. *Mehran University Research Journal of Engineering and Technology*, 41(1), 1–16. <https://doi.org/10.22581/muet1982.2201.01>
- Dewi, E. L. (2024). *Laporan Kinerja DITJEN EBTKE Tahun 2024*. <https://www.esdm.go.id/assets/media/content/content-laporan-kinerja-ditjen-ebtke-tahun-2024.pdf>
- Dickson, R., Mancini, E., Garg, N., Woodley, J. M., Gernaey, K. V., Pinelo, M., Liu, J., & Mansouri, S. S. (2021). Sustainable bio-succinic acid production: superstructure optimization, techno-economic, and lifecycle assessment. *Energy & Environmental Science*, 14(6), 3542–3558. <https://doi.org/10.1039/D0EE03545A>
- Dinas ESDM Jawa Barat. (2024, November 20). *Harapan Kemandirian Energi Terbarukan dari Jabar Selatan*.
- El-houari, H., Allouhi, A., Salameh, T., Kousksou, T., Jamil, A., & El Amrani, B. (2021). Energy, Economic, Environment (3E) analysis of WT-PV-Battery autonomous hybrid power plants in climatically varying regions. *Sustainable Energy Technologies and Assessments*, 43, 100961. <https://doi.org/10.1016/j.seta.2020.100961>
- Energys Co., Ltd. (2025). *EnerSys PowerSafe SBS 900*. <https://www.mlperformance.co/products/sbs-900-2-energys-powersafe-con-agm-battery-2v-900ah%09%0A>
- Ferdiansyah, R., Aditya Ramadhan, F., Aden Filabda, N., & Syamsuddiin, A. (2025). PERANCANGAN INVERTER SATU FASA 12V DC KE 220V AC BERBASIS IC PWM TIPE CD4047BE. *Jurnal Ilmu Ekonomi, Pendidikan Dan Teknik*, 2(4), 7–15. <https://doi.org/https://doi.org/10.70134/identik.v2i4.568>
- Generac Generators Co., Ltd. (n.d.). *Diesel Generac 30kW*. Retrieved July 12, 2025, from <https://www.nationwidegenerators.com/generac-rg03015a-protector-series-aluminum-30kw-3600rpm-scaqmd-compliant-standby-generator/>
- Halabi, L. M., Mekhilef, S., Olatomiwa, L., & Hazelton, J. (2017). Performance analysis of hybrid PV/diesel/battery system using HOMER: A case study Sabah, Malaysia. *Energy Conversion and Management*, 144, 322–339. <https://doi.org/10.1016/J.ENCONMAN.2017.04.070>
- Halim, A., Fudholi, A., Sopian, K., & Phillips, S. J. (2021). Performance of Hybrid Solar Photovoltaic–Diesel Generator and Battery Storage Design for Rural Electrification in Malaysia. *International Journal of Sustainable Development and Planning*, 16(5), 883–893. <https://doi.org/10.18280/ijstdp.160509>

- Harahap, M. A. K., Ramadhania, S., Ansori, T., Witjaksono, G., & Malik. (2023). Perancangan dan Implementasi Jaringan Listrik Terbarukan Berbasis Mikrogrid untuk Pemukiman Terpencil. *Jurnal Cahaya Mandalik*, 3(2), 1200–1207.
- Huda, M. N., & Kurniawan, I. H. (2023). Perancangan Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Hibrida (Tenaga Angin Dan Tenaga Surya) Di Daerah Widuri Kabupaten Pemalang Menggunakan Perangkat Lunak Homer. *Jurnal Riset Rekayasa Elektro*, 5(1), 33. <https://doi.org/10.30595/jrre.v5i1.14708>
- Jaiswal, A. (2017). Lithium-ion battery based renewable energy solution for off-grid electricity: A techno-economic analysis. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 72, 922–934. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2017.01.049>
- Jamal, T., Shafiullah, G. M., Carter, C., & Urmee, T. (2017). A comprehensive techno-economic and power quality analysis of a remote PV-diesel system in Australia. *Renewable Energy and Environmental Sustainability*, 2, 24. <https://doi.org/10.1051/rees/2017033>
- Kamal, M. M., Ashraf, I., & Fernandez, E. (2023). Optimal sizing of standalone rural microgrid for sustainable electrification with renewable energy resources. *Sustainable Cities and Society*, 88, 104298. <https://doi.org/10.1016/J.SCS.2022.104298>
- Khan, I. A., Mokhlis, H., Mansor, N. N., Illias, H. A., Jamilatul Awal, L., & Wang, L. (2023). New trends and future directions in load frequency control and flexible power system: A comprehensive review. In *Alexandria Engineering Journal* (Vol. 71, pp. 263–308). Elsevier B.V. <https://doi.org/10.1016/j.aej.2023.03.040>
- Kousksou, T., Bruel, P., Jamil, A., El Rhafiki, T., & Zeraouli, Y. (2014). Energy storage: Applications and challenges. *Solar Energy Materials and Solar Cells*, 120, 59–80. <https://doi.org/10.1016/j.solmat.2013.08.015>
- Krishan, O., & Suhag, S. (2019). Techno-economic analysis of a hybrid renewable energy system for an energy poor rural community. *Journal of Energy Storage*, 23, 305–319. <https://doi.org/10.1016/J.EST.2019.04.002>
- Krishnamoorthy, M., & Raj, P. A. D. V. (2020). Optimum design and analysis of HRES for rural electrification: a case study of Korkadu district. *Soft Computing*, 24(17), 13051–13068. <https://doi.org/10.1007/s00500-020-04724-y>
- Lambert, T., Gilman, P., & Lilienthal, P. (2006). *MICROPOWER SYSTEM MODELING WITH HOMER*.
- Lidula, N. W. A., & Rajapakse, A. D. (2011). Microgrids research: A review of experimental microgrids and test systems. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 15(1), 186–202. <https://doi.org/10.1016/J.RSER.2010.09.041>

- Lubna, Sudarti, & Yushardi. (2021). Potensi Energi Surya Fotovoltaik Sebagai Sumber Energi Alternatif. *Pelita : Jurnal Penelitian Dan Karya Ilmiah*, 21(1), 76–79.
- Lujano-Rojas, J. M., Dufo-López, R., & Bernal-Agustín, J. L. (2014). Technical and economic effects of charge controller operation and coulombic efficiency on stand-alone hybrid power systems. *Energy Conversion and Management*, 86, 709–716. <https://doi.org/10.1016/J.ENCONMAN.2014.06.053>
- Mahmoudi, S. M., Maleki, A., & Rezaei Ochbelagh, D. (2021). Optimization of a hybrid energy system with/without considering back-up system by a new technique based on fuzzy logic controller. *Energy Conversion and Management*, 229, 113723. <https://doi.org/10.1016/j.enconman.2020.113723>
- Mahmud, M., Soetanto, D., & Jack, S. (2021). A contingency theory perspective of environmental management: Empirical evidence from entrepreneurial firms. *Journal of General Management*, 47(1), 3–17. https://doi.org/10.1177/0306307021991489/ASSET/D8E9E428-38A5-4162-AC0C-C7CC55889662/ASSETS/IMAGES/LARGE/10.1177_0306307021991489-FIG3.JPG
- Maleki, A., Eskandar Filabi, Z., & Nazari, M. A. (2022). Techno-Economic Analysis and Optimization of an Off-Grid Hybrid Photovoltaic–Diesel–Battery System: Effect of Solar Tracker. *Sustainability*, 14(12), 7296. <https://doi.org/10.3390/su14127296>
- Manfren, M., Nastasi, B., Tronchin, L., Groppi, D., & Garcia, D. A. (2021). Techno-economic analysis and energy modelling as a key enablers for smart energy services and technologies in buildings. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 150, 111490. <https://doi.org/10.1016/J.RSER.2021.111490>
- Mariam, L., Basu, M., & Conlon, M. F. (2013). A Review of Existing Microgrid Architectures. *Journal of Engineering*, 2013, 1–8. <https://doi.org/10.1155/2013/937614>
- Marpaung, C. O. P., Siahaan, U., & Sudarwani, M. M. (2020). Perancangan Sistem Microgrid Untuk Mempercepat Akses Terhadap Energi Listrik (Energy Access) Pada Kawasan Wisata Setu Rawalumbu Kota Bekasi. *Jurnal Comunita Servizio*, 2(1), 352–378.
- Moazzami, M., Fadaei, D., Shahinzadeh, H., & Fathi, S. H. (2017). Optimal sizing and technical analysis of rural electrification alternatives in Kerman province. 2017 *Smart Grid Conference (SGC)*, 1–8. <https://doi.org/10.1109/SGC.2017.8308872>
- Muhammad Lawan, S., & Azlan Wan Zainal Abidin, W. (2020). A Review of Hybrid Renewable Energy Systems Based on Wind and Solar Energy: Modeling, Design and Optimization. In *Wind Solar Hybrid Renewable Energy System*. IntechOpen. <https://doi.org/10.5772/intechopen.85838>

- Odou, O. D. T., Bhandari, R., & Adamou, R. (2020). Hybrid off-grid renewable power system for sustainable rural electrification in Benin. *Renewable Energy*, 145, 1266–1279. <https://doi.org/10.1016/J.RENENE.2019.06.032>
- Pakenham, B., Ermakova, A., & Mehmanparast, A. (2021). A Review of Life Extension Strategies for Offshore Wind Farms Using Techno-Economic Assessments. *Energies*, 14(7), 1936. <https://doi.org/10.3390/en14071936>
- Phurailatpam, C., Rajpurohit, B. S., & Wang, L. (2018). Planning and optimization of autonomous DC microgrids for rural and urban applications in India. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 82, 194–204. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2017.09.022>
- Podder, S., & Khan, Md. Z. R. (2016). Comparison of lead acid and Li-ion battery in solar home system of Bangladesh. *2016 5th International Conference on Informatics, Electronics and Vision (ICIEV)*, 434–438. <https://doi.org/10.1109/ICIEV.2016.7760041>
- Pranav, M. S., Karunanithi, K., Akhil, M., Vanan, S. S., Afsal, V. M., & Krishnan, A. (2017). Hybrid renewable energy sources (HRES) — A review. *2017 International Conference on Intelligent Computing, Instrumentation and Control Technologies (ICICICT)*, 162–165. <https://doi.org/10.1109/ICICICT1.2017.8342553>
- Punitha, S., Subramaniam, N. P., & Vimal Raj, P. A. D. (2024). A comprehensive review of microgrid challenges in architectures, mitigation approaches, and future directions. *Journal of Electrical Systems and Information Technology*, 11(1), 60. <https://doi.org/10.1186/s43067-024-00188-4>
- Quintana, A., Carta, J. A., & Déniz, F. (2023). Sizing of a Green Hydrogen Energy System to Power a Micro-Grid for Residential Use. *36th International Conference on Efficiency, Cost, Optimization, Simulation and Environmental Impact of Energy Systems (ECOS 2023)*, 1122–1133. <https://doi.org/10.52202/069564-0103>
- Razmjoo, A., Gakenia Kaigutha, L., Vaziri Rad, M. A., Marzband, M., Davarpanah, A., & Denai, M. (2021). A Technical analysis investigating energy sustainability utilizing reliable renewable energy sources to reduce CO2 emissions in a high potential area. *Renewable Energy*, 164, 46–57. <https://doi.org/10.1016/J.RENENE.2020.09.042>
- Renogy. (2024, July 2). *How Efficient Are Solar Panels*. Renogy.
- Rezk, H., Sayed, E. T., Al-Dhaifallah, M., Obaid, M., El-Sayed, A. H. M., Abdelkareem, M. A., & Olabi, A. G. (2019). Fuel cell as an effective energy storage in reverse osmosis desalination plant powered by photovoltaic system. *Energy*, 175, 423–433. <https://doi.org/10.1016/J.ENERGY.2019.02.167>
- Rhezal Agung, Naufal Ramadhani Akbar, & Sapto Wibowo. (2023). Perencanaan dan Implementasi Inverter Satu Fasa Pada Pembangkit Listrik Tenaga

- Pikohidro di Air Terjun Watu Lumpang Mojokerto. *Elposys: Jurnal Sistem Kelistrikan*, 9(3), 108–114. <https://doi.org/10.33795/elposys.v9i3.641>
- Riayatsyah, T. M. I., Geumpana, T. A., Fattah, I. M. R., & Mahlia, T. M. I. (2022). Techno-Economic Analysis of Hybrid Diesel Generators and Renewable Energy for a Remote Island in the Indian Ocean Using HOMER Pro. *Sustainability*, 14(16), 9846. <https://doi.org/10.3390/su14169846>
- Sakti, B., Utomo, R. M., Burhandenny, A. E., Siregar, I. R. S., & Ridho, A. (2023). Simulation of the Use of Solar and Wind Energy as a Hybrid Power Plant in Malahing Village Using Software Homer. *Springer Nature*, 351–364. https://doi.org/10.2991/978-94-6463-180-7_37
- Saman dkk. (2020). *Kecamatan Cisolok Dalam Angka 2020*.
- Sambaliung No, J., Samarinda Ulu, K., Samarinda, K., & Timur, K. (2021). Analisis Efisiensi Panel Surya Sebagai Energi Alternatif Rahmat Hasrul. *Jurnal Sain, Energi, Teknologi & Industri*, 5(2), 79–87.
- Samudra, D., Hidayah, I., & Kunci, K. (2025). Economic Feasibility Analysis and Financing Model of Solar Power Plant Projects in Indonesia. In *Alphabiz: Journal of Management and Digital Business* (Vol. 1, Issue 2).
- Shabalov, M. Y., Zhukovskiy, Y. L., Buldysko, A. D., Gil, B., & Starshaia, V. V. (2021). The influence of technological changes in energy efficiency on the infrastructure deterioration in the energy sector. *Energy Reports*, 7, 2664–2680. <https://doi.org/10.1016/J.EGYR.2021.05.001>
- Shahzad, S., Abbasi, M. A., Ali, H., Iqbal, M., Munir, R., & Kilic, H. (2023). Possibilities, Challenges, and Future Opportunities of Microgrids: A Review. In *Sustainability (Switzerland)* (Vol. 15, Issue 8). MDPI. <https://doi.org/10.3390/su15086366>
- Shaik, F., Lingala, S. S., & Veeraboina, P. (2023). Effect of various parameters on the performance of solar PV power plant: a review and the experimental study. *Sustainable Energy Research*, 10(1), 6. <https://doi.org/10.1186/s40807-023-00076-x>
- Shayeghi, H., & Alilou, M. (2021). Distributed generation and microgrids. In *Hybrid Renewable Energy Systems and Microgrids* (pp. 73–102). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-821724-5.00006-4>
- Shenzhen KSTAR Science and Technology Co., Ltd. (2025). *KSTAR Blue -20KT-MI*. <https://id.aliexpress.com/item/1005008187454082.html?gatewayAdapt=glo2idn>
- Shiroudi, A., Rashidi, R., Gharehpetian, G. B., Mousavifar, S. A., & Akbari Foroud, A. (2012). Case study: Simulation and optimization of photovoltaic-wind-battery hybrid energy system in Taleghan-Iran using <scp>homer</scp>

- software. *Journal of Renewable and Sustainable Energy*, 4(5).
<https://doi.org/10.1063/1.4754440>
- Sinha, S., & Chandel, S. S. (2015). Prospects of solar photovoltaic–micro-wind based hybrid power systems in western Himalayan state of Himachal Pradesh in India. *Energy Conversion and Management*, 105, 1340–1351.
<https://doi.org/10.1016/J.ENCONMAN.2015.08.078>
- Sunpal Energy Co., Ltd. (2025). *Tall Max DE - 460 W*.
<https://id.aliexpress.com/item/1005008187454082.html?gatewayAdapt=glo2i>
 dn#nav-store
- Syahputra, D. W., & Wahyuningsih, S. (2023). Analisis Gangguan dan Perawatan pada Mesin Diesel generator di KM. Egon. In *Journal of Business Technology and Economics* (Vol. 1, Issue 1).
<https://journal.pipuswina.com/index.php/jbte/about>
- transisienergi.id. (2024, November 8). *Tingkat Emisi per Provinsi (Gg CO2) 2022*.
<https://transisienergi.id/data/tingkat-emisi-per-provinsi-gg-co2-2022/>
- Uddin, M., Romlie, M. F., Abdullah, M. F., Abd Halim, S., Abu Bakar, A. H., & Chia Kwang, T. (2018). A review on peak load shaving strategies. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 82, 3323–3332.
<https://doi.org/10.1016/J.RSER.2017.10.056>
- Xu, A., Awal, L. J., Al-Khaykan, A., Fard, H. F., Alhamrouni, I., & Salem, M. (2023). Techno-Economic and Environmental Study of Optimum Hybrid Renewable Systems, including PV/Wind/Gen/Battery, with Various Components to Find the Best Renewable Combination for Ponorogo Regency, East Java, Indonesia. *Sustainability*, 15(3), 1802.
<https://doi.org/10.3390/su15031802>