

**ANALISIS KINERJA BATERAI SEBAGAI *BACK-UP SYSTEM* DI PT PLN
INDONESIA POWER SURALAYA PGU UNIT 2 MENGGUNAKAN
METODE *CONSTANT CURRENT DUMMY LOAD (CCDL)***

SKRIPSI

Diajukan untuk Memenuhi Sebagai Syarat Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
Pada Program Studi Teknik Elektro



Oleh:

**Thoriq Abdul Aziz
E.5051.2007292**

**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS PENDIDIKAN TEKNOLOGI DAN KEJURUAN
UNIVERSITAS PENDIDIKAN INDONESIA
BANDUNG
2024**

**ANALISIS KINERJA BATERAI SEBAGAI *BACK-UP SYSTEM* DI PT PLN
INDONESIA POWER SURALAYA PGU UNIT 2 MENGGUNAKAN
METODE *CONSTANT CURRENT DUMMY LOAD (CCDL)***

Oleh
Thoriq Abdul Aziz

Sebuah skripsi yang diajukan untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar
Sarjana Teknik pada Program Studi S1 Teknik Elektro

© Thoriq Abdul Aziz 2024
Universitas Pendidikan Indonesia
Mei 2024

Hak Cipta dilindungi undang-undang.
Skripsi ini tidak boleh diperbanyak seluruhnya atau sebagian,
dengan dicetak ulang, di-*fotocopy*, atau cara lainnya tanpa izin dari penulis.

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI

THORIQ ABDUL AZIZ

E. 5051.2007292

**ANALISIS KINERJA BATERAI SEBAGAI *BACK-UP SYSTEM* DI PT PLN
INDONESIA POWER SURALAYA PGU UNIT 2 MENGGUNAKAN
METODE *CONSTANT CURRENT DUMMY LOAD (CCDL)***

Disetujui dan disahkan oleh pembimbing:

Pembimbing I



Dr. H. Yadi Mulyadi, M.T.

NIP. 19630727 199302 1 001

Mengetahui,

Ketua Program Studi Teknik Elektro



Iwan Kustiawan, M.T., Ph.D.

NIP. 19770908 200312 1 002

PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa skripsi dengan judul “**ANALISIS KINERJA BATERAI SEBAGAI *BACK-UP SYSTEM* DI PT PLN INDONESIA POWER SURALAYA PGU UNIT 2 MENGGUNAKAN METODE *CONSTANT CURRENT DUMMY LOAD (CCDL)***” ini beserta seluruh isinya merupakan benar-benar karya saya sendiri. Saya tidak melakukan penjiplakan maupun pengutipan dengan cara-cara yang tidak sesuai dengan etika ilmu yang berlaku dalam publik keilmuan. Berdasarkan pernyataan ini, saya menanggung akibat maupun sanksi apabila di kemudian hari didapatkan pelanggaran etika keilmuan maupun terdapat tuntutan dari pihak lain terhadap keaslian karya saya ini.

Bandung, 14 Mei 2024
Penulis



Thoriq Abdul Aziz
2007292

UCAPAN TERIMA KASIH

Puji syukur kami panjatkan kehadirat Allah SWT., karena atas berkat dan rahmat-Nya, penulis dapat menyelesaikan skripsi dengan judul "Analisis Kinerja Baterai Sebagai *Back-up System* Di PT PLN Indonesia Power Suralaya PGU Unit 2 Menggunakan Metode *Constant Current Dummy Load (CCDL)*" dengan sebaik mungkin. Tidak lupa shalawat serta salam saya haturkan ke hadirat Nabi besar Muhammad saw. beserta keluarga, sahabat, dan umatnya yang telah membawa kita dari zaman *jahiliyyah* ke zaman yang penuh dengan ilmu pengetahuan dan teknologi seperti yang kita rasakan saat ini.

Selama proses penyusunan skripsi ini tidak lepas dari bantuan, arahan, masukan, serta bimbingan dari berbagai pihak. Pada kesempatan kali ini penulis ingin menyampaikan ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Allah Swt. yang dengan nikmat karunia-Nya penulis diberikan kesehatan serta kemampuan untuk menyelesaikan skripsi dengan baik.
2. Bapak Dudy Iskandar, S.H. dan Ibu Husnah selaku kedua orang tua penulis yang selalu mendukung, mendo'akan, dan memberi motivasi kepada penulis dalam penyusunan skripsi ini.
3. Bapak Dr. Yadi Mulyadi, M.T. selaku Dosen Pembimbing I yang telah memberikan waktu, ilmu dan pengetahuan, selalu *fast respon*, serta membimbing penulis dalam penyusunan skripsi dengan sabra dan sangat baik.
4. Bapak Iwan Kustiawan, S.Pd., M.T., Ph.D. selaku Ketua Program Studi S1 Teknik Elektro, Fakultas Pendidikan Teknologi dan Kejuruan, Universitas Pendidikan Indonesia.
5. Seluruh staf dan dosen Program Studi Teknik Elektro FPTK UPI yang telah memberikan ilmu, pengetahuan, serta wawasan yang luas kepada penulis.
6. PT PLN Indonesia Power Suralaya PGU, terkhusus Bapak Heru Setyo Nugroho selaku *Assistant Manager* Pemeliharaan Listrik Unit 1–4 selaku pembimbing selama PI yang telah banyak membantu penulis dalam melakukan penelitian serta pengumpulan data yang dibutuhkan.

7. HME FPTK UPI yang telah memberikan banyak pengalaman dan pengetahuan baru di luar perkuliahan. Serta membentuk pribadi penulis menjadi lebih baik berkat semua pengalaman yang telah dijalani.
8. TEUAS selaku keluarga besar Teknik Elektro FPTK UPI yang telah memberikan banyak ilmu dan pengalaman baru yang belum pernah penulis dapatkan.
9. Rekan-rekan angkatan 2020 seperjuangan yang sama-sama berjuang untuk bisa menyelesaikan skripsi ini. Rekan-rekan Barliwa yang selalu memberikan *support* kepada penulis untuk dapat menyelesaikan skripsi dengan baik.

Semoga Allah SWT. memberikan balasan yang setimpal atas kebaikan dari semua pihak yang telah membantu penulis dalam menyelesaikan tanggung jawab ini. Penulis menyadari bahwa dalam penulisan skripsi ini masih terdapat banyak kekurangan. Oleh karena itu, dengan senang hati penulis mengarpakan kritik serta saran yang membangun dari pembaca untuk perbaikan di masa yang akan datang. Besar harapan bagi penulis untuk skripsi ini bermanfaat bagi pembaca.

Bandung, 14 Mei 2024
Penulis



Thoriq Abdul Aziz
2007292

ABSTRAK

PT PLN Indonesia Power Suralaya PGU merupakan salah satu pembangkit listrik dengan kapasitas terbesar di Indonesia. Oleh karena itu, diperlukan sistem cadangan seperti baterai untuk menjaga pasokan listrik dalam kondisi darurat. Penelitian ini bertujuan untuk memantau kondisi baterai agar selalu dalam kondisi optimal. Metode yang digunakan adalah *Constant Current Dummy Load* (CCDL), yang dilakukan dengan memberikan beban arus konstan sebesar 44,1 A selama 10 jam kepada baterai. Hasil pengujian menunjukkan penurunan nilai tegangan dengan tegangan total akhir sebesar 111,53 V. Selain itu, penurunan nilai densitas elektrolit juga terjadi selama pengujian, dengan nilai akhir sebesar 1,11 Kg/L. Suhu baterai meningkat hingga 39°C pada akhir pengujian. Kapasitas pengosongan baterai tidak jauh berbeda dengan kapasitas pengisian sebesar 430,4 Ah, membuktikan bahwa efisiensi baterai sangat baik sebesar 97,6%. Berdasarkan pengujian, baterai akan menyentuh batas minimum tegangan 108 V pada jam ke-14,11. Sedangkan, dengan arus beban real sebesar 68 A, baterai mampu menyuplai beban sistem selama 6,48 jam. Mengacu pada data hasil penelitian, dapat disimpulkan bahwa baterai 125 V pada PT PLN Indonesia Power Suralaya PGU Unit 2 berada dalam kondisi sangat baik.

Kata Kunci: Baterai, Efisiensi, Kapasitas Baterai, Sistem DC.

ABSTRACT

PT PLN Indonesia Power Suralaya PGU is one of the largest power plants in Indonesia. Therefore, a backup system such as batteries is needed to maintain the power supply during emergency conditions. This study aims to monitor the condition of the batteries to ensure they remain in optimal condition. The method used is the Constant Current Dummy Load (CCDL), conducted by applying a constant current load of 44.1 A for 10 hours to the batteries. The test results showed a decrease in voltage, with a final total voltage of 111.53 V. Additionally, a reduction in electrolyte density was observed during the test, with a final value of 1.11 Kg/L. The battery temperature increased to 39°C by the end of the test. The discharge capacity of the batteries are not much different than the charging capacity of 430,4 Ah, proving that the battery efficiency is excellent at 97,6%. Based on the test, the battery will reach the minimum voltage limit of 108 V at 14.11 hours. Meanwhile, with a real load current of 68 A, the battery can supply the system load for 6.48 hours. Referring to the test data, it can be concluded that the 125 V batteries at PT PLN Indonesia Power Suralaya PGU Unit 2 are in excellent condition.

Keywords: *Battery, Battery Capacity, DC System, Eficiency.*

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI	i
PERNYATAAN	ii
UCAPAN TERIMA KASIH	iii
ABSTRAK	v
ABSTRACT	vi
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR TABEL	xii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang Penelitian	1
1.2 Rumusan Masalah Penelitian	2
1.3 Tujuan Penelitian.....	3
1.4 Manfaat Penelitian.....	3
1.5 Sistematika Penulisan.....	4
BAB II KAJIAN PUSTAKA	6
2.1 Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU)	6
2.1.1 Prinsip Kerja PLTU	7
2.1.2 Siklus Rankine dan Termodinamika	8
2.2 Sistem DC	9
2.2.1 Beban pada Sistem	10
2.3 <i>Charger/rectifier</i>	12
2.3.1 Mekanisme Kerja <i>Charger</i>	12
2.3.2 Komponen pada <i>Charger</i>	13
2.3.3 Jenis <i>Charging</i> Baterai	14
2.4 Baterai	16

2.4.1	Struktur Penyusun Baterai.....	17
2.4.2	Desain Plat Baterai	19
2.4.3	Mekanisme Kerja Baterai.....	20
2.4.4	Ketentuan <i>Charging</i> Baterai	21
2.4.5	Jenis-jenis Baterai	21
2.4.5.1	Menurut Tipe Dasar Pemakaian.....	21
2.4.5.2	Menurut Bahan Elektrolit.....	22
2.4.6	Instalasi Baterai.....	24
2.4.6.1	Instalasi Hubung Seri	24
2.4.6.2	Instalasi Hubung Paralel	24
2.4.6.3	Instalasi Hubung Gabungan	25
2.5	Baterai VLA (<i>Valve Lead Acid</i>).....	26
2.5.1	Proses <i>Discharging</i> Baterai VLA.....	27
2.5.2	Proses <i>Charging</i> Baterai VLA	28
2.6	Aspek Penting Baterai	29
2.6.1	Kapasitas Baterai.....	29
2.6.2	Tegangan.....	29
2.6.3	Suhu Baterai	30
2.6.4	Efisiensi Baterai	30
2.6.5	Tahanan Dalam Baterai.....	31
2.6.6	Berat Jenis Elektrolit.....	31
2.7	<i>Constant Current Dummy Load (CCDL)</i>	32
2.8	Ketentuan Pengujian Kapasitas Baterai	32
2.9	Penelitian yang Relevan	33
BAB III METODE PENELITIAN		37
3.1	Desain Penelitian.....	37

3.2	Objek dan Lokasi Penelitian	38
3.3	Instrumen Penelitian.....	39
3.4	Prosedur Penelitian.....	44
3.5	Teknik Pengolahan dan Analisis Data	47
3.5.1	Analisis Data dengan Menggunakan Metode Analisis Deskriptif	48
3.5.2	Analisis Perubahan Tegangan dengan Metode Analisis Regresi Linear	50
3.5.3	Perhitungan Kapasitas Baterai	52
3.5.4	Perhitungan Kemampuan Baterai	52
3.5.5	Perhitungan Efisiensi Baterai.....	53
BAB IV TEMUAN DAN PEMBAHASAN		54
4.1	Temuan.....	54
4.1.1	Nilai Parameter Baterai	54
4.1.2	Temuan Nilai Kemampuan Baterai.....	78
4.1.3	Temuan Nilai Efisiensi Baterai	80
4.2	Pembahasan.....	80
4.2.1	Kondisi Baterai Berdasarkan Nilai Parameter Baterai Selama Pengujian.....	80
4.2.2	Kemampuan Baterai Dalam Menyuplai Beban.....	83
4.2.3	Besar Efisiensi Baterai Berdasarkan Kapasitas Pengujian.....	83
BAB V SIMPULAN, IMPLIKASI, DAN REKOMENDASI		84
5.1	Simpulan.....	84
5.2	Implikasi.....	85
5.3	Rekomendasi	85
DAFTAR PUSTAKA		86
LAMPIRAN.....		90

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Prinsip Kerja Pembangkit Listrik Tenaga Uap	7
Gambar 2.2 Skema Siklus Rankine dan Termodinamika	8
Gambar 2.3 Prinsip Kerja Sistem DC	10
Gambar 2.4 Penggunaan Baterai Terhadap Beban pada Sistem DC	11
Gambar 2.5 Komponen Penyusun Baterai	18
Gambar 2. 6 Perbedaan Desain Plat Untuk Baterai LAB dan NCB	19
Gambar 2.7 Instalasi Seri Baterai.....	24
Gambar 2.8 Instalasi Paralel Baterai	25
Gambar 2.9 Instalasi Kombinasi Baterai	25
Gambar 2.10 Ruang Baterai Unit 2.....	26
Gambar 2.11 Proses Discharging Baterai VLA	27
Gambar 2.12 Proses Charging Baterai VLA.....	28
Gambar 3.1 Flowchart Desain Penelitian.....	37
Gambar 3.2 PT PLN Indonesia Power PGU Suralaya.....	38
Gambar 3.3 Lokasi PT PLN Indonesia Power Suralaya PGU	39
Gambar 3.4 Single Line Diagram Sistem DC Unit 2.....	42
Gambar 3.5 Flowchart Prosedur Penelitian	45
Gambar 3.6 Diagram Alur Pengolahan dan Analisis Data	47
Gambar 3.7 Fungsi Nilai Total.....	48
Gambar 3.8 Fungsi Nilai Rata-Rata	48
Gambar 3.9 Fungsi Nilai Maksimum.....	49
Gambar 3.10 Fungsi Nilai Minimum.....	49
Gambar 3.11 Data Grafik Excel.....	49
Gambar 3.12 Tab Insert Grafik Excel	49
Gambar 3.13 Data Analysis Option	50
Gambar 3.14 Opsi Analisis Regresi	50
Gambar 3.15 Input Data Y Range.....	51
Gambar 3.16 Input Data X Range.....	51
Gambar 3.17 Seting Regresi Excel	51
Gambar 4.1 Grafik Penurunan Tegangan Total	70
Gambar 4.2 Grafik Penurunan Tegangan Rata-Rata.....	71

Gambar 4.3 Grafik Peningkatan Suhu Baterai	73
Gambar 4.4 Grafik Penurunan Densitas Elektrolit	74
Gambar 4.5 Hubungan Densitas Elektrolit Terhadap Suhu Baterai	75
Gambar 4.6 Grafik Perbandingan Nilai Kapasitas Baterai	77
Gambar 4.7 Grafik Analisis Regresi Terhadap Penurunan Tegangan Total.....	78

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 Data Spesifikasi Baterai 125 VDC Unit 2	41
Tabel 3.2 Data Spesifikasi <i>Charger</i> 125 VDC	41
Tabel 3.3 Data Batas Pemakaian Baterai	43
Tabel 3.4 Data Arus Beban Essential.....	44
Tabel 4.1 Data Pengujian Jam Ke-0.....	54
Tabel 4.2 Data Pengujian Jam Ke-1.....	55
Tabel 4.3 Data Pengujian Jam Ke-2.....	57
Tabel 4.4 Data Pengujian Jam Ke-3.....	58
Tabel 4.5 Data Pengujian Jam Ke-4.....	59
Tabel 4.6 Data Pengujian Jam Ke-5.....	60
Tabel 4.7 Data Pengujian Jam Ke-6.....	61
Tabel 4.8 Data Pengujian Jam Ke-7.....	62
Tabel 4.9 Data Pengujian Jam Ke-8.....	63
Tabel 4.10 Data Pengujian Jam Ke-9.....	65
Tabel 4.11 Data Pengujian Jam Ke-10.....	66
Tabel 4.12 Data Tegangan Pada Jam ke-0.....	67
Tabel 4.13 Data Tegangan Pada Jam ke-1	68
Tabel 4.14 Data Tegangan Pada Jam ke-2.....	68
Tabel 4.15 Data Tegangan Pada Jam ke-3	68
Tabel 4.16 Data Tegangan Pada Jam ke-4.....	68
Tabel 4.17 Data Tegangan Pada Jam ke-5	69
Tabel 4.18 Data Tegangan Pada Jam ke-6.....	69
Tabel 4.19 Data Tegangan Pada Jam ke-7	69
Tabel 4.20 Data Tegangan Pada Jam ke-8.....	69
Tabel 4.21 Data Tegangan Pada Jam ke-9.....	70
Tabel 4.22 Data Tegangan Pada Jam ke-10.....	70
Tabel 4.23 Densitas Elektrolit dan Suhu Rata-rata Baterai.....	72
Tabel 4.24 Perhitungan Densitas Elektrolit	72
Tabel 4.25 Kapasitas Baterai Terisi Selama Pengujian	76
Tabel 4.26 Kapasitas Baterai Terbuang	76

DAFTAR PUSTAKA

- Abbas, H., Jamaluddin, J., Arif, M., & Amiruddin, A. (2020). Analisis Pembangkit Tenaga Listrik Dengan Tenaga Uap Di Pltu. *ILTEK : Jurnal Teknologi*, *15*(2), 103–106. <https://doi.org/10.47398/iltek.v15i2.528>
- Abimanyu, Ahmad Gaffar, I., & Pranoto, S. (2021). Analisis Baterai Dalam Mempertahankan Keandalan Pembangkit Listrik Tenaga Uap Punagaya 2X100 Mw. *Teknik Elektro, September*, 185–191.
- Afandi, I., Hidayat, R., & Bangsa, I. A. (2021). Analisis Pengujian Kapasitas Baterai 110 Volt Group 2 (Sistem 500 Kv) Gitet Mandirancan. *Power Elektronik : Jurnal Orang Elektro*, *10*(2), 35. <https://doi.org/10.30591/polektro.v10i2.2559>
- Badedda, J., Kwiecien, M., Schulte, D., & Sauer, D. U. (2018). Battery state estimation for lead-acid batteries under float charge conditions by impedance: Benchmark of common detection methods. *Applied Sciences (Switzerland)*, *8*(8). <https://doi.org/10.3390/app8081308>
- Barthel, J., & Neueder, R. (2003). Chemical Thermodynamics. In *Encyclopedia of Physical Science and Technology* (pp. 767–786). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B0-12-227410-5/00101-0>
- Farisha Istiqlal, M., & Priatna, E. (2023). Analisis Kapasitas Baterai Sebagai Sumber Dc Pada Gardu Induk Tegangan Ekstra Tinggi 500 Kv Pt.Pln (Persero) Tasikmalaya. *JEEE*, *04*(02), 67–74.
- Febrian, I. (2020). Analisis Kemampuan Baterai Untuk Memenuhi Kebutuhan Peralatan Pada Kondisi Emergency Di Pt Indonesia Power Suralaya Pgu Unit 6. *Pengetahuan Dan Sikap Dalam Penelitian Kesehatan*, *11150331000034*, 1–147.
- Firdausyah, A. B., Andromeda, T., & Sudjadi, S. (2020). Perancangan Sistem Discharging Baterai Menggunakan Metode Constant Current Dummy Load (Ccdl). *Transient: Jurnal Ilmiah Teknik Elektro*, *9*(3), 368–375. <https://doi.org/10.14710/transient.v9i3.368-375>
- Gunoro, Juli Iriani, Thamrin, D. A., Cholish, & Abdullah. (2022). Anomalies in the 110 VDC System at PT. PLN (Persero) Transmission Service Unit and Binjai Substation. *International Journal of Economic, Technology and Social*

- Sciences (Injects)*, 3(1), 5–14. <https://doi.org/10.53695/injects.v3i1.631>
- Hamzah, L. A. (2019). Analisis Pengaruh Produksi Energi Listrik Terhadap Konsumsi Bahan Bakar Pada Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) NII Tanasa. *Fokus Elektroda*, 04(02), 1.
- Hardhika, H. dwi atmaja. (2022). Analisis Analisis Checkup Pemeliharaan Batteray Capacity Test (BCT)110 VDC Di PT. PLN (Persero) Gardu Induk 150 KV Jatigedong Jombang. *ALINIER: Journal of Artificial Intelligence & Applications*, 3(2), 1–8. <https://doi.org/10.36040/alinier.v3i2.5510>
- Iklil, M., & Warsito, A. (2014). *SISTEM DC 220V PLTU PACITAN 2x315 MW Muhammad Iklil I* ,. 1–8.
- Irawan, O. W., Pratama, L. S., & Insani, C. (2021). Analisis Termodinamika Siklus Pembangkit Listrik Tenaga Uap Kapasitas 1500 kW. *JTM-ITI (Jurnal Teknik Mesin ITI)*, 5(3), 109. <https://doi.org/10.31543/jtm.v5i3.579>
- Jiménez-García, J. C., Ruiz, A., Pacheco-Reyes, A., & Rivera, W. (2023). A Comprehensive Review of Organic Rankine Cycles. *Processes*, 11(7). <https://doi.org/10.3390/pr11071982>
- Li, X., Yang, W., Pang, A., Jiang, C., Zhao, Q., & Haider, S. N. (2022). A fault diagnosis method for VRLA battery in data center. *Energy Reports*, 8, 14220–14235. <https://doi.org/10.1016/j.egyr.2022.10.380>
- Lonteng, L. (2022). Analisis Kemampuan Sumber DC (Baterai dan Charge) dalam Memenuhi Kebutuhan Gardu Induk Teling. *Analisis Kemampuan Sumber DC (Baterai Dan Charge) Dalam Memenuhi Kebutuhan Gardu Induk Teling, Dc*, 1–8. http://repo.unsrat.ac.id/3975/1/Jurnal_Lonteng%28Recovered%29.pdf Leos
- Meliala, S., Rijal, M., & Taufiq, T. (2021). Studi Kapasitas Baterai 110 Volt Dc Unit I Pada Gardu Induk 150 Kv Bireuen. *Jurnal Energi Elektrik*, 10(2), 1. <https://doi.org/10.29103/jee.v10i2.6202>
- Muhammad, I. (2017). *Analisis dan Redesign Grid Plate Positive dan Negative Lead-Acid Battery dengan Simulasi Distribusi Elektron yang Merata untuk Meningkatkan Service Life pada Lead-Acid Battery (Studi Kasus Pt. Indobatt Industri Permai)* [Sepuluh November Institute of Technology]. <http://repository.its.ac.id/id/eprint/46625>

- Nurhadi, I. (2022). Analisis Kelayakan Battery 110 VDC Dalam Mengsuplai Pembebanan (Studi Kasus Gardu Induk Perawang 150 kV). *IJEERE: Indonesian Journal of Electrical Engineering and Renewable Energy*, 2(1), 29–38. <https://doi.org/10.57152/ijeere.v2i1.179>
- Panggayuh, S. D., Shayriar, A., Hendriana, D., City, T., City, T., City, T., Rizka, M., Wibowo, E. A., Polytechnic, A. M., City, T., Aan, A., Nugroho, D., Polytechnic, A. M., & City, T. (2021). Boost Controller Effect on Battery Charger in Electrical Switchboard. *Conference on Management and Engineering in Industry (CMEI) TABLE*, 53–56.
- Papič, I. (2006). Simulation model for discharging a lead-acid battery energy storage system for load leveling. *IEEE Transactions on Energy Conversion*, 21(2), 608–615. <https://doi.org/10.1109/TEC.2005.853746>
- Prama Debnath, & Mithun Ghosh. (2022). Multivariate gaussian process incorporated predictive model for stream turbine power plant. *Global Journal of Engineering and Technology Advances*, 12(2), 096–105. <https://doi.org/10.30574/gjeta.2022.12.2.0145>
- Ramadhan, A., & Subandi, dan S. (2018). Analisis Keandalan Baterai Sebagai Supply Motor Dc Penggerak Pms Di Gardu Induk 150 Kv Kentungan. *Jurnal Elektrikal*, 5(2), 39–46.
- Reddy, V. S., Kaushik, S. C., Tyagi, S. K., & Panwar, N. (2010). An Approach to Analyse Energy and Exergy Analysis of Thermal Power Plants: A Review. *Smart Grid and Renewable Energy*, 01(03), 143–152. <https://doi.org/10.4236/sgre.2010.13019>
- Ribič, J., Pihler, J., Maruša, R., Kokalj, F., & Kitak, P. (2019). Lead-acid battery sizing for a DC auxiliary system in a substation by the optimization method. *Energies*, 12(22). <https://doi.org/10.3390/en12224400>
- Silvana, A. F. (2019). Pengaruh Proses Pengosongan (Discharging) Terhadap Kapasitas Dan Efisiensi Baterai 110 Vdc Di Gardu Induk Sungai Kedukan Palembang [Sriwijaya University]. In *Jurusan Teknik Kimia USU* (Vol. 3, Issue 1). <http://repository.unsri.ac.id/id/eprint/1899>
- Simanjuntak, I. U. vistalina, Heryanto, H., Rahmawaty, Y., & Manurung, T. (2021). Performance Analysis of VRLA Battery for DC Load at Telecommunication

- Base Station. *Elkha*, 13(2), 148. <https://doi.org/10.26418/elkha.v13i2.49202>
- Sudhakar, H. S., Indira, M. S., Balaraju, G. B., & M, S. B. (2014). Methods of optimal charging of lead-acid battery for improving its performance and life span. *The Journal of CPRI*, 10(4), 825–830.
- Sugianto, N. L. (2017). Kegagalan Proteksi Pada Gardu Induk 150 kV Akibat Suplai Tegangan DC. *Sinusoida*, XIX(1), 18–26. <https://ejournal.istn.ac.id/index.php/sinusoida/article/view/151>
- Sutrisno, Y., & Arum Setyowati, dan. (2021). Analisis Kapasitas Baterai dan Converter (Rectifier) Sebagai Catuan Cadangan Pada Perangkat Telekomunikasi. *JVoTE (Jurnal Pendidikan Vokasional Teknik Elektronika)*, Volume 4 N(1), 32–40.
- Yu, R., Liu, G., Xu, L., Ma, Y., Wang, H., & Hu, C. (2023). Review of Degradation Mechanism and Health Estimation Method of VRLA Battery Used for Standby Power Supply in Power System. *Coatings*, 13(3). <https://doi.org/10.3390/coatings13030485>