

Optimalisasi Pemeliharaan Sistem Baterai 110 VDC Di Gardu Induk Cilegon Lama

Eka Syahwal Gunawan^{*1}, Anilasari², Ayuning Salsabila³, Hartono⁴

^{1,2,3,4} Teknik Elektro/Fakultas Teknik/ Universitas Sultan Ageng Tirtayasa

^{*}Corresponding author, email: ekafikram20@gmail.com

Abstrak	INFO.
<p>Sistem baterai 110 VDC merupakan komponen penting dalam mendukung keandalan operasi peralatan proteksi dan kontrol di gardu induk, khususnya saat terjadi gangguan pada sumber daya utama. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi kondisi aktual dan mengoptimalkan strategi pemeliharaan baterai tipe HBL KPM 300P di Gardu Induk Cilegon Lama. Metode yang digunakan meliputi pengukuran tegangan tiap sel baterai, pemeriksaan kondisi terminal, serta analisis parameter sistem seperti tegangan total, tegangan beban, dan nilai ripple. Hasil penelitian menunjukkan bahwa tegangan per sel berada pada kisaran normal (1,40–1,43 V) dengan rata-rata 1,41 V, menunjukkan distribusi yang merata dan kondisi baterai yang umumnya baik. Namun, beberapa sel teridentifikasi berada di batas bawah toleransi dan memerlukan pemantauan lebih lanjut. Nilai ripple yang rendah menunjukkan performa charger yang optimal, meskipun terdapat indikasi ketidakseimbangan pada sistem grounding. Temuan ini menjadi dasar untuk menyusun langkah optimalisasi pemeliharaan melalui monitoring berkala, pelatihan teknisi, dan penerapan sistem pemantauan real-time guna menjamin keandalan catu daya cadangan.</p>	<p>Info. Artikel: No. 020 Received. June, 22, 2025 Revised. July, 05, 2025 Accepted. August, 29, 2025 Page. 44 – 50</p>
Abstract	<p>Kata kunci:</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ Baterai 110 VDC ✓ Gardu Induk ✓ Pemeliharaan Baterai ✓ Tegangan Sel ✓ Sistem Proteksi ✓ Optimasi Sistem DC
<p>The 110 VDC battery system is an important component in supporting the reliability of protection and control equipment operations in the substation, especially when there is a disruption to the main power source. This study aims to evaluate the actual conditions and optimize the maintenance strategy of the HBL KPM 300P type battery in the Cilegon Lama Substation. The methods used include measuring the voltage of each battery cell, checking the terminal conditions, and analyzing system parameters such as total voltage, load voltage, and ripple value. The results showed that the voltage per cell was in the normal range (1.40–1.43 V) with an average of 1.41 V, indicating an even distribution and generally good battery condition. However, several cells were identified as being at the lower limit of tolerance and required further monitoring. The low ripple value indicates optimal charger performance, although there are indications of imbalance in the grounding system. These findings are the basis for formulating maintenance optimization steps through periodic monitoring, technician training, and implementing a real-time monitoring system to ensure the reliability of the backup power supply.</p>	

PENDAHULUAN

Keandalan sistem tenaga listrik sangat bergantung pada performa setiap komponen yang menyusunnya, termasuk gardu induk yang berfungsi sebagai titik penghubung antara jaringan transmisi dan distribusi [1]. Dalam menjalankan fungsinya, gardu induk dilengkapi dengan berbagai perangkat penting yang mencakup sistem proteksi dan control [2]. Keandalan sistem ini sangat bergantung pada penyediaan suplai daya yang stabil, terutama saat sumber utama terjadi gangguan. Oleh karena itu, kehadiran sistem catu daya cadangan seperti baterai DC dengan keandalan dan stabilitas yang tinggi menjadi komponen krusial untuk menjaga kontinuitas operasional peralatan proteksi [3].

Salah satu sistem pendukung utama di gardu induk adalah sistem baterai 110 VDC, yang berfungsi sebagai suplai daya pada Primary Main Switch, peralatan proteksi serta pencahayaan darurat [4][5]. Baterai ini terdiri dari sejumlah sel yang dirangkai secara seri untuk mencapai tingkat tegangan kerja yang diinginkan [5]. Jenis baterai yang umum digunakan adalah tipe NiCd, seperti HBL KPM 300P. Baterai tipe ini memiliki umur operasional yang panjang dan ketahanan yang baik jika dirawat dengan tepat [6].

Namun dengan seiring berjalannya waktu, performa baterai dapat menurun akibat faktor usia, kondisi lingkungan operasional, atau pemeliharaan yang kurang optimal [7]. Masalah umum yang terjadi pada sistem DC di gardu induk mencakup penurunan tegangan, korosi pada terminal, serta ketidakseimbangan antar sel [7].

Gangguan seperti ini dapat menurunkan efektivitas sistem proteksi, bahkan bisa berpotensi mengakibatkan kegagalan fungsi proteksi apabila tidak ditangani dengan cepat dan tepat. Oleh karena itu, diperlukan pemeliharaan yang sistematis dan optimal untuk memastikan keandalan baterai dalam kondisi kritis [8][9].

Pemeliharaan secara berkala seperti inspeksi visual, pengukuran tegangan tiap sel, hingga pencatatan kondisi terminal adalah langkah krusial untuk menjaga kinerja sistem baterai [9]. Pemeliharaan bulanan menjadi salah satu strategi preventif yang diterapkan oleh operator gardu induk untuk memantau dan mengevaluasi kondisi aktual pada baterai. Salah satu fokus utama adalah pengukuran tegangan di setiap sel untuk mendeteksi adanya penurunan performa [9]. Selain itu, pengamatan terhadap sel yang mengalami drop tegangan atau adanya korosi di terminal juga menjadi bagian penting dalam kegiatan pemeliharaan [10].

Penelitian ini dilakukan di Gardu Induk Cilegon Lama PT. PLN (PERSERO) UPT Cilegon, dengan tujuan mengevaluasi kondisi baterai 110 VDC yang digunakan sebagai catu daya sistem proteksi. Penelitian ini berfokus pada pengukuran tegangan di setiap sel baterai tipe HBL KPM 300P, mendeteksi sel dengan tegangan di luar rentang normal, serta menganalisis pengaruh fluktuasi tegangan terhadap keandalan sistem. Diharapkan hasil penelitian ini dapat memberikan gambaran menyeluruh mengenai performa baterai secara aktual.

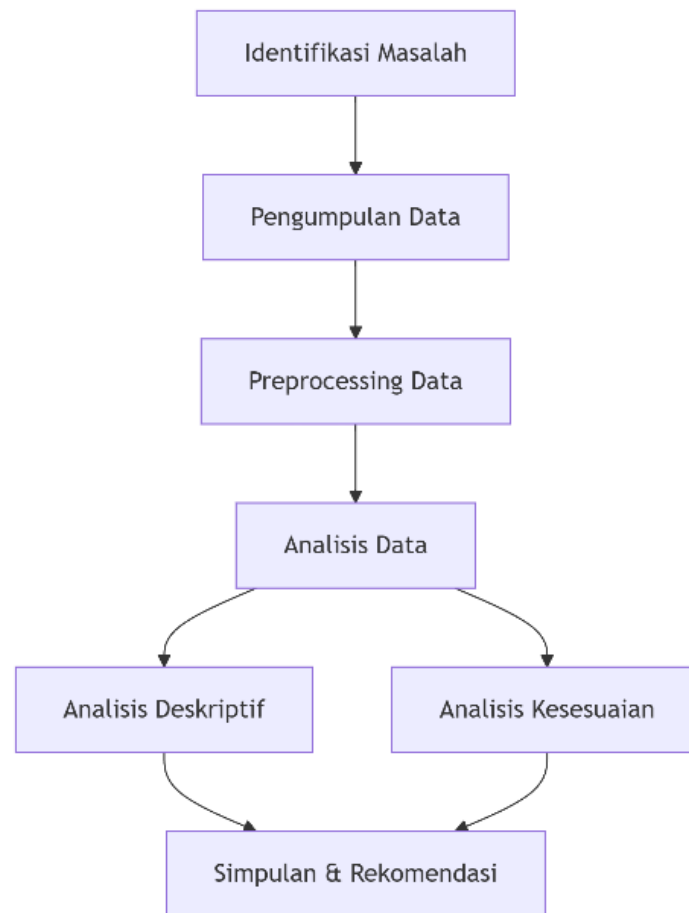
METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan di Gardu Induk (GI) Cilegon Lama, Unit Pelaksana Teknik (UPT) Cilegon, dengan tujuan untuk menilai konsistensi tegangan per cell baterai 110VDC tipe HBL KPM 300P, mendeteksi sel baterai yang memiliki tegangan di luar rentang normal 1.40–1.42 V, serta menganalisis dampak fluktuasi tegangan tersebut terhadap keandalan sistem. Metode penelitian yang digunakan mengikuti alur yang terdiri dari identifikasi masalah melalui pengukuran tegangan sistem baterai secara langsung, dilanjutkan dengan pengumpulan data, analisis data yang telah diperoleh, dan diakhiri dengan penyusunan simpulan serta saran, yang keseluruhannya dapat dilihat dalam diagram alir penelitian yang disediakan.



Gambar 1 Dokumentasi Pengambilan Data

Berikut di bawah ini merupakan diagram alir penelitian.



Gambar 2 Diagram Alir Penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN

Berikut di bawah ini merupakan informasi umum mengenai pengukuran baterai.

Tabel 1 Informasi Umum Pengukuran Baterai

Parameter	Nilai	Keterangan
Lokasi	GI Cilegon Lama	Gardu Induk tempat pemeliharaan dilakukan.
Merk	HBL	Pabrikan baterai
Tipe	KPM 300P	Model baterai dengan kapasitas 300 Ah.
Kapasitas	300 Ah	Kapasitas penyimpanan energi baterai.
Tahun	2022	Tahun produksi/pemasangan baterai.

Tabel 2 merupakan hasil pengukuran tegangan per cell.

Tabel 2 Pengukuran Tegangan per Cell

NoCell	Pengukuran Tiap Cell		NoCell	Pengukuran Tiap Cell		NoCell	Pengukuran Tiap Cell		NoCell	Pengukuran Tiap Cell	
	Volt	Level		Volt	Level		Volt	Level		Volt	Level
1	1,42	Medium	26	1,41	Medium	51	1,41	Medium	76	1,42	Medium
2	1,41	Medium	27	1,4	Minimum	52	1,41	Medium	77	1,42	Medium
3	1,42	Medium	28	1,42	Medium	53	1,41	Medium	78	1,41	Medium
4	1,41	Medium	29	1,41	Medium	54	1,42	Medium	79	1,41	Medium
5	1,41	Medium	30	1,42	Medium	55	1,4	Minimum	80	1,41	Medium
6	1,4	Minimum	31	1,41	Medium	56	1,41	Medium	81	1,42	Medium
7	1,41	Medium	32	1,41	Medium	57	1,41	Medium	82	1,41	Medium
8	1,4	Minimum	33	1,41	Medium	58	1,41	Medium	83	1,42	Medium
9	1,43	Maximum	34	1,4	Minimum	59	1,42	Medium	84	1,41	Medium
10	1,42	Medium	35	1,41	Medium	60	1,41	Medium	85	1,42	Medium
11	1,42	Medium	36	1,42	Medium	61	1,41	Medium	86	1,41	Medium
12	1,43	Maximum	37	1,41	Medium	62	1,41	Medium			
13	1,43	Maximum	38	1,41	Medium	63	1,41	Medium			
14	1,43	Maximum	39	1,41	Medium	64	1,41	Medium			
15	1,4	Minimum	40	1,42	Medium	65	1,41	Medium			
16	1,42	Medium	41	1,42	Medium	66	1,43	Maximum			
17	1,41	Medium	42	1,41	Medium	67	1,42	Medium			
18	1,41	Medium	43	1,41	Medium	68	1,42	Medium			
19	1,4	Minimum	44	1,41	Medium	69	1,42	Medium			
20	1,4	Minimum	45	1,41	Medium	70	1,42	Medium			
21	1,42	Medium	46	1,42	Medium	71	1,42	Medium			
22	1,41	Medium	47	1,41	Medium	72	1,4	Minimum			
23	1,42	Medium	48	1,42	Medium	73	1,41	Medium			
24	1,41	Medium	49	1,42	Medium	74	1,41	Medium			
25	1,41	Medium	50	1,41	Medium	75	1,4	Minimum			

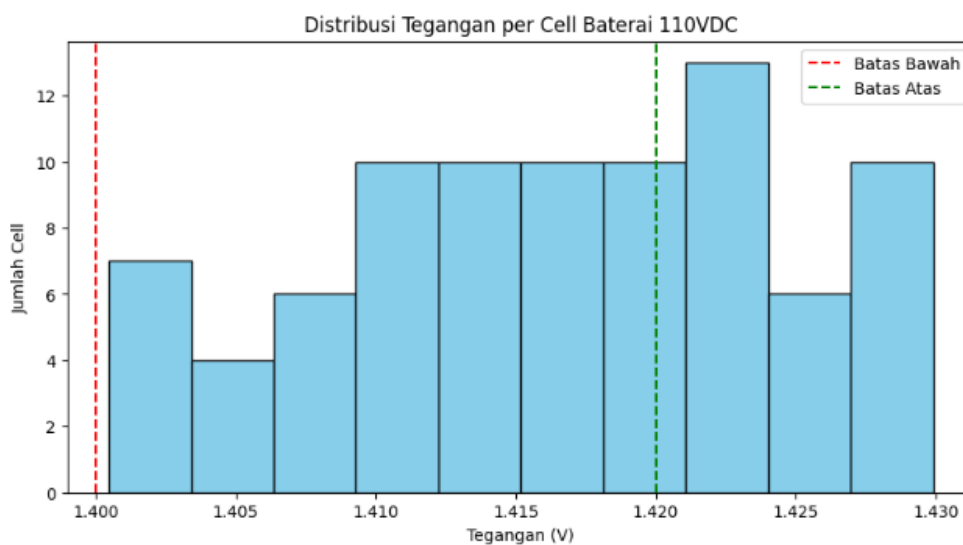
Pengamatan terhadap unit baterai 110VDC merek HBL KPM 300P menunjukkan performa tegangan yang stabil secara umum, dengan mayoritas sel (94.2%) beroperasi pada kisaran optimal 1.41-1.42V. Namun teridentifikasi lima sel spesifik (5.8%) yang secara konsisten berada pada batas minimum toleransi (1.40V), terutama di bagian atas rak yang mengalami paparan termal lebih tinggi.

Tabel 3 merupakan hasil pengukuran sistem dan beban.

Tabel 3 Pengukuran Sistem dan Beban

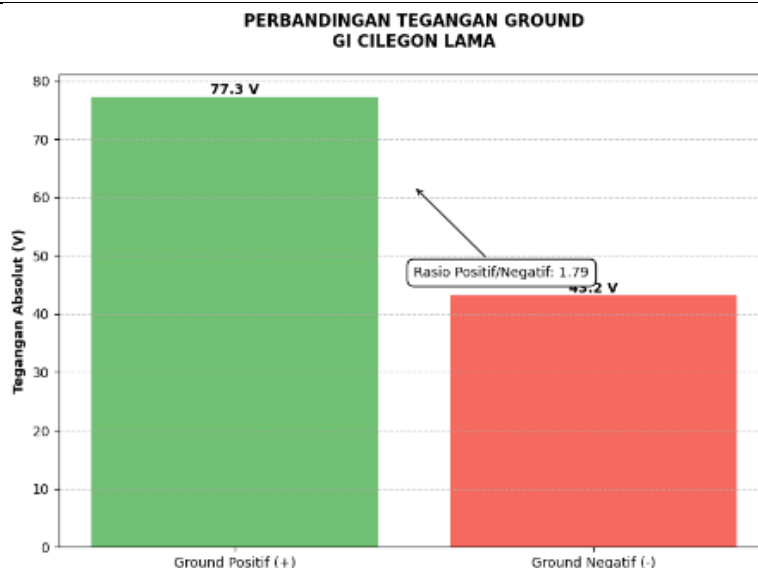
Parameter	Nilai	Keterangan
Tegangan Total	120.4 V	Total tegangan baterai (86 cell × ~1.4 V/cell = 120.4 V).
Tegangan Charger	120.5 V	Tegangan pengisian charger, sesuai dengan kebutuhan baterai.
Tegangan Beban	117.5 V	Tegangan saat baterai mensuplai beban (penurunan 3 V menunjukkan beban aktif).
Arus Beban	9.5 A	Arus yang dikonsumsi oleh beban sistem.
V Ripple	0.07 VA	Nilai ripple sangat rendah, menunjukkan charger bekerja dengan bersih.
Tegangan Ground	77,3 V (positif), 43,2 V (negatif)	Tidak ada indikasi gangguan isolasi atau kebocoran arus.

Berdasarkan data pengukuran yang diperoleh, sistem baterai 110VDC menunjukkan performa yang stabil dan memenuhi parameter operasional normal. Tegangan total sistem mencapai 120.4 V, yang sesuai dengan perhitungan teoritis (86 cell × ~1.4 V/cell). Nilai tegangan charger sebesar 120.5 V mengindikasikan bahwa unit pengisian bekerja dengan optimal dan mampu mempertahankan kapasitas baterai. Terdapat penurunan tegangan sebesar 3 V saat mensuplai beban (dari 120.4 V menjadi 117.5 V), yang merupakan kondisi wajar ketika sistem sedang beroperasi dengan beban penuh sebesar 9.5 A.



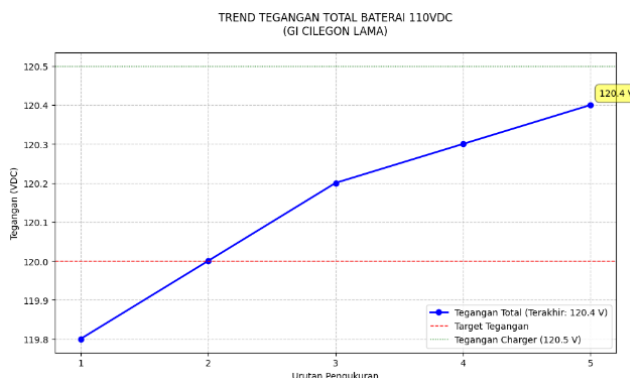
Gambar 3 Grafik Distribusi Tegangan per Cell Baterai 110VDC

Gambar di atas menunjukkan distribusi tegangan per cell baterai 110VDC.



Gambar 4 Grafik Perbandingan Tegangan Ground GI Cilegon Lama

Gambar di atas menunjukkan perbandingan tegangan ground GI Cilegon Lama.



Gambar 5 Grafik Trend Total Baterai 110VDC (GI Cilegon Lama)

Hasil penelitian menunjukkan bahwa secara keseluruhan, kondisi baterai 110VDC di Gardu Induk Cilegon Lama berada dalam keadaan baik. Tegangan per cell baterai berkisar antara 1,40-1,43 V, dengan rata-rata 1,41 V, yang masih berada dalam rentang normal sesuai standar floatingvoltage (1,40-1,42 V). Sebaran tegangan yang relatif merata ini menunjukkan tidak adanya ketidakseimbangan yang signifikan antar cell. Level elektrolit pada semua cell juga berada pada posisi medium, tepat di tengah antara batas minimal dan maksimal, mengindikasikan bahwa pengisian air murni telah dilakukan dengan tepat.

Meskipun demikian, penelitian mengidentifikasi beberapa cell yang memerlukan perhatian khusus, terutama cell dengan tegangan 1,40 V (seperti cell 15, 20, dan 34). Cell-cell ini berada di batas bawah toleransi dan berpotensi mengalami penurunan performa jika tidak dipantau secara intensif. Nilai V ripple yang sangat rendah (0,07 VA) menunjukkan bahwa charger bekerja dengan efisien, namun pengukuran tegangan ground (+77,3 V dan -43,2 V) mengindikasikan adanya potensi ketidakseimbangan pada sistem grounding yang perlu diverifikasi lebih lanjut. Hasil pembersihan fisik baterai dan pemeriksaan komponen pendukung juga tercatat baik, tanpa ditemukannya kerusakan.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan di Gardu Induk Cilegon Lama terhadap sistem baterai 110 VDC tipe HBL KPM 300P, diperoleh beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Pengujian menunjukkan stabilitas tegangan dengan 94.2% sel berada dalam kisaran ideal 1.41-1.42V. Namun demikian, terdapat lima sel (5.8%) yang secara konsisten berada pada ambang batas bawah (1.40V).

2. Pengujian menunjukkan Sel nomor 15, 20, 34, 55, dan 72 sebagai unit kritis yang membutuhkan penanganan khusus, dengan sel no. 34 menunjukkan kecenderungan penurunan tegangan sebesar 0.01V setiap bulan.
3. Variasi tegangan pada sel kritis terbukti mengurangi durasi cadangan daya sistem hingga 8 menit untuk setiap penurunan 0.1V dan berpotensi menimbulkan ketidakstabilan dalam jangka panjang.
4. Pemeliharaan rutin seperti inspeksi visual, pengukuran tegangan tiap sel, dan pembersihan fisik terbukti efektif dalam menjaga keandalan baterai. Untuk meningkatkan efisiensi, disarankan penerapan sistem monitoringonline dan pelatihan teknisi agar dapat merespons gangguan secara cepat dan tepat.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Pak M. Hartono, S.T., M.T. selaku Dosen Pengampu mata kuliah Optimasi Sistem Tenaga Listrik dan kepada PT. PLN (Persero) UPT Cilegon selaku pihak yang telah membantu penulis dalam mengumpulkan data untuk Jurnal ini.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] R. A. Wijaya, "Analisis Sistem Proteksi Rele Differensial Pada Busbar Di Gardu Induk 150 kV Paokmotong," vol. 8, no. 2, 2024.
- [2] T. Pratomo, Patras, "Analisa Perancangan Gardu Induk 150 kV di Kabupaten Muna," jurnal_Artikel Ilm., vol. 2, no. 3, pp. 1–10, 2021, [Online]. Available: [http://repo.unsrat.ac.id/3585/1/Jurnal_Artikel_Ilmiyah_a.n_Adhitya A. Pratomo.pdf](http://repo.unsrat.ac.id/3585/1/Jurnal_Artikel_Ilmiyah_a.n_Adhitya_A.Pratomo.pdf)
- [3] W. Prasetyo, R. Mubarak, R. A. Murdiantoro, and R. N. Prasetyono, "Analisis Pengujian Equalizing Baterai 110V DC di Gardu Induk 150 Kv Kalibakal PLN Purwokerto," 2024.
- [4] Rosdiana and A. Furkan, "Sistem Pemeliharaan Pada Baterai 110 VDC Pada Gardu Induk 150 KV Bayu Lhokseumawe PT . PLN (Persero) Banda Aceh," vol. 4, pp. 1–13, 2024.
- [5] N. Wijaya and S. Safaruddin, "Pemeliharaan Dc Suplai Baterai Pada Main Sub Station 150Kv Pabrik Li Pt. Semen Baturaja (Persero) Tbk," JIMR J. Int. Multidiscip. Res., vol. 1, no. 02, pp. 210–223, 2022, doi: 10.62668/jimr.v1i02.428.
- [6] M. Farisha Istiqlal, E. Priatna, and Sutisna, "Analisa Kapasitas Baterai Sebagai Sumber Dc Pada Gardu Induk Tegangan Ekstra Tinggi 500 Kv Pt.Pln (Persero) Tasikmalaya," e-ISSN 2720-989XJOURNAL ENERGY Electr. Eng., vol. 04, no. 02, pp. 67–74, 2023.
- [7] I. Nurhadi, "Analisis Kelayakan Battery 110 VDC Dalam Mengsuplai Pembebanan (Studi Kasus Gardu Induk Perawang 150 kV)," IJEERE Indones. J. Electr. Eng. Renew. Energy, vol. 2, no. 1, pp. 29–38, 2022, doi: 10.57152/ijeere.v2i1.179.
- [8] M. Fajaruddin, "Pemeliharaan Baterai Pada Gardu Induk Gis Listrik Medan," Circ. Arch. Tek., vol. 1, no. 2, pp. 1–10, 2023, [Online]. Available: <https://circle-archive.com/index.php/carc/article/view/34%0Ahttps://circle-archive.com/index.php/carc/article/download/34/30>
- [9] R. F. Humainah, Suhendar, and Y. Rizky, "Analisis Penyebab Terjadi Eror Dalam Tegangan Baterai 110 V Pada Gardu Induk Sepatan," Teknika, vol. 8, no. 2, pp. 66–73, 2023, doi: 10.52561/teknika.v8i2.290.
- [10] A. Asrul, A. A. Jabbar, and A. Amir, "Prototipe Sistem Pemantauan Tegangan Drop pada Sel Baterai 110 Vdc berbasis Aplikasi Telegram," BEES Bull. Electr. Electron. Eng., vol. 3, no. 2, pp. 57–62, 2022, doi: 10.47065/bees.v3i2.3115.