

ANALISIS PENYEBAB TERJADI EROR DALAM TEGANGAN BATERAI 110 V PADA GARDU INDUK SEPATAN

Ratu Farah Humainah^{1*}, Suhendar¹, Yuniar Rizky²

¹Program Studi Pendidikan Vokasional Teknik Elektro, Universitas Sultan Ageng Tirtayasa, Serang, Indonesia

²PT. PLN (Persero) ULTG Cikupa, Tangerang, Indonesia

*E-mail: 2283210012@untirta.ac.id

ABSTRAK

Sistem transmisi daya berfungsi untuk mengurangi tegangan dari 150 kV menjadi 20 kV sebagai bagian integral dari gardu induk. Saat dalam operasi, gardu induk membutuhkan suplai daya listrik berjenis arus searah / DC (*Direct Current*) sebagai sarana kontrol untuk mendukung operasionalnya. Arus searah yang diperlukan oleh gardu induk dihasilkan melalui penyearah dan baterai yang terpasang dalam sistem instalasi. Sistem DC ini disusun sejajar dengan beban untuk mendukung fungsi gardu induk. Baterai berperan sebagai sumber cadangan daya DC. Hal ini diupayakan untuk memastikan keandalan, pemeliharaan baterai sangat penting agar dapat menyediakan daya DC dalam situasi gangguan. Perawatan berkala diperlukan agar baterai dapat beroperasi pada kinerja maksimal. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi keandalan dan kesesuaian baterai 110 V di gardu induk Sepatan setelah melalui proses perawatan. Pengumpulan data dilakukan untuk mendukung penelitian di Gardu Induk Sepatan 150 kV. Pengujian tegangan per-sel baterai 110 Vdc di Gardu Induk Sepatan dengan merek SAFT NIFE, tipe SBLE 300-2, kapasitas 300 Ah, dan jumlah sel 88 menunjukkan bahwa kondisi tegangan rata-rata baterai sebelum BCT (*Battery Capacity Test*) sebesar 1,32 V. Pengisian daya dilakukan dengan menggunakan metode *boosting* baterai dengan rentang tegangan antara 1,30 V hingga 1,45 V. Suhu rata-rata pada baterai 110 Vdc mencapai 29°C, dan berat jenis elektrolit pada pengukuran baterai 110 Vdc mencapai 1,221 gr/cm³. Pengukuran tegangan pada setiap sel baterai 110 Vdc dilakukan selama 5 jam, dan tegangan total yang terukur mencapai 112,7 V. Data tersebut menunjukkan bahwa kondisi baterai 110 Vdc di gardu induk 150 kV Sepatan dianggap selalu baik dan siap digunakan ketika menghadapi permasalahan.

Kata kunci: baterai; pengujian; kapasitas

ABSTRACT

*The power transmission system reduces the voltage from 150 kV to 20 kV as an integral part of the substation. When in operation, the substation requires a direct current (DC) type electrical power supply as a means of control to support its operations. The direct current required by the substation is generated through a rectifier and battery installed in the installation system. This DC system is arranged parallel to the load to support the function of the main substation. The battery acts as a backup source of DC power. Battery maintenance to ensure reliability is very important to provide DC power in fault situations. Regular maintenance is required so that the battery can operate at maximum performance. This research aims to evaluate the reliability and suitability of 110 V batteries at the Sepatan substation after the maintenance process. Data was collected to support research at the Sepatan 150 kV Main Substation. Testing the voltage per 110 Vdc battery cell at the Sepatan substation with the SAFT NIFE brand, type SBLE 300-2, capacity 300 Ah, and number of cells 88 shows that the average battery voltage condition before BCT (*Battery Capacity Test*) about 1.32 V. Charging is carried out using the battery boosting method with a voltage range between 1.30 V to 1.45 V. The average temperature in a 110 Vdc battery reached 29°C, and the specific gravity of the electrolyte in the 110 Vdc battery measurement reached 1.221 gr/cm³. The voltage measurement on each 110 Vdc battery cell was carried out for 5 hours, and the total voltage measured reached 112.7 V. This data shows that the condition of the 110 Vdc batteries at the Sepatan 150 kV substation is always considered to be good and ready to be used when problems arise.*

Keywords: battery; testing; capacity

1. PENDAHULUAN

Peran energi listrik sangat krusial dalam memenuhi kebutuhan manusia. Tenaga listrik dihasilkan oleh generator, kemudian disalurkan ke stasiun trafo utama di Indonesia. Dalam operasional energi listrik, terdapat dua jenis sumber energi yang digunakan untuk pengendalian di stasiun trafo, yaitu sumber listrik AC dan DC. Baterai berfungsi sebagai sumber listrik DC untuk mengoperasikan relai pada sistem proteksi, pengendali, keandalan, dan stabilitasnya harus tetap optimal [1].

Salah satu perangkat penunjang proteksi di gardu induk adalah sistem DC yang berfungsi menyediakan suplai tegangan DC untuk perangkat proteksi. Tegangan DC ini antara lain, dihasilkan melalui sejumlah sel baterai yang disusun secara rangkaian seri dari beberapa sel baterai [2]. Dalam rangkaian proses mengalirkan energi listrik dari sumber pembangkit ke pengguna, khususnya konsumen kecil tidak dapat dilakukan secara langsung, melainkan harus melewati stasiun trafo utama. Proses penyaluran energi listrik dari pusat produksi sampai ke konsumen sangat penting untuk mempermudah atau menunjang sistem pengolahan distribusi energi listrik dengan adanya gardu induk [3].

Penyearah dan beberapa baterai yang disusun seri diambil dari sumber DC. Saat mengoperasikan sistem transmisi tenaga, perawatan rutin diperlukan untuk menjaga keandalan peralatan. Dengan melakukan perawatan secara berkala diharapkan dapat memenuhi pengelola kebutuhan listrik konsumen dengan efisien. Salah satu perangkat yang memerlukan perawatan berkala adalah baterai [4]. Baterai didefinisikan sebagai suatu komponen yang memiliki kemampuan untuk mengonversi energi kimia yang disimpan di dalamnya menjadi sumber daya listrik melalui proses kimia. Hal ini bertujuan untuk menyediakan daya bagi perangkat elektronika. Daya listrik yang dihasilkan oleh baterai dimanfaatkan sebagai sumber daya untuk perangkat elektronik [5].

Pencapaian kualitas daya listrik yang baik dan kelangsungan yang optimal memerlukan perawatan teratur, sehingga peralatan listrik dapat tetap berfungsi dengan baik, beroperasi secara optimal, dan terhindar dari kemungkinan gangguan yang dapat merusak sistem. Salah satu solusi yang dapat diambil adalah dengan memastikan kelangsungan pasokan daya DC yang berasal dari baterai DC 110 Vdc di Gardu Induk Sepatan 150 kV [6].

Baterai atau aki merupakan suatu sel listrik yang mengalami dua proses elektrokimia, yaitu pelepasan (konversi energi kimia menjadi energi listrik) dan pengisian (energi listrik diubah kembali menjadi energi kimia) melalui arus yang mengalir dalam arah yang berlawanan (polaritas) di dalam sel. Sejumlah perangkat elektronik memanfaatkan baterai sebagai sumber daya listrik. Baterai memiliki peran untuk menyediakan energi listrik kepada perangkat elektronik tanpa memerlukan koneksi langsung ke sumber daya listrik [7].

Baterai disebut sebagai sumber daya DC cadangan yang mampu menyuplai daya DC untuk perangkat proteksi, serta motor penggerak pada sirkuit *breaker*, terutama saat penyearah tidak berfungsi. Dengan melakukan perawatan secara teratur, diharapkan peralatan listrik dapat beroperasi lebih lama dengan kinerja optimal [8]. Titik netral dari belitan fase terpisah dapat digunakan untuk mengkonfigurasi ulang pengisi daya baterai terpasang. Kemudian inverter ganda digunakan sebagai penyearah PFC (*Power Factor Correction*) tanpa jembatan dan konverter *buck* paralel, serta kontrol pengisian simultan untuk baterai ganda dengan tegangan yang berbeda dapat dicapai [9].

Sel baterai yang dihubungkan secara seri telah banyak digunakan dalam aplikasi tegangan tinggi dan daya tinggi. Sistem penyimpanan energi baterai satu fase dengan pengisian keseimbangan baterai, pengosongan keseimbangan baterai, dan kemampuan koreksi faktor daya dikembangkan [10].

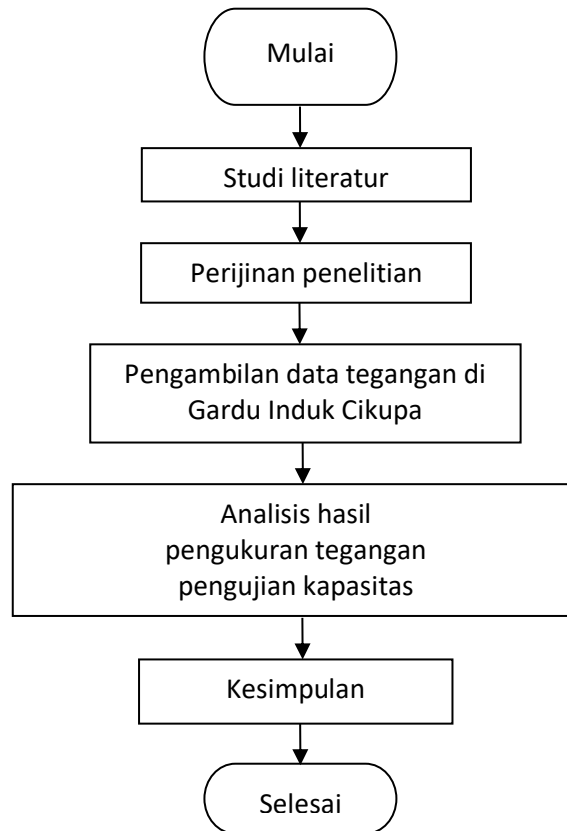
Distribusi energi listrik diperlukan sistem proteksi yang handal dan harus ada penjagaan keandalan sumber daya DC. Oleh karena itu, perlu dilakukan pemeliharaan tahunan pada baterai 110 Vdc. Kegagalan dalam sistem proteksi di gardu induk, yang

berpotensi menimbulkan masalah serius [11]. Penerapan baterai secara terus-menerus sebagai sumber daya DC di Gardu Induk tanpa perawatan yang memadai dapat menghasilkan pengurangan kemampuan baterai dalam memberikan daya atau penurunan kinerjanya [12]. Perawatan baterai menjadi hal yang sangat penting untuk memastikan keberlangsungan dan kinerja optimalnya, sehingga baterai dapat beroperasi sesuai dengan fungsinya dan turut menjaga keandalan peralatan distribusi tenaga listrik. Melakukan tindakan pencegahan dalam pemeliharaan dapat meningkatkan performa baterai penyimpan energi hingga tingkat tertentu. Namun pada umumnya, penurunan tetap tidak dapat dihindari karena karakteristik kimianya. Pemeliharaan baterai melibatkan pengukuran tegangan, pemeriksaan kepadatan elektrolit, suhu elektrolit, dan kapasitas baterai [13].

Pengukuran tegangan dilakukan untuk mengevaluasi keadaan tegangan pada masing-masing sel baterai dan total tegangan baterai secara keseluruhan. Setelah melewati pemeriksaan tegangan baterai, diharapkan nilai tegangan tetap berada dalam kisaran kondisi normal. Pengukuran densitas digunakan untuk menilai keadaan elektrolit dalam baterai, yang berfungsi sebagai medium transfer elektron. Monitoring suhu elektrolit dilakukan untuk memahami kondisi elektrolit saat baterai diisi atau dalam situasi yang tidak normal. Pemeriksaan kapasitas baterai dilaksanakan untuk mengevaluasi karakteristik baterai dan seberapa besar kemampuannya dalam menyediakan daya DC dalam situasi gangguan. Setiap sistem baterai yang baru harus melewati uji kapasitas untuk memastikan bahwa baterai dapat beroperasi saat diperlukan. Penelitian ini dimaksudkan untuk mengevaluasi kelayakan dan keandalan baterai di Gardu Induk Sepatan setelah melalui proses perawatan rutin.

2. METODE

Penulis merujuk pada berbagai sumber referensi seperti buku, jurnal, dan penelitian terdahulu yang relevan atau mendukung teori untuk melengkapi studi ini. Pengumpulan data dilakukan untuk mendukung penelitian di Gardu Induk Sepatan 150 kV. Prosedur pengumpulan data mengikuti ketentuan yang telah ditetapkan oleh lembaga terkait, termasuk menerima tanggapan tertulis, melaksanakan praktik industri, dan langkah-langkah pengumpulan data sesuai dengan kebutuhan penelitian. Data yang diperlukan mencakup informasi perawatan baterai 110 Vdc. Setelah semua data terkumpul, penulis melakukan analisis data, memprosesnya dengan menggunakan persamaan yang sesuai. Saat melakukan analisis data, semua perhitungan dilakukan secara manual tanpa menggunakan metode otomatis. Tahapan pengujian baterai 110 Vdc dapat diamati pada Gambar 1.

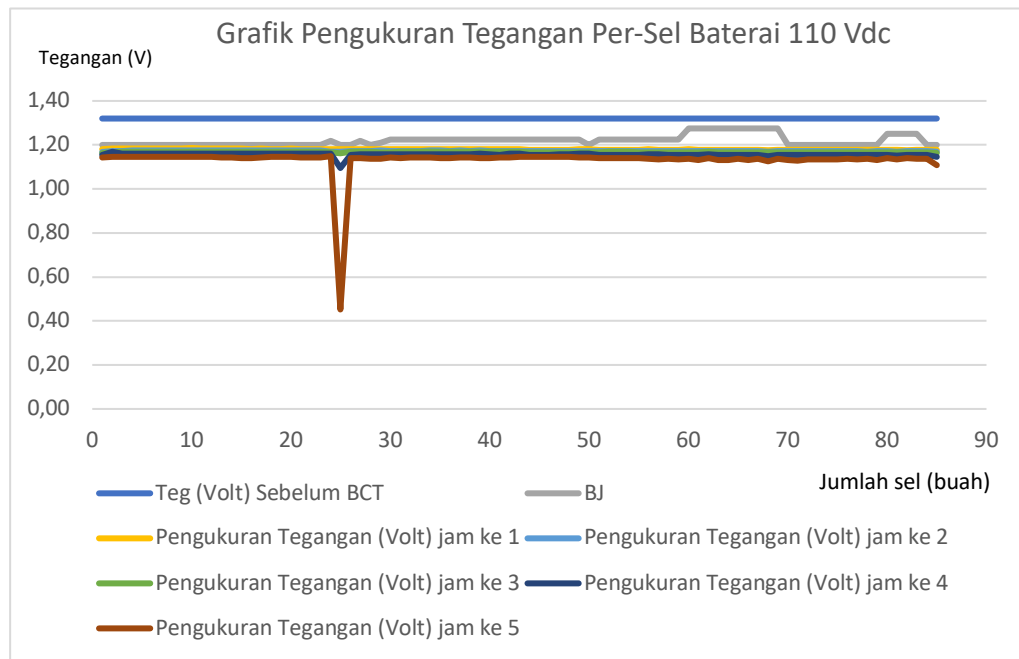


Gambar 1. Flowchart pengujian baterai 110 Vdc

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Grafik Pengukuran Tegangan per-sel Baterai 110 Vdc

Grafik hasil pengukuran tegangan per-sel baterai 110 Vdc di Gardu Induk Sepatan menunjukkan bahwa pengujian dilakukan setiap dua tahun, menggunakan baterai merek SAFT NIFE, tipe SBLE 300-2, jenis Ni-cd, berkapasitas 300 Ah, dan terdiri dari 88 sel. Pada pengukuran baterai 110 Vdc ini, baterai masih dapat melakukan pengisian daya dengan menggunakan metode pengisian daya (*Boosting* baterai). Baterai berperan sebagai salah satu sumber daya DC dalam sistem Gardu Induk, memiliki tanggung jawab untuk memastikan kebutuhan operasi relai proteksi, serta berfungsi sebagai kontrol pada SCADA/telekontrol. Oleh karena itu, kinerja baterai di gardu induk harus optimal agar dapat mendukung penyediaan kualitas energi listrik yang baik [14].



Gambar 2. Grafik data pengukuran tegangan per-sel baterai 110 Vdc

Gambar 2 menunjukkan data pengukuran tegangan per-sel yang direpresentasikan dalam grafik, terlihat bahwa sebelum dilakukan Uji Kapasitas Baterai (BCT), rata-rata tegangan baterai adalah 1,32 V. Setelah dilakukan BCT, tidak terdapat perbedaan tegangan yang signifikan diantara seluruh sel baterai. Pengujian tegangan per-sel pada baterai 110 Vdc di Gardu Induk Sepatan dilakukan selama 5 jam. Data yang dihasilkan selama uji BCT mencakup seluruh periode pengujian 5 jam. Berdasarkan pedoman yang digunakan oleh PT. PLN, baterai dalam kondisi baik memiliki tegangan nominal antara 1,2 V hingga 2 V per-sel. Selama pengukuran rata-rata tegangan sebesar 1,32 V dapat disimpulkan bahwa baterai berada dalam kondisi baik. Keadaan ini umumnya terjadi dalam situasi normal saat tegangan baterai ada. Pengisian daya baterai dilakukan dengan metode *boosting* antara 1,30 V hingga 1,45 V. Namun, ketika pengukuran berakhir, terdapat perbedaan tegangan yang signifikan pada beberapa baterai. Hal ini diindikasikan bahwa baterai tersebut mengalami kerusakan. Alat pengujian BCT dapat dilihat pada Gambar 3. Penelitian ini sebanding dengan [11] yang menyebutkan bahwa baterai yang harus diisi ulang pada tegangan 1,25 V.



Gambar 3. Alat pengujian BCT

Berdasarkan data yang diperoleh dari pengukuran ini, suhu dan berat jenis elektrolit baterai menunjukkan bahwa baterai dalam keadaan baik. Standar dari PT. PLN untuk besar suhu dalam keadaan normal yaitu $25^{\circ}\text{C} - 35^{\circ}\text{C}$. Pada saat baterai dalam kondisi pengisian atau pengosongan baterai suhu maksimal bernilai 45°C . Pengukuran tegangan baterai 110 Vdc ini suhu rata – rata pada baterai 110 Vdc sebesar 29°C , sedangkan untuk berat nilai jenis elektrolit untuk jenis baterai alkali sebesar $1,20 \text{ gr/cm}^3$ dan untuk berat jenis elektrolit dalam pengukuran baterai 110 Vdc ini sebesar $1,221 \text{ gr/cm}^3$. Baterai 110 Vdc dapat diamati pada Gambar 4.



(a)

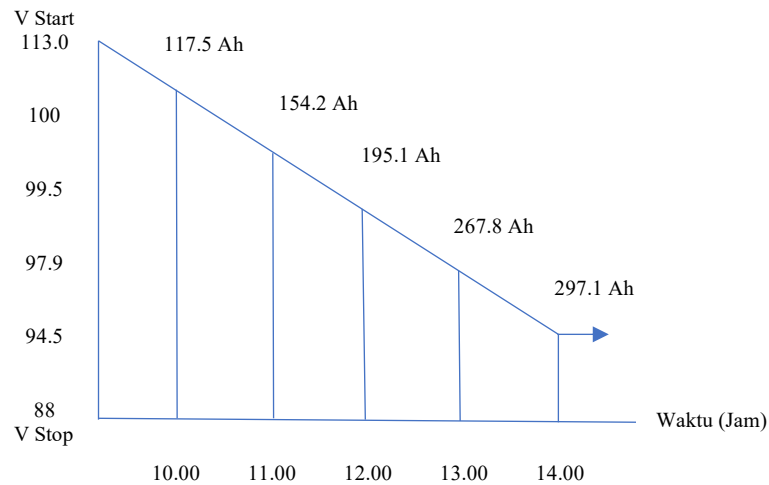


(b)

Gambar 4. Baterai 110 Vdc: (a) Jumlah 88 sel; (b) Jenis baterai 110 Vdc

3.2. Grafik pengukuran kapasitas tegangan per-sel baterai 110 Vdc

Pengukuran kapasitas tegangan tiap sel dijalankan untuk menilai penurunan tegangan pada masing-masing sel baterai selama pengujian kapasitas. Apabila baterai dalam keadaan normal, penurunan rata-rata tegangan di setiap sel dianggap mendekati keseragaman.



Gambar 5. Grafik pengujian kapasitas baterai 110 Vdc

Gambar 5 dapat dilihat perbedaan dari besar tegangan sebelum BCT dengan tegangan setelah BCT. Terdapat penurunan besar tegangan per-sel hampir tidak jauh dari pengukuran pada jam pertama sampai jam kelima. Pada sel 25 di jam kelima terdapat nilai baterai yang tidak sama dengan besar tegangan sel lainnya. Pada sel 25 dengan besar tegangan 0,45 V, maka dari itu terdapat penurunan nilai tegangan pada pengujian jam kelima. Sehingga dapat dipastikan sel 25 mengalami kerusakan dan nilai sel 25 mendapatkan besar tegangan 0,45 V, maka dari itu nilai sel yang nominal awalnya 0 V dapat dipastikan dalam kondisi rusak.

Pada setiap pengujian tegangan per-sel baterai 110 Vdc terdapat karakteristik baterai untuk memastikan baterai siap bekerja saat baterai siap untuk dinyalakan. Baterai yang diuji adalah merk SAFT NIFE dengan *type* SBLE 300-2 berkapasitas 300 Ah dan jumlah sel yaitu 88 sel. Hasil olah data pengosongan baterai dengan kapasitas 300 μ F diperoleh nilai arus pengosongan, waktu pengosongan, dan tegangan akhir secara berturut-turut yaitu 60 A, 5 jam, dan 88 V.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengukuran tegangan dan analisis data yang telah diperoleh dari pengukuran tegangan per-sel baterai 110 Vdc di Gardu Induk Sepatan, dapat disimpulkan bahwa nilai kapasitas baterai sebelum dan setelah pengujian sama, yaitu 1,32 V. Pengukuran suhu rata-rata pada baterai 110 Vdc mencapai 29°C, dan berat jenis elektrolit dalam pengukuran baterai 110 Vdc ini adalah 1,221 gr/cm³. Selain hal itu, sel 25 pada jam kelima terdapat nilai baterai yang tidak sama dengan besar tegangan sel lainnya, nilainya 0,45 V.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih kepada ULTG Cikupa yang telah memberi dukungan penuh terhadap penelitian ini, sehingga penulis dapat memperoleh data sesuai dengan tujuan penelitian.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] AM Rifa'i. "Analisis Uji Kapasitas Baterai 110 Vdc DC pada Gardu Induk 150 kV." eprints.ums. 2019.
- [2] H. D. A. Royb Fatkhur Rizal, "Analisis Chekup Pemeliharaan Batteray Capacity Test (BCT) 110 Vdc DC Di PT. PLN (Persero) Gardu Induk 150 KV Jatigedong Jombang," *Journal of Artifial Intelligence & Applications*, vol. VOL 3 N0 2, p. 1, Nov. 2022.
- [3] J. E. Elektrik, S. Meliala, and M. Rijal, "Studi Kapasitas Baterai 110 Vdcolt Dc Unit I Pada Gardu Induk 150 kV Bireuen".
- [4] Anonim. T. Akhir, "Pengaruh Proses Pengisian (Charging) dan Pengosongan (Discharging) terhadap Efisiensi Baterai Alkali 110 V di Gardu Induk Curug."
- [5] Rezi Syahrizani, "Baterai Adalah: Pengertian, Fungsi, Jenis, Ukuran & Cara Kerja," *ilmuelektro.id*, Juni. 21, 2023.
- [6] M. Farisha Istiqlal and E. Priatna, "Analisa Kapasitas Baterai Sebagai Sumber Dc Pada Gardu Induk Tegangan Ekstra Tinggi 500 kV PT.PLN (Persero) Tasikmalaya."
- [7] S. G. Silmi Nurul Utami, "Baterai: Definisi, Jenis, Fungsi, dan Prinsipnya," *Kompas.com*, Sep. 06, 2021.
- [8] M Fajaruddin P. Studi Elektro, "Ciricle Archive Pemeliharaan Baterai Pada Gardu Induk Gis Listrik." Medan.
- [9] J. W. L. G. and J. Z. Y. Wang, "The Torque Elimination Control Strategy for Integrated Charging System of Electric Vehicle with Dual-Battery," *2022 IEEE 5th International Electrical and Energy Conference (CIEEC), Nangjing, China*, no. doi: 10.1109/CIEEC54735.2022.9846515., pp. 11255–1130, 2022.
- [10] B.-R. X. C.-S. L. S.-W. P. and C.-H. W. L. -R. Chen, "Design of a Bidirectional DC/AC Converter with Battery Charging/Discharging/Standing Balance Control," *2019 10th International Conference on Power Electronics and ECCE Asia (ICPE 2019 - ECCE Asia), Busan, Korea (South), 2019*, pp. 1910–1914, 2019.
- [11] L. Irvan Nurhadil, "Feasibility Analysis of 110 Vdc DC Battery in Supplying Loading (Case Study of 150 kV Perawang Substation)," *IJEERE: Indonesian Journal of Electrical Engineering and Renewable Energy*, vol. Vol. 2, no. 38P-ISSN: 2797-1155E-ISSN: 2797-086829, p. 30, Jun. 2022.
- [12] Anastasya, F. S., "Pengaruh Proses Pengosongan (Discharging) terhadap Kapasitas dan Efisiensi Baterai 110 Vdc DC di Gardu Induk Sungai Kedukan Palembang," *Skripsi*, 2019.
- [13] I. Afandi *et al.*, "Analisis Pengujian Kapasitas Baterai 110 Vd colt Group 2 (Sistem 500 kV) GITET Mandirancan," *Jurnal Orang Elektro*, vol. 10, no. 2, 2021.
- [14] Syaiful Hidayat, "Studi Kapasitas Baterai 110 Vdc DC pada Gardu Induk 150kv Mojosongo Boyolali," *UMS*, p. 1, 2022.