

Sistem Charging 110 VDC Sebagai Supply control Circuit Voltage Kubikel 20 kV

110 VDC Charging System as Supply control Circuit Voltage 20 kV Cubicle

Dimas Nur Prakoso¹, Yuli Prasetyo², Basuki Winarno³, Budi Triyono⁴, Santi Triwijaya⁵

^{1,2,3,4} Teknik Listrik– Politeknik Negeri Madiun; email: ¹dimasnur@pnm.ac.id, ²yuliprasetyo2224@pnm.ac.id, ³basuki@pnm.ac.id, ⁴buditriyono@pnm.ac.id
⁵Teknologi Elektro Perkeretaapian-Politeknik Perkeretaapian Indonesia Madiun; email:santi@ppi.ac.id

[Dikirimkan: 25 Februari 2025, Direvisi: 21 Mei 2025, Diterima: 12 November 2025]
Corresponding Author: Dimas Nur Prakoso

INTISARI — Suplai 110 VDC pada gardu induk berfungsi sebagai suplai sistem kendali dan proteksi pada panel kubikel. Selain itu, baterai 110 VDC yang digunakan sebagai suplai cadangan mempunyai peranan penting ketika sumber suplai utama hilang. Hilangnya pasokan 110 VDC berakibat fatal bagi sistem kelistrikan. Penyebab gangguan listrik tidak dapat dipantau dan kegagalan proteksi. Baterai 110 VDC mungkin mengalami penurunan tegangan. Ada beberapa cara untuk menjaga kondisi baterai tetap baik saat digunakan, salah satunya dengan sistem pengisian yang berfungsi menjaga kondisi baterai. Sistem ini menggunakan rangkaian *Buck converter* dengan pulsa pengisian yang melalui siklus kerjanya dapat mendistribusikan arus listrik yang tinggi ke baterai. Dengan tegangan keluaran *Buck converter* sebesar 111 Volt 6,54A pada *duty cycle* 55% menggunakan *dummy load*. Hasil pengujian dengan Tegangan 110VDC dan arus 5 A pada pengujian dengan beban *dummy load* 10Ω480W mendapat output tegangan sebesar 103VDC dan arus 8.40A, pada pengujian dengan beban *dummy load* 10Ω 400W mendapat output tegangan sebesar 136VDC dan arus 6.28A, pada pengujian dengan beban *dummy load* 12Ω500W mendapat output tegangan sebesar 122VDC dan arus 6.00A, pada pengujian dengan beban *dummy load* 15Ω500W mendapat output tegangan sebesar 127VDC dan arus 5.88A, pada pengujian dengan beban *dummy load* 11Ω500W mendapat output tegangan sebesar 111VDC dan arus 6.54A. Dari data pengujian keseluruhan dengan memberikan beban berupa *dummy load* mendapatkan rata-rata *error* sebesar 9,86%.

KATA KUNCI — Baterai, BMS, Kubikel, Sistem Charging, Supply, 110VDC.

ABSTRACT — *The 110VDC supply at the substation serves as a supply for the control and protection system at the cubicle panel. In addition, the 110VDC battery used as a backup supply plays an important role when the main supply source is lost. Loss of supply 110VDC is fatal to the electrical system. Causes electrical interference cannot be monitored and protection failure. 110VDC batteries may experience voltage drops. There are several ways to keep the battery in good condition when used, one of them with a charging system which functions to maintain the condition battery. This system uses a Buck converter circuit with charging pulses through the duty cycle can distribute high electric current to battery. With a Buck converter output voltage of 111 Volt 6.54 A at duty cycle 55% using dummy load. Test results with a voltage of 110VDC and a current of 5A in testing with dummy load of 10Ω480W obtained voltage output of 103VDC and current of 8.40A, in testing with dummy load of 10Ω400W received voltage output of 136VDC and current of 6.28A, in testing with dummy load of 12Ω500W received voltage output of 122VDC and current of 6.00 A, in testing with dummy load of 15Ω500W received voltage output of 127VDC and current of 5.88 A, in testing with dummy load of 11Ω500W received voltage output of 111VDC and current of 6.54A. From the overall test data by providing a load in the form of a dummy load, an average error of 9.86% was obtained.*

KEYWORDS — Battery, BMS, Cubicle, Charging System, Supply, 110VDC.

I. PENDAHULUAN

Kebutuhan listrik semakin meningkat di setiap tahunnya sejalan dengan pertumbuhan penduduk [1]. Karena itu PLN sebagai perusahaan listrik negara sebagai satu-satunya pemasok listrik negara [2] perlu menjaga keandalan listriknya agar kebutuhan listrik konsumen bisa terpenuhi. Untuk itu, diperlukan sumber tenaga dalam mengoperasikan tenaga listrik dan sebagai suplai sistem proteksi. Suplai 110 V DC pada gardu induk memiliki peranan yang sangat penting [3], [4]. Suplai ini berfungsi sebagai suplai dari sistem kendali dan proteksi pada kubikel [5], [6] yang bersumber utama pada trafo pemakaian sendiri. Hilangnya suplai 110 VDC berakibat fatal bagi sistem kelistrikan. Sistem kontrol dan proteksi yang ada pada kubikel akan tidak dapat bekerja [7]. Kejadian ini menyebabkan kondisi gangguan tidak termonitoring dengan semestinya hal ini mengakibatkan meledaknya trafo [8] distribusi bahkan bisa terjadi kebakaran pada gardu induk [9]. Peranan sistem suplai baterai 110 VDC sangat penting fungsinya sebagai suplai kubikel ketika sumber utama pada gardu induk itu padam.

Akibat permasalahan di atas, sehingga perlu adanya sistem *charging* baterai 110 V DC pada kubikel. Selama ini sistem *charging* baterai berasal dari sumber utama yang digunakan untuk menyuplai kubikel yaitu *rectifier* [10], tetapi karena tegangan dan arus

yang sangat besar menjadikan baterai akan mengalami drop tegangan [11]. Selain sistem *charging*nya, perlu adanya sistem untuk manajemen baterai untuk suplai kontrol dan proteksinya [12].

Baterai yang digunakan sebagai suplai dari sistem kontrol dan proteksi ini memerlukan adanya manajemen pengisian baterai agar baterai yang digunakan dapat bertahan lama dan tidak mudah rusak [13]. BMS (*Battery Management System*) merupakan alat yang berguna untuk mengontrol dan memonitoring pengisian baterai [14]. BMS biasa digunakan pada baterai yang dirangkai secara seri maupun paralel [15], [16]. Kegagalan Proteksi Pada Gardu Induk Akibat Suplai Tegangan DC, yaitu baterai 110 VDC dapat menyebabkan kegagalan proteksi yang diakibatkan oleh tidak adanya tegangan DC yang menyuplai ke *relay* proteksi dan mekanik menyebabkan *relay* tidak mampu memberikan perintah trip ke PMT maka dari itu diperlukannya sistem *charging* sebagai *supply control*.

II. METODE PENELITIAN

Agar memperoleh hasil yang baik, maka perlu ditentukan metode penelitian atau perencanaan alat yang digunakan. Beberapa metode yang digunakan yaitu:

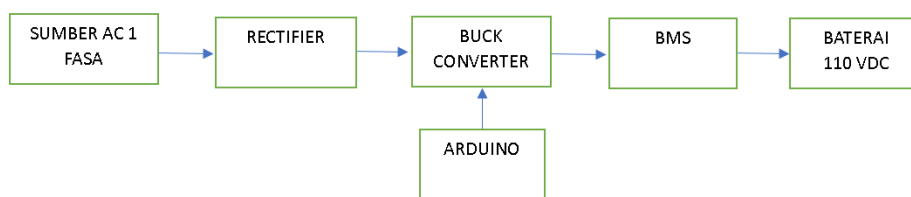
A. PERANCANGAN KOMPONEN

Dalam perancangan alat diperlukan Spesifikasi alat atau komponen yang akan digunakan dalam pembuatan alat ini sebagai berikut :

- Rangkaian *Buck converter*(Induktor, Kapasitor, Dioda, Resistor dan MOSFET) [17]
- Rangkaian Driver Mosfet (Optocoupler Tlp250, Capacitor, Resistor) [18]
- *Rectifier* (Dioda *bridge*, Kapasitor dan Resistor) [19]
- Arduino UNO [20]

B. PERANCANGAN HARDWARE

Pada bagian ini akan dibahas mengenai perancangan *hardware* atau perangkat keras yang akan digunakan pada pembuatan alat. Diagram kerja alat yang akan digunakan dalam pembuatan alat ini dapat dilihat dalam gambar 1 berikut.



Gambar 1. Blok Diagram Rangkaian

Berdasarkan diagram kerja alat dari sumber listrik AC 1 fasa akan disearahkan menggunakan *rectifier* sehingga menghasilkan tegangan DC lalu menuju ke *buck converter* yang dikontrol oleh arduino sehingga digunakan untuk mengatur tegangan atau arus output dan membangkitkan sinyal PWM dari *buck converter* berdasarkan pembacaan sebagai penurun tegangan dari output *rectifier* ke tegangan 135 VDC. Output dari *buck converter* ini akan diatur tegangan maksimal *charger* dan *cut off* pada BMS.

C. PENGAMBILAN DATA SAMPLE CHARGING

Pengambilan data digunakan sebagai acuan sistem kerja alat yang akan dibuat. Percobaan yang telah dilakukan pada *charging* baterai 12VDC 7Ah dengan kondisi tegangan baterai yang berbeda diperoleh hasil bahwa akan terjadi penurunan nilai arus *charging* ketika nilai tegangan baterai mendekati tegangan output rangkaian *charging* atau tidak terjadi adanya beda potensial antara rangkaian *charging* dan baterai. Seperti data pada tabel di bawah ini:

Tabel I. Percobaan *Charging* Baterai

| No | Tegangan <i>Charging</i> (V) | Tegangan Baterai (V) | Arus <i>Charging</i> (A) |
|----|------------------------------|----------------------|--------------------------|
| 1 | 13.85 | 12.04 | 0.06 |
| 2 | 13.53 | 10.89 | 0.38 |
| 3 | 13.85 | 7.98 | 0.50 |
| 4 | 13.34 | 8.46 | 0.43 |
| 5 | 13.26 | 7.28 | 0.31 |

Dari tabel diambil data pertama dengan tegangan *charging* sebesar 13.85 V, tegangan *battery* 12.04 V dan arus *charging* 0.06A, data kedua dengan tegangan *charging* sebesar 13.53 V, tegangan *battery* 10.89 V dan arus *charging* 0.38 A, data ketiga dengan tegangan *charging* sebesar 13.85 V, tegangan *battery* 7.98 V dan arus *charging* 0.50A, data keempat dengan tegangan *charging* sebesar 13.34 V, tegangan *battery* 8.46 V dan arus *charging* 0.43A dan data kelima dengan tegangan *charging* sebesar 13.26 V, tegangan *battery* 7.28 V dan arus *charging* 0.31A.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Setelah dilakukan perancangan maka tahap selanjutnya pengujian dan analisis alat. Pada bab ini akan dibahas pengujian alat setiap rangkaian-rangkaian dari alat yang telah dibuat serta menganalisis hasil dari data pengujian yang telah dilakukan pada rangkaian *Buck converter* dan rangkaian *Rectifier* sehingga dapat diperoleh kesimpulan dari pembuatan alat serta hanya menggunakan beban dari *dummy load*.

Hasil pengujian dan pengukuran akan digunakan sebagai bahan perbandingan antara perancangan dan rangkaian alat yang telah dibuat. Adapun beberapa bagian yang akan dilakukan pengujian atau pengukuran antara lain.

A. PENGUJIAN ALAT DENGAN BEBAN DUMMY LOAD 10 Ω , 400 WATT



Gambar 2. Pengujian output dengan *dummy load* 10 Ω , 400 Watt

Pada Gambar 2 merupakan pengujian alat dengan beban *dummy load* 10 Ω , 400 Watt. Rangkaian mengeluarkan tegangan sebesar 103 Volt dan arus sebesar 8.40 A dengan *duty cycle* sebesar 55%. Terdapat *error* yang terjadi pada rangkaian antara output teori dengan output pengujian sebesar 6.3%. *Error* yang cukup besar disebabkan oleh beberapa faktor salah satunya adalah penggunaan komponen yang digunakan tidaklah kualitas bagus, proses penyolderan komponen yang tidak bagus, dan beberapa faktor lainnya seperti nilai toleransi alat ukur sebesar 5%.

B. PENGUJIAN ALAT DENGAN BEBAN DUMMY LOAD 10 Ω , 480 WATT



Gambar 3. Pengujian output dengan *dummy load* 10 Ω , 480 Watt

Pada Gambar 3 merupakan pengujian alat dengan beban *dummy load* 10 Ω , 400 Watt. Rangkaian mengeluarkan tegangan sebesar 136 Volt dan arus sebesar 6.28 A dengan *duty cycle* sebesar 55%. Terdapat *error* yang terjadi pada rangkaian antara output teori dengan output pengujian sebesar 19%. *Error* yang cukup besar disebabkan oleh beberapa faktor salah satunya adalah penggunaan komponen yang digunakan tidaklah kualitas bagus, proses penyolderan komponen yang tidak bagus, dan beberapa faktor lainnya seperti nilai toleransi alat ukur sebesar 5%.

C. PENGUJIAN ALAT DENGAN BEBAN DUMMY LOAD 12 Ω , 500 WATT



Gambar 4. Pengujian output dengan *dummy load* 12 Ω , 500 Watt

Pada Gambar 4 merupakan pengujian alat dengan beban *dummy load* 12 Ω , 500 Watt. Rangkaian mengeluarkan tegangan sebesar 122 Volt dan arus sebesar 6 A dengan *duty cycle* sebesar 55%. Terdapat *error* yang terjadi pada rangkaian antara output teori dengan output pengujian sebesar 9.8%. *Error* yang cukup besar disebabkan oleh beberapa faktor salah satunya adalah penggunaan komponen yang digunakan tidaklah kualitas bagus, proses penyolderan komponen yang tidak bagus, dan beberapa faktor lainnya seperti nilai toleransi alat ukur sebesar 5%.

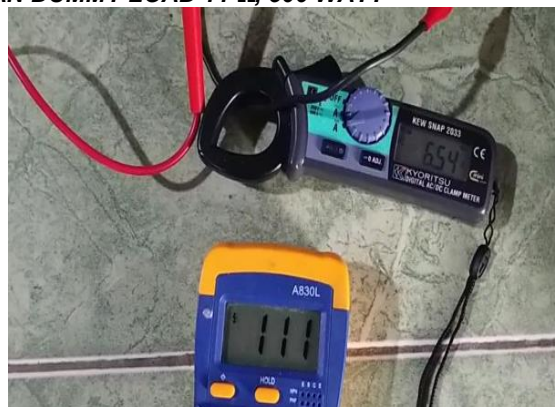
D. PENGUJIAN ALAT DENGAN BEBAN DUMMY LOAD 15 Ω, 500 WATT



Gambar 5. Pengujian output dengan *dummy load* 15 Ω, 500 Watt

Pada Gambar 5 merupakan pengujian alat dengan beban *dummy load* 15 Ω, 500 Watt. Rangkaian mengeluarkan tegangan sebesar 127 Volt dan arus sebesar 5.88 A dengan *duty cycle* sebesar 55%. Terdapat *error* yang terjadi pada rangkaian antara output teori dengan output pengujian sebesar 13.3%. *Error* yang cukup besar disebabkan oleh beberapa faktor salah satunya adalah penggunaan komponen yang digunakan tidaklah kualitas bagus, proses penyolderan komponen yang tidak bagus, dan beberapa faktor lainnya seperti nilai toleransi alat ukur sebesar 5%.

E. PENGUJIAN ALAT DENGAN BEBAN DUMMY LOAD 11 Ω, 500 WATT



Gambar 6. Pengujian output dengan *dummy load* 11 Ω, 500 Watt

Pada Gambar 6 merupakan pengujian alat dengan beban *dummy load* 11 Ω, 500 Watt. Rangkaian mengeluarkan tegangan sebesar 111 Volt dan arus sebesar 6.28 A dengan *duty cycle* sebesar 55%. Terdapat *error* yang terjadi pada rangkaian antara output teori dengan output pengujian sebesar 0.9%. *Error* yang cukup besar disebabkan oleh beberapa faktor salah satunya adalah komponen yang digunakan tidaklah kualitas bagus, penyolderan komponen kurang bagus, dan beberapa faktor lainnya seperti nilai toleransi alat ukur sebesar 5%.

Dari beberapa pengujian alat menggunakan *dummy load* didapatkan hasil sebagai berikut:

Tabel II. Pengujian menggunakan *dummy load*

| No | Beban <i>Dummy load</i> | Output Teori | | Output Pengukuran | | <i>Error</i> |
|-------------------------------|-------------------------|--------------|------|-------------------|--------|--------------|
| | | Tegangan | Arus | Tegangan | Arus | |
| 1 | 10Ω, 480W | 110 V DC | 5 A | 103 V DC | 8.40 A | 6.30% |
| 2 | 10Ω, 400W | 110 V DC | 5 A | 136 V DC | 6.28 A | 19.00% |
| 3 | 12Ω, 500W | 110 V DC | 5 A | 122 V DC | 6.00 A | 9.80% |
| 4 | 15Ω, 500W | 110 V DC | 5 A | 127 V DC | 5.88 A | 13.30% |
| 5 | 11Ω, 500W | 110 V DC | 5 A | 111 V DC | 6.54 A | 0.90% |
| Rata-rata <i>error</i> | | | | | | 9.86% |

Pengujian dengan menggunakan *dummy load* masih terdapat *error* yang cukup besar, pengujian dengan *dummy load* 500 Watt rangkaian dapat menghasilkan tegangan output sebesar 111 V DC dan arus sebesar 6.54 A dimana *error* rata-rata pengujian sebesar 9.86%. Dengan *error* tertinggi 19% dan *error* terendah 0.9%. Beberapa pengujian memiliki *error* yang cukup besar dikarenakan adanya perbedaan pada nilai daya resistor, nilai resistansi serta kualitas komponen yang digunakan.

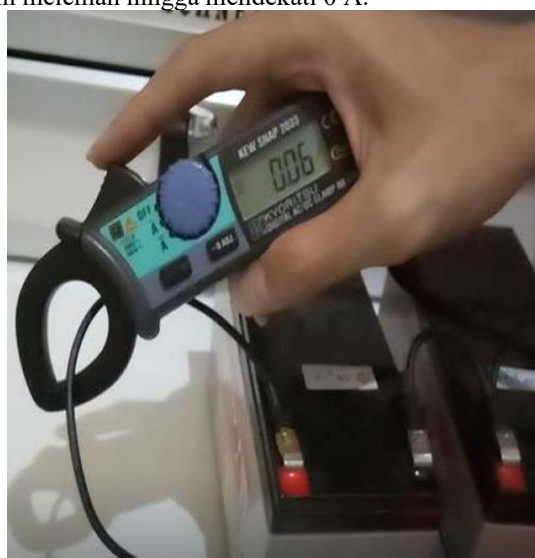
F. PENGUJIAN ALAT DENGAN BEBAN BATERAI 12 VOLT, 7 AMPERE

Pengujian alat menggunakan beban baterai ini perlu menggunakan BMS (*Battery Management System*) sebagai penyeimbang tegangan di setiap baterai serta sebagai sistem *cut off* pada *charger* baterai yang dirangkai secara seri. Baterai yang digunakan pada pengujian ini adalah baterai 12 Volt, 7 Ampere. Pada pengujian ini hanya dilakukan sampling terhadap beberapa baterai dikarenakan alat yang kurang memadai. Dari pengujian tersebut didapatkan hasil sebagai berikut:

Tabel III. Pengujian Menggunakan Baterai 12 Volt, 7 Ampere

| Pengujian Ke- | Cell | Arus Input | Tegangan Input | Charging | | Discharging | |
|---------------|------|------------|----------------|----------|----------|-------------|----------|
| | | | | Arus | Tegangan | Arus | Tegangan |
| 1 | 1 | 0.76 A | 44.5 V | 0.65A | 12.7V | 0.19A | 13.1V |
| | 2 | | | 0.66A | 12.6V | 0.05A | 13.2V |
| | 3 | | | 0.68A | 12.7V | 0.06A | 13.3V |
| 2 | 1 | 0.20 A | 42.5 V | 0.29A | 13.0V | 0.06A | 13.6V |
| | 2 | | | 0.22A | 12.6V | 0.06A | 13.5V |
| | 3 | | | 0.23A | 13.0V | 0.03A | 13.2V |
| 3 | 1 | 0.10 A | 41.3 V | 0.15A | 12.6V | 0.05A | 13.1V |
| | 2 | | | 0.11A | 12.7V | 0.08A | 13.4V |
| | 3 | | | 0.10A | 12.4V | 0.07A | 13.0V |

Pada tabel di atas dapat dilihat hasil pengujian, terjadi penurunan tegangan input pada *charging* dikarenakan beban *charging* juga mengalami penurunan. Diketahui bahwa tegangan dan arus *charging* mengisi sampai pada titik *cut off* masing masing baterai. Arus input dan arus *charging* hampir sama di setiap baterai karena dirangkai secara seri. Pada rangkaian ini terdapat sistem balancing atau penyeimbang sehingga tegangan *charging* setiap baterai rata dan *cut off* pada masing- masing baterai dapat bersamaan atau hampir bersamaan. Dengan baterai 12 Volt, 7Ah maka membutuhkan waktu 42 jam per baterai dari kondisi kosong. Ketika *cut off* baterai maka arus semakin melemah hingga mendekati 0 A.



Gambar 7. Arus ketika *cut off*

Dari gambar di atas dapat dilihat bahwa arus *charging* ketika *cut off* menurun menjadi 0.06 A ini menandakan bahwa tidak ada arus pengisian yang menuju ke baterai.

IV. KESIMPULAN

Merancang sistem *charging* 110V DC dari sumber 220V AC dengan mengubah tegangan AC ke tegangan DC dan tegangan diturunkan menggunakan *Buck converter*. Komponen yang diperlukan MOSFET IRF840, induktor dengan inti ferit, dioda, kapasitor elektrolit serta Arduino UNO sebagai pembangkit sinyal PWM. Pada pembuatannya diperlukan komponen dengan kapasitas tinggi agar mampu bekerja. Untuk menghasilkan 110V DC, 5 A. Pengujian rangkaian *buck converter* dengan beban *dummy load* dengan hasil pengujian 10 Ω 480 Watt, 10 Ω 400 Watt, 12 Ω 500 Watt, 15 Ω 500 Watt, dan 11 Ω 500-Watt dan terdapat rata-rata *error* sebesar 9.86%. Pada pengujian dengan beban baterai yang dipasang secara seri memerlukan BMS (*Battery Management System*) yang digunakan sebagai penyeimbang tegangan di setiap baterai pada sistem *cut off charger* baterai. *Charging* akan terputus ketika baterai satu telah *full*, adanya sistem penyeimbang tegangan setiap baterai menjadikan nilai tegangan setiap baterai ketika *cut off* akan sama atau mendekati sama sehingga dapat memproteksi baterai. Dari penelitian ini didapatkan hasil dimana baterai dapat terproteksi dan pengujian menggunakan *dummy load* untuk system *charging* 110V DC memiliki nilai Tingkat keberhasilan sebesar 90.16%.

KONFLIK KEPENTINGAN

Penulis menyatakan bahwa tidak terdapat konflik kepentingan dalam hasil penelitian ini.

REFERENSI

- [1] S. Kartika Ayu, "Analisi Konsumsi Energi dan Program Konservasi Energi (Studi Kasus : Gedung Perkantoran dan Kompleks Perumahan TI)," *Sebatik*, no. 30, pp. 41-51, 2017.
- [2] A. R. Nugraha and S. Choerunnisa, "Strategi Manajemen Krisis Humas Pln Uid Jabar Dalam Menangani Blackout Jaringan Jawa Bagian Tengah," *Communiverse J. Ilmu Komun.*, vol. 5, no. 2, pp. 137-150, 2020.
- [3] M. Farisha Istiqlal, E. Priatna, and Sutisna, "Analisis Kapasitas Baterai Sebagai Sumber Dc Pada Gardu Induk Tegangan Ekstra Tinggi 500 Kv Pt.Pln (Persero) Tasikmalaya," *e-ISSN 2720-989X JOURNAL ENERGY Electr. Eng.*, vol. 04, no. 02, pp. 67-74, 2023.
- [4] A. Ramadhan and dan S. Subandi, "Analisis Keandalan Baterai Sebagai Supply Motor Dc Penggerak Pms Di Gardu Induk 150 Kv

- Kuntungan,” *J. Elektr.*, vol. 5, no. 2, pp. 39–46, 2018.
- [5] H. N. Ashshiddiq, D. Y. Tadeus, and F. Mangkusasmito, “Simulator Otomasi Sistem Proteksi pada Penyulang 20 kV,” *Resist. (Elektronika Kendali Telekomun. Tenaga List. Komputer)*, vol. 4, no. 2, p. 103, 2021.
- [6] A. Hendarji Anjar Asban, J. Saputra, Antarissubhi, and Suryani, “Rancang Bangun Kontrol Ups Redundant Pada Kubikel Mv Bandar Udara Sultan Hasanuddin,” *VERTEX ELEKTRO J. Tek. Elektro UNISMUH*, vol. 15, no. 1, pp. 40–47, 2023.
- [7] M. R. Setyanto and Y. Saragih, “Gangguan Penyulang Akibat Kegagalan Proteksi di Circuit Breaker Output Pelanggan Pada Gardu Distribusi MP 244,” *Maj. Ilm. Teknol. Elektro*, vol. 22, no. 1, p. 111, 2023.
- [8] J. A. Alva, “Kompetensi Absolut dalam Badan Arbitrase Nasional Indonesia dalam Penyelesaian Sengketa Berdasarkan Perjanjian Penyaluran Tenaga Listrik (Studi Putusan Nomor: 681/Pdt.G/2019/Pn.Jkt.Sel),” *Unes Law Rev.*, vol. 6, no. 2, pp. 6715–6725, 2023.
- [9] B. P. Budiono, R. E. Indrajit, A. Nugroho, and M. N. Arifin, “Enterprise Architecture Pemantauan Suhu Kabel Berbasis IOT Pada Gardu Induk Bertegangan 20Kv,” *J. Pendidik. Teknol. Inf.*, vol. 5, no. 2, pp. 1–7, 2022.
- [10] H. Gillbert and R. Hidayat, “Design of a backup voltage supply in a medium-voltage cubicle control panel circuit when a blackout occurs from PLN,” *JEEE-U (Journal Electr. Electron. Eng.)*, vol. 6, no. 1, pp. 1–7, 2022.
- [11] F. Salafa, L. Hayat, and A. Ma’ruf, “Analisis Kulit Buah Jeruk (Citrus Sinensis) Sebagai Bahan Pembuatan Elektrolit Pada Bio-Baterai,” *J. Ris. Rekayasa Elektro*, vol. 2, no. No. 1, pp. 1–9, 2020.
- [12] U. Nursusanto, K. Khairunnisa, and H. Hartoyo, “Real Time Battery Monitoring Control in Mini Generating System,” *J. Edukasi Elektro*, vol. 6, no. 2, pp. 96–104, 2022.
- [13] H. Gunawan and C. Winata, “RANCANG BANGUN SISTEM MANAJEMEN DAN PROTEKSI PADA BATERAI 48 VOLT 12 AH,” pp. 572–580, 2024.
- [14] Wahyudi, R. Setiadi, W. Sumbodo, and F. A. Budiman, “Rancang Bangun Media Pembelajaran Battery Management System (BMS),” *KoPeN Konf. Pendidik. Nas.*, vol. 3, no. 2, pp. 241–248, 2021.
- [15] D. A. . Lak’apu, I. Fahmi, and C. P. Tamal, “Rancang Bangun Power Bank Untuk Modem Indihome ZTE F609,” *J. Spektro*, vol. Vol.6, no. No.2, pp. 14–22, 2023.
- [16] K. Joni, R. Alfita, and M. Ulum, “Sistem Mekanik Smart Electric Solar Car Berbasis Android,” *JEECOM J. Electr. Eng. Comput.*, vol. 3, no. 1, pp. 28–33, 2021.
- [17] F. Alfian, I. Prasetya, W. Indrasari, and R. N. Setiadi, “Simulasi Rangkaian Dc-Dc Buck converter Pada Sistem Penyimpanan Daya Listrik Panel Surya,” *Pros. Semin. Nas. Fis. Snf2022*, vol. 10, pp. 103–108, 2022.
- [18] H. Matalata and R. Dewi, “Desain Rangkaian Gate Driver Analog untuk Dual Mosfet Drivers,” *J. Ilm. Univ. Batanghari Jambi*, vol. 21, no. 2, p. 714, 2021.
- [19] W. Djatmiko, “Prototipe Sistem Pengukur Kualitas Tegangan Jala-Jala Listrik Pln,” vol. V, pp. SNF2016-CIP-61-SNF2016-CIP-66, 2016.
- [20] D. S. R. Djuanda, M. Ramdhani, and C. Ekaputri, “Automatic battery charging system on android smartphones,” *IOP Conf. Ser. Mater. Sci. Eng.*, vol. 830, no. 3, 2020.