

Analisis Output Ground Power Unit Dalam Menyuplai Listrik Pesawat ATR 72-600

Yuditia Ayu Permata Sari^{1*)}, Muhammad Erpandi Dalimunthe², Rahmaniar³

¹Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Pembangunan Panca Budi, Medan

^{2,3}Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Pembangunan Panca Budi, Medan

^{1,2,3}Jl. Jend. Gatot Subroto Km. 4,5 Sei Sikambang, Medan, Sumatera Utara

email: ydtiaayu@gmail.com, erpandi@dosen.pancabudi.ac.id, rahmaniar@dosen.pancabudi.ac.id

Abstract — This study analyzes the output characteristics of a Ground Power Unit (GPU) used to supply electrical power to the ATR 72-600 aircraft, focusing on direct current (DC) voltage, current, and power parameters. The research is motivated by the crucial role of airports in mobility and economic growth, and the essential function of GPUs for aircraft ground operations. The ATR 72-600's reliance on external power sources, due to the absence of an internal Auxiliary Power Unit (APU), serves as the primary justification for this investigation. The research methodology employs a quantitative descriptive approach through comprehensive field observation. Data collection was conducted directly on a TLD GPU-4060 unit connected to an ATR 72-600 aircraft. Primary data were supplemented by technical interviews and relevant literature reviews. Data analysis utilized mathematical calculations to evaluate the GPU's output conformity with the aircraft's technical electrical specifications. The analysis results indicate that the GPU's DC voltage ranged from 27.8 to 28.3 V DC, consistent with the aircraft's specifications (25-28 V DC). Observed currents varied between 100-150 A, yielding actual power consumption of 2.82-4.25 kW. The GPU's continuous power capacity (28.5 kW) significantly exceeds the aircraft's actual power consumption during ground operations, suggesting light load operation and minimal overload risk. Field observations did not identify overvoltage or undervoltage conditions, confirming the effectiveness of the aircraft's Bus Power Control Unit (BPCU) in maintaining stability and protection. However, the GPU's capability to provide high peak current (up to 1,275 A for starting engine) is crucial to prevent operational disruptions.

Abstrak – Penelitian ini menganalisis karakteristik output Ground Power Unit (GPU) yang digunakan untuk menyuplai listrik pesawat ATR 72-600, khususnya pada parameter tegangan, arus, dan daya arus searah (DC). Studi ini dilatarbelakangi oleh peran krusial bandar udara dalam mobilitas dan ekonomi, serta esensialnya GPU untuk operasional pesawat di darat. Ketergantungan ATR 72-600 pada sumber daya eksternal, karena ketiadaannya Auxiliary Power Unit (APU), menjadi justifikasi utama penelitian. Metode penelitian menerapkan pendekatan kuantitatif deskriptif melalui observasi lapangan komprehensif. Pengambilan data dilakukan langsung pada unit GPU tipe TLD GPU-4060 yang terintegrasi dengan pesawat ATR 72-600. Data primer dilengkapi wawancara teknis dan kajian literatur. Analisis data menggunakan perhitungan matematis untuk mengevaluasi kesesuaian output GPU terhadap spesifikasi teknis kelistrikan pesawat. Hasil analisis menunjukkan tegangan DC GPU berkisar 27,8-28,3 V DC, sesuai dengan spesifikasi pesawat (25-28 V DC). Arus teramati 100-150 A menghasilkan daya aktual 2,82-4,25 kW. Kapasitas daya kontinu GPU (28,5 kW) jauh melampaui konsumsi aktual pesawat, mengindikasikan operasional pada beban ringan dan minim risiko *overload*. Observasi lapangan tidak mengidentifikasi *overvoltage* atau *undervoltage*, menegaskan efektivitas Bus Power Control Unit (BPCU) pesawat dalam menjaga stabilitas dan proteksi. Namun, kapabilitas GPU dalam menyediakan arus

puncak tinggi (hingga 1.275 A untuk starting engine) krusial untuk mencegah disrupti operasional.

Kata Kunci – Ground Power Unit, ATR 72-600, Suplai Daya Eksternal, Tegangan DC.

*) penulis korespondensi: Yuditia Ayu Permata Sari

Email: ydtiaayu@gmail.com

I. PENDAHULUAN

Bandar Udara di Indonesia memainkan peran krusial dalam memperlancar mobilitas penduduk, mendorong pertumbuhan ekonomi, serta meningkatkan konektivitas antar pulau dan negara. Bandar Udara adalah kawasan di daratan dan/atau perairan dengan batas-batas tertentu yang digunakan sebagai tempat pesawat udara mendarat dan lepas landas, naik turun penumpang, bongkar muat barang, dan tempat perpindahan intra dan antarmoda transportasi, yang dilengkapi dengan fasilitas keselamatan dan keamanan penerbangan, serta fasilitas pokok dan fasilitas penunjang lainnya[1]. Dalam mendukung aktivitas pesawat saat berada dalam fase *ground operation*, dibutuhkan infrastruktur penunjang berupa *Ground Support Equipment* (GSE), dimana memiliki peran strategis dalam mendukung kegiatan penanganan pesawat, baik saat kedatangan, keberangkatan, maupun selama berada di parking stand [2]. Selama berada di darat, pesawat tetap memerlukan suplai daya untuk menunjang pengoperasian sistem pendukung seperti pencahayaan, pendingin udara, komunikasi darat, dan perangkat navigasi. Suplai daya tersebut umumnya diperoleh melalui *Auxiliary Power Unit* (APU), yaitu sumber daya internal pesawat, atau *Ground Power Unit* (GPU), yang merupakan sumber daya eksternal dari fasilitas GSE.

APU merupakan mesin turboshaft yang memiliki fungsi untuk menyuplai kebutuhan listrik (*electrical*) dan udara bertekanan (*pneumatic*) pada pesawat [3]. APU digunakan saat pesawat berada di darat apabila GPU tidak tersedia dan saat terjadi kondisi darurat selama penerbangan seperti mesin utama (*engine*) tidak beroperasi. Berbeda dari pesawat *wide body* dan *narrow body*, pesawat ATR 72-600 tidak dilengkapi dengan sistem APU. Oleh sebab itu, pesawat ATR 72-600 sangat bergantung pada sumber daya eksternal, seperti GPU selama berada di darat. GPU merupakan salah satu jenis generator yang dapat menghasilkan daya sebesar 28 V DC atau 115 V AC sesuai konfigurasi sistem kelistrikan pesawat. Sistem kelistrikan ATR 72-600 menggunakan arus searah (DC), sehingga GPU yang digunakan mampu memberikan tegangan DC yang stabil dan sesuai spesifikasi, untuk menjaga keandalan sistem elektronik pesawat.

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis karakteristik output GPU dalam menyuplai listrik pesawat ATR 72-600, dengan fokus pada parameter tegangan, arus, dan daya arus

searah (DC) serta mengevaluasi kesesuaian terhadap kebutuhan teknis pesawat ATR 72-600. Melalui analisis ini, diharapkan dapat memberikan kontribusi dalam pengembangan pengetahuan mengenai suplai daya *external* pada pesawat serta mendukung upaya peningkatan keselamatan dan efisiensi operasional penerbangan secara global.

II. PENELITIAN YANG TERKAIT

A. Generator

Generator merupakan suatu mesin yang mengubah energi mekanik atau gerak menjadi energi listrik dengan memanfaatkan proses induksi elektromagnetik [4] dengan menggunakan mesin pembakar internal, seperti mesin bensin atau diesel untuk menggerakkan generator [5]. Prinsip kerja generator didasarkan pada hukum Faraday, yaitu arus listrik akan diinduksikan pada suatu penghantar apabila terjadi perubahan fluks magnetik terhadap penghantar tersebut. Gejala induksi elektromagnetik terjadi dikarenakan adanya beda tegangan antara kedua ujung kumparan yang berada dalam medan magnet yang berubah-ubah [6]. Seperti dijelaskan oleh Kirkland [7], medan magnet yang berubah akan menciptakan medan listrik pada konduktor di sekitarnya, yang mendorong elektron bebas dalam konduktor. Dengan demikian, medan magnet yang berubah tersebut ‘menginduksi’ arus listrik. Kondisi ini menyebabkan timbulnya gaya gerak listrik (GGL) yang dapat dimanfaatkan untuk menghasilkan energi listrik. Besar GGL dipengaruhi oleh jumlah lilitan pada kumparan serta kecepatan perubahan fluks magnetik terhadap waktu. Secara matematis, hubungan ini dirumuskan dengan:

$$e = -N \frac{d\phi}{dt} \dots\dots\dots(1)$$

Dengan:

e = Gaya gerak listrik (Volt)

N = Jumlah lilitan kawat pada kumparan

$\frac{d\phi}{dt}$ = Laju perubahan fluks magnetik (Weber per detik)

dan tanda negatif menunjukkan arah arus induksi yang menentang perubahan fluks (sesuai hukum lenz).

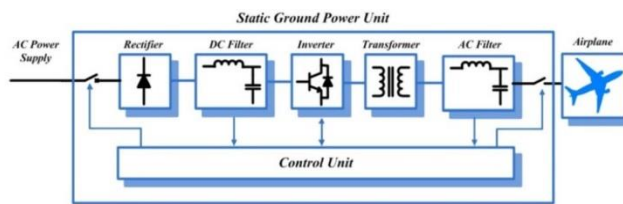
Prinsip ini menjadi dasar utama dalam pembangkitan energi listrik pada sistem generator pesawat terbang, baik untuk sistem arus searah (DC) maupun arus bolak-balik (AC) [8].

B. Ground Power Unit (GPU)

Generator yang umum diaplikasikan dalam industri penerbangan adalah *Ground Power Unit* (GPU). GPU merupakan perangkat eksternal yang digunakan untuk menyuplai daya listrik ke pesawat selama berada di darat, terutama saat berhenti di bandara [9]. GPU memiliki peran penting dalam operasional pesawat di darat, terutama di bandara tempat pesawat melakukan transit atau bermalam (*Remain Over Night/RON*). Selain itu, GPU juga dimanfaatkan dalam kegiatan perawatan di hanggar tanpa harus menghidupkan *engine* pesawat.

GPU tipe TLD GPU-4060 dirancang untuk menghasilkan *output* tegangan sebesar 115/200 V AC pada frekuensi 400 Hz [10]. Unit ini menggunakan generator sinkron tiga fasa dengan sistem *revolving field*. Selain *output* AC, GPU ini juga dilengkapi dengan opsi *output* 28,5 V DC melalui sistem

transformator-penyearah, yang mampu menyuplai arus sebesar 1000 A secara kontinu dan hingga 2500 A pada kondisi puncak.



Gambar 1. Diagram Skematik Static Ground Power Unit

Prinsip kerja GPU dapat dilihat pada diagram skematik pada gambar 1. GPU menggunakan mesin diesel sebagai sumber tenaga untuk menghasilkan listrik yang dikonversi sesuai spesifikasi sistem kelistrikan pesawat. Tegangan AC yang dihasilkan diubah menjadi tegangan DC melalui penyearah (*rectifier*), kemudian disaring oleh filter untuk mengurangi riak arus, sehingga lebih stabil. Selanjutnya, inverter mengubah tegangan DC menjadi AC dengan frekuensi 400 Hz yang disesuaikan level tegangannya melalui transformator menjadi 115/200 V AC. Tegangan ini di filter kembali menggunakan filter LC agar bersih dari gangguan gelombang. Seluruh proses ini dikendalikan oleh *Generator Control Module* (GCM) yang juga berfungsi sebagai sistem proteksi. Daya *output* GPU kemudian disuplai ke pesawat melalui konektor eksternal (*external power receptacle*).

C. Sistem Kelistrikan Pesawat ATR 72-600

ATR merupakan pesawat penumpang bermesin twin-turboprop yang dikembangkan dan diproduksi oleh Avions de Transport Régional (ATR) dirancang untuk melayani penerbangan dengan rute jarak pendek hingga menengah. Sistem kelistrikan pada pesawat ATR terdiri dari tiga jenis yaitu *direct current* (DC) 28 V DC, *alternating current* (AC) 115 V AC / 400 Hz, dan *alternating current* dengan *variable frequency* (ACW) 115 V AC / 341-488 Hz [11]. Ketiga jenis sistem kelistrikan tersebut dialirkan ke seluruh bagian pesawat melalui busbar yang dikontrol oleh *Bus Power Control Unit* (BPCU) [12].



Gambar 2. Main Electrical Power

Saat pesawat berada di darat, sistem kelistrikan yang digunakan berupa *direct current* (DC) yang diperoleh dari starter generator, dari baterai pesawat, atau dari *external power* (GPU). Saat *external power* menyuplai listrik pesawat,

indikator “EXT PWR” yang terdapat pada *overhead panel* akan menyala seperti pada gambar 2. BPCU akan mengatur distribusi ke berbagai bus melalui *contractor* otomatis di antara lain: DC BUS 1 dan DC BUS 2, *load shedding*, *service bus*, *battery start contractor* dan *external power*.

Dengan konfigurasi sistem kelistrikan tersebut, pesawat ATR 72-600 mampu memenuhi kebutuhan daya berbagai sistem kritikal baik dalam kondisi normal maupun darurat. Namun, pada fase operasional di darat, terutama saat mesin utama belum dinyalakan, sumber daya eksternal seperti GPU menjadi komponen penting untuk menjaga kontinuitas suplai listrik, khususnya pada sistem DC. Salah satu pertimbangan penting dalam sistem kelistrikan DC adalah kestabilan tegangan dan kemampuan sumber daya dalam menyesuaikan kebutuhan beban [13]

Penelitian mengenai sistem kelistrikan pada pesawat terbagi menjadi dua pendekatan utama, yaitu sistem kelistrikan internal pesawat (*Engine* dan *APU*) dan sumber daya eksternal (GPU). Salah satu penelitian yang relevan dilakukan oleh Nova dkk [11], yang membandingkan efektivitas tiga jenis starter-generator pada pesawat ATR dengan penekanan pada aspek keandalan dan perawatan komponen kelistrikan di dalam pesawat. Namun, penelitian tersebut belum secara spesifik membahas suplai listrik dari GPU yang digunakan saat pesawat berada di darat.

Pendekatan lain dilakukan oleh Tokarski dkk [14] yang menganalisis kualitas daya listrik GPU, mencakup parameter seperti tegangan, frekuensi, dan gangguan harmonik, tetapi dilakukan di laboratorium dengan GPU militer, sehingga belum merepresentasikan kondisi operasional nyata di bandara atau pada pesawat komersial.

Berdasarkan tinjauan literatur tersebut, terlihat adanya kesenjangan penelitian yang signifikan. Meskipun kontribusi sebelumnya penting dalam bidang kelistrikan penerbangan, belum ada studi yang secara langsung mengevaluasi karakteristik output GPU dari sisi tegangan, arus, dan daya DC yang benar-benar disuplai ke pesawat ATR 72-600 dalam kondisi operasional lapangan. Oleh karena itu, penelitian ini berupaya mengisi kesenjangan tersebut dengan melakukan analisis langsung terhadap parameter output GPU dan mengevaluasi kesesuaiannya dengan spesifikasi teknis sistem kelistrikan pesawat ATR 72-600.

III. METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif deskriptif, dengan metode observasi lapangan. Data dan informasi hasil observasi lapangan akan dilakukan analisis data teknis menggunakan perhitungan matematis untuk mengevaluasi kesesuaian *output Ground Power Unit* (GPU) terhadap spesifikasi teknis sistem kelistrikan pesawat ATR 72-600, serta didukung oleh hasil wawancara dan studi literatur dari dokumen dan referensi terkait.

Untuk memperoleh data yang sesuai dengan fokus penelitian, peneliti melakukan pengamatan secara langsung di area Apron Bandar Udara Internasional Kualanamu sebagai lokasi pengumpulan data. Pengumpulan data secara dokumentatif dilakukan melalui kajian terhadap literatur berupa buku dan jurnal yang relevan dengan topik penelitian. Wawancara dilakukan untuk mendapatkan data tentang konfigurasi sistem kelistrikan pada pesawat ATR 72-600, beban yang digunakan pesawat selama fase *ground operation*, serta kendala yang terjadi apabila kinerja GPU tidak maksimal.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Hasil Pengambilan Data *Output Ground Power Unit*
Pengambilan data dilakukan secara langsung pada unit GPU tipe TLD GPU-4060 saat terhubung ke pesawat ATR 72-600 selama lima hari di area apron Bandar Udara Internasional Kualanamu. Pada fase *ground operation*, GPU menyuplai kebutuhan listrik berupa sistem komunikasi, pencahayaan, ventilasi, serta panel indikator dan kontrol pada sistem *fueling*, *door*, *pneumatic*, *hydraulic*.

Daya listrik dapat diartikan sebagai jumlah energi listrik yang digunakan dalam satu satuan waktu untuk menunjang operasional sistem kelistrikan pesawat [15]. Secara matematis, daya dapat diturunkan dari hubungan tegangan dan arus listrik, yang dirumuskan sebagai :

$$P = V \times I \dots\dots\dots(3)$$

Keterangan :

P : Daya (Watt)

V : Tegangan (Volt)

I : Arus (Ampere)

GPU tipe GPU-4060 buatan TLD memiliki tegangan 28,5 V DC dengan arus kontinu sebesar 1.000 Ampere, dan arus puncak hingga 2.500 Ampere [10]. Dengan menggunakan persamaan daya diatas, diperoleh kapasitas GPU sebagai berikut :

$$P = 28,5 \times 1000$$

$$= 28.500 \text{ Watt} = 28,5 \text{ kW untuk kapasitas daya kontinu}$$

$$P = 28,5 \times 2500$$

$$= 71.250 \text{ Watt} = 71,2 \text{ kW untuk kapasitas daya puncak}$$

TABEL I
TEGANGAN DAN ARUS OUTPUT GPU

Tanggal	Tegangan (V DC)	Arus (A)	Daya (kW)
16 Juni 2025	28,1	140	3,93
17 Juni 2025	28,3	150	4,25
18 Juni 2025	28,1	100	2,81
19 Juni 2025	27,8	120	3,34
20 Juni 2025	28,3	150	4,25

Berdasarkan pada tabel 1, hasil pengamatan menunjukkan bahwa tegangan DC yang dihasilkan oleh GPU berada dalam range 27,8 hingga 28,3 V DC, sedangkan untuk arus bervariasi antara 100 hingga 150 A, tergantung pada beban operasional pesawat. Daya *output* GPU menunjukkan nilai berkisar antara 2,81 kW hingga 4,25 kW. Nilai tersebut menunjukkan kondisi beban ringan hingga sedang saat pesawat berada pada fase *ground operation*.

B. Kesesuaian Output GPU terhadap spesifikasi *external power* pesawat ATR 72-600

Merujuk pada hasil studi literatur, pesawat secara teknik dirancang dapat menerima tegangan 28 V DC dari GPU melalui *external power receptacle*. GPU dan baterai pada pesawat memiliki jalur distribusi daya DC yang sama. Mengacu pada *Aircraft Maintenance Manual* ATR 72-600[12], indikator tegangan baterai menunjukkan nilai normal antara 25 hingga 28 V DC tanpa beban, dan 28 V DC saat berbeban. Nilai tersebut menggambarkan rentang tegangan

yang dianggap aman oleh BPCU, khususnya pada jalur distribusi daya DC. Berdasarkan hasil analisis data output GPU, menunjukkan bahwa nilai tegangan yang dihasilkan GPU berada dalam rentang yang dianggap aman dan sesuai dengan parameter sistem.

Kapasitas daya kontinu dari GPU yang digunakan dalam penelitian ini sebesar 28,5 kW. Dari hasil pengambilan data selama pesawat menggunakan *external power*, menunjukkan bahwa daya aktual yang dikonsumsi hanya berkisar antara 2,81 kW hingga 4,25 kW. Nilai tersebut menunjukkan bahwa GPU hanya digunakan sebesar $\pm 10\% - 15\%$ dari kapasitas kontinu, dimana GPU bekerja jauh dari risiko kelebihan beban (*overload*).

C. Pengaruh Variasi Tegangan dan Arus terhadap Sistem Kelistrikan Pesawat ATR 72-600

Sistem kelistrikan, secara umum dirancang untuk mengatasi kondisi transien akibat hubungan singkat yang dapat menyebabkan lonjakan arus tinggi dan penurunan tegangan drastis, berpotensi merusak komponen elektronik bahkan menyebabkan kegagalan sistem secara keseluruhan [16]. Merujuk pada hasil wawancara dengan *engineer* yang telah memiliki otorisasi pesawat ATR 72-600, diketahui bahwa sistem kelistrikan pesawat ATR 72-600 telah dilengkapi dengan mekanisme proteksi otomatis yaitu Bus Power Control Power (BPCU) yang dapat mendeteksi kondisi tegangan tidak normal, seperti *overvoltage* atau *undervoltage*, dan meresponsnya dengan membuka atau menutup *Bus Tie Breakers* (BTB) *external power* ke DC Bus [8]. Proteksi ini bertujuan untuk mencegah kerusakan pada perangkat avionik dan sistem distribusi daya pesawat. Pada saat proses pengambilan data di lapangan, tidak ditemukan kondisi *overvoltage* maupun *undervoltage* pada output GPU saat menyuplai listrik pesawat ATR 72-600. Hal ini menunjukkan bahwa GPU yang digunakan telah beroperasi dengan baik dan tidak memicu sistem proteksi BPCU.

Dari hasil wawancara teknis juga diperoleh informasi adanya kasus dimana terjadi kegagalan pada proses starting engine akibat GPU tidak mampu memenuhi kebutuhan arus sistem *starter-generator*, yang memerlukan suplai hingga 1.275 A pada kondisi puncak [12]. Meskipun kejadian tersebut melibatkan GPU dengan tipe berbeda dari unit yang digunakan dalam penelitian ini, kondisi tersebut menunjukkan bahwa beban puncak saat starting engine menjadi faktor krusial yang memerlukan suplai arus yang stabil dan mencukupi.

V. KESIMPULAN

Analisis karakteristik *output Ground Power Unit* (GPU) untuk pesawat ATR 72-600 menunjukkan bahwa tegangan *direct current* (DC) yang dihasilkan oleh GPU berkisar antara 27,8 hingga 28,3 V DC, sesuai dengan spesifikasi pesawat ATR 72-600 yang memerlukan tegangan normal antara 25 hingga 28 V DC. Kapasitas daya kontinu GPU tipe TLD GPU-4060 sebesar 28,5 kW jauh melampaui konsumsi daya aktual pesawat selama *ground operation* yang hanya berkisar antara 2,82 kW hingga 4,25 kW, menunjukkan bahwa GPU beroperasi pada beban ringan dan terhindar dari risiko *overload*. Selama pengamatan di lapangan, tidak ditemukan kondisi *overvoltage* maupun *undervoltage*, mengindikasikan *Bus Power Control Unit* (BPCU) pada pesawat berkerja efektif dalam menjaga stabilitas dan proteksi sistem kelistrikan pada pesawat ATR 72-600. Meskipun demikian, penting untuk memastikan kemampuan GPU dalam menyuplai arus puncak yang tinggi,

terutama untuk proses starting engine yang membutuhkan hingga 1.275 A, guna mencegah kegagalan operasional sistem kelistrikan pesawat.

UCAPAN TERIMA KASIH

Dengan segala kerendahan hati, penulis menghaturkan syukur yang tak terhingga kepada Tuhan Yang Maha Esa atas segala limpahan rahmat-Nya. Terima kasih yang mendalam disampaikan kepada orang tua tercinta atas kasih sayang, perhatian dan doa yang tak pernah berhenti. Penghargaan setinggi-tingginya juga diberikan kepada Bapak/Ibu Ketua Program Studi, Dosen Pembimbing yang senantiasa membimbing, dan Dosen Penguji atas evaluasi yang membangun. Dukungan dari teman-teman, motivasi dan pengertian dari seseorang yang berharga, dan kontribusi dari seluruh pihak yang terlibat langsung dalam penelitian ini juga sangat berarti bagi penulis.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] "UU Nomor 1 Penerbangan," 2009.
- [2] "KP 635 Peralatan Penunjang Pelayanan Darat Pesawat Udara dan Kendaraan Operasional yang Beroperasi di Sisi Udara," 2015.
- [3] U. Ahmed, F. Ali, dan I. Jennions, "A Review of Aircraft Auxiliary Power Unit Faults, Diagnostics and Acoustic Measurements," 1 Juli 2021, *Elsevier Ltd.* doi: 10.1016/j.paerosci.2021.100721.
- [4] A. S. Y. Cristianto dan S. Yuwono, "Sistem Catu Daya Lampu Led Pada Sepeda Kayuh (Led Power Supply System On Bicycle)," 2020, hlm. 77.
- [5] M. Munawar Sajali Tanjung, M. Erpandi Dalimunthe, Y. Saragih, P. Studi Teknik Elektro, F. Sains dan Teknologi, dan U. Singaperbangsa Karawang, "ANALISIS KEANDALAN GENERATOR SET (GENSET) SEBAGAI POWER SUPPLY DARURAT APLIKASI PADA SISTEM KELISTRIKAN KAMPUS 3 UNPAB", [Daring]. Tersedia pada: <http://jti.aisyahuniversity.ac.id/index.php/AJIEE>
- [6] S. Suropto, *Sistem Tenaga Listrik*. LP3M UMY, 2017.
- [7] Kyle. Kirkland, *Electricity and magnetism*. Facts On File, 2007.
- [8] M. Tooley dan D. Wyatt, *Aircraft Electrical and Electronic Systems*. Elsevier Ltd, 2009.
- [9] M. Abarzadeh, H. M. Kojabadi, dan L. Chang, "A modified static ground power unit based on novel modular active neutral point clamped converter," *IEEE Trans Ind Appl*, vol. 52, no. 5, hlm. 4243–4256, Sep 2016, doi: 10.1109/TIA.2016.2584583.
- [10] *Operation & Maintenance Manual for GPU-4060 Ground Power Unit TLD*. TLD, 2009.
- [11] M. A. Nova, L. G. J. Putra, dan Z. F. Emzain, "Komparasi Efektivitas Tiga Tipe Starter Generator yang Digunakan Pada Engine Pesawat ATR," *AVITEC*, vol. 3, no. 2, hlm. 131, Jul 2021, doi: 10.28989/avitec.v3i2.1027.
- [12] "MAINTENANCE MANUAL ATR 42-400/500/72-212A (PWC PW120) ATA 24 ELECTRICAL POWER," 2018.
- [13] M. E. Dalimunthe, Z. Lubis, E. Sutejo, dan dkk, "Analisis Solar Cell Sebagai Sumber Energi Alternatif Pada Gedung I Universitas Pembangunan Panca Budi," 2023.

- [14] T. Tokarski, S. Michalak, B. Kaczmarek, M. Zieja, dan T. Polus, "Power Quality in the Context of Aircraft Operational Safety," *Energies (Basel)*, vol. 18, no. 8, Apr 2025, doi: 10.3390/en18081945.
- [15] S. Mendrofa, M. E. Dalimunthe, dan Rahmaniari, "The Analysis of Performance Reliability Electric Power System in 20 Kv Distribution Network in PT. PLN," *Journal of Computer Science, Information Technology and Telecommunication Engineering*, Feb 2025, doi: 10.30596/jcositte.v6i1.23677.
- [16] Abd. Hakim Butar-Butar, Agus Junaidi, Marwan Afandi, Sempurna Perangin-Angin, dan Rahmaniari, "Modeling and Analysis of Asymmetrical Faults for Relay Settings in Electric Power Protection System Learning," *Britain International of Exact Sciences (BioEx) Journal*, vol. 4, no. 3, hlm. 220–231, 2022, doi: 10.33258/bioex.v4i3.757.