

Analisis Tahanan Isolasi pada Jaringan *Runway Edge Light* di Bandara Gewayantana Larantuka

Axal Nurfauzi¹ Iwan Koswara² Edy Kurniawan³

Program Studi Diploma IV Teknik Listrik Bandara, Politeknik Penerbangan Indonesia Curug,
Tangerang, Banten, Indonesia^{1,2,3}

Email: axal.nurfauzi@gmail.com¹ iwanatkp17@gmail.com² edysiregar80@gmail.com³

Abstrak

Runway Edge Light merupakan komponen Airfield Lighting System yang membantu pilot mengenali batas landasan pacu, terutama pada malam hari atau saat jarak pandang terbatas, sehingga keandalan tahanan isolasi jaringannya sangat menentukan keselamatan operasional penerbangan. Berdasarkan laporan Unit Listrik Bandara Gewayantana Larantuka, teridentifikasi indikasi gangguan pada jaringan Circuit Runway Edge Light yang berpotensi menimbulkan kebocoran arus dan membahayakan keselamatan penerbangan, namun kondisi tahanan isolasinya belum pernah diukur dan dianalisis secara terukur, sehingga kelayakan operasionalnya belum dapat dipastikan. Penelitian ini bertujuan mengetahui nilai tahanan isolasi pada jaringan Runway Edge Light di Bandara Gewayantana Larantuka serta kesesuaiannya dengan standar yang berlaku. Metode yang digunakan adalah deskriptif kuantitatif melalui studi literatur, observasi visual kondisi fisik jaringan, dan pengukuran tahanan isolasi menggunakan insulation tester bertegangan uji 5.000 Vdc pada lima titik uji setiap circuit, dilengkapi analisis data Earth Fault Detector (EFD) periode Mei–Juni 2026 serta uji penyiraman air pada bak trafo untuk memastikan sumber kebocoran. Hasil pengukuran menunjukkan tahanan isolasi rangkaian sebesar 11,8 MΩ pada Circuit 1 dan 0,0 MΩ pada Circuit 2, keduanya berada jauh di bawah nilai minimum 50 MΩ yang dipersyaratkan PR 26 Tahun 2022. Observasi fisik menemukan bak trafo kotor dan tergenang air tanpa penutup pada 20 titik, enam konektor kabel dalam kondisi buruk, dua sambungan konektor tanpa isolasi, serta satu trafo seri dengan kabel primer putus pada Circuit 2. Temuan ini menunjukkan Circuit 2 tidak dapat beroperasi secara normal, sedangkan Circuit 1 masih berfungsi meskipun kualitas isolasinya menurun. Dengan demikian, jaringan Runway Edge Light di Bandara Gewayantana Larantuka belum memenuhi standar kelayakan tahanan isolasi sehingga memerlukan tindakan perbaikan dan pemeliharaan segera guna menjaga keandalan dan keselamatan operasional penerbangan.

Kata Kunci: Bandara Gewayantana, PR 26 Tahun 2022, Runway Edge Light, Tahanan Isolasi



This work is licensed under a [Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/).

PENDAHULUAN

Bandara Gewayantana yang berlokasi di Desa Tiwatobi, Kecamatan Ile Mandiri, Kabupaten Flores Timur, Provinsi Nusa Tenggara Timur, merupakan salah satu bandar udara di bawah pengelolaan Direktorat Jenderal Perhubungan Udara yang melayani rute reguler Larantuka–Kupang setiap hari. Pada sisi udara bandara ini terdapat Airfield Lighting System (ALS), yaitu alat bantu pendaratan visual yang membantu pesawat melakukan pendaratan, lepas landas, dan taxi secara aman (SKEP/114/VI/2002). Salah satu komponen ALS adalah Runway Edge Light, yaitu rangkaian lampu di sepanjang tepi kiri dan kanan landasan pacu yang membantu pilot mengenali batas runway, terutama pada malam hari, cuaca buruk, atau jarak pandang terbatas. Sistem ini umumnya dioperasikan melalui rangkaian seri (constant current regulator) yang dihubungkan dengan kabel bawah tanah dan isolating transformer pada setiap titik lampu, sehingga rentan mengalami penurunan tahanan isolasi akibat kelembapan dan masuknya air ke bagian konektor (Koswara et al., 2025). Beberapa penelitian terdahulu telah mengkaji tahanan isolasi pada jaringan Airfield Lighting System dengan hasil yang bervariasi

antar lokasi. Koswara et al. (2025) menemukan nilai EFD pada CCR rata-rata di bawah 10 MΩ, namun pengukuran langsung dari ujung ke ujung kabel menunjukkan nilai di atas 50 MΩ, yang mengindikasikan pentingnya verifikasi silang antara pembacaan EFD dan pengukuran langsung. Desryanto et al. (2024) melaporkan tahanan isolasi hanya sekitar 10 kΩ pada jaringan yang mengalami lampu padam, jauh di bawah standar 40 MΩ, dan menyimpulkan bahwa penurunan isolasi dipengaruhi kombinasi kondisi lingkungan, metode pemasangan, dan usia komponen. Sebaliknya, Bahtiar dan Soebiantoro (2025) mendapati nilai tahanan isolasi kabel approach light di Bandar Udara Abdulrachman Saleh berkisar 40–42 MΩ yang masih memenuhi standar untuk panjang jaringan 3.000–6.000 m. Kajian yang berfokus pada Constant Current Regulator (Situmeang et al., 2024) maupun pada instalasi penerangan rumah tangga (Utama, 2024) turut menegaskan bahwa keandalan sistem penerangan sangat bergantung pada kondisi fisik komponen dan konsistensi perawatan berkala. Kajian-kajian tersebut menunjukkan bahwa nilai tahanan isolasi Airfield Lighting System sangat spesifik terhadap lokasi dan kondisi lapangan, sehingga tidak dapat digeneralisasi antarbandara.

Sejauh ini belum tersedia data pengukuran maupun analisis tahanan isolasi pada jaringan Runway Edge Light di Bandara Gewayantana Larantuka, meskipun Unit Listrik bandara telah melaporkan indikasi gangguan pada Circuit Runway Edge Light jalur CCR menuju Runway 10 dan perawatan preventif maupun korektif yang telah dilakukan belum menuntaskan gangguan yang berulang. Kesenjangan inilah yang menjadi dasar orisinalitas penelitian ini, yaitu belum adanya pengujian dan analisis tahanan isolasi yang terukur pada jaringan tersebut, sehingga kelayakan operasionalnya belum dapat dipastikan secara ilmiah. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui nilai tahanan isolasi pada jaringan Runway Edge Light di Bandara Gewayantana Larantuka serta kesesuaiannya dengan standar nasional PR 26 Tahun 2022 dan standar internasional ICAO, sebagai dasar evaluasi kondisi kabel dan rekomendasi tindakan pemeliharaan yang tepat guna menjaga keandalan dan keselamatan operasional sistem penerangan runway.

Penelitian Terdahulu yang Relevan

No	Penulis/ Tahun	Judul	Tujuan	Metode	Hasil	Kontribusi dan Relevansi
1	Koswara, Soebiantoro, & Baihaqi (2025)	Airfield Lighting pada Runway Edge	Mengukur tahanan isolasi jaringan Runway Edge Light melalui tampilan EFD pada CCR	Pembacaan EFD pada CCR dan verifikasi dengan insulation tester (megger)	Nilai EFD pada CCR rata-rata < 10 MΩ, tetapi pengukuran langsung ujung-ke-ujung kabel > 50 MΩ	Menegaskan perlunya verifikasi silang EFD dengan pengukuran langsung, menjadi dasar desain metode penelitian ini
2	Desryanto dkk. (2024)	Analisis gangguan lampu padam dan tahanan isolasi jaringan Runway Edge Light*	Menganalisis penyebab lampu padam/redup pada Circuit 2 Runway Edge Light	Pengukuran tahanan isolasi jaringan	Tahanan isolasi ± 10 kΩ, jauh di bawah standar 40 MΩ	Menunjukkan penurunan isolasi dipengaruhi kombinasi lingkungan, metode pemasangan, dan usia komponen
3	Bahtiar & Soebiantoro (2025)	Analisis Tahanan Isolasi Kabel dan Trafo Approach Light pada Runway 35 di Bandar Udara Abdulrachman Saleh	Menguji tahanan isolasi kabel dan trafo approach light	Pengukuran dengan megger insulation tester pada kabel FL2XCY dan trafo	Nilai tahanan isolasi 40–42 MΩ, memenuhi standar minimum PR 26 Tahun 2022	Pembanding kondisi jaringan yang masih laik operasi terhadap kasus pada penelitian ini
4	Situmeang dkk. (2024)	Analisis Sistem Constant Current Regulator pada Airfield Lighting System di Bandar Udara	Mengevaluasi kesesuaian kapasitas CCR terhadap beban Airfield Lighting System	Observasi lapangan, pemeriksaan dokumen, dan analisis data pengukuran	Kapasitas CCR terpasang masih mencukupi hingga 80% dari kapasitas nominal	Melengkapi aspek kelistrikan CCR yang menjadi sumber arus konstan bagi jaringan Runway Edge Light

5	Utama (2024)	Pengujian Tahanan Isolasi Instalasi Penerangan Rumah Tangga di Desa Air Merah, Kabupaten Rejang Lebong	Menguji kesesuaian tahanan isolasi instalasi penerangan terhadap SNI 0225:2011	Pengukuran dengan megger SANWA MG1000 pada instalasi 450 VA dan 900 VA	Tahanan isolasi memenuhi standar, tetapi penambahan instalasi tidak standar berisiko menurunkan isolasi	Menguatkan pentingnya perawatan berkala sebagai faktor penjaga keandalan isolasi jaringan kelistrikan
---	--------------	--	--	--	---	---

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan metode deskriptif kuantitatif dan dilaksanakan pada jaringan instalasi Runway Edge Light di Bandara Gewayantana Larantuka sejak April hingga Agustus 2026. Objek penelitian difokuskan pada jaringan Circuit Runway Edge Light dari CCR menuju Runway 10, dengan lima titik uji (per gawang) yang ditentukan pada masing-masing circuit. Pengumpulan data dilakukan melalui tiga teknik, yaitu studi literatur untuk menelusuri landasan teori dan penelitian relevan; observasi visual terhadap kondisi fisik jaringan meliputi CCR, bak trafo, konektor kabel, dan kondisi nyala lampu; serta pengukuran dan pengujian tahanan isolasi menggunakan insulation continuous tester (megger) dengan tegangan uji 5.000 Vdc selama 30 detik pada setiap titik uji. Data pendukung berupa catatan nilai Earth Fault Detector (EFD) periode Mei–Juni 2026 diperoleh dari logbook CCR Unit Listrik Bandara Gewayantana, dan dilengkapi dengan pengujian penyiraman air pada bak trafo untuk mengonfirmasi sumber kebocoran arus pada konektor kabel. Data lapangan yang diperoleh dicatat, diberi kode identifikasi berdasarkan circuit dan titik uji, kemudian dikelompokkan menurut circuit, segmen atau titik uji, dan kondisi/nilai hasil pengukuran. Analisis data dilakukan secara deskriptif untuk menggambarkan kondisi tahanan isolasi jaringan secara umum, kemudian dibandingkan dengan nilai minimum tahanan isolasi sebesar 50 MΩ yang dipersyaratkan Peraturan Direktur Jenderal Perhubungan Udara Nomor PR 26 Tahun 2022 tentang Pedoman Teknik Operasional Keselamatan Penerbangan Sipil untuk runway sepanjang kurang dari 3.000 meter.

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Hasil Penelitian

Penelitian ini dilakukan di Bandara Gewayantana Larantuka, pada jaringan Runway Edge Light dari CCR menuju Runway 10 yang terdiri atas 55 unit lampu tepi landasan, termasuk 5 unit lampu turning area, terbagi ke dalam dua rangkaian circuit. Data Earth Fault Detector (EFD) pada logbook CCR periode Mei–Juni 2026 diolah secara deskriptif untuk melihat kecenderungan kebocoran arus ke tanah pada masing-masing circuit (Tabel 1). Pada bulan Mei 2026, Circuit 1 memiliki nilai EFD rata-rata 0,011 MΩ (rentang 0,00–0,07 MΩ), sedangkan Circuit 2 sebesar 0,028 MΩ (rentang 0,00–0,05 MΩ). Pada bulan Juni 2026, nilai rata-rata Circuit 1 relatif tetap pada 0,01 MΩ, sementara Circuit 2 meningkat menjadi 0,067 MΩ (rentang 0,05–0,08 MΩ), yang mengindikasikan kecenderungan penurunan kualitas isolasi pada Circuit 2 seiring waktu.

Tabel 1. Statistik Deskriptif Nilai EFD Bulan Mei–Juni 2026

Circuit	Bulan	Rata-rata (MΩ)	Minimum (MΩ)	Maksimum (MΩ)
Circuit 1	Mei 2026	0,011	0,00	0,07
Circuit 1	Juni 2026	0,01	0,01	0,01
Circuit 2	Mei 2026	0,028	0,00	0,05
Circuit 2	Juni 2026	0,067	0,05	0,08

Observasi kondisi fisik jaringan dilakukan terhadap bak trafo, konektor kabel, isolasi kabel, dan trafo seri di sepanjang jalur Circuit 1 dan Circuit 2. Hasil observasi menemukan 20 titik bak trafo dalam kondisi kotor, tergenang air, dan tanpa penutup (8 titik di sisi Runway 10 dan 12 titik di sisi Runway 28); 6 titik konektor kabel dalam kondisi buruk (3 titik di setiap sisi runway); 2 titik sambungan konektor tanpa pelindung isolasi; serta 1 titik kerusakan trafo seri berupa kabel primer yang putus pada Circuit 2 (Tabel 2).

Tabel 2. Rekapitulasi Temuan Kondisi Fisik Jaringan Circuit Runway Edge Light

No	Faktor/Komponen yang Diamati	Jumlah Titik Temuan	Circuit Terdampak
1	Bak trafo kotor dan tanpa penutup	8 sisi RW 10; 12 sisi RW 28	Circuit 1 dan 2
2	Konektor kabel kondisi buruk	3 sisi RW 10; 3 sisi RW 28	Circuit 1 dan 2
3	Sambungan konektor tanpa isolasi	2 sisi RW 10	Circuit 1 dan 2
4	Trafo seri rusak (kabel primer putus)	1 sisi RW 10	Circuit 2

Pengukuran tahanan isolasi rangkaian penghantar dengan insulation tester menunjukkan nilai 11,8 MΩ pada Circuit 1 dan 0,0 MΩ pada Circuit 2, yang keduanya berada di bawah nilai minimum yang dipersyaratkan (Tabel 3). Pengukuran diperdalam pada lima titik segmen setiap circuit (Tabel 4). Pada Circuit 1, seluruh 5 segmen tidak memenuhi standar dengan nilai rata-rata 0,12 MΩ (rentang 0,0–0,3 MΩ). Pada Circuit 2, nilai rata-rata segmen tercatat 21,38 MΩ, tetapi hanya satu dari lima segmen (C2G2 = 91,8 MΩ) yang memenuhi standar, sedangkan segmen C2G1 tercatat 0,0 MΩ dan sejalan dengan hasil pengukuran rangkaian keseluruhan Circuit 2. Secara akumulatif, dari 10 titik pengukuran segmen pada kedua circuit, hanya 1 titik yang memenuhi standar.

Tabel 3. Hasil Pengukuran Tahanan Isolasi Rangkaian

Runway Edge Light	Nilai	Keterangan
Circuit 1	11,8 MΩ	Tidak memenuhi standar
Circuit 2	0,0 MΩ	Tidak memenuhi standar

Tabel 4. Hasil Pengukuran Tahanan Isolasi Tiap Segmen

Segmen	Nilai (MΩ)	Keterangan	Segmen	Nilai (MΩ)	Keterangan
C1G1	0,3	Tidak memenuhi	C2G1	0,0	Tidak memenuhi
C1G2	0,0	Tidak memenuhi	C2G2	91,8	Memenuhi
C1G3	0,1	Tidak memenuhi	C2G3	4,7	Tidak memenuhi
C1G4	0,1	Tidak memenuhi	C2G4	5,6	Tidak memenuhi
C1G5	0,1	Tidak memenuhi	C2G5	4,8	Tidak memenuhi

Catatan: standar minimum tahanan isolasi menurut PR 26 Tahun 2022 untuk panjang runway < 3.000 m adalah 50 MΩ.

Untuk mengidentifikasi sumber kebocoran, dilakukan pengujian penyiraman air pada lima bak trafo yang mewakili masing-masing circuit, dilanjutkan dengan pengukuran nilai EFD (Tabel 5). Hasil menunjukkan nilai EFD Circuit 1 sebesar 0,01 MΩ dan Circuit 2 sebesar 0,07 MΩ, relatif sama dengan rata-rata EFD bulan Juni 2026 sebelum penyiraman.

Tabel 5. Nilai EFD Setelah Penyiraman Bak Trafo

Runway Edge Light	Nilai
Circuit 1	0,01 MΩ
Circuit 2	0,07 MΩ

Tabel 6. Perbandingan Nilai EFD, Hasil Pengukuran, dan Standar PR 26 Tahun 2022 (20 Juni 2026)

Runway Edge Light	Nilai EFD	Nilai Pengukuran	Nilai Min. PR 26/2022	Keterangan
Circuit 1	0,01 MΩ	11,8 MΩ	50 MΩ	Tidak memenuhi standar
Circuit 2	0,07 MΩ	0,0 MΩ	50 MΩ	Tidak memenuhi standar

Tabel 7. Matriks Peringkat Faktor Kritis Tahanan Isolasi Circuit Runway Edge Light

No	Faktor Kritis	Circuit Terdampak	Kategori
1	Bak trafo kotor dan tanpa penutup	Circuit 1 dan 2	Faktor kritis utama
2	Konektor kabel kondisi buruk	Circuit 1 dan 2	Faktor kritis sekunder
3	Sambungan konektor tanpa isolasi	Circuit 1 dan 2	Faktor pendukung
4	Trafo seri rusak (kabel primer putus)	Circuit 2	Faktor kritis lokal

Pembahasan

Peraturan Direktur Jenderal Perhubungan Udara Nomor PR 26 Tahun 2022 tentang Pedoman Teknik Operasional Keselamatan Penerbangan Sipil menetapkan nilai minimum tahanan isolasi instalasi kelistrikan bandar udara untuk panjang runway kurang dari 3.000 meter sebesar 50 M Ω . Berdasarkan hasil analisis deskriptif kuantitatif terhadap 12 titik pengujian (2 pengukuran rangkaian keseluruhan dan 10 pengukuran segmen), hanya 1 titik yang memenuhi ketentuan tersebut, sedangkan 11 titik lainnya tidak memenuhi standar. Dengan demikian, jaringan instalasi Circuit Runway Edge Light di Bandar Udara Gewayantana Larantuka dinyatakan tidak memenuhi persyaratan keselamatan operasional penerbangan sipil. Kesesuaian nilai terendah pada segmen C2G1 (0,0 M Ω) dengan hasil pengukuran rangkaian keseluruhan Circuit 2 mengindikasikan bahwa titik gangguan atau kebocoran utama pada Circuit 2 kemungkinan besar berlokasi di sekitar segmen tersebut. Temuan ini sejalan dengan hasil observasi fisik, yaitu banyaknya kerusakan yang terkait dengan Circuit 2, khususnya trafo seri yang mengalami kabel primer putus. Selisih nilai EFD yang tidak signifikan sebelum dan sesudah pengujian penyiraman bak trafo turut menunjukkan bahwa kebocoran arus ke tanah pada jaringan bersifat kronis, bukan disebabkan secara akut oleh air pada saat pengujian, sehingga memperkuat dugaan bahwa kondisi bak trafo yang kotor dan tidak tertutup, serta konektor dan isolasi yang rusak, menjadi penyebab utama menurunnya nilai tahanan isolasi jaringan.

Temuan ini selaras dengan hasil penelitian Desryanto et al. (2024) yang juga menunjukkan bahwa penurunan tahanan isolasi Runway Edge Light dipengaruhi kombinasi kondisi lingkungan, metode pemasangan, dan usia komponen, bukan oleh satu faktor tunggal. Sebaliknya, kondisi jaringan pada penelitian ini lebih kritis dibandingkan hasil Bahtiar dan Soebiantoro (2025) yang mendapati nilai tahanan isolasi approach light di Bandar Udara Abdulrachman Saleh tetap memenuhi standar (40–42 M Ω), menunjukkan bahwa nilai tahanan isolasi Airfield Lighting System sangat bergantung pada kondisi perawatan spesifik tiap lokasi. Temuan Koswara et al. (2025) bahwa pembacaan EFD pada CCR dapat berbeda signifikan dari hasil pengukuran langsung juga tercermin pada penelitian ini, di mana nilai EFD Circuit 1 (0,01–0,07 M Ω) jauh lebih rendah dibandingkan hasil pengukuran langsung rangkaian (11,8 M Ω), sehingga menegaskan pentingnya verifikasi langsung menggunakan insulation tester dan tidak hanya mengandalkan pembacaan EFD pada CCR. Secara keseluruhan, hasil pengujian dan analisis memperkuat kesimpulan bahwa jaringan instalasi Circuit Runway Edge Light di Bandar Udara Gewayantana Larantuka berada dalam kondisi tidak laik operasi ditinjau dari aspek tahanan isolasi, dan memerlukan tindakan pemeliharaan serta perbaikan segera pada bak trafo, konektor, isolasi kabel, dan trafo seri, guna mengembalikan nilai tahanan isolasi ke kondisi yang memenuhi standar keselamatan operasional penerbangan sipil yang berlaku.

KESIMPULAN

Hasil pengujian dan analisis menunjukkan bahwa Circuit 2 pada jaringan Runway Edge Light Bandara Gewayantana Larantuka tidak dapat beroperasi secara normal, dengan nilai tahanan isolasi rangkaian keseluruhan sebesar 0,0 M Ω dan hanya satu dari lima segmen yang memenuhi standar, sedangkan Circuit 1 masih dapat berfungsi meskipun kualitas isolasinya

menurun dan berada di bawah nilai minimum yang dipersyaratkan. Kondisi ini didukung oleh temuan kerusakan fisik berupa enam titik konektor kabel rusak, dua titik sambungan konektor tanpa isolasi, satu kabel primer trafo seri yang putus, serta dua puluh titik bak trafo yang kotor, tergenang air, dan tanpa penutup. Dengan demikian, jaringan Runway Edge Light Bandara Gewayantana Larantuka belum memenuhi standar kelayakan tahanan isolasi sesuai PR 26 Tahun 2022, sehingga diperlukan perbaikan segera terhadap komponen yang rusak, penutupan dan perbaikan drainase bak trafo, serta inspeksi dan pencatatan nilai tahanan isolasi dan EFD secara berkala sebagai bagian dari preventive maintenance untuk mendeteksi gangguan sejak dini dan menjaga keandalan serta keselamatan operasional penerbangan. Penelitian selanjutnya disarankan memperluas titik uji ke seluruh gawang runway serta mengkaji korelasi kuantitatif antara usia komponen dan laju penurunan tahanan isolasi. Penulis mengucapkan terima kasih kepada Politeknik Penerbangan Indonesia Curug, Unit Listrik Bandara Gewayantana Larantuka, serta dosen pembimbing atas dukungan data dan arahan selama penelitian ini berlangsung.

DAFTAR PUSTAKA

- Bahtiar, M., & Soebiantoro, R. (2025). Analisis tahanan isolasi kabel dan trafo approach light pada Runway 35 di Bandar Udara Abdulrachman Saleh. *Jurnal Teknik Penerbangan*, 1(2), 73–81.
- Federal Aviation Administration. (2019). AC 150/5345-28H: Precision approach path indicator (PAPI) systems. U.S. Department of Transportation.
- Husaini, A. A. B., Widiarto, H., & Soebiantoro, R. (2023). Rancang bangun tranformator pit untuk runway edge light. Politeknik Penerbangan Indonesia Curug.
- International Civil Aviation Organization. (2018). Annex 14 to the convention on international civil aviation: Aerodromes volume I – Aerodrome design and operations (8th ed.). ICAO.
- Kerlinger, F. N. (2006). Asas-asas penelitian behavioral (Edisi ke-3). Gadjah Mada University Press.
- Koswara, I., Soebiantoro, R., & Baihaqi, A. A. (2025). Airfield lighting pada runway edge. *Jurnal Teknik Kelistrikan Bandar Udara*, 8, 4128–4135.
- Peraturan Direktur Jenderal Perhubungan Udara Nomor PR 26 Tahun 2022 tentang Pedoman Teknik Operasional Keselamatan Penerbangan Sipil.
- Setiyo, Cahyadi, C. I., Saputra, W., Sudjoko, R. I., & Faizah, F. (2023). Analisis kontrol dan monitoring arus listrik CCR pada lampu PAPI di Bandar Udara Silangit. *Jurnal Kumparan Fisika*, 6(2), 133–140.
- Setyawan, H., & Nafi, C. (2021). Rancang bangun alat monitoring lampu Airfield Lighting (AFL) Double Runway berbasis mikrokontroler. *Jurnal Teknik Elektro dan Komputasi (ELKOM)*, 3(2), 135–147.
- Soebiantoro, R., Koswara, I., & Husaini, A. A. B. (t.t.). Analisis tahanan isolasi jaringan Airfield Lighting pada Runway Edge Light di Bandar Udara Internasional Radin Inten II Lampung.
- Sugiyono. (2013). Metode penelitian kuantitatif, kualitatif, dan tindakan. Alfabeta.
- Syahputri, A. Z., Fallenia, F. D., & Syafitri, R. (2023). Kerangka berfikir penelitian kuantitatif. *Tarbiyah: Jurnal Ilmu Pendidikan dan Pengajaran*, 2(1), 160–166.
- Vidal, D., Monjo, L., & Sainz, L. (2016). Aeronautical ground lighting system study: Field measurements and simulations. *IET Generation, Transmission & Distribution*, 10(13), 3228–3233.
- Yusniati, Pelawi, Z., Armansyah, & Taufik, I. (2021). Pengukuran resistansi isolasi instalasi penerangan basement pada Gedung Rumah Sakit Grand Mitra Medika Medan. *Buletin Utama Teknik*, 16(3), 240–247.