



Rancangan Pemasangan *Runway Threshold Lights* dan *Runway End Lights* di Bandar Udara Nusawiru

I Nyoman Agus Bhudi Pratama¹ Nurhedhi Desryanto² Iwan Koswara³

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

Email: 3191bhudipratama@gmail.com¹ nurhedhi.desriyanto@ppicurug.ac.id²
iwan.koswara@ppicurug.ac.id³

Abstrak

Bandar Udara Nusawiru telah dilengkapi dengan beberapa fasilitas *Airfield Lighting System* (AFL), namun belum memiliki fasilitas *Runway Threshold Light* dan *Runway End Light*. Ketiadaan fasilitas ini berpotensi mengurangi efektivitas panduan visual bagi pilot, terutama pada operasi penerbangan malam hari dan saat kondisi visibilitas rendah. Penelitian ini bertujuan untuk menyusun rancangan pemasangan *Runway Threshold Light* dan *Runway End Light* dalam bentuk *Detail Engineering Design* (DED) yang memenuhi standar keselamatan dan operasional penerbangan. Metode penelitian yang digunakan adalah *Research and Development* (R&D) Level 1 dengan tahapan identifikasi masalah, pengumpulan data, perancangan, validasi, dan revisi desain. Data diperoleh melalui observasi lapangan, wawancara, serta studi literatur yang mengacu pada ICAO *Annex 14 Volume I*, PR 21 Tahun 2023, SKEP No. 114 Tahun 2002, dan PUIL 2020. Hasil perancangan menetapkan konfigurasi lampu 5-0-5 pada masing-masing ujung landasan pacu dengan total kebutuhan 20 unit lampu tipe *inset*. Sistem kelistrikan dirancang menggunakan dua sirkuit seri arus konstan 6,6 A dengan beban daya sebesar 1,399 kVA per sirkuit. Pasokan daya menggunakan *Constant Current Regulator* (CCR) berkapasitas 2,5 kVA dengan nilai *tapping* operasional 55,96%. Panjang kabel primer yang dibutuhkan adalah 4.051,2 meter per sirkuit tipe FL2XCY 1×6 mm², dan kabel sekunder NYYHY 2×2,5 mm². Hasil perancangan divalidasi dan dikompilasi ke dalam dokumen DED yang siap digunakan.

Kata Kunci: *Airfield Lighting System, Runway Threshold Light, Runway End Light, Detail Engineering Design, Bandar Udara Nusawiru*



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

PENDAHULUAN

Bandara merupakan kawasan di darat atau perairan dengan batas-batas tertentu yang digunakan sebagai tempat pesawat terbang mendarat dan lepas landas, naik turun penumpang, bongkar muat barang, serta tempat perpindahan moda transportasi. Dalam menunjang keselamatan operasional penerbangan, fasilitas pendukung visual darat seperti *Airfield Lighting System* (AFL) memegang peranan vital. Fasilitas AFL memberikan panduan visual bagi pilot pada saat melakukan pendekatan, *landing*, maupun *take-off*, khususnya pada malam hari atau kondisi visibilitas terbatas akibat faktor cuaca. Bandara Nusawiru Cijulang yang berlokasi di Pangandaran, Jawa Barat, merupakan bandara kelas 3C yang dikelola oleh UPTD Pelayanan Jasa Kebandarudaraan Dinas Perhubungan Provinsi Jawa Barat. Bandara ini memiliki dimensi *runway* sepanjang 1.400 meter dan lebar 30 meter dengan arah penomoran *runway* 07 dan 25. Aktivitas penerbangan di Bandara Nusawiru menunjukkan intensitas yang terus meningkat. Berdasarkan data tahun 2025, tercatat 908 pergerakan kedatangan, 909 pergerakan keberangkatan, dan 1.642 pergerakan penerbangan latihan dari akademi penerbangan.

Meskipun intensitas lalu lintas udara cukup tinggi, kondisi eksisting fasilitas AFL di Bandara Nusawiru saat ini baru terpasang *Runway Edge Light, Taxiway Edge Light, Precision Approach Path Indicator* (PAPI), dan *Apron Light*. Bandara ini belum memiliki *Runway Threshold Light* (lampu ambang landasan) dan *Runway End Light* (lampu akhir landasan).



Ketiadaan kedua lampu ini membatasi operasional penerbangan hanya pada siang hari atau kondisi visibilitas cerah, serta berpotensi menimbulkan risiko keselamatan penerbangan. Sesuai ketentuan regulasi *Manual of Standard CASR Part 139* Volume I (PR 21 Tahun 2023) Poin 5.3.10.1 dan Poin 5.3.11.1 serta *ICAO Annex 14*, *runway* yang telah dilengkapi dengan *runway edge lights* diwajibkan untuk dilengkapi dengan *runway threshold lights* dan *runway end lights*. Berdasarkan permasalahan tersebut, penelitian ini bertujuan menyusun *Detail Engineering Design (DED)* untuk rancangan pemasangan *Runway Threshold Lights* dan *Runway End Lights* di Bandara Nusawiru. Hasil rancangan ini diharapkan menjadi pedoman teknis yang sistematis dan terukur bagi pihak pengelola bandara dalam merealisasikan konstruksi fisik fasilitas AFL.

Tinjauan Pustaka

Keselamatan dan kelancaran operasional penerbangan di suatu bandara sangat bergantung pada ketersediaan fasilitas pemandu visual darat, salah satunya adalah AFL. Sistem ini merupakan susunan lampu-lampu khusus yang dirancang untuk memberikan panduan orientasi, jarak, dan posisi yang jelas bagi penerbang saat melakukan pendekatan, pendaratan, maupun lepas landas. Pentingnya fasilitas AFL ini meningkat secara signifikan pada operasi penerbangan malam hari atau ketika jarak pandang (*visibility*) berkurang drastis akibat faktor cuaca buruk seperti kabut tebal maupun hujan deras. Secara regulasi, pengoperasian dan penataan AFL diatur secara ketat guna meminimalkan risiko kecelakaan di area landasan, seperti *runway excursion* atau *runway incursion*. Dalam arsitektur *Airfield Lighting System*, *Runway Threshold Lights* dan *Runway End Lights* merupakan dua komponen integral yang dipasang secara komplementer untuk menandai batas-batas fisik landasan pacu secara visual. Merujuk pada aturan internasional *ICAO Annex 14 Volume I* serta regulasi domestik melalui Peraturan Direktur Jenderal Perhubungan Udara Nomor PR 21 Tahun 2023 tentang *Manual of Standard CASR Part 139*, setiap landasan pacu yang difungsikan untuk instrumen maupun non-instrumen pada malam hari wajib dilengkapi dengan kedua sistem lampu ini. *Runway Threshold Lights* ditempatkan tepat di ambang batas awal landasan pacu yang dapat digunakan untuk pendaratan. Lampu ini memancarkan cahaya berwarna hijau ke arah pendekatan, memberikan kepastian visual bagi pilot mengenai titik aman pertama untuk menyentuh roda pesawat (*touchdown*). Sebaliknya, pada lokasi yang sama atau di ujung akhir landasan, terpasang *Runway End Lights* yang memancarkan cahaya berwarna merah ke arah landasan pacu. Pancaran warna merah ini memberikan peringatan kritis bagi pilot yang sedang melakukan pendaratan atau bersiap lepas landas mengenai batas fisik terakhir dari landasan yang aman digunakan sebelum memasuki kawasan keselamatan ujung *runway (Runway End Safety Area)*.

Secara teknis kelistrikan, sistem pencahayaan bandara memiliki karakteristik yang sangat berbeda dengan instalasi penerangan umum. Sistem AFL menerapkan sistem sirkuit seri arus konstan, bukan sistem tegangan konstan paralel seperti pada instalasi domestik maupun industri biasa. Penggunaan sirkuit seri berarus konstan biasanya pada nominal 6,6 Ampere bertujuan untuk menjamin bahwa setiap lampu yang terpasang di sepanjang landasan pacu memancarkan intensitas cahaya yang sama rata, tanpa dipengaruhi oleh jatuh tegangan (*voltage drop*) akibat panjangnya bentangan kabel primer. Arus listrik konstan ini dipasok dan dikendalikan secara terpusat oleh perangkat CCR yang berada di ruang CCR. Untuk menghubungkan arus dari sirkuit primer ke masing-masing armatur lampu, digunakan *Isolating Transformer* pada tiap-tiap titik lampu. Transformator ini berfungsi sebagai pemisah elektrik sekaligus pengaman, sehingga apabila terjadi kerusakan atau putusnya filamen pada salah satu lampu, sirkuit seri utama tidak akan terputus dan lampu-lampu lainnya di dalam sirkuit tetap dapat menyala secara normal. Selain itu, aspek pemilihan jenis armatur lampu, baik tipe *elevated* maupun tipe *inset*, ditentukan berdasarkan posisi geometris dan risiko

benturan dengan roda pesawat. Seluruh perencanaan instalasi ini juga wajib tunduk pada ketentuan Persyaratan Umum Instalasi Listrik (PUIL 2020) dan Peraturan SKEP No. 114 Tahun 2002.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menerapkan metode *Research and Development* (R&D) Level 1 yang berfokus pada potensi pembuatan rancangan produk teruji tanpa melanjutkannya hingga tahap pembuatan prototipe fisik atau pengujian lapangan. Pendekatan ini dipilih karena luaran yang ditargetkan berupa dokumen *Detail Engineering Design* (DED) untuk pemenuhan kelengkapan teknis dan keselamatan operasional AFL di Bandara Nusawiru. Tahapan penelitian dirancang secara sistematis dan berurutan yang dimulai dari identifikasi masalah eksisting, pengumpulan data teknis, proses perancangan dan kalkulasi kelistrikan, hingga tahap validasi rancangan oleh pihak bandara. Proses pengumpulan data dilaksanakan melalui kombinasi data primer dan sekunder untuk memastikan keakuratan parameter perancangan. Data primer diperoleh melalui observasi langsung di area *runway*, instalasi galian kabel, serta ruang CCR AFL Bandara Nusawiru, yang diperkuat dengan wawancara terstruktur bersama teknisi dan pengelola UPTD Bandara Nusawiru mengenai pola operasional dan inventarisasi fasilitas saat ini. Sementara itu, data sekunder dikumpulkan dari studi dokumentasi terkait *layout* geometris bandara, data pergerakan pesawat, serta penelusuran regulasi keselamatan penerbangan dan kelistrikan yang relevan, antara lain ICAO *Annex 14 Volume I*, Peraturan Direktur Jenderal Perhubungan Udara Nomor PR 21 Tahun 2023 (*MOS CASR Part 139*), SKEP No. 114 Tahun 2002, dan Persyaratan Umum Instalasi Listrik (PUIL 2020).

Setelah seluruh data terkonfirmasi, dilanjutkan dengan tahap perancangan teknis dan pemodelan sirkuit kelistrikan. Tahap ini mencakup penentuan letak dan konfigurasi penataan armatur *Runway Threshold Lights* dan *Runway End Lights* pada *Runway 07* dan *Runway 25* dengan mengacu pada batas geometris landasan pacu selebar 30 meter. Selanjutnya, dilakukan penghitungan kebutuhan total panjang kabel primer (FL2XCY 1×6 mm²), kabel sekunder (NYHY 2×2,5 mm²). Kalkulasi beban kelistrikan dilakukan secara terperinci untuk menghitung total rugi-rugi resistansi kabel, rugi daya *isolating transformer*, serta beban daya lampu pada sirkuit seri arus konstan 6,6 Ampere. Penentuan spesifikasi kapasitas unit CCR serta analisis *tapping* operasional trafo CCR dihitung guna menjamin tingkat efisiensi daya dan margin keamanan sirkuit. Tahap akhir dari metode ini adalah validasi desain teknis dan kompilasi dokumen DED. Rancangan *layout*, diagram skematik sirkuit seri, perhitungan daya, hingga daftar kebutuhan material (*Bill of Quantity*) dievaluasi melalui uji validasi oleh pihak teknik listrik Bandara Nusawiru. Hasil masukan dan koreksi dari pengujian digunakan untuk memurnikan dan merevisi dokumen perancangan hingga dihasilkan dokumen *Detail Engineering Design* (DED) akhir yang valid, presisi, dan siap diimplementasikan untuk konstruksi fisik di Bandara Nusawiru.

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Hasil Penelitian

Kondisi eksisting fasilitas AFL di Bandara Nusawiru menunjukkan ketiadaan komponen *Runway Threshold Light* dan *Runway End Light* pada *runway* berdimensi panjang 1.400 meter dan lebar 30 meter dengan kode ICAO WICN. Fasilitas AFL yang saat ini beroperasi baru mencakup *runway edge light*, *taxiway edge light*, *Precision Approach Path Indicator* (PAPI), dan *apron light*. Berdasarkan parameter geometris landasan pacu tersebut, rancangan penataan lampu ambang dan akhir landasan pacu ditetapkan menggunakan konfigurasi 5-0-5 pada kedua ujung *runway* (*Runway 07* dan *Runway 25*). Konfigurasi ini membutuhkan total 20 unit lampu tipe *inset* yang ditanam langsung pada perkerasan aspal, terdiri dari 12 unit lampu

bidirectional berwarna hijau/merah berdaya 72 VA dan 8 unit lampu *unidirectional* berwarna hijau berdaya 62 VA produksi ADB SAFEGATE. Sistem kelistrikan dirancang menggunakan dua sirkuit seri independen berarus konstan 6,6 A. Setiap sirkuit melayani 10 unit lampu dengan total daya aktif beban lampu sebesar 544 watt per sirkuit. Penyaluran daya utama dari ruang CCR menggunakan kabel primer bawah tanah tipe FL2XCY 1x6 mm² sepanjang 4.051,2 meter per sirkuit yang menyumbang rugi daya penghantar sebesar 543,5 watt. Sambungan sekunder dari transformator seri menuju rumah lampu menggunakan kabel NYYHY 2x2,5 mm² sepanjang total 200 meter yang menghasilkan rugi daya sebesar 31,36 watt. Akumulasi daya aktif beban lampu (544 W), rugi daya kabel primer (543,5 W), dan rugi daya kabel sekunder (31,36 W) menghasilkan total daya aktif sistem sebesar 1.118,86 watt. Dengan mempertimbangkan faktor daya sistem sebesar 0,8, diperoleh kebutuhan daya semu sebesar 1,399 kVA per sirkuit. Penyuplai daya utama dikelola oleh dua unit CCR merek ADB tipe MCR III berkapasitas masing-masing 2,5 kVA dengan nilai pemanfaatan kapasitas (*tapping*) sebesar 55,96%. Suplai daya tegangan rendah dari sumber utama menuju CCR menggunakan kabel NYY 3x1,5 mm² yang memiliki kemampuan hantar arus 18-26 A, serta dilindungi oleh pengaman *Circuit Breaker* (MCB) 3P berkapasitas 6 A. Infrastruktur penunjang lapangan dirancang menggunakan galian tanah tipe *size 1* dengan kedalaman 80 cm, lebar dasar 40 cm, dan lebar atas 60 cm untuk menampung empat inti kabel primer, dilengkapi lapisan pelindung pasir dan bata merah. Selain itu, disiapkan empat unit bak kontrol transformator seri (*transformer pit size 2*) yang mampu menampung 5 unit *isolating transformer* per *pit*.

Pembahasan

Hasil perancangan teknis menunjukkan bahwa penambahan fasilitas *Runway Threshold Light* dan *Runway End Light* di Bandara Nusawiru sangat mendesak guna menjamin keselamatan operasional penerbangan. Ketiadaan kedua fasilitas ini pada kondisi eksisting membatasi efektivitas panduan visual bagi pilot, terutama saat melakukan pendaratan atau lepas landas di malam hari dan pada kondisi visibilitas rendah di bawah 5.000 meter. Penetapan konfigurasi lampu 5-0-5 telah sesuai dengan ketentuan regulasi Peraturan Direktur Jenderal Perhubungan Udara Nomor PR 21 Tahun 2023, SKEP/114/VI/2002, serta standar ICAO *Annex 14 Volume I* untuk landasan pacu dengan lebar 30 meter. Pemilihan armatur lampu tipe *inset* yang ditanam rata dengan perkerasan aspal merupakan langkah strategis untuk meniadakan rintangan fisik (*obstacle*) di permukaan *runway*, sehingga aman dari risiko benturan dengan roda pendaratan pesawat yang beroperasi.

Penerapan dua sirkuit seri mandiri memberikan tingkat keandalan dan kontinuitas operasional yang tinggi. Pembagian ini memastikan bahwa apabila salah satu sirkuit mengalami kegagalan kelistrikan, 50% dari keseluruhan lampu pada kedua ujung landasan tetap menyala secara simetris sehingga pilot tidak kehilangan orientasi visual. Dari aspek suplai daya, pemilihan CCR berkapasitas 2,5 kVA untuk melayani beban sirkuit sebesar 1,399 kVA terhitung sangat memadai. Nilai pemanfaatan kapasitas (*tapping*) terhitung sebesar 55,96%. Karena persentase pembebanan ini melebihi ambang batas *tap 4/8* (50%), operasional CCR secara teknis diatur pada *tapping 8/8* guna menjamin kestabilan arus konstan 6,6 A tanpa memicu fluktuasi tegangan maupun kelebihan beban pada perangkat. *Tapping* sebesar 55,96% ini juga menyisakan cadangan daya (*power margin*) sebesar 44,04% yang ideal untuk mengantisipasi pengembangan fasilitas AFL di masa depan.

Di samping sistem kelistrikan utama, perancangan infrastruktur sipil pendukung telah memenuhi standar teknis keselamatan *aerodrome*. Penggunaan galian kabel tipe *size 1* dengan kedalaman 80 cm serta perlindungan lapisan pasir setebal 20 cm dan bata merah menjamin keamanan mekanis kabel primer FL2XCY 1x6 mm² dari gangguan luar maupun resiko

kerusakan fisik. Penempatan empat unit *transformer pit size 2* di luar zona bahaya landasan, yaitu di samping *Runway End Safety Area (RESA)*, memberikan kemudahan akses bagi teknisi saat melakukan pemeliharaan rutin tanpa mengganggu pergerakan pesawat. Seluruh hasil perancangan ini telah melalui proses validasi teknis bersama otoritas UPTD Pelayanan Jasa Kebandarudaraan Nusawiru dan dituangkan secara komprehensif ke dalam dokumen *Detail Engineering Design (DED)*, *Bill of Quantity (BOQ)*, dan Rencana Kerja dan Syarat-syarat (RKS) sebagai acuan pelaksanaan konstruksi di lapangan.

KESIMPULAN

Rancangan instalasi kelistrikan *Runway Threshold Lights* dan *Runway End Lights* di Bandara Nusawiru telah berhasil disusun sesuai dengan pedoman penerbangan sipil nasional maupun internasional, meliputi *ICAO Annex 14 Volume I*, Peraturan Direktur Jenderal Perhubungan Udara Nomor PR 21 Tahun 2023, serta SKEP/114/VI/2002. Penataan lampu di kedua ujung landasan pacu (*Runway 07* dan *25*) menetapkan konfigurasi 5-0-5 dengan total kebutuhan 20 unit lampu tipe *inset* yang ditenagai oleh dua sirkuit seri mandiri berarus konstan 6,6 A. Beban daya aktif total dan rugi-rugi kelistrikan per sirkuit terhitung sebesar 1,399 kVA, yang dipasok secara optimal oleh dua unit CCR berkapasitas 2,5 kVA dengan nilai pemanfaatan kapasitas (*tapping*) operasional sebesar 55,96%. Sistem pengkabelan memanfaatkan kabel primer FL2XCY 1x6 mm² sepanjang 4.051,2 meter per sirkuit dan kabel sekunder NYHY 2x2,5 mm². Keseluruhan rancangan teknis ini telah dituangkan secara lengkap ke dalam dokumen *Detail Engineering Design (DED)*, *Bill of Quantity (BOQ)*, dan Rencana Kerja dan Syarat-syarat (RKS) yang tervalidasi serta siap diimplementasikan di lapangan.

Saran

Sebagai tindak lanjut dari perancangan teknis ini, pihak pengelola bandara disarankan untuk melakukan survei detail lanjutan dan verifikasi rute galian kabel di lapangan sebelum memulai pekerjaan konstruksi guna memastikan jalur kabel tidak berbenturan dengan utilitas bawah tanah eksisting. Selama proses instalasi berlangsung, pengujian teknis seperti uji tahanan isolasi kelistrikan kabel dan uji tahanan pembumian (*grounding*) harus dilakukan secara ketat untuk menjamin keamanan sistem. Selain itu, pemanfaatan lampu berbasis teknologi LED sangat direkomendasikan untuk menekan konsumsi daya listrik dan menekan biaya pemeliharaan dalam jangka panjang.

DAFTAR PUSTAKA

- 3M. (2025). *Rubber electrical tape*.
3M. (n.d.). *Vinyl electrical tapes*.
ADB Safegate. (2025a). *EL-EAH - Runway edge, threshold and end, elevated, halogen*.
ADB Safegate. (2025b). *FTH - Runway threshold, halogen*.
ADB Safegate. (2025c). *Primary connector kits*.
ADB Safegate. (2025d). *SCK secondary connector kits*.
Andreansyah, C., Shalahuddin, Y., & Widhining, D. K. A. (2023). Studi kelayakan sistem grounding instalasi listrik pada Gedung Ulil Albab Uniska Kediri. *Jurnal Teknik Elektro*.
Badan Standardisasi Nasional. (2020). *Persyaratan umum instalasi listrik (PUIL 2020)*.
Budi, S., Situmeang, A., Tharo, Z., & Anisah, S. (2024). Analisis sistem Constant Current Regulator pada Airfield Lighting System di bandar udara. *Journal of Information Technology and Computer Science (INTECOMS)*, 7(2).
Direktorat Jenderal Perhubungan Udara. (2002). *Peraturan Direktur Jenderal Perhubungan Udara Nomor SKEP/114/VI/2002 tentang standar gambar instalasi sistem penerangan bandar udara (Airfield Lighting System)*. Kementerian Perhubungan Republik Indonesia.



- Direktorat Jenderal Perhubungan Udara. (2023). *Peraturan Direktur Jenderal Perhubungan Udara Nomor PR 21 Tahun 2023 tentang standar teknis dan operasional Peraturan Keselamatan Penerbangan Sipil Bagian 139 (Manual of Standard CASR Part 139) Volume 1 Aerodrome Daratan*. Kementerian Perhubungan Republik Indonesia.
- Direktorat Jenderal Perhubungan Udara. (2025). *Informasi Bandar Udara Nusawiru*. Kementerian Perhubungan Republik Indonesia.
- Eka, A., Lestari, P., & Oetomo, P. (2021). Analisis pemilihan penghantar tenaga listrik paling efisien pada gedung bertingkat. *Jurnal Teknik Elektro*.
- Purnamasari, I., Hanapiah, A., Taufiq, I. M., & Ferandy, M. Y. (2025). Penyusunan Detail Engineering Design (DED) infrastruktur kebandarudaraan. *Jurnal Institut Teknologi Garut*, 7.
- Purwaningsih, G. A., & Badarudin, R. (2024). Analisis kinerja circuit breaker pada sisi 150 kV Gardu Induk Bantul. *Media Elektrika*, 17(2).
- Sabbit, U., Lubis, A., Kona, M., & Bunahri, R. R. (2024). Sosialisasi Airfield Lighting System (AFL) berbasis virtual tour sebagai alat bantu pendaratan visual di bandar udara. *Jurnal Pengabdian Masyarakat*.
- Sidan, D., & Brandiva, M. (2023). Perencanaan pemasangan lampu Runway Centerline Light pada Bandara Internasional Sultan Aji Muhammad Sulaiman. *Jurnal Teknologi Penerbangan*.
- Simaremare, F., Bunahri, R. R., Arta, D. N. C., & Kona, M. (2023). Analisa penambahan jalur Circuit D pada taxiway di Bandar Udara Internasional I Gusti Ngurah Rai Bali. *SKY EAST: Education of Aviation Science and Technology*, 1(2), 122–131.
- Sipayung, G. S., Desryanto, N., & Machmiyana, I. (2026). Rancangan re-instalasi Threshold Light dan Runway End Light di Bandar Udara Fransiskus Xaverius Seda Maumere. *Journal of Measurement and Engineering Technology*, 4(2), 69.
- Sudjoko, R. I., Hartono, Hariyadi, S., & Suwito. (2021). Design and simulation of Airfield Lighting System using 8 luminaire in airfield lighting laboratory at Politeknik Penerbangan Surabaya. *Journal of Physics: Conference Series*, 1845(1).
- Sugiyono. (2019). *Metode penelitian kuantitatif, kualitatif, dan R&D*. Alfabeta.
- Sulistya, C. F., & Purwaningsih, R. (2017). Usulan penerapan metodologi Six Sigma untuk meningkatkan kualitas produk kabel NYY 4x16 mm². *Jurnal Teknik Industri*.
- Sumarni, S. (2019). *Model penelitian dan pengembangan (R&D) lima tahap (MANTAP)*. Penerbit Media.
- Susanto, P. C., Sakti, R. F. J., & Widiyanto, P. (2020). Alat bantu pendaratan visual di airport untuk mendukung keselamatan pesawat. *Jurnal Manajemen Dirgantara*.
- Ta'ali, Pulungan, A. B., Hambali, & Shalvadila, S. (2021). Analisis sistem grounding di Fakultas Teknik Universitas Negeri Padang. *JTEV (Jurnal Teknik Elektro dan Vokasional)*, 7(2), 320.
- Vidal, D., Monjo, L., & Sainz, L. (2016). Aeronautical ground lighting system study: Field measurements and simulations. *IET Generation, Transmission & Distribution*, 10(13), 3228–3233.
- Wijaya, D. F. H., Bunahri, R. R., & Kona, M. (2023). Perencanaan pemasangan Medium Approach Lighting System (MALS) pada Runway 09 di Bandar Udara I Gusti Ngurah Rai - Bali. *SKY EAST: Education of Aviation Science and Technology*, 1(2), 132–142.
- Yani, R. A., Julianda, E. H., Putra, D. E., & Rizal, C. (2022). Kinerja CCR terhadap kuat penerangan lampu landasan pacu pesawat di Bandara Sultan Thaha Jambi. *Jurnal Ilmiah Teknik*.