

Sosialisasi *Airfield Lighting System (AFL)* berbasis *Virtual Tour* sebagai Alat Bantu Pendaratan Visual di Bandar Udara bagi Siswa SMA/SMK

Ukkasyah Sabbit Aqdamana Lubis¹, Musri Kona², Rifqi Raza Bunahri³

Politeknik Penerbangan Jayapura¹²³

e-mail: ukasyah.lubis@gmail.com

Abstrak

Airfield Lighting System (AFL) atau disebut juga dengan *Aeronautical Ground Lighting (AGL)* merupakan istilah yang bertujuan untuk membantu dan melayani pilot secara visual menggunakan berbagai jenis lampu pada saat pesawat melakukan proses tinggal landas, mendarat, dan melakukan taxi agar dapat bergerak secara efisien dan aman. Metode pengabdian ini menggunakan metode kualitatif untuk memperoleh hasil mengenai manfaat dari mempelajari sistem alat bantu pendaratan visual berbasis tur virtual bagi siswa SMA/SMK di Jayapura. Penganalan *Airfield Lighting System (AFL)* sangat bermanfaat karena landasan pacu pesawat terbang sangat penting untuk keselamatan pengguna transportasi, terutama dalam hal penerbangan komersil. Penggunaan landasan pacu pesawat terbang bukan hanya pada siang hari tetapi juga pada malam hari untuk pendaratan dan pelepasan pesawat. Hasil kegiatan pengenalan *Airfield Lighting System (AFL)* berbasis tur virtual sebagai media informasi alat bantu pendaratan visual yang ada di bandar udara bagi siswa SMA/SMK di Jayapura juga memiliki manfaat bagi siswa SMA/SMK setempat sebagai media informasi dan peningkatan pemahaman mengenai alat bantu pendaratan visual yang ada di bandar udara.

Kata kunci: alat bantu pendaratan visual, bandar udara, jayapura, media informasi, tur virtual

Abstract

Airfield Lighting System (AFL) also known as *Aeronautical Ground Lighting (AGL)* is a term used at airports to assist and serve pilots visually using various types of lights when aircraft take off, land, and taxi to move efficiently and safely. This research uses qualitative research to obtain results regarding the benefits of learning a virtual tour-based visual landing aid system for high school students in Jayapura. Introduction to *Airfield Lighting System (AFL)* is very useful because aircraft runways are very important for the safety of transportation users, especially in terms of commercial flights. The use of aircraft runways is not only during the day but also at night for landing and releasing aircraft. The introduction of an *Airfield Lighting System (AFL)* based on virtual tour as an information medium for visual landing aids at the airport for high school students in Jayapura also has benefits for local high school students as a medium of information and increased understanding of visual landing aids at the airport.

Keywords: airfield lighting system, airport, information media, Jayapura, virtual tour

Pendahuluan

Pergerakan pesawat udara di wilayah bandara pada saat melakukan taksi, proses lepas landas, dan mendarat memerlukan bantuan informasi dari personal bandara agar proses tersebut dapat dilakukan dengan aman. Alat bantu untuk mengirimkan informasi pesawat digunakan dua jenis alat bantu yang pertama adalah alat bantu nonvisual atau disebut dengan istilah *Instrument Landing System (ILS)*, yang merupakan peralatan navigasi radio dengan presisi dan akurasi tinggi (Aishwarya, 2022) dengan mengirimkan

informasi melalui frekuensi radio, seperti informasi mengenai *Localizer*, *Glide Slope*, *Marker Beacon* dan informasi lainnya. Alat bantu pesawat yang ke dua yaitu secara visual atau disebut dengan istilah *Airfield Lighting System (AFL)*, alat bantu jenis ini menggunakan lampu yang dihidupkan disekitar wilayah bandara. Kedua jenis alat bantu tersebut merupakan upaya untuk meningkatkan keselamatan pesawat di bandara.

Sistem Pencahayaan pada Landasan Pacu di Bandar Udara (*Airfield Lighting System*) yaitu suatu peralatan bantu pendaratan secara visual yang memiliki fungsi untuk membantu di saat pesawat udara yang akan melakukan takeoff serta landing di landasan pacu dan melakukan *taxi* agar dapat bergerak secara efisien dan aman (Panjaitan et al., 2020). Pada peralatan ini, *constant current regulator (CCR)* terhubung kepada sirkuit luminer yang disuplai melalui trafo isolasi (Sudjoko et al., 2021). Fasilitas peralatan bantu pendaratan secara visual ini terdiri dari lampu-lampu khusus, yang memiliki fungsi untuk memberikan isyarat dan informasi secara visual kepada pilot, terutama pada waktu pilot akan melakukan pendaratan (*landing*) atau tinggal landas (*takeoff*). Isyarat dan informasi secara visual ini memiliki konfigurasi, warna, dan intensitas cahaya dari lampu-lampu khusus tersebut. Pada umumnya, sewaktu akan melakukan pendaratan (*Landing*) atau tinggal landas (*takeoff*), seorang pilot lebih mengandalkan pendaratan secara visual ke luar pesawat dari pada menggunakan instrumen Landing sistem yang terdapat dalam cockpit pesawatnya (Susanto et al., 2021).

Intensitas pancaran pencahayaan Fasilitas AFL (*airfield lighting system*) di bandar udara adalah tingkat intensitas cahaya yang dipancarkan oleh lampu penerangan bandar udara. Ada tiga tingkat intensitas: tinggi, medium, dan rendah. Intensitas pancaran cahaya tersebut harus sesuai dengan standar ICAO (*International Civil Aviation Organisation*), Peraturan Kementerian Perhubungan Udara, dan spesifikasi teknis yang ditetapkan oleh perusahaan penyedia. Jumlah watt yang digunakan oleh lampu mempengaruhi intensitas pencahayaan, misalnya 100 Watt, 105 Watt, 150 Watt, dan 200 Watt; medium intensity adalah 45 Watt hingga 100 Watt; dan low intensity adalah 30 Watt hingga 45 Watt. *Airfield Lighting System (ALS)* merupakan fasilitas dari peralatan di bandar udara yang memiliki peranan yang sangat penting. Para teknisi bandara pada umumnya adalah alumni Politeknik Penerbangan (Poltekbang) Surabaya, dimana mereka harus memiliki kemampuan yang memadai dalam memahami dan menangani saat terjadi permasalahan terkait AFL (*Airfield Lighting System*) (Setyawan & Nafi, 2021).

Lampu-lampu AFL dihidupkan sepanjang hari dengan tingkat kecerahan lampu yang dapat diatur, pengaturan tingkat kecerahan lampu tersebut dilakukan secara semiotomatis, sehingga diperlukannya seorang operator untuk mengoperasikannya. Operator AFL bandara merupakan salah satu personal bandara yang bertugas untuk mengendalikan tingkat kecerahan lampu AFL, operator ini bertanggung jawab sepenuhnya atas keselamatan pesawat di bandara, oleh karena itu operator AFL harus memiliki keterampilan untuk mengendalikan tingkat kecerahan lampu berdasar kondisi cuaca atau atas dasar permintaan pilot, operator AFL juga harus mengetahui dan dapat menangani kerusakan yang mungkin terjadi pada lampu AFL (Pasaribu & Akbar, 2022).

Dalam pengoperasian *airfield lighting system* membutuhkan 3 (tiga) instrumen penting yang saling berhubungan seperti penerangan dan konfigurasi, sistem kendali dan pemasangan sistem *Airfield Lighting System* (Wijaya, 2009). Pendidikan dalam era di mana teknologi terus berkembang, pemahaman tentang sistem yang mendukung transportasi udara menjadi semakin penting. Salah satu sistem kunci dalam navigasi pesawat di bandara adalah AFL, yang memberikan bantuan visual bagi pilot saat proses pendaratan. Namun, pemahaman akan kompleksitas dan pentingnya AFL ini sering kali

terbatas pada siswa Sekolah Menengah Atas (SMA) dan Sekolah Menengah Kejuruan (SMK) di Jayapura. Kurangnya akses terhadap informasi yang menyeluruh mengenai AFL dan kesulitan dalam memahami konsep teknis secara mendalam merupakan tantangan utama yang dihadapi siswa. Oleh karena itu, pengabdian ini bertujuan untuk memperkenalkan sebuah pendekatan inovatif dalam pendidikan tentang AFL dengan memanfaatkan tur virtual interaktif.

Tur virtual ini dirancang untuk memberikan pengalaman praktis dan visual yang mendalam tentang komponen-komponen AFL di bandara. Melalui tur ini, siswa akan memiliki kesempatan untuk menjelajahi sistem penerangan bandara secara interaktif, memahami peran masing-masing lampu dan teknologi yang terlibat dalam pendaratan pesawat. Pengenalan tur virtual AFL ini diharapkan dapat memberikan kontribusi yang signifikan dalam memperluas pemahaman siswa tentang teknologi penerbangan. Dengan menghadirkan pengalaman belajar yang menarik dan praktis, diharapkan tur virtual ini tidak hanya memberikan informasi, tetapi juga memicu minat siswa dalam bidang penerbangan dan teknologi bandara. Pemahaman siswa SMA/SMK di Jayapura tentang *Airfield Lighting System* (AFL) mungkin terbatas karena akses informasi yang kurang serta kesulitan memahami konsep teknis secara mendalam. Solusi yang ditawarkan adalah penggunaan tur virtual yang interaktif dan mendetail sebagai media informasi. Tur virtual ini akan memberikan pengalaman visual yang lebih dalam tentang AFL, memperluas akses informasi, dan memungkinkan siswa untuk memahami konsep tersebut secara praktis. Diharapkan solusi ini dapat meningkatkan pemahaman siswa serta membangkitkan minat mereka dalam teknologi penerbangan.

Airfield Lighting System (AFL) atau disebut juga dengan *Aeronautical Ground Lighting* (AGL) merupakan istilah yang digunakan pada bandara untuk membantu dan melayani pilot secara visual menggunakan berbagai jenis lampu pada saat pesawat melakukan proses tinggal landas, mendarat, dan melakukan taxi agar dapat bergerak secara efisien dan aman (Koedoes et al., 2023). Secara umum lampu AFL yang terdapat pada wilayah utama bandara (*landing movement*) dikelompokkan menjadi tiga jenis lampu yaitu lampu Runway, lampu Taxiway dan Apron.

Runway lighting yaitu lampu yang dipasang sepanjang landasan pacu (*runway*) baik di pinggir maupun di tengah, lampu *Runway* juga dipasang pada akhir landasan pacu (Saragi & Caesar Akbar, 2022). Beberapa lampu rambu pada *Runway* yaitu sebagai berikut: (1) *Touchdown Zone Light* (TZL) yaitu lampu yang dipasang setelah melewati lampu *Threshold* jika dilihat dari penerbang ke arah pendaratan. (2) *Runway Centerline Light* (RCL) yaitu lampu yang ditempatkan sepanjang landasan pacu tepat ditengah-tengah landasan. (3) *Runway Edge Light* yaitu lampu landasan pacu yang dipasang di tepi kiri dan kanan landasan. (4) *Threshold light* yaitu yang dipasang pada batas ambang landasan pacu dengan jarak tertentu. (5) *Runway End Light* yaitu lampu yang dipasang pada batas ambang landasan, berfungsi sebagai penunjuk batas akhir landasan. (6) *Approach light* yaitu lampu yang dipasang pada perpanjangan landasan pacu, berfungsi sebagai petunjuk kepada penerbang tentang posisi arah pendaratan dan jarak terhadap ambang landasan pada saat pendaratan. (7) *Sequence Flashing Light* (SQFL) yaitu lampu penerangan berkedip berurutan (sekuensial) pada arah pendekatan pendaratan. Lampu SQFL biasanya dipasang pada Bar 1 sampai dengan Bar 21. (8) PAPI (*Precision Approach Path Indicator*) yaitu lampu yang menginformasikan kepada penerbang mengenai sudut luncur yang benar dan memandu penerbang melakukan pendekatan menuju titik pendaratan pada daerah *Touchdown*.

Taxiway light yaitu lampu yang dipasang pada tepi kiri dan kanan *Taxiway*, berfungsi untuk memandu penerbang dari landasan pacu ke/dari tempat parkir pesawat. Beberapa lampu *Taxiway* yaitu sebagai berikut: (1) *Taxiway Edge Lighting* yaitu lampu *Taxiway* yang dipasang pada tepi kiri dan kanan sepanjang jalur *Taxi*. (2) *Taxiway Centerline Lighting* yaitu lampu yang dipasang sepanjang jalur *Taxi*, lampu ini berada tepat ditengah-tengah jalur *Taxiway*. (3) *Taxiway End Lighting* yaitu lampu yang dipasang pada ujung jalur *Taxiway*, lampu ini berfungsi sebagai petunjuk akhir dari jalur *Taxiway*. (4) *Apron* yaitu rambu penerangan yang dipasang di tepi *Apron* untuk memberi tanda batas pinggir *Apron*.

Virtual tour merupakan teknologi yang menempatkan user di dalam gambar dan memungkinkan user untuk meningkatkan kesadaran situasional serta meningkatkan daya lihat, tangkap dan menganalisa data virtual secara signifikan (Khairunnisa et al., 2022). *Virtual tour* merupakan sebuah simulasi dari sebuah lokasi yang terdiri dari rentetan. Rentetan gambar tersebut akan digabungkan (stitch) untuk menghasilkan foto panorama 360 derajat. *Virtual tour* sendiri biasanya digunakan untuk memberi pengalaman 'pernah berada' di suatu tempat hanya dengan melihat layar monitor. Penyajian *virtual tour* dapat dilakukan dengan cara memanfaatkan gambar ataupun video, selain itu dapat menggunakan model 3 dimensi (Harta, 2022). Untuk penyajian dengan menggunakan gambar, dapat digunakan foto panorama. Jenis foto panorama juga mempengaruhi hasil *virtual tour* yang dihasilkan. Untuk panorama jenis cylindrical, bagian vertikalnya hanya dapat menangkap tidak lebih dari 1800 sedangkan jenis spherical, memungkinkan untuk melihat ke atas dan ke bawah.

Virtual tour atau disebut juga panoramic tour mensimulasi dari suatu tempat yang benar-benar ada, biasanya terdiri dari kumpulan foto-foto panorama, kumpulan gambar yang terhubung oleh hyperlink, ataupun video, dan/atau virtual model dari lokasi yang sebenarnya (Muhammad, 2022). Bisa juga menggunakan 34 unsur-unsur multimedia lainnya seperti efek suara, musik, narasi, tulisan, dan lainnya. Berbeda dengan *tour* sebenarnya, *virtual tour* biasanya diakses melalui komputer desktop, kios informasi atau media elektronik lainnya.

Metode

Pengabdian ini menggunakan metode kualitatif yang dilakukan dengan desain penelitian yang temuan-temuannya tidak didapatkan melalui prosedur statistik atau dalam bentuk hitungan, melainkan bertujuan mengungkapkan fenomena secara holistik-kontekstual dengan pengumpulan data dari latar/ setting alamiah dan memanfaatkan peneliti sebagai instrument kunci (Fadli, 2021), sedangkan menurut (Aspers & Corte, 2019) penelitian kualitatif merupakan metode dengan proses berulang yang meningkatkan pemahaman komunitas ilmiah dengan membuat perbedaan baru yang signifikan sebagai hasil dari mendekati diri pada fenomena yang diteliti.

Pada penelitian (Tjung et al., 2024) metode yang digunakan adalah eksperimen dengan pendekatan simulasi menggunakan program *Electric Transient Analysis Program* (ETAP). Dalam simulasi yang dilakukan, terdapat tiga skenario. Masing-masing skenario disesuaikan dengan kondisi yang mungkin terjadi saat pemadaman terjadi. Sedangkan pada penelitian (Amalia et al., 2024) metode yang digunakan adalah *Waterfall Model*, yang meliputi fase-fase: analisis, desain, implementasi, pengujian sistem, dan pemeliharaan. Kebutuhan pengguna dianalisis secara menyeluruh, melalui observasi dan wawancara dengan para ahli.

Hasil dan Pembahasan

Cahyadi et al. (2023) melakukan penelitian yang berjudul “Analisis Kontrol dan Monitoring Arus Listrik CCR pada Lampu PAPI di Bandar Udara Silangit”, untuk landasan bandar udara yang memiliki 2 arah pendaratan (*landing*) dan *take off* maka lampu *Precision Approach Path Indicator* (PAPI) dipasang juga pada 2 lokasi masing-masing sebelah kiri landasan ketika pesawat akan mendarat. Jadi ketika pesawat mendarat dari arah yang berbeda tetap dapat dilihat pilot cahaya *red filter* lampu *Precision Approach Path Indicator* (PAPI) dari udara. Alat dan bahan yang digunakan untuk mengukur besaran arus pada Lampu *Precision Approach Path Indicator* (PAPI) dengan membandingkannya dengan monitor di CCR dimana lampu tersebut terpasang pada landasan pacu bandara yang memiliki fungsi berbeda-beda dan juga memiliki kaitan satu bahan dan alat dengan alat lainnya, oleh karena itu peneliti menggunakan peralatan alat ukur yang lain sebagai pembanding untuk melihat keakuratan hasil pengukuran yaitu multitester analog, multitester digital dan *lightmeter*.

Multitester analog maupun digital digunakan untuk mengukur besaran nilai arus pada lampu *Precision Approach Path Indicator* (PAPI) dengan step by step yang sesuai diatur pada switch pada *Constant Current Regulator* (CCR). *Lightmeter* digunakan untuk melakukan pengukuran pada cahaya lampu *Precision Approach Path Indicator* (PAPI). *Lightmeter* adalah suatu alat pengukuran untuk mengukur intensitas cahaya yang dikeluarkan oleh lampu. Lampu *Precision Approach Path Indicator* (PAPI) yang diukur nilai cahaya dan besaran arus setiap stepnya yang terpasang di sebelah kiri landasan Bandar Udara Internasional Silangit.

Penerangan inilah yang menjadi acuan keselamatan penumpang dan transportasi udara terutama untuk pendaratan pada malam hari dan pada cuaca yang buruk, untuk mempertahankan intensitas penerangan pada landasan pacu diperlukan CCR (*Constant Current Regulator*) terutama pada keadaan gelap dan berkabut, selain kinerja CCR kinerja kuat penerangan pada lampu landasan pacu perlu dievaluasi untuk keselamatan dan kenyamanan pendaratan pesawat terbang (Arya et al., 2020). Dengan penjelasan demikian maka pengenalan terhadap *runway light* Berbasis *Virtual Tour* Bagi Siswa SMA/SMK di Jayapura sangat bermanfaat mengingat untuk keselamatan pengguna transportasi terutama pada dunia penerbangan komersil, salah satu faktor pendukung keselamatan terletak pada landasan pacu pesawat terbang atau *runway*, penggunaan landasan pacu pesawat terbang bukan hanya pada siang hari tetapi juga pada malam hari, untuk pendaratan dan lepas landas pada malam hari diperlukan penerangan pada sisi landasan pacu.

Luwihono et al. (2016) melakukan penelitian yang berjudul “Rancangan Alat Simulasi Tata Letak dan Konfigurasi Sirkuit Lampu AFL Berbasis Mikrokontroler di Program Studi Teknik Listrik Bandara Sekolah Tinggi Penerbang Indonesia” Sistem Penerangan Bandar Udara (*Airfield Lighting System*) adalah alat bantu pendaratan visual yang berfungsi membantu dan melayani pesawat udara yang melakukan tinggal landas, mendarat dan melakukan taxi agar dapat bergerak secara efisien dan aman. Taxi lights terletak pada bagian nose gear strut. Berfungsi untuk menerangi runway dan taxiway saat aktivitas *take-off*, *landing* ataupun *taxiing* baik ketika siang ataupun malam hari. Lampu *taxiway*, yang terletak di sisi kiri dan kanan *taxiway*, membantu penerbang pergi dari landasan pacu ke tempat parkir pesawat.

Dalam dunia penerbangan saat ini yang semakin maju dan terus berkembang maka berkembang juga peralatan yang dipakai (Kustor, 2019). Salah satu hal pokok yang utama dalam pengelolaan sebuah bandara adalah kelancaran dalam pemberian pelayanan jasa

transportasi udara/untuk menciptakan keamanan dan keselamatan penerbangan. Hal ini disebabkan karena dalam dunia transportasi udara, keselamatan merupakan syarat utama yang dijadikan sebagai standard bagi tiap personil/institusi yang berada didalamnya. Di dalam dunia penerbangan ada pepatah yaitu “The Sky is Vast, But No Room for Error” yang telah digunakan Bandar Udara Juanda yang merupakan bandara internasional yang mempunyai *traffic* yang sangat padat tiap jam terdapat sekitar 27 kegiatan *take-off* dan *landing* sehingga pemandu lalu lintas udara harus bekerja untuk memandu pergerakan pesawat baik *take-off* dan *landing*, maupun pergerakan pesawat yang ada di darat (*Taxiing*) dari arah *Runway* ke *Apron* atau sebaliknya.

Mengingat pentingnya lampu taxiway didalam dunia penerbangan maka kegiatan Pengenalan *taxiway light* Berbasis Virtual Tour Sebagai Media Informasi Alat Bantu Pendaratan Visual yang Ada di Bandar Udara bagi Siswa SMA/SMK di Jayapura sangat membawa manfaat bagi anak-anak di SMA setempat, hal ini dikarenakan Penerangan *taxiway* membantu pilot mengetahui dengan jelas letak garis tengah dan tepi *taxiway*. Penerangan *taxiway* tidak hanya berguna pada malam hari, tetapi juga berguna pada siang hari ketika bandara sedang mengalami cuaca buruk dengan jarak pandang yang rendah. Area terminal dan apron sering kali terang benderang dengan lampu sorot, namun pilot tidak diperbolehkan melakukan manuver pesawat dengan bebas melalui ramp. Semua area ramp telah menetapkan rute taksi yang dirancang untuk menjaga jarak antara pesawat yang sedang meluncur dan rintangan di darat.

Banyak pesawat yang sangat panjang sehingga sayapnya tidak terlihat dari kokpit. Menjaga nosewheel tetap berada di garis tengah memastikan jarak antara pesawat yang diparkir dan ujung sayap serta ekor pesawat yang sedang meluncur. Anda juga akan menghindari tabrakan dengan struktur bandara seperti lampu jalan atau dinding gantungan. Meskipun penyebab utama bencana Tenerife adalah miskomunikasi antara pesawat dan Kontrol Lalu Lintas Udara, kemajuan terkini dalam penerangan *taxiway* dirancang untuk mencegah kecelakaan jenis ini dengan meningkatkan kesadaran situasional pilot.

Kesimpulan

Airfield Lighting System (AFL) atau disebut juga dengan Aeronautical Ground Lighting (AGL) merupakan istilah yang digunakan pada bandara untuk membantu dan melayani pilot secara visual menggunakan berbagai jenis lampu pada saat pesawat melakukan proses tinggal landas, mendarat, dan melakukan taxi agar dapat bergerak secara efisien dan aman. Mempelajari sistem pencahayaan *runway light* berbasis tur virtual sebagai media informasi alat bantu pendaratan visual yang ada di bandar udara bagi siswa SMA/SMK di Jayapura sangat bermanfaat karena landasan pacu pesawat terbang sangat penting untuk keselamatan pengguna transportasi, terutama dalam hal penerbangan komersil. Penggunaan landasan pacu pesawat terbang bukan hanya pada siang hari tetapi juga pada malam hari untuk pendaratan dan pelepasan pesawat. Kegiatan pengenalan *taxiway light* berbasis tur virtual sebagai media informasi alat bantu pendaratan visual yang ada di bandar udara bagi siswa SMA/SMK di Jayapura sangat bermanfaat bagi anak-anak di sekolah menengah atas setempat karena penerangan *taxiway* membantu pilot melihat dengan jelas letak garis tengah dan tepi *taxiway*. Penerangan *taxiway* tidak hanya berguna pada malam hari tapi juga siang hari.

Ucapan Terima Kasih

Puji dan syukur saya panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa, karena saya dapat menyelesaikan karya ilmiah ini atas berkat dan rahmat-Nya. Saya menyadari bahwa

menyelesaikan karya tulis ilmiah ini cukup sulit bagi saya tanpa bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak. Penulis mengucapkan terima kasih kepada semua orang yang terlibat dalam membuat artikel ini. Akhir kata, penulis mengucapkan terima kasih dan semoga karya ilmiah ini bermanfaat bagi semua orang yang membutuhkannya. Penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun untuk membantu mereka menyempurnakannya.

Daftar Pustaka

- Aishwarya, C. (2022). The Instrument Landing System (ILS) - A Review. *International Journal of Progressive Research in Science and Engineering*, 3(03).
- Amalia, D., Suryan, V., Septiani, V., Komalasari, Y., Rizko, R., Febriansyah, A., Ristumanda, S. S., Kristiawan, M., & Hendra, O. (2024). Development of a Game-Based Learning: Airfield Lighting System Simulator Using Virtual Reality and Augmented Reality. *Journal of Applied Engineering and Technological Science*, 5(2), 978–994. <https://doi.org/10.37385/jaets.v5i2.3253>
- Arya, P., Achmad, A., Prabowo, S., Politeknik, S., & Surabaya, P. (2020). Smart Monitoring Sudut Kemiringan Lampu Medium Approach Light (Mals) Berbasis Mikrokontroler Di Lombok International Airport. *Seminar Nasional Inovasi Teknologi Penerbangan (SNITP)*, 1–5.
- Aspers, P., & Corte, U. (2019). What is Qualitative in Qualitative Research. *Qualitative Sociology*, 42(2). <https://doi.org/10.1007/s11133-019-9413-7>
- Azzahra Pasaribu, S., & Caesar Akbar, M. (2022). Modifikasi Modul Driver Pada Lampu Precision Approach Lighting System (Pals) Di Bandara Sultan Syarif Kasim II Pekanbaru. *Jurnal Penelitian*, 7(3), 257–263. <https://doi.org/10.46491/jp.v7i3.1113>
- Cahyadi, C. I., Saputra, W., & Sudjoko, R. I. (2023). Analisis Kontrol Dan Monitoring Arus Listrik Ccr Pada Lampu Papi Di Bandar Udara Silangit. 6(2), 133–140.
- Fadli, M. R. (2021). Memahami desain metode penelitian kualitatif. *HUMANIKA*, 21(1). <https://doi.org/10.21831/hum.v21i1.38075>
- Harta, R. B. (2022). Rancang Bangun Virtual Afl Sebagai Media Pembelajaran Jarak Jauh Di Politeknik. 1–6.
- Khairunnisa, D., Rachmanto, A. D., Munawar, Z., & Haitan, M. (2022). Aplikasi Virtual Tour Dinamis Pada Universitas Nurtanio Bandung Berbasis Web. 2, 42–50.
- Koedoes, Y. A., Mokui, H. T., & Jaya, S. N. (2023). Analisis Perbandingan Lampu Led Dengan Lampu Halogen Pada Air Field Lighting (Afl) Sebagai Upaya Efisiensi Penggunaan Energi Listrik di Bandar Udara Halu Oleo. 1(1), 33–44.
- Kustor. (2019). Rancangan stopbar light otomatis pada taxiway n3 untuk Mencegah terjadinya runway incursion di bandar udara Juanda surabaya. 11–19.
- Luwihono, A., Kurniawati, Z., & Edwin Firstnanda, F. (2016). Rancangan Alat Simulasi Tata Letak Dan Konfigurasi Sirkuit Lampu AFL Berbasis Mikrokontroler Di Program Studi Teknik Listrik Bandara Sekolah Tinggi Penerbang Indonesia. *Langit Biru: Jurnal Ilmiah Aviasi*, 9(2), 21–36.
- Muhammad. (2022). Rancang Bangun Aplikasi Pembelajaran Familiarization Pesawat TBM 700 Berbasis Virtual Lapentor 360°. *JAMETS: Journal of Aircraft Maintenance Engineering & Aviation Technologies*, 1(1), 16–22. <https://doi.org/10.46509/jamets.v1i1.329>
- Panjaitan, A., Sahputra, A., & Syafriwel, S. (2020). Analisis Sistem Constant Current Regulator pada Lampu Precision Approach Path Indikator di Bandara Udara. *Edu*

- Elektrika Journal*, 9(2), 31–35.
- Saragi, A., & Caesar Akbar, M. (2022). Analisa Peningkatan Efisiensi Daya Listrik Runway Edge Light Di Bandar Udara Minangkabau Dengan Lampu LED”. *Airman: Jurnal Teknik Dan Keselamatan Transportasi*, 5(2).
<https://doi.org/10.46509/ajtk.v5i2.230>
- Setyawan, H., & Nafi, C. (2021). Rancang Bangun Alat Monitoring Lampu Airfield Lighting (AFL) Double Runway Berbasis Mikrokontroler. *Jurnal Teknik Elektro Dan Komputasi ...*, 3, 135–147.
- 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).
<https://doi.org/10.1088/1742-6596/1845/1/012034>
- Susanto, P. C., Jaya Sakti, R. F., & Widiyanto, P. (2021). Alat Bantu Pendaratan Visual Di Airport Untuk Mendukung Keselamatan Pesawat. *Aviasi: Jurnal Ilmiah Kedirgantaraan*, 17(1), 35–44. <https://doi.org/10.52186/aviasi.v17i1.57>
- Tjung, A. W. B., Marzuki, M. I., & Yulianto, B. Y. (2024). Analisa Sistem Back-Up Daya Airfield Lighting System pada Substation T1 Bandara SAMS Sepinggangan dengan ETAP 19.0.1. *Jambura Journal of Electrical and Electronics Engineering*, 6(1).
<https://doi.org/10.37905/jjee.v6i1.22314>
- Wijaya, C. E. (2009). Airfield Lighting System pada Bandar Udara Sam Ratulangi Manado. *Airfield Lighting System Pada Bandar Udara Sam Ratulangi Manado*, 1.