

Kajian Kinerja *Apron Floodlight* di Bandar Udara: Sistem Monitoring, Desain *Apron Floodlight*, Implementasi Operasional

Dea Marthamillenia¹, Egia Keykenanta Meliala², Direstu Amalia³, Zusnita Hermala⁴, Wildan Nugraha⁵,
Dedy Kurniadi⁶

¹ Politeknik Penerbangan Palembang, e-mail: deamilleniaa@gmail.com

² Politeknik Penerbangan Palembang, e-mail: egiakeykenanta27@gmail.com

³ Politeknik Penerbangan Palembang, e-mail: direstu@poltekbangplg.ac.id

⁴ Politeknik Penerbangan Palembang, e-mail: zusnita@poltekbangplg.ac.id

⁵ Politeknik Penerbangan Palembang, e-mail: wildan.nugraha@poltekbangplg.ac.id

*Corresponding Author : deamilleniaa@gmail.com

| Received: xx-xx-xxxx

| Revised: xx-xx-xxxx

|| Accepted: xx-xx-xxxx

Abstract:

Sistem monitoring yang efektif dapat membantu mendeteksi kegagalan, memastikan kinerja optimal, dan mengurangi biaya pemeliharaan. Desain *apron floodlight* yang tepat mempertimbangkan aspek teknis dan lingkungan, termasuk intensitas cahaya, distribusi cahaya, dan ketahanan terhadap kondisi cuaca ekstrem. Implementasi operasional yang baik memerlukan koordinasi antara berbagai pihak, termasuk manajemen bandara, teknisi, dan regulator, untuk memastikan bahwa *apron floodlight* berfungsi dengan baik dan sesuai standar keselamatan penerbangan internasional. Studi ini menyimpulkan bahwa pendekatan terpadu yang mencakup teknologi canggih dan praktik manajemen yang efektif adalah kunci untuk mencapai kinerja *apron floodlight* yang handal dan efisien. Hasil artikel *literature review* ini ialah 1) sistem monitoring berpengaruh terhadap *apron floodlight*; 2) desain berpengaruh terhadap *apron floodlight*; dan 3) implementasi operasional berpengaruh terhadap *apron floodlight*. Penelitian ini diharapkan menghasilkan pemahaman lebih mendalam tentang pentingnya menjaga kinerja *apron floodlight*, faktor-faktor yang perlu dipertimbangkan dalam desain efektif, dan strategi implementasi operasional yang dapat meningkatkan efisiensi serta keselamatan di bandar udara.

Keywords: *apron floodlight, sistem monitoring, desain, implementasi operasional*

Introduction

Menurut Undang-Undang Nomor 1 Tahun 2009 tentang penerbangan, 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 antar moda transportasi, yang dilengkapi dengan fasilitas keselamatan dan keamanan penerbangan, serta fasilitas pokok dan fasilitas penunjang lainnya. Berdasarkan definisi



tersebut, bandar udara atau dikenal dengan bandara menjadi salah satu infrastruktur vital yang memerlukan tingkat kenyamanan dan keamanan yang tinggi.

Masyarakat umumnya mengenal bandara hanya terdiri dari lintasan jalan yang besar dan panjang sebagai lepas landas dan pendaratan pesawat, padahal terdapat sejumlah bagian dalam satu kawasan bandara. Terdapat dua komponen kualifikasi bandara yang baik, yakni *air side* (sisi udara) dan *land side* (sisi darat). Sesuai Keputusan Menteri Perhubungan KM Nomor 47 Tahun 2002 menyebutkan bahwa sisi udara suatu bandar udara adalah bagian dari bandar udara dan segala fasilitas penunjangnya yang merupakan daerah bukan publik tempat setiap orang, barang, dan kendaraan yang akan memasukinya wajib melalui pemeriksaan keamanan dan atau memiliki izin khusus. Fasilitas yang ada pada sisi udara meliputi fasilitas drainase, fasilitas penghubung landasan pacu (*taxiway*), fasilitas *obstruction restriction*, fasilitas landasan pacu (*runway*), dan fasilitas pelataran parkir udara (*apron*).

Elemen penting dalam operasional bandar udara diantaranya pencahayaan pada area *apron*. *Apron* adalah area di bandara tempat pesawat parkir, memuat, dan menurunkan penumpang atau kargo, dan peralatan. Segala kegiatan di *apron* sangat krusial untuk efektivitas dan efisiensi keselamatan operasional penerbangan, termasuk persiapan pesawat sebelum penerbangan berikutnya, pengisian bahan bakar, perawatan pesawat, dan penanganan bagasi serta penumpang. Berangkat dari hal itu, kualitas pencahayaan di *apron* sangat mempengaruhi segala aktivitas di sekitarnya.

Apron floodlight adalah rancangan sistem pencahayaan yang dibuat untuk menerangi area *apron*. Biasanya *floodlight* ditempatkan pada tiang tinggi atau struktur lainnya untuk meyakini bahwa sebaran cahaya merata di semua area *apron*, sehingga menghadirkan lingkungan yang efisien dan aman ketika aktivitas malam hari atau kondisi cuaca buruk (Akbar, 2024). Adanya visibilitas mumpuni di area *apron* dapat membantu tugas personel bandara dengan efektif dan aman. Selain itu juga, pencahayaan yang memadai dapat mempermudah pilot saat hendak mengarahkan pesawat selama persiapan lepas landas, parkir, dan taksi.

Mikrokontroler adalah komponen elektronik dalam bentuk kecil pada sistem komputer yang umumnya dipakai sebagai pengendali mesin atau perangkat lain. Saat ini telah banyak penggunaan mikrokontroler sebagai alat pengembangan teknologi yang bertujuan untuk memudahkan kinerja manusia. Penggunaan program pada mikrokontroler dirancang agar pengoperasian alat sesuai dengan instruksi yang ingin dijalankan seperti robotika, otomasi rumah, industri otomotif, maupun elektronika konsumen (Mutho'simah, 2020). Pengaplikasian mikrokontroler di bandara juga dimanfaatkan guna membantu keberlangsungan aktivitas personel bandara. Pada berbagai penelitian terkait efektivitas kinerja di *apron floodlight*, ada beberapa jenis rancang bangun sistem monitoring berbasis mikrokontroler yang digunakan.

Tetapi tidak sedikit bandara masih menggunakan sistem pencahayaan *apron* yang konvensional. Sistem ini seringkali memiliki beberapa kekurangan, antara lain minimnya otomatisasi dan kontrol, efisiensi energi yang rendah, kurang efektifnya pemantauan, serta biaya pemeliharaan yang tinggi. Mengatasi berbagai permasalahan yang ada dibutuhkan suatu inovasi terhadap sistem pencahayaan *apron* bandara, sehingga monitoring *apron floodlight* berbasis mikrokontroler menjadi salah satu solusi yang tepat. Sistem ini menawarkan beberapa keunggulan seperti otomatisasi dan kontrol terintegrasi, efisiensi energi, pemantauan *real-time*, dan pengurangan biaya pemeliharaan. Tercapainya konteks pengembangan infrastruktur bandara yang lebih aman dan canggih, dikarenakan adanya relevansi yang signifikan dalam penelitian ini.

Penggunaan sistem pengontrolan jarak jauh oleh teknisi diperlukan untuk meningkatkan efektivitas pengoperasian lampu pada *apron floodlight*. Petugas menara tower juga tidak dapat mengontrol setiap lampu pada tiang *apron floodlight*, melainkan petugas menara tower hanya dapat menyalakan dan mematikan sekaligus lampu tersebut. Selain itu, ketidakmampuan dalam memantau kondisi lampu, arus, dan tegangan juga menjadi kendala. Akan memakan waktu yang lama jika teknisi mendatangi tiang *apron floodlight* dikarenakan jaraknya yang jauh (Fauzan dkk, 2021).

Penelitian di Bandar Udara Adi Soemarmo Solo melakukan uji coba melalui via telegram terhadap *prototype apron floodlight* dengan mikrokontroler NodeMCU ESP 8266 sebagai pengontrol komponen



elektronika. Telegram bot akan berfungsi dalam kontrol lampu LED yang memproses data ke NodeMCU. Didapatkan dari hasil pengujian analisis kinerja setiap bagian sistem yang saling berkesinambungan, keseluruhan sistem berguna dalam mengidentifikasi tingkat keberhasilan dan kinerja lampu *apron* (Fauzan dkk, 2021). Sedangkan di Bandar Udara Husein Sastranegara menuangkan inovasi *prototype smart floodlight* berbasis Arduino dengan modul dimmer yang dioperasikan melalui aplikasi *blynk*. Mikrokontroler Arduino sebagai otak dari desain atau komponen utama dalam mengontrol, memproses, serta menerima desain rancangan lalu memberi perintah. Diperoleh kesimpulan akhir, jaringan internet yang dihubungkan ke sistem berbasis Arduino dengan menggunakan modul dimmer akan menjalankan tiga fungsi utama yaitu mengatur intensitas cahaya sesuai pengaturannya, memonitoring keadaan lampu, mematikan dan menyalakan lampu secara *remote* maupun manual (Mubarak dkk, 2022).

Studi sebelumnya telah mengeksplorasi penggunaan lampu LED untuk penerangan *apron* yang lebih efisien secara energi dibandingkan dengan lampu konvensional. Beberapa penelitian juga telah meneliti penggunaan sistem otomatis untuk mengurangi konsumsi energi berdasarkan aktivitas di *apron*. Namun, penelitian yang ada masih kurang dalam mengintegrasikan teknologi mikrokontroler untuk optimalisasi penggunaan energi secara *real-time*. Ada kebutuhan studi yang mengevaluasi bagaimana mikrokontroler dapat digunakan untuk mengatur intensitas penerangan secara dinamis berdasarkan data sensor lingkungan.

Tentu pencahayaan yang memadai di *apron* sangat berguna untuk memastikan keselamatan awak, penumpang, dan personel bandara serta mencegah kecelakaan pesawat. Dengan pencahayaan yang baik, aktivitas *ground handling* dapat dilakukan dengan lebih cepat dan efisien, mengurangi waktu *turn-around* pesawat, dan meningkatkan produktivitas bandara. Dengan demikian, peningkatan kinerja *apron floodlight* di bandar udara dicapai tidak hanya meningkatkan efisiensi operasional dan keselamatan, tetapi juga mendukung upaya penghematan energi dan keberlanjutan lingkungan. Inovasi ini akan menjadi solusi yang tepat dalam menjawab tantangan yang dihadapi oleh sistem pencahayaan *apron* konvensional.

Berdasarkan latar belakang tersebut, dapat dirumuskan permasalahan yang akan dibahas guna membangun hipotesis untuk riset selanjutnya, yaitu (1) apakah sistem monitoring berpengaruh terhadap *apron floodlight*; (2) apakah desain berpengaruh terhadap *apron floodlight*; dan (3) apakah implementasi operasional berpengaruh terhadap *apron floodlight*.

Penelitian ini bertujuan untuk memberikan kajian literatur terkait kinerja *apron floodlight* di bandar udara dan membentuk hipotesa terkait sistem monitoring, desain *apron floodlight*, serta implementasi operasional. Diharapkan kedepannya penelitian ini menjadi referensi untuk perancangan *apron floodlight* di bandar udara.

Literature Review

Apron floodlight atau lampu *apron* untuk penerangan malam hari merupakan bagian krusial dalam operasional bandara. Tidak hanya mendukung keselamatan penerbangan, penerangan yang memadai juga berperan pada efisiensi operasional di area parkir pesawat dan sekitarnya. Dalam mencapai kinerja *apron floodlight* yang optimal, terdapat beberapa indikator penting yang dibagi menjadi tiga kategori utama yaitu sistem monitoring, desain *apron floodlight*, dan implementasi operasional. Indikator untuk sistem monitoring *apron floodlight* mencakup data *logging*, status operasional lampu, komunikasi, dan integrasi. Indikator terkait desain *apron floodlight* meliputi sudut penyebaran cahaya, fleksibilitas, skalabilitas, serta kompatibilitas dengan sistem monitoring. Untuk implementasi operasional, indikator utamanya adalah intensitas pencahayaan, distribusi pencahayaan, jenis lampu, dan teknologi sehingga peletakan lampu *apron floodlight* dapat ditempatkan sedemikian rupa (Megansa dkk, 2023).

Berdasarkan ANNEX VOL 14 dari ICAO mengenai klasifikasi intensitas cahaya, yang wajib dihasilkan *floodlight* minimal 20 lux ketika titik pesawat akan dipancarkan cahaya. Sedangkan situasi saat ini, mayoritas pengoperasian *apron floodlight* masih manual serta terbatasnya teknisi di bandar udara yang tentunya menyulitkan teknisi pada hal pengoperasian, sehingga membutuhkan beberapa waktu bila teknisi sedang tidak ada di ruang kendali. Berangkat dari hal tersebut, kinerja *apron floodlight* sangat diperlukan untuk memberi kemudahan teknisi dalam mengoperasikan *apron floodlight* salah satunya



melalui aplikasi *mobile* yang bisa diakses kapanpun dan mampu memonitoring kondisi arus maupun tegangan. Mikrokontroler berperan sebagai otak dari desain yang ditujukan untuk mengeluarkan perintah, mengontrol, menerima, dan memproses desain rancangan (Mubarak dkk, 2022).

Lampu sorot *apron* dirancang untuk memberikan penerangan yang kuat dan selaras agar memfasilitasi kegiatan penanganan pesawat dan penumpang, pemrosesan pada malam hari atau kondisi cahaya redup. Lampu sorot *apron* umumnya menempatkan daya yang tinggi pada tiang penerangan tinggi untuk memberikan penerangan distribusi yang luas. Lampu ini biasanya menggunakan lampu pijar bohlam atau lampu LED (*Light Emitting Diode*) yang memancarkan cahaya putih terang untuk menyesuaikan kondisi pencahayaan optimal pada *apron*. Penerangan yang baik pada *apron* sangat penting guna mencapai keselamatan, keamanan, dan efisiensi operasional di bandar udara. Dengan hadirnya lampu sorot *apron*, aktivitas seperti pemuatan kargo, perawatan pesawat, pengisian bahan bakar, dan pelayanan penumpang dapat berlangsung dengan aman dan efisien, baik pada malam hari atau bahkan dalam kondisi cuaca buruk (Abimanto & Mahendro, 2023). *Apron floodlight* ini sudah banyak diteliti oleh peneliti sebelumnya diantaranya adalah (Megansa dkk, 2023), (Yasa & Suriana, 2021), dan (Abimanto & Mahendro, 2023).

Sistem monitoring adalah sebuah mekanisme atau proses yang digunakan untuk mengawasi, mengumpulkan data, dan menganalisis kinerja, status, kondisi dari suatu sistem, perangkat, atau lingkungan. Komponen utama sistem monitoring terdiri atas sensor dan aktuator, mikrokontroler, komunikasi data, server pemantauan, serta perangkat lunak pemantauan (Syafikri dkk, 2023). Indikator utama sistem monitoring *apron floodlight* mencakup intensitas cahaya dan distribusi yang mengukur kecerahan maupun keseragaman pencahayaan, pemantauan suhu operasional untuk menghindari *overheating*, dan integrasi teknologi IoT (*Internet of Things*) dalam sistem monitoring *apron floodlight* (Umar & Andani, 2023).

Melengkapi pandangan tersebut (Amir & Faizal, 2023) menyatakan bahwa intensitas cahaya yang optimal sangat penting untuk memastikan bahwa area *apron* bandara mendapatkan penerangan yang cukup demi menjamin keselamatan dan efisiensi operasi, baik untuk pesawat maupun kendaraan yang bergerak di area tersebut. Sistem monitoring menggunakan sensor cahaya untuk mengukur dan melaporkan tingkat pencahayaan secara *real-time*, yang memungkinkan penyesuaian otomatis terhadap kondisi lingkungan seperti cuaca. Selain itu, konsumsi energi juga menjadi indikator kunci yang dipantau untuk mengidentifikasi efisiensi energi dan peluang penghematan (Setiawan dkk, 2023).

Sebagai tambahan (Kona dkk, 2024) mengamati pentingnya keterkaitan sistem monitoring terhadap pengoptimalan kinerja *apron floodlight* terkhusus di bandar udara. Indikator sistem monitoring yang tepat, menurut Akbar (2024) perlu integrasi teknologi IoT dalam sistem monitoring *apron floodlight*. Secara keseluruhan, penggunaan indikator yang akurat dan sistem monitoring yang canggih memberikan manfaat signifikan dalam pengelolaan *apron floodlight* yang lebih modern (Akbar dkk, 2024).

Dari beragam indikator yang hendak dicapai, ada beberapa jenis mikrokontroler yang digunakan berbagai penelitian untuk menjalankan fungsi sebagai sistem monitoring. Salah satu mikrokontroler yang banyak ditemukan diantaranya adalah pengaplikasian NodeMCU ESP8266 untuk menyambungkan sensor ke jaringan WiFi dan memproses pengiriman data ke server *Blynk* pada monitoring *apron floodlight* di Bandar Udara Hang Nadim Batam (Akbar dkk, 2024). Mikrokontroler ATmega328 yang digunakan dalam Arduino Uno memiliki kemampuan pemrosesan yang cukup untuk menjalankan berbagai program, serta memiliki berbagai pin I/O yang dapat dikonfigurasi untuk berinteraksi dengan sensor, aktuator, dan komponen lainnya (Hariono dkk, 2018). Sedangkan penelitian mikrokontroler PIC 16F84X terus menjadi subjek penelitian karena kestabilannya, kemudahan pemrogramannya, dan biaya yang relatif rendah, menjadikannya pilihan yang menarik bagi para insinyur dan peneliti dalam merancang dan mengembangkan prototipe sistem elektronik (Pineng & Silka, 2018). Sistem monitoring *apron floodlight* ini sudah banyak diteliti oleh peneliti sebelumnya diantaranya adalah (Sembiring dkk, 2021), (Fatoni dkk, 2015), dan (Pineng & Silka, 2018).

Pada desain *apron floodlight* dalam jurnal yang berjudul "Perencanaan *Remote Control* dan Monitoring *Apron Floodlight* Selatan Berbasis *Programmable Logic Control* (PLC) di Bandar Udara I Gusti



Ngurah Rai - Bali", menerangkan bahwa efisiensi penerangan dan distribusi cahaya dengan teknologi terkini dapat meningkatkan efisiensi energi dibandingkan dengan lampu konvensional. Selain itu, distribusi cahaya yang merata diseluruh area *apron* sangat penting untuk menghindari area gelap atau bayangan yang dapat mengganggu operasional dan keselamatan. Desain optik dari *floodlight*, termasuk sudut pencahayaan dan lensa khusus, dioptimalkan untuk memastikan bahwa cahaya tersebar secara merata dan mencakup seluruh area yang dibutuhkan (Megansa dkk, 2023).

Selain efisiensi penerangan dan distribusi cahaya, berbagai penelitian lain juga menunjukkan bahwa daya tahan dan ketahanan terhadap lingkungan juga menjadi indikator penting lainnya dalam desain *apron floodlight*. Penelitian menunjukkan bahwa *floodlight* yang digunakan di area *apron* harus mampu bertahan dalam berbagai kondisi cuaca ekstrem, termasuk hujan deras, panas tinggi, dan kelembapan (Mulyati dkk, 2024).

Lebih lanjut, kompatibilitas dan kemampuan integrasi dengan sistem monitoring dan kontrol yang ada adalah indikator desain yang semakin penting menurut penelitian terbaru. Hal ini memungkinkan pengoperasian lampu yang lebih efisien, seperti penyesuaian intensitas cahaya berdasarkan kondisi *real-time* dan pengaturan jadwal otomatis. Desain yang kompatibel dengan teknologi *smart grid* dan sistem energi terbarukan juga menjadi fokus utama, memungkinkan bandara untuk mengurangi jejak karbon dan meningkatkan keberlanjutan operasional. Keseluruhan indikator ini menunjukkan bahwa desain *floodlight* yang baik tidak hanya berfokus pada kinerja pencahayaan tetapi juga pada keberlanjutan, efisiensi, dan integrasi teknologi canggih (Akbar dkk, 2024). Desain *apron floodlight* sudah banyak diteliti oleh peneliti sebelumnya diantaranya adalah (Akbar dkk, 2024), (Mulyati dkk, 2024), (Megansa dkk, 2023).

Pada implementasi operasional *apron floodlight*, menurut Yayuk Suprihartini (2019) indikator intensitas pencahayaan *apron floodlight* di bandara menjadi faktor krusial yang memastikan keselamatan dan efisiensi operasional di area *apron*, tempat pesawat parkir, dan aktivitas bongkar muat. Mengatasi hal tersebut, pentingnya penggunaan lampu LED yang efisien dan sistem kontrol otomatis dengan sensor cahaya agar membantu mencapai intensitas pencahayaan optimal. Dengan distribusi cahaya merata dan penempatan lampu yang tepat, *apron floodlight* tidak hanya meningkatkan keselamatan personel dan pergerakan pesawat, tetapi juga mengurangi konsumsi energi maupun biaya operasional bandara (Suprihartini, 2019).

Sedangkan pada indikator distribusi pencahayaan *apron floodlight* di bandara, juga menjadi kriteria penting dalam memastikan seluruh area *apron* mendapatkan pencahayaan yang memadai dan merata. Setiap *floodlight* diarahkan dengan hati-hati untuk mencapai cakupan cahaya yang optimal, memastikan bahwa pergerakan pesawat, kendaraan, dan personel di *apron* dapat dilakukan dengan aman dan efisien. Sistem kontrol pencahayaan otomatis yang menggunakan sensor cahaya atau gerakan juga berperan dalam menyesuaikan intensitas dan distribusi cahaya sesuai kondisi operasional dan lingkungan, sehingga efisiensi dan keselamatan di *area apron* dapat terjaga dengan baik (Amir & Faizal, 2023).

Untuk indikator jenis lampu dan teknologi yang digunakan *apron floodlight* di bandara (Simaremare dkk, 2023) menyatakan bahwa hal ini juga memainkan peran khusus dalam memastikan pencahayaan yang efektif dan efisien. Lampu LED sebagai pilihan utama karena efisiensi energi tinggi, umur panjang, dan kemampuan memberikan cahaya yang kuat dan konsisten. Teknologi kontrol pencahayaan pintar, seperti sensor cahaya dan gerakan serta sistem berbasis IoT, semakin meningkatkan efisiensi dan fungsionalitas *apron floodlight* (Pratama dkk, 2020). Implementasi operasional *apron floodlight* ini sudah banyak diteliti oleh peneliti sebelumnya diantaranya adalah (Pratama dkk, 2020), (Amir & Faizal, 2023), (Suprihartini, 2019).

Method

Metode penulisan artikel ilmiah ini adalah metode kualitatif dan kajian pustaka (*library research*). Mengkaji teori dan hubungan atau pengaruh antar variabel dari buku dan jurnal, baik secara *offline* di perpustakaan dan secara *online* yang bersumber dari Mendeley, *Google Scholar*, dan media *online* lainnya.



Dalam penelitian kualitatif, kajian pustaka harus digunakan secara konsisten dengan asumsi-asumsi metodologis. Artinya harus digunakan secara induktif sehingga tidak mengarahkan pertanyaan-pertanyaan yang diajukan oleh peneliti. Salah satu alasan utama untuk melakukan penelitian kualitatif yaitu bahwa penelitian tersebut bersifat eksploratif.

Results and Discussion

Sistem monitoring berperan penting dalam meningkatkan kinerja *apron floodlight* dengan memantau berbagai dimensi atau indikator kunci seperti intensitas cahaya dan distribusi pencahayaan. Intensitas cahaya yang diukur secara *real-time* memastikan bahwa area *apron* selalu mendapatkan pencahayaan yang memadai untuk menjamin keselamatan dan efisiensi operasional. Sistem monitoring dapat secara otomatis menyesuaikan tingkat cahaya berdasarkan data yang diterima dari sensor, menjaga agar pencahayaan tetap optimal terlepas dari perubahan kondisi lingkungan atau waktu hari. Selain itu, distribusi cahaya yang merata adalah indikator penting lainnya yang dipantau untuk memastikan tidak ada area gelap atau bayangan yang dapat mengganggu aktivitas di *apron*. Dengan data konsumsi energi yang akurat, bandara dapat mengoptimalkan penggunaan listrik, mengurangi biaya operasional, dan mendukung inisiatif keberlanjutan (Syafikri dkk, 2023).

Pengaplikasian sistem monitoring *apron floodlight* lainnya juga dibahas dengan integrasi teknologi IoT dengan konektivitas jaringan pengelola bandara dapat mengakses dan mengontrol sistem *floodlight* dari jarak jauh melalui *platform* berbasis *cloud*, memungkinkan penyesuaian dan pemeliharaan yang lebih fleksibel dan responsif. Adanya pemanfaatan IoT, data dari berbagai sensor dapat dikumpulkan, dianalisis, dan diakses secara *real-time* melalui jaringan yang terhubung. Hal ini memungkinkan pengelolaan penerangan *apron* yang lebih efisien dan responsif. Integrasi ini juga memfasilitasi pengambilan keputusan yang lebih cepat dan tepat berbasis data, yang pada akhirnya meningkatkan kinerja operasional dan keselamatan di bandara (Akbar dkk, 2024).

Sistem monitoring berpengaruh terhadap *apron floodlight*, meliputi penggunaan mikrokontroler NodeMCU ESP8266 yang berfungsi sebagai penghubung sensor dengan jaringan WiFi dan proses pengiriman data ke server *Blynk* yang berpengaruh terhadap dimensi atau indikator *apron floodlight* (Akbar dkk, 2024). Pengaplikasian sistem monitoring *apron floodlight* lainnya juga dibahas dengan menggunakan mikrokontroler ATmega328 (Sudhan dkk, 2015), untuk mempermudah kegiatan mengolah data sehingga dapat melakukan secara otomatis fungsi kontrol dan monitoring. Mikrokontroler jenis PIC 16F84X yang memiliki arsitektur Harvard dengan set instruksi RISC, sangat memungkinkan operasi yang efisien dan cepat dalam fungsinya sebagai sistem monitoring. Dalam konteks sistem monitoring, PIC 16F84X dapat digunakan untuk memantau dan mengendalikan berbagai parameter lingkungan dan operasional, seperti suhu, kelembapan, cahaya, dan keberadaan objek (Pineng & Silka, 2018).

Desain berpengaruh terhadap *apron floodlight*, dimana dimensi atau indikator desain memainkan peran penting dalam memastikan kinerja optimal melalui dua indikator utama yaitu efisiensi penerangan dan distribusi cahaya (Megansa dkk, 2023). Efisiensi penerangan mengacu pada kemampuan lampu untuk menghasilkan *output* cahaya maksimum dengan konsumsi energi minimum. Penelitian menunjukkan bahwa pemilihan teknologi lampu seperti LED yang memiliki efisiensi energi tinggi, dapat secara signifikan mengurangi biaya operasional dan jejak karbon bandara. Selain itu, distribusi cahaya yang tepat dalam desain lampu juga membantu mengarahkan cahaya dengan lebih efektif, memastikan pencahayaan yang konsisten dan optimal disetiap sudut *apron* (Mulyati dkk, 2024).

Penelitian lainnya juga membahas terkait pengaruh signifikan kinerja *apron floodlight* melalui indikator daya tahan dan ketahanan terhadap lingkungan. Daya tahan *floodlight* ditentukan oleh kualitas material, dan teknologi yang digunakan harus mampu bertahan dalam jangka waktu panjang dengan kebutuhan pemeliharaan minimal. Ketahanan terhadap lingkungan juga menjadi aspek penting dalam desain, mengingat *apron* bandara sering terpapar kondisi cuaca ekstrem seperti hujan deras, angin kencang, suhu tinggi, dan kelembapan yang tinggi.

Disisi lain, desain *apron floodlight* sangat mempengaruhi kinerja dan efisiensi operasional melalui dimensi atau indikator desain yang mencakup kompatibilitas dan kemampuan integrasi dengan sistem



monitoring. *Floodlight* yang dirancang dengan mempertimbangkan kompatibilitas teknologi mampu terhubung pada berbagai sistem monitoring dan kontrol yang ada, termasuk platform berbasis IoT. Desain yang mendukung kemampuan integrasi juga memungkinkan *floodlight* berfungsi harmonis dengan sistem manajemen bandara lainnya, seperti sistem kontrol lalu lintas udara dan keamanan, yang meningkatkan koordinasi dan efisiensi operasional secara keseluruhan (Akbar dkk, 2024).

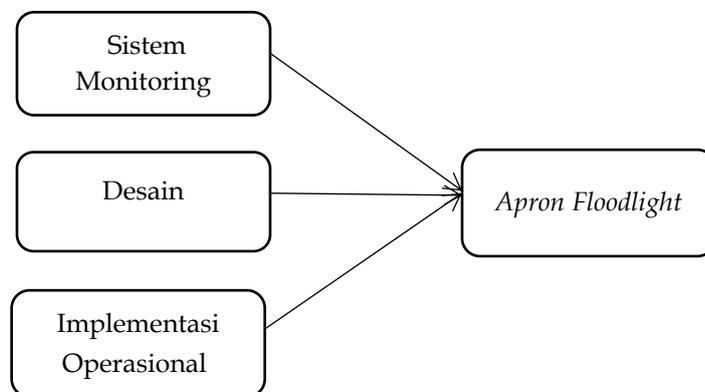
Implementasi operasional berpengaruh terhadap *apron floodlight*, dimana dimensi atau indikator implementasi operasional meliputi intensitas pencahayaan yang berpengaruh terhadap dimensi atau indikator *apron floodlight*. Standar pencahayaan yang ditetapkan oleh *International Civil Aviation Organization* (ICAO) dan *Federal Aviation Administration* (FAA) merekomendasikan tingkat pencahayaan minimum antara 20 lux hingga 50 lux. Intensitas pencahayaan yang optimal sangat penting untuk memastikan visibilitas yang baik di area *apron*, dimana mempengaruhi keselamatan dan efisiensi operasional. Penerapan intensitas cahaya yang tepat disesuaikan dengan kondisi cuaca dan waktu, mengurangi risiko kecelakaan, memastikan bahwa aktivitas di *apron* seperti pergerakan pesawat dan penanganan kargo dapat dilakukan secara aman. Sistem yang dilengkapi dengan sensor cahaya otomatis, akan menyesuaikan intensitas berdasarkan kebutuhan nyata serta mengurangi konsumsi energi saat pencahayaan penuh tidak diperlukan (Suprihartini, 2019).

Untuk meningkatkan *apron floodlight* dengan memperhatikan implementasi operasional, maka distribusi pencahayaan juga harus diatur sedemikian rupa agar merata dan sesuai kebutuhan setiap area. Penempatan lampu pada tiang tinggi, biasanya sekitar 20 meter hingga 30 meter, diatur secara strategis untuk menghindari area gelap dan bayangan yang dapat mengganggu aktivitas di *apron*. Penggunaan teknologi sensor untuk mengukur intensitas cahaya secara *real-time* memungkinkan penyesuaian otomatis terhadap perubahan kondisi lingkungan, seperti perubahan cuaca atau waktu (Amir & Faizal, 2023).

Implementasi operasional berpengaruh terhadap *apron floodlight*, apabila jenis lampu dan teknologi yang digunakan sesuai dengan kebutuhan spesifik area *apron*. Penggunaan lampu LED berdaya tinggi, menawarkan efisiensi energi yang lebih baik dan umur pakai lebih panjang, serta intensitas cahaya yang lebih konsisten dibandingkan lampu konvensional. Terlebih lagi teknologi pencahayaan adaptif yang dilengkapi dengan sensor cerdas, dapat secara otomatis menyesuaikan intensitas cahaya berdasarkan kondisi lingkungan seperti cuaca, waktu, dan aktivitas di lapangan. Dengan memilih jenis lampu dan teknologi yang tepat, implementasi operasional dapat meningkatkan efisiensi, keselamatan, dan kinerja *apron floodlight* secara signifikan (Yasa & Suriana, 2021).

Kemudian apabila dalam penjabaran datanya memerlukan gambar, bagan, atau tabel maka dapat dimasukkan kedalam sub pembahasan ini dengan contoh sebagai berikut:

Gambar 1
Research Framework Formatting Rules:



Berdasarkan gambar *conceptual framework* di atas, sistem monitoring, desain, dan implementasi operasional berpengaruh terhadap kinerja *apron floodlight* di bandar udara.



Table Titles
Table 1. Formatting Rules

No	Author (tahun)	Hasil Riset terdahulu	Persamaan dengan artikel ini	Perbedaan dengan artikel ini
1	(Pratama dkk, 2020)	Desain <i>apron floodlight</i> dan implementasi operasional berpengaruh positif dan signifikan terhadap <i>apron floodlight</i>	Mengkaji dan merancang intensitas pencahayaan, mempertimbangkan efisiensi penerangan dan distribusi cahaya, serta penggunaan lampu LED pada <i>apron floodlight</i>	Tidak ada integrasi teknologi IoT
2	(Fauzan, 2021)	Sistem monitoring dan desain <i>apron floodlight</i> , berpengaruh positif dan signifikan terhadap <i>apron floodlight</i>	Peningkatan efektivitas pengoperasian lampu, integrasi teknologi IoT berbasis mikrokontroler NodeMCU via telegram	-
3	(Mubarak dkk, 2022)	Sistem monitoring dan desain <i>apron floodlight</i> , berpengaruh positif dan signifikan terhadap <i>apron floodlight</i>	Integrasi teknologi IoT yang diakses secara <i>remote</i> melalui aplikasi <i>smartphone</i> , dan peningkatan efisiensi sistem penerangan <i>apron floodlight</i>	Fokus pada <i>prototype</i> berbasis mikrokontroler
4	(Yasa & Suriana, 2021)	Sistem monitoring, desain <i>apron floodlight</i> , dan implementasi operasional berpengaruh positif dan signifikan terhadap <i>apron floodlight</i>	Peningkatan efisiensi pengoperasian <i>apron floodlight</i> , Penggunaan teknologi modern Arduino Mega dan Wemos D1 Mini Pro, serta intensitas pencahayaan <i>apron floodlight</i>	Penggunaan sensor PZEM-004T dan modul dimmer sebagai komponen pembuatan <i>prototype</i>
5	(Megansa dkk, 2023)	Sistem monitoring, desain <i>apron floodlight</i> , dan implementasi operasional berpengaruh positif dan signifikan terhadap <i>apron floodlight</i>	Efisiensi penerangan dan distribusi cahaya, penggunaan lampu LED dalam desain <i>apron floodlight</i>	Penggunaan teknologi <i>Programmable Logic Control (PLC)</i> untuk sistem kontrol dan monitoring <i>apron floodlight</i> , fokus pada <i>remote control</i> menggunakan komputer, tidak membahas indikator desain seperti daya



				tahan dan ketahanan terhadap lingkungan
6	(Suprihartini, 2019)	Sistem monitoring, desain <i>apron floodlight</i> , dan implementasi operasional berpengaruh positif dan signifikan terhadap <i>apron floodlight</i>	Meningkatkan efisiensi dan efektivitas operasional serta intensitas pencahayaan <i>apron</i>	Tidak melibatkan integrasi teknologi IoT
7	(Saputra dkk, 2019)	Sistem monitoring, desain <i>apron floodlight</i> , dan implementasi operasional berpengaruh positif dan signifikan terhadap <i>apron floodlight</i>	Efektivitas energi listrik dari penggunaan <i>apron floodlight</i>	Penggunaan Arduino Mega 2560 R3 untuk mengontrol dan memonitor <i>floodlight</i> , penggunaan sensor inframerah untuk mendeteksi keberadaan pesawat di <i>parking stand</i> serta sistem kontrol <i>timer</i> berbasis mikrokontroler
8	(Luwihono dkk, 2016)	Sistem monitoring, dan desain <i>apron floodlight</i> berpengaruh positif dan signifikan terhadap <i>apron floodlight</i>	Penggunaan jenis lampu LED sebagai komponen pencahayaan	Perancangan alat simulasi tata letak dan konfigurasi sirkuit lampu di laboratorium AGL untuk pengajaran di lingkungan akademik
9	(Hasibuan dkk, 2019)	Sistem monitoring, desain <i>apron floodlight</i> , dan implementasi operasional berpengaruh positif dan signifikan terhadap <i>apron floodlight</i>	Intensitas cahaya dan distribusi serta efisiensi penerangan <i>apron floodlight</i>	Penggunaan UPS untuk menghitung catu daya cadangan
10	(Paendong, 2020)	Desain <i>apron floodlight</i> dan implementasi operasional berpengaruh positif dan signifikan terhadap <i>apron floodlight</i>	Peningkatan efisiensi dan kapasitas operasional <i>apron</i>	Berfokus pada kapasitas dan optimalisasi <i>apron</i> , menggunakan data pergerakan pesawat dan metode peramalan untuk menganalisis kapasitas <i>apron</i>

Conclusion

Kesimpulan pada hasil studi literatur artikel ilmiah ini antara lain: (1) sistem monitoring mempengaruhi *apron floodlight*; (2) desain mempengaruhi *apron floodlight*; (3) implementasi operasional



mempengaruhi *apron floodlight*. Kesimpulan dari penelitian ini menunjukkan bahwa selain sistem monitoring, desain, dan implementasi operasional pada semua jenis dan level lembaga pendidikan, ada banyak faktor lain yang dapat mempengaruhi *apron floodlight*. Oleh karena itu, penelitian tambahan diperlukan untuk mengidentifikasi faktor tambahan yang dapat mempengaruhi *apron floodlight* selain variabel yang dibahas dalam artikel ini.

References

- Abimanto, M. (2023). Efektivitas Penggunaan Teknologi Dalam Pembelajaran Bahasa Indonesia. *ARMADA: Jurnal Penelitian Multidisiplin*, 1(2), 122–127. <https://doi.org/10.55681/armada.v1i2.393>
- Aditya Pratama, Taryana Rubby Soebiantoro. (2020). Analisa *Apron Floodlight* Menggunakan Lampu LED di Bandar Udara Adi Soemarmo – Solo. 1, 69–78.
- Ahmad fatoni, Dhany Dwi Nugroho, A. I. (2015). Rancang Bangun Alat Pembelajaran Microcontroller Berbasis ATmega 328 di Universitas Serang Raya. *JurnalJurnal PROSISKO Vol. 2 No. 1 Maret 2015*, 2(1), 10–18.
- Akbar, M. C., Sylvia, T., & Rauf, M. F. (2024). *Prototype Monitoring Apron Flood Light* Menggunakan Aplikasi Blynk di Bandar Udara Hang Nadim Batam. *Humantech: Jurnal Ilmiah ...*, 3(2), 178–187. <http://journal.ikopin.ac.id/index.php/humantech/article/view/4256%0Ahttps://journal.ikopin.ac.id/index.php/humantech/article/download/4256/3373>
- Amir, B. F. (2023). Evaluasi Kuat Pencahayaan *Apron Floodlight* Semarang *Final Project Report Evaluation of Strong Lighting Apron Floodlight at Jenderal Ahmad Yani - Semarang International*.
- Fauzan, M. A. (2021). Microcontroller-Based Floodlight Apron Control Design Via Telegram at International Airport Indonesia. *Jurnal Teknik Dan Keselamatan Transportasi*, 4, 131–144.
- Hasibuan, H. A., Arkan, F., & Budianto, T. H. (2019). *Floodlight* di Bandar Udara Depati Amir. *Prosiding Seminar Nasional Penelitian Dan Pengabdian Pada Masyarakat*, 1–4.
- 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. <https://journal.ppicurug.ac.id/index.php/jurnal-ilmiah-aviasi/article/view/82>
- Megansa, K. S., Rifqi, R. B., Nugrahayani, T., & Kona, M. (2023). Perencanaan *Remote Control* dan Monitoring *Apron Flood Light* Selatan Berbasis *Programmable Logic Control* (PLC) di Bandar Udara I Gusti Ngurah Rai-Bali. *Jurnal Poltekbang Jayapura*, 1(2), 96–110. <https://doi.org/10.61510/skyeast.v1i2.14>
- Mubarak, R. R., Lamtiar, S., & Callista, A. B. (2022). Prototipe Kontrol dan Monitoring *Remote Apron Floodlight* Berbasis Mikrokontroler dengan Modul Dimmer. *Journal of Airport Engineering Technology (JAET)*, 3(1), 37–47. <https://doi.org/10.52989/jaet.v3i1.74>
- Muliyati, M., Syafriwel, S., & Siregar, M. F. (2024). Analisa Konsumsi Daya Lampu Halogen dan LED di Bandar Udara Halim Perdanakusuma. *Al-DYAS*, 3(1), 480–487. <https://doi.org/10.58578/alldyas.v3i1.2746>
- Musri Kona, Bunahri, R. R., Dhian Supardam, Hadi Prayitno, Andi Muhammad Afrilianto Asning, Yehezkiel Laodjaya Sangrapu, Niken Stephanie Tarrua Kabanga, & Puput Amarta Lestari. (2024). *Prototype Traffic Light* Menggunakan Sistem Kontrol Jarak Jauh Berbasis Internet of Things Sebagai Media Pembelajaran Inovatif. *Buletin Pengembangan Perangkat Pembelajaran*, 5(2). <https://doi.org/10.23917/bpppp.v5i2.3317>
- Mutho'simah, A. (2020). Rancang Bangun Kontrol dan Monitoring *Apron Floodlight* Berbasis Rapsberry Android di Bandar Udara. *Prosiding SNITP (Seminar...)*, 1–10. <https://ejournal.poltekbangsby.ac.id/index.php/SNITP/article/view/750>
- Paendong, A. A. (2020). Analisis Kapasitas dan Optimalisasi *Apron* Bandar Udara Internasional Sam Ratulangi Manado. *Sipil Statik*, 8(2), 175–182.
- Pineng, M., & Silka, S. (2018). Rancang Bangun Pengendali Suhu Secara Otomatis Berbasis



- Mikrokontroler. *Prosiding Semkaristek*, 207–211.
<http://journals.ukitoraja.ac.id/index.php/semkaristek/article/view/928%0Ahttps://journals.ukitoraja.ac.id/index.php/semkaristek/article/download/928/742>
- Saputra, A. W., Suhanto, & Moonlight, L. S. (2019). Rancang Bangun Prototipe Kontrol dan Monitoring *Floodlight* Secara Parsial dan Terintegrasi Berbasis Mikrokontroler. *Prosiding SNITP*, 1–9.
- Sembiring, J., Sadono, M., & Bashory, M. H. (2021). Jurnal Perhubungan Udara Kajian Mitigasi Dampak Lingkungan Akibat Operasi Bandar Udara dan Pengaruh *Mitigation Study of Environmental Impact Due to Airport Operations and Environmental Effects on the Operation of Bali Baru Airport*. 47(2), 129–142.
- Setiawan, A., Maulindar, J., & Nurchim. (2023). Perancangan Sistem Kendali Otomatis Lampu Jalan Berbasis *Internet of Things*. *INFOTECH Journal*, 9(1), 243–251.
<https://doi.org/10.31949/infotech.v9i1.5502>
- 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.
- Sudhan, R. H., Kumar, M. G., Prakash, A. U., Devi, S. A. R., & P., S. (2015). Arduino Atmega-328 Microcontroller. *Ijireeice*, 3(4), 27–29. <https://doi.org/10.17148/ijireeice.2015.3406>
- Suprihartini, Y. (2019). Kajian Pencahayaan *Flood Light* di *Apron* Selatan Bandar Udara Internasional I Gusti Ngurah Rai Bali. *Jurnal Ilmiah Aviasi Langit Biru*, 12(2), 141–148.
- Syafikri, M., Amini, S., Fatimah, T., & Pradana, R. (2023). Rancang Bangun *Prototype* Sistem Monitoring Lampu Lalu Lintas Cerdas Berbasis *Internet of Things*. *SENAFTI: Seminar Nasional Mahasiswa Fakultas Teknologi Informasi*, 2(1), 407–415.
- Umar, A. (2023). Rancang Bangun Rangkaian Kontrol Otomatis Tanpa Sensor Cahaya dan Monitoring Baterai Lampu Penerangan Jalan Panel Surya Berbasis *Internet of Things* (IoT). *Prosiding Seminar Nasional Teknik Elektro Dan Informatika*, 30–35.
- Yasa, I. W., & Suriana, I. W. (2021). Analisis Konsumsi Energi Untuk Efisiensi Kelistrikan Pada Penggunaan Sistem Tata Cahaya *Apron Flood Light* Bandar Udara. *Jurnal Kajian Teknik Elektro*, 6(2), 54–61.

