

Implementasi Sensor DHT22 pada Sistem Penerangan Jalan Umum Otomatis untuk Mendukung Efisiensi Operasional dan Pemeliharaan di Bandara Sultan Aji Muhammad Sulaiman Sepinggian Balikpapan

Putri Haifa Riyadini¹, Irfan^{1,*}, Kurniati Atmia¹, Sukarman¹

¹Teknologi Pemeliharaan Pesawat Udara, Politeknik Penerbangan Makassar, Makassar

Info Artikel

Histori Artikel:

Diajukan: 26 November 2025

Direvisi: 27 Februari 2026

Diterima: 7 Mei 2026

Kata kunci:

DHT22, Efisiensi operasional, ESP32, Pemeliharaan berbasis kondisi, Penerangan jalan umum otomatis.

Keywords:

Automatic street lighting, Condition-based maintenance, DHT22, ESP32, Operational efficiency.

Penulis Korespondensi:

Irfan

Email:

irfanpoltekbangmakassar@gmail.com

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan mengimplementasikan sensor DHT22 pada sistem Penerangan Jalan Umum (PJU) otomatis untuk memantau suhu dan kelembaban lingkungan secara real-time serta menentukan frekuensi pemeliharaan yang lebih efektif di lingkungan Bandara Sultan Aji Muhammad Sulaiman Sepinggian Balikpapan. Penelitian menggunakan metode pengembangan sistem Waterfall yang meliputi tahap analisis kebutuhan, perancangan, implementasi, pengujian, dan evaluasi. Sistem yang dikembangkan mengintegrasikan sensor LDR, sensor PIR, sensor DHT22, sensor INA219, mikrokontroler ESP32, driver MOSFET PWM, dan lampu LED. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sensor LDR mampu mendeteksi kondisi terang dan gelap untuk mengendalikan nyala lampu secara otomatis, sedangkan sensor PIR mampu mendeteksi pergerakan hingga jarak 9 meter. Sensor DHT22 berhasil melakukan pemantauan suhu dan kelembaban secara real-time serta menghasilkan rekomendasi frekuensi pemeliharaan berdasarkan kondisi lingkungan. Pada suhu normal (26,2–29,5°C), sistem merekomendasikan pemeliharaan setiap tiga bulan, sedangkan pada suhu waspada (31–32,9°C) direkomendasikan setiap dua bulan disertai pemeriksaan enclosure dan ventilasi. Dengan demikian, sistem yang dikembangkan mampu meningkatkan efisiensi operasional, mendukung penghematan energi, serta membantu pengelolaan pemeliharaan PJU secara lebih terencana dan berbasis kondisi lingkungan.

This study aims to implement a DHT22 sensor in an automatic Street Lighting System (PJU) to monitor environmental temperature and humidity in real time and to determine a more effective maintenance schedule at Sultan Aji Muhammad Sulaiman Sepinggian Airport, Balikpapan. The research employed the Waterfall system development method consisting of requirements analysis, system design, implementation, testing, and evaluation. The developed system integrates an LDR sensor, PIR sensor, DHT22 sensor, INA219 sensor, ESP32 microcontroller, PWM MOSFET driver, and LED lamp. The results show that the LDR sensor successfully detects light intensity to automatically control lamp operation, while the PIR sensor is capable of detecting motion up to 9 meters. The DHT22 sensor successfully monitors temperature and humidity in real time and provides maintenance frequency recommendations based on environmental conditions. Under normal temperatures (26.2–29.5°C), the system recommends maintenance every three months, while under warning conditions (31–32.9°C), maintenance is recommended every two months along with enclosure and ventilation inspections. Therefore, the proposed system can improve operational efficiency, support energy savings, and facilitate condition-based maintenance management of street lighting systems.

Copyright © 2026 Author(s). All rights reserved

I. PENDAHULUAN,

Penerangan Jalan Umum (PJU) merupakan salah satu fasilitas pendukung yang memiliki peran penting dalam menjaga keselamatan, keamanan, dan kelancaran aktivitas operasional di lingkungan bandar udara. Sistem penerangan yang memadai membantu meningkatkan visibilitas pengguna jalan, mendukung mobilitas kendaraan operasional, serta meminimalkan risiko kecelakaan pada area bandara yang beroperasi selama 24 jam. Keberadaan PJU menjadi semakin penting pada bandar udara dengan tingkat aktivitas tinggi, seperti Bandara Sultan Aji Muhammad Sulaiman Sepinggian Balikpapan, yang melayani penerbangan domestik maupun internasional dengan cakupan area operasional yang luas. Selain berfungsi sebagai pedoman navigasi, penerangan jalan juga berkontribusi terhadap aspek keselamatan dan keamanan pengguna jalan pada malam hari [1], [2].

Meningkatnya kebutuhan energi listrik pada sistem penerangan jalan umum menuntut adanya pengelolaan energi yang lebih efisien. Sistem PJU konvensional yang masih dioperasikan secara manual cenderung menyebabkan pemborosan energi karena lampu tetap menyala tanpa mempertimbangkan kondisi lingkungan maupun aktivitas di sekitarnya. Selain berdampak pada peningkatan konsumsi listrik, sistem manual juga memerlukan keterlibatan teknisi secara langsung sehingga kurang efektif pada area kerja yang luas [3]. Oleh karena itu, diperlukan penerapan sistem penerangan otomatis yang mampu menyesuaikan kondisi pencahayaan dan aktivitas pengguna jalan secara real-time untuk meningkatkan efisiensi operasional.

Perkembangan teknologi mikrokontroler dan *Internet of Things* (IoT) memungkinkan pengembangan sistem PJU yang lebih adaptif. Pemanfaatan sensor *Light Dependent Resistor* (LDR) dapat digunakan untuk mendeteksi intensitas cahaya lingkungan, sedangkan sensor *Passive Infrared* (PIR) mampu mendeteksi keberadaan atau pergerakan objek sehingga intensitas lampu dapat disesuaikan dengan kebutuhan aktual [4]. Berbagai penelitian sebelumnya telah mengembangkan sistem Penerangan Jalan Umum (PJU) otomatis berbasis sensor cahaya dan sensor gerak untuk meningkatkan efisiensi penggunaan energi melalui pengendalian penyalan maupun pengaturan intensitas lampu [5], [6], [7]. Meskipun demikian, sebagian besar penelitian tersebut berfokus pada aspek otomasi penerangan dan penghematan energi, sementara aspek pemantauan kondisi lingkungan yang berpengaruh terhadap keandalan sistem belum menjadi perhatian utama. Padahal, informasi mengenai suhu dan kelembaban lingkungan dapat dimanfaatkan sebagai indikator dalam perencanaan pemeliharaan preventif sehingga mendukung keberlangsungan operasi sistem PJU.

Selain efisiensi energi, keberhasilan implementasi sistem PJU juga ditentukan oleh keandalan perangkat yang dipengaruhi oleh kondisi lingkungan. Suhu dan kelembaban yang tinggi dapat mempercepat korosi, menurunkan umur pakai komponen elektronik, serta meningkatkan potensi gangguan pada sistem kontrol. Oleh karena itu, pemantauan kondisi lingkungan secara *real-time* menjadi bagian penting dalam mendukung strategi pemeliharaan preventif. Sensor DHT22 memiliki kemampuan mengukur suhu dan kelembaban secara akurat sehingga berpotensi digunakan sebagai sumber data untuk mendukung proses monitoring dan penjadwalan pemeliharaan sistem [8].

Berdasarkan kajian penelitian terdahulu, masih terdapat kesenjangan penelitian berupa belum adanya integrasi antara sistem otomatisasi PJU berbasis sensor LDR dan PIR dengan pemanfaatan data kondisi lingkungan sebagai dasar rekomendasi pemeliharaan preventif. Penelitian terdahulu umumnya berfokus pada penghematan energi melalui otomatisasi penyalan lampu, sedangkan informasi suhu dan kelembaban belum dimanfaatkan untuk mendukung pengambilan keputusan pemeliharaan. Oleh karena itu, penelitian ini menawarkan dua kontribusi utama. Pertama, mengembangkan sistem PJU berbasis ESP32 yang mengintegrasikan sensor LDR, PIR, dan DHT22 dalam satu sistem. Kedua, memanfaatkan data suhu dan kelembaban hasil pengukuran sensor DHT22 untuk menghasilkan rekomendasi frekuensi pemeliharaan preventif berdasarkan kondisi lingkungan secara real-time sehingga tidak hanya meningkatkan efisiensi energi, tetapi juga mendukung keandalan operasional sistem.

Penelitian ini bertujuan mengembangkan sistem Penerangan Jalan Umum (PJU) berbasis ESP32 yang mengintegrasikan sensor LDR, PIR, dan DHT22 untuk mendukung otomatisasi penerangan sekaligus pemantauan kondisi lingkungan secara real-time. Selain itu, penelitian ini menganalisis data suhu dan kelembaban yang diperoleh dari sensor DHT22 sebagai dasar penyusunan rekomendasi frekuensi pemeliharaan preventif sehingga dapat meningkatkan keandalan dan efisiensi operasional sistem PJU di Bandara Sultan Aji Muhammad Sulaiman Sepinggian Balikpapan.

II. METODE PENELITIAN

II.1 Desain Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode pengembangan sistem *Waterfall* yang dilaksanakan secara berurutan mulai dari tahap analisis kebutuhan hingga pengujian sistem. Metode *Waterfall* dipilih karena memiliki alur kerja yang sistematis dan terstruktur sehingga sesuai untuk pengembangan sistem Penerangan Jalan Umum (PJU) otomatis berbasis mikrokontroler. Menurut [9], setiap tahapan dalam model *Waterfall* harus diselesaikan terlebih dahulu sebelum melanjutkan ke tahap berikutnya, meskipun dimungkinkan adanya perbaikan terbatas pada tahapan yang berdekatan.

Tahapan penelitian meliputi analisis kebutuhan, perancangan sistem, implementasi, pengujian, dan evaluasi. Pada tahap analisis kebutuhan dilakukan identifikasi permasalahan operasional PJU di lingkungan Bandara Sultan Aji Muhammad Sulaiman Sepinggang Balikpapan. Tahap perancangan sistem mencakup penyusunan desain perangkat keras dan perangkat lunak, sedangkan tahap implementasi dilakukan melalui integrasi sensor dan mikrokontroler ESP32. Selanjutnya, sistem diuji untuk memastikan seluruh fungsi berjalan sesuai dengan rancangan.

II.2 Perancangan Sistem

Sistem yang dikembangkan terdiri atas sensor LDR, sensor PIR, sensor DHT22, sensor INA219, mikrokontroler ESP32, driver MOSFET PWM, dan lampu LED. ESP32 berfungsi sebagai pusat pengendali yang menerima data dari seluruh sensor untuk menentukan kondisi operasional lampu.

Sensor LDR digunakan untuk mendeteksi intensitas cahaya lingkungan, sensor PIR digunakan untuk mendeteksi pergerakan objek, sedangkan sensor DHT22 digunakan untuk memantau suhu dan kelembaban lingkungan secara real-time. Selain itu, sensor INA219 digunakan untuk memantau konsumsi daya listrik sistem. Data dari seluruh sensor diproses oleh ESP32 untuk menghasilkan keputusan pengendalian lampu melalui driver MOSFET PWM.

Tabel 1 Komponen Utama Sistem

Komponen	Fungsi
ESP32	Pusat kendali sistem
LDR	Mendeteksi intensitas cahaya
PIR	Mendeteksi pergerakan
DHT22	Mengukur suhu dan kelembaban
INA219	Mengukur tegangan, arus, dan daya
MOSFET PWM	Mengatur intensitas lampu
Lampu LED	Sumber pencahayaan

II.3 Mekanisme Kerja Sistem

Proses kerja sistem diawali dengan pembacaan data sensor oleh ESP32. Sensor LDR mendeteksi kondisi terang atau gelap lingkungan, sedangkan sensor PIR mendeteksi keberadaan pergerakan di sekitar area penerangan. Apabila kondisi gelap terdeteksi oleh sensor LDR, sistem akan mengaktifkan lampu pada mode redup. Ketika sensor PIR mendeteksi adanya pergerakan, intensitas lampu akan ditingkatkan menjadi terang penuh melalui pengaturan *Pulse Width Modulation* (PWM).

Selain itu, sensor DHT22 melakukan pemantauan suhu dan kelembaban secara berkala untuk memperoleh informasi kondisi lingkungan yang dapat digunakan sebagai dasar dalam menentukan kebutuhan pemeliharaan sistem. Sementara itu, sensor INA219 digunakan untuk memantau tegangan, arus, dan daya listrik yang dikonsumsi oleh sistem.

II.4 Pengujian Sistem

Pengujian dilakukan untuk memastikan seluruh komponen dan fungsi sistem bekerja sesuai dengan perancangan. Pengujian meliputi sensor LDR, sensor PIR, sensor DHT22, serta integrasi keseluruhan sistem. Pengujian sensor LDR dilakukan dengan memberikan variasi intensitas cahaya untuk mengetahui kemampuan sensor dalam membedakan kondisi terang dan gelap. Pengujian sensor PIR dilakukan melalui simulasi pergerakan objek pada area deteksi untuk mengevaluasi respons sensor

terhadap aktivitas di sekitar sistem. Sementara itu, pengujian sensor DHT22 dilakukan dengan mengamati hasil pembacaan suhu dan kelembaban yang ditampilkan oleh ESP32.

Selain pengujian masing-masing sensor, dilakukan pula pengujian integrasi sistem untuk memastikan bahwa lampu dapat beroperasi secara otomatis berdasarkan kombinasi data dari sensor LDR dan PIR, serta bahwa data suhu dan kelembaban dapat ditampilkan dan digunakan sebagai dasar pemantauan kondisi lingkungan.

Pengujian dilakukan pada prototipe sistem dalam kondisi laboratorium dengan mensimulasikan perubahan intensitas cahaya dan pergerakan objek. Sensor LDR diuji menggunakan variasi kondisi terang dan gelap, sedangkan sensor PIR diuji dengan variasi jarak objek hingga 14 meter. Pengujian sensor DHT22 dilakukan melalui pembacaan suhu dan kelembaban lingkungan secara berkala untuk mengevaluasi kestabilan data yang dihasilkan.

II.5 Teknik Analisis Data

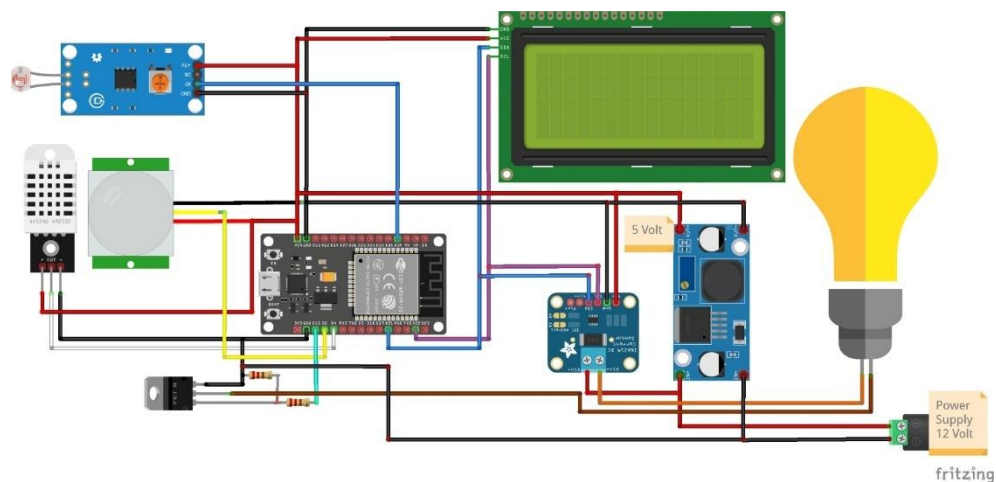
Data penelitian diperoleh melalui observasi langsung terhadap kondisi operasional PJU di lingkungan Bandara Sultan Aji Muhammad Sulaiman Sepinggang Balikpapan dan studi literatur yang berasal dari buku, standar teknis, serta jurnal ilmiah yang relevan. Analisis data dilakukan secara deskriptif dengan membandingkan hasil pengujian sensor terhadap kondisi aktual di lapangan. Data suhu dan kelembaban yang diperoleh dari sensor DHT22 dianalisis untuk mengidentifikasi kondisi lingkungan yang berpotensi memengaruhi keandalan komponen elektronik.

Selain itu, data konsumsi energi yang diperoleh dari sensor INA219 digunakan untuk mengevaluasi efisiensi operasional sistem penerangan otomatis yang dikembangkan. Pada penelitian ini, suhu 30°C digunakan sebagai nilai ambang operasional untuk mengklasifikasikan kondisi sistem menjadi normal dan waspada. Berdasarkan klasifikasi tersebut, sistem menghasilkan rekomendasi interval pemeliharaan preventif sesuai parameter operasional yang ditetapkan pada prototipe, yaitu tiga bulan untuk kondisi normal dan dua bulan untuk kondisi waspada.

III. HASIL DAN DISKUSI

III.1 Hasil Penelitian

Penelitian ini berhasil menghasilkan prototipe sistem Penerangan Jalan Umum (PJU) otomatis berbasis ESP32 yang mengintegrasikan sensor LDR, PIR, DHT22, INA219, driver MOSFET PWM, dan lampu LED dalam satu sistem yang terintegrasi. Sistem dirancang untuk mengoptimalkan penggunaan energi melalui pengendalian pencahayaan berdasarkan kondisi lingkungan serta menyediakan informasi suhu dan kelembaban sebagai dasar penentuan jadwal pemeliharaan.



Gambar 1 Rangkaian Hardware

Hasil pengujian menunjukkan bahwa seluruh komponen dapat beroperasi sesuai fungsi yang direncanakan. Sensor LDR mampu membedakan kondisi terang dan gelap sehingga lampu dapat menyala secara otomatis pada malam hari dan mati pada siang hari. Sensor PIR berhasil mendeteksi pergerakan objek pada area pengamatan dan mengaktifkan lampu dengan intensitas yang lebih tinggi ketika terdapat aktivitas.

Hasil pengujian sensor PIR disajikan pada Tabel 2. Pengujian dilakukan pada beberapa variasi jarak untuk mengetahui batas maksimum deteksi sensor.

Tabel 1 Hasil Pengujian Sensor PIR

Jarak (m)	Kondisi
1	Terdeteksi
3	Terdeteksi
5	Terdeteksi
7	Terdeteksi
9	Terdeteksi
12	Tidak terdeteksi
14	Tidak terdeteksi

Berdasarkan Tabel 2 terlihat bahwa sensor mampu mendeteksi objek secara konsisten hingga jarak 9 meter, sedangkan pada jarak 12 meter dan 14 meter sensor tidak lagi memberikan respons. Sensor DHT22 berhasil melakukan pengukuran suhu dan kelembaban secara *real-time*.

Data yang diperoleh kemudian digunakan untuk menentukan status operasional sistem dan rekomendasi frekuensi pemeliharaan. Berdasarkan parameter operasional yang telah ditetapkan, suhu $\leq 30^{\circ}\text{C}$ dikategorikan sebagai kondisi normal. Pada kondisi suhu tersebut, sistem direkomendasikan menjalani pemeliharaan setiap tiga bulan. Sebaliknya, ketika suhu meningkat hingga di atas 30°C , sistem memberikan status waspada dan merekomendasikan pemeliharaan lebih sering. Tabel 3 menyajikan hasil pembacaan sensor DHT22 beserta rekomendasi pemeliharaan yang dihasilkan sistem berdasarkan kondisi suhu dan kelembaban.

Tabel 2 Hasil Monitoring Suhu, Kelembaban, dan Rekomendasi Maintenance

Suhu ($^{\circ}\text{C}$)	Kelembaban (%)	Status	Frekuensi Maintenance	Keputusan
29,5	77,6	Normal	3 bulan	Operasi normal
26,2	46,8	Normal	3 bulan	Operasi normal
31	40,1	Waspada	2 bulan	Periksa <i>enclosure</i> dan ventilasi.

Hasil menunjukkan bahwa peningkatan suhu di atas 30°C menyebabkan sistem mengubah status menjadi waspada serta memberikan rekomendasi interval pemeliharaan yang lebih pendek. Pengujian sistem secara keseluruhan menunjukkan bahwa integrasi sensor LDR, PIR, dan DHT22 dapat bekerja sesuai dengan logika yang dirancang. Pada kondisi malam hari dan terdapat aktivitas pengguna jalan, lampu menyala secara otomatis. Selain itu, sistem juga mampu menampilkan informasi suhu, kelembaban, status operasional, serta rekomendasi pemeliharaan berdasarkan data lingkungan yang terukur.

Tabel 3 Hasil Pengujian Integrasi Sistem

Jarak (m)	Time	$^{\circ}\text{C}$	Humi (%)	Status	Frekuensi Maintenance	Keputusan Maintenance	LED
1	20.53	29,5	77,6	Normal	3 Bulan	Operasi normal	Menyala
2	21.25	32,9	69,1	Waspada	2 Bulan	Periksa <i>enclosure</i> dan ventilasi	Menyala
3	21.28	31,4	71,7	Waspada	2 Bulan	Periksa <i>enclosure</i> dan ventilasi	Menyala
4	21.45	29,5	77,5	Normal	3 Bulan	Operasi normal	Menyala
5	21.58	29,2	77,2	Normal	3 Bulan	Operasi normal	Menyala
6	22.08	29,1	73,7	Normal	3 Bulan	Operasi normal	Menyala
7	22.27	29,1	74,5	Normal	3 Bulan	Operasi normal	Menyala

Tabel 4 menyajikan hasil pengujian integrasi seluruh komponen sistem pada berbagai kondisi operasional. Pengujian dilakukan untuk memastikan bahwa sensor LDR, PIR, dan DHT22 dapat bekerja secara terpadu dalam mengendalikan lampu sekaligus menghasilkan informasi kondisi lingkungan dan rekomendasi pemeliharaan.

Berdasarkan Tabel 4, sistem mampu mengintegrasikan data dari sensor LDR, PIR, dan DHT22 secara konsisten. Pada kondisi suhu normal ($\leq 30^{\circ}\text{C}$), sistem menghasilkan status normal dengan rekomendasi pemeliharaan setiap tiga bulan. Sebaliknya, ketika suhu melebihi 30°C , sistem mengubah status menjadi waspada dan merekomendasikan interval pemeliharaan yang lebih singkat, sementara fungsi otomatisasi lampu tetap bekerja sesuai dengan hasil deteksi sensor PIR dan kondisi pencahayaan. Secara umum, seluruh fungsi utama sistem dapat berjalan sesuai dengan tujuan penelitian, yaitu meningkatkan efisiensi operasional PJU melalui otomatisasi pencahayaan dan mendukung kegiatan pemeliharaan berbasis kondisi lingkungan.

III.2 Diskusi

Hasil penelitian menunjukkan bahwa penerapan sensor LDR dan PIR mampu meningkatkan efisiensi operasional sistem penerangan jalan umum melalui pengendalian lampu yang adaptif terhadap kondisi lingkungan. Lampu tidak lagi beroperasi secara terus-menerus pada intensitas penuh, melainkan menyesuaikan tingkat pencahayaan berdasarkan keberadaan aktivitas di sekitar area penerangan. Pendekatan ini berpotensi mengurangi konsumsi energi dibandingkan sistem penerangan konvensional yang beroperasi secara statis.

Keberhasilan sensor PIR dalam mendeteksi pergerakan hingga jarak 9 meter menunjukkan bahwa sistem memiliki cakupan deteksi yang memadai untuk diterapkan pada area jalan operasional dengan aktivitas kendaraan maupun pejalan kaki. Integrasi sensor PIR dengan kontrol PWM pada lampu memungkinkan pencahayaan diberikan secara optimal hanya ketika dibutuhkan, sehingga efisiensi energi dapat ditingkatkan tanpa mengurangi aspek keselamatan pengguna jalan.

Temuan penting dalam penelitian ini adalah pemanfaatan sensor DHT22 yang tidak digunakan sebagai pengendali lampu, melainkan sebagai perangkat pemantauan kondisi lingkungan untuk mendukung strategi pemeliharaan. Data suhu dan kelembaban yang diperoleh secara real-time memungkinkan identifikasi kondisi lingkungan yang berpotensi mempercepat penurunan kinerja komponen elektronik. Dengan demikian, kegiatan pemeliharaan tidak lagi sepenuhnya berdasarkan jadwal tetap, tetapi dapat disesuaikan dengan kondisi aktual sistem. Dengan memanfaatkan data suhu dan kelembaban sebagai dasar rekomendasi pemeliharaan, sistem tidak hanya memberikan informasi kondisi lingkungan, tetapi juga membantu teknisi dalam menentukan waktu inspeksi secara lebih adaptif dibandingkan pendekatan pemeliharaan berkala dengan interval tetap.

Peningkatan suhu lingkungan berpotensi mempercepat degradasi komponen elektronik, seperti penurunan performa rangkaian kontrol, penuaan material, dan akumulasi panas di dalam enclosure. Oleh karena itu, ketika suhu berada pada kisaran normal ($\leq 30^{\circ}\text{C}$), sistem merekomendasikan pemeliharaan setiap tiga bulan, sedangkan pada suhu di atas 30°C sistem memberikan status waspada dengan interval pemeliharaan yang lebih singkat. Pendekatan ini berpotensi mengurangi risiko kerusakan komponen sekaligus meningkatkan efisiensi penggunaan sumber daya pemeliharaan.

Dibandingkan penelitian terdahulu yang umumnya berfokus pada otomatisasi penyalan lampu menggunakan sensor cahaya dan sensor gerak, penelitian ini menawarkan pendekatan yang lebih komprehensif melalui integrasi fungsi monitoring lingkungan dan rekomendasi maintenance. Integrasi tersebut menjadi nilai tambah karena tidak hanya berorientasi pada penghematan energi, tetapi juga pada peningkatan keandalan sistem dalam jangka panjang.

Penerapan sistem ini pada lingkungan Bandara Sultan Aji Muhammad Sulaiman Sepinggan Balikpapan memiliki potensi untuk membantu pengelolaan fasilitas penerangan yang mencakup area operasional luas. Informasi kondisi lingkungan yang diperoleh secara real-time dapat membantu teknisi dalam menentukan prioritas pemeliharaan sehingga penggunaan sumber daya menjadi lebih efisien.

Meskipun demikian, penelitian ini masih memiliki keterbatasan. Pengujian sistem dilakukan pada skala prototipe sehingga belum sepenuhnya merepresentasikan kondisi operasional lapangan dalam jangka panjang. Selain itu, penentuan frekuensi pemeliharaan masih didasarkan pada parameter suhu dan kelembaban tanpa mempertimbangkan faktor lain seperti usia komponen, kualitas instalasi,

maupun kondisi lingkungan yang lebih kompleks. Oleh karena itu, penelitian lanjutan diperlukan untuk mengembangkan model prediksi pemeliharaan yang lebih komprehensif dengan melibatkan parameter operasional tambahan.

IV. KESIMPULAN

Penelitian ini berhasil mengembangkan sistem Penerangan Jalan Umum (PJU) otomatis berbasis ESP32 yang mengintegrasikan sensor LDR, PIR, DHT22, dan INA219 untuk mendukung otomatisasi pencahayaan sekaligus pemantauan kondisi lingkungan. Sistem yang dikembangkan mampu mengendalikan pencahayaan secara otomatis berdasarkan kondisi lingkungan serta menyediakan informasi suhu dan kelembaban sebagai dasar penyusunan rekomendasi pemeliharaan preventif.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa data suhu dan kelembaban yang diperoleh dari sensor DHT22 dapat dimanfaatkan untuk menghasilkan rekomendasi interval pemeliharaan berdasarkan kondisi operasional sistem. Pendekatan ini tidak hanya mendukung efisiensi penggunaan energi melalui otomatisasi penerangan, tetapi juga memberikan nilai tambah dalam pengelolaan pemeliharaan berbasis kondisi lingkungan sehingga berpotensi meningkatkan keandalan operasional sistem PJU.

Penelitian selanjutnya disarankan mengembangkan sistem berbasis *Internet of Things* (IoT) agar data pemantauan dapat diakses secara daring dan diintegrasikan dengan sistem peringatan dini (*early warning system*). Selain itu, pengujian pada lingkungan operasional sebenarnya dalam jangka waktu yang lebih panjang diperlukan untuk memvalidasi efektivitas rekomendasi pemeliharaan berbasis suhu dan kelembaban.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada seluruh pihak yang telah memberikan dukungan dan bantuan selama pelaksanaan penelitian ini. Ucapan terima kasih disampaikan kepada manajemen dan teknisi fasilitas Bandara Sultan Aji Muhammad Sulaiman Sepinggian Balikpapan yang telah memberikan izin, informasi, serta dukungan selama proses pengumpulan data dan pengujian sistem. Penulis juga mengucapkan terima kasih kepada dosen pembimbing dan seluruh pihak yang telah memberikan masukan, arahan, serta bantuan teknis sehingga penelitian ini dapat diselesaikan dengan baik. Penelitian ini tidak menerima hibah khusus dari lembaga pendanaan di sektor publik, komersial, atau nirlaba.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] P. Hu, C. Dake, T. C. Mofle, and K. Fercho, *Light-Emitting Diodes in Airfield Lighting Applications: A Review and Annotated Bibliography*. Washington: Federal Aviation Administration, 2022.
- [2] R. R. Bunahri, "Analisis Perbandingan Ekonomis Penggunaan Penerangan Jalan Umum Solar Cell dengan Penerangan Jalan Umum Konvensional di Bandar Udara Djalaluddin Gorontalo," *J. Poltekbang Jayapura*, vol. 1, no. 1, pp. 68–79, 2023.
- [3] M. I. Faruqi and W. Aribowo, "Monitoring Pada Alat Penerangan Jalan Umum(PJU) Menggunakan Sensor Passive Infrared Reciver(PIR) Berbasis Node-red," *J. Tek. Elektro*, vol. 12, no. 3, pp. 27–32, 2023, [Online]. Available: <https://doi.org/10.26740/jte.v12n3.p27-32>
- [4] S. Ramadhani, Y. Alferinanda, and Asnil, "Rancang Bangun Penerangan Jalan Raya Berbasis Arduino Uno," *MSI Trans. Educ.*, vol. 1, no. 3, pp. 103–114, 2020, doi: <https://doi.org/10.46574/mted.v1i3.23>.
- [5] I. Marzuki, "Perancangan dan Pembuatan Sistem Penyalan Lampu Otomatis Dalam Ruangan Berbasis Arduino Menggunakan Sensor Gerak dan Sensor Cahaya," *J. Intake J. Penelit. Ilmu Tek. dan Terap.*, vol. 10, no. 1, pp. 9–16, 2019, doi: [Jurnal Intake : Jurnal Penelitian Ilmu Teknik dan Terapan](https://doi.org/10.46574/mted.v1i3.23).
- [6] D. B. Rizki, Sumarno, M. R. Lubis, S. R. Andani, and I. P. Sari, "Rancang Bangun Lampu Otomatis Menggunakan Sensor Cahaya Berbasis Arduino di Polres Pematangsiantar," *J. Ilm. Sains dan Teknol.*, vol. 6, no. 1, pp. 1–11, 2022, doi: <https://doi.org/10.47080/saintek.v6i1.1837>.
- [7] N. Rahayu, "Prototype Lampu Penerangan Persawahan Otomatis Menggunakan Solar Cell dan

- Sensor Cahaya,” *J. Inform. Polinema*, vol. 7, no. 1, pp. 53–60, 2020, doi: <https://doi.org/10.33795/jip.v7i1.458>.
- [8] T. Saputra and U. Surapati, “Analisis Efektivitas Sistem Kendali Otomatis PJU Berbasis IoT Menggunakan Mikrokontroler ESP32 dengan Metode Regresi Linier,” *J. Indones. Manaj. Inform. Dan Komun.*, vol. 5, no. 3, pp. 2582–2595, 2024, doi: <https://doi.org/10.35870/jimik.v5i3.932>.
- [9] W. W. Royce, “Managing the Development of Large Software Systems,” in *IEEE WESCON*, TRW, 1970, pp. 1–9.
- [10] J. D. Smith, *Reliability Maintainability and Risk: Practical Methods for Engineers*, 8th ed. Great Britain: Elsevier Ltd., 2011.
- [11] H. Kinnison and T. Siddiqui, *Aviation Maintenance Management*, 2nd ed. McGraw Hill Professional, 2012.