

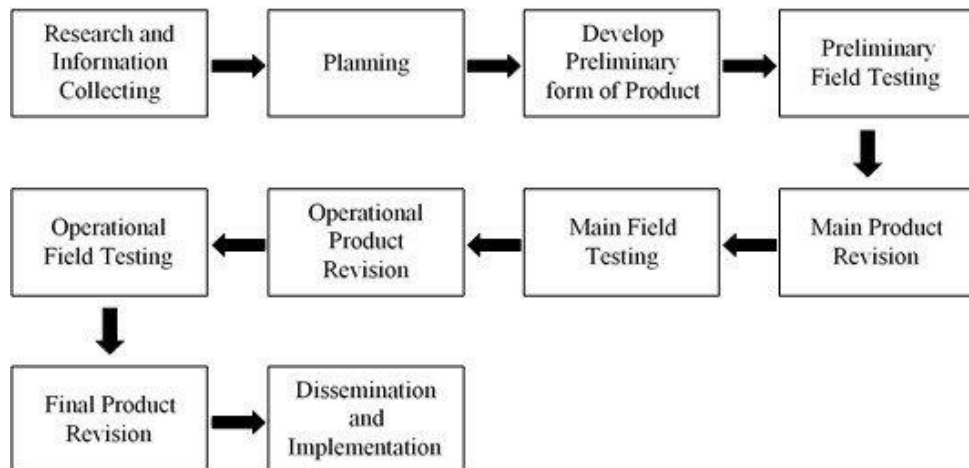
BAB III

METODOLOGI PENELITIAN & PENGEMBANGAN

A. Metode Penelitian & Pengembangan

Menurut (Sugiyono, 2011) dalam (Setya Yuwanan dkk, 2023, p.1) metode penelitian dan pengembangan atau dalam bahasa inggris Research and Development (R&D) adalah metode penelitian yang digunakan untuk menghasilkan produk tertentu dan menguji keefektifan produk tersebut.

Menurut (Borg & Gall, 1983) dalam (Loso Judianto dkk., 2024, p.54) model pengembangan ini menggunakan tahapan atau prosedur alur air terjun (waterfall) pada tahap pengembangannya. Model pengembangan Borg dan Gall ini memiliki tahap-tahap yang relatif panjang karena terdapat 10 langkah pelaksanaan: (1) penelitian dan pengumpulan data (research and information collecting), (2) perencanaan (planning), (3) pengembangan draft produk (develop preliminary form of product), (4) uji coba lapangan (preliminary field testing), (5) penyempurnaan produk awal (main product revision), (6) uji coba lapangan (main field testing), (7) menyempurnakan produk hasil uji lapangan (operational product revision), (8) uji pelaksanaan lapangan (operational field testing), (9) penyempurnaan produk akhir (final product revision), dan (10) diseminasi dan implementasi (dissemination and implementation).



Gambar 3. 1 R&D

Adapun langkah dalam penelitian ini dengan 3 metode yaitu:

- (a) Metode Deskriptif, metode ini memuat langkah dari tahap 1 dan 2 sebagai berikut:
 - (1) *Research and Information Collecting*: Pada tahap awal, dilakukan pengumpulan informasi melalui studi literatur, observasi, dan wawancara terkait masalah-masalah dalam pengelolaan PJU. Informasi ini digunakan untuk merancang kerangka sistem monitoring yang sesuai dengan kondisi nyata di Kota Bogor.
 - (2) *Planning (Perencanaan)*: Peneliti menyusun rencana teknis dan operasional sistem yang akan dibangun, termasuk perangkat yang digunakan seperti NodeMCU ESP8266, sensor cahaya, dan aplikasi pendukung. Rencana ini juga mencakup alur kerja dan skema jaringan IoT yang dibutuhkan.
- (b) Metode Evaluatif, metode ini memuat langkah dari tahapan 3, sampai dengan 7 sebagai berikut:
 - (3) *Develop Preliminary Form of Product*: Tahap ini mencakup pembuatan prototipe awal sistem IoT PJU. Semua komponen seperti mikrokontroler, sensor, dan modul relay dirakit dan diprogram untuk dapat bekerja sebagai satu kesatuan sistem pemantauan otomatis.
 - (4) *Preliminary Field Testing*: Setelah prototipe awal jadi, dilakukan uji coba terbatas di area simulasi atau wilayah kecil. Tujuannya untuk mengamati apakah sensor cahaya bekerja sebagaimana mestinya dan sistem bisa terhubung ke jaringan serta mengirim data secara real-time.
 - (5) *Main Product Revision*: Berdasarkan hasil pengujian awal, dilakukan evaluasi dan perbaikan pada sistem. Misalnya, jika respon sensor terlambat atau koneksi ke server tidak stabil, maka dilakukan penyesuaian baik pada perangkat keras maupun perangkat lunaknya.
 - (6) *Main Field Testing*: Uji coba diperluas ke beberapa titik PJU di lapangan untuk melihat efektivitas sistem secara lebih luas. Pengujian ini bertujuan untuk memastikan bahwa sistem bisa bekerja dalam kondisi lingkungan nyata dan tidak hanya pada simulasi.
 - (7) *Operational Product Revision*: Setelah mendapat hasil dari uji coba lapangan utama, sistem disempurnakan kembali. Fokusnya adalah pada aspek fungsionalitas, kestabilan jaringan, dan akurasi pembacaan sensor dalam berbagai kondisi cahaya.
- (c) Metode Eksperimental, metode ini memuat langkah dari tahapan 8 sampai dengan 10 sebagai berikut:
 - (8) *Operational Field Testing*: Pengujian lanjutan ini melibatkan stakeholder yang akan menjadi pengguna sistem secara langsung, seperti pihak pengelola PJU

kota. Pengujian dilakukan melalui observasi dan wawancara untuk menilai kenyamanan dan efektivitas penggunaan sistem ini.

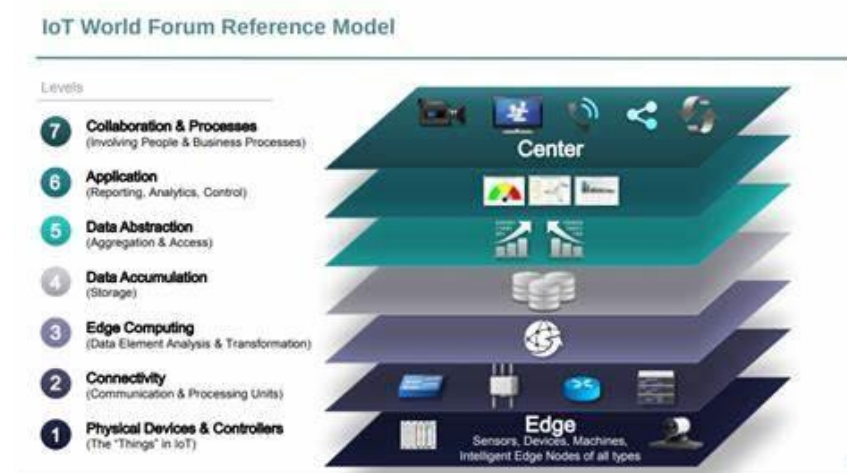
- (9) *Final Product Revision*: Hasil dari uji operasional kemudian dianalisis untuk menyempurnakan produk secara final. Sistem disesuaikan agar dapat digunakan secara optimal dan bisa dipertanggungjawabkan dalam konteks teknis maupun administratif.
- (10) *Dissemination and Implementation*: Produk akhir didiseminasikan melalui laporan, dokumentasi teknis, dan presentasi kepada pihak terkait. Selain itu, sistem IoT untuk monitoring PJU mulai diimplementasikan di lokasi yang ditentukan sebagai tahap awal penerapan nyata.

B. Metode yang Diusulkan

Penelitian ini terdapat tiga model yang digunakan, yaitu model teoritis, model konseptual, dan model prosedural.

1. Model Internet of Things

Model teoritis dalam penelitian ini didasarkan pada konsep IoT (Internet of Things). Menurut (Erwin dkk., 2023, p.1) IoT adalah jaringan perangkat yang terhubung secara nirkabel, yang memungkinkan data untuk dikumpulkan, diproses dan dianalisis untuk memberikan informasi yang berharga kepada pengguna. Ada 7 layer dalam memahami IoT, seperti pada gambar dibawah ini:



Gambar 3. 2 Refrensi Model IoT

(a) Physical Device & Controller

Bagian ini berupa sensor, embed sistem, dan gateway, perangkat-perangkat teknis yang saling berhubungan.

(b) Connectivity

Perangkat konektivitas yang menghubungkan perangkat fisik dengan internet seperti, LoRa, WiFi.

(c) Edge Computing

Berfungsi untuk menangkap data yang dikirim dari sensor.

(d) Data Accumulation

Berupa penyimpanan data yang berfungsi menyimpan data yang di dapat oleh edge computing.

(e) Data Abstraction

Berfungsi untuk mengatur aliran data pada server atau cloud.

(f) Application

Bagian memiliki fungsi sebagai control sistem untuk mobile aplikasi dan juga bisnis analisis.

(g) Collaboration & Proses

Berfungsi untuk memberikan informasi kepada pengguna aplikasi untuk dapat melakukan pekerjaan berdasarkan data yang diterima.

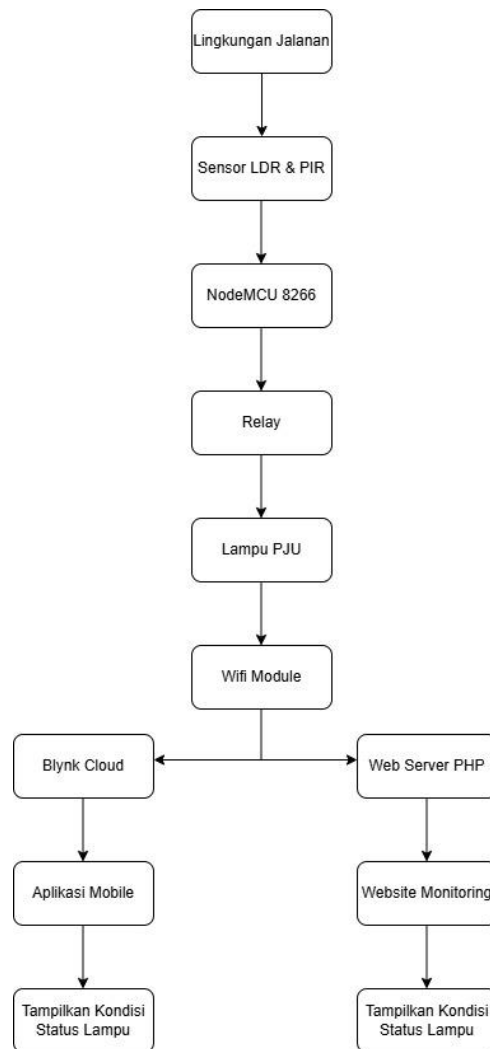
2. Model Konseptual Arsitektur System AI

Dalam penelitian ini, model konseptual arsitektur sistem AI digambarkan sebagai sebuah alur kerja sederhana yang menghubungkan sensor, mikrokontroler, jaringan, server, hingga aplikasi yang digunakan oleh operator. Tujuannya adalah agar kondisi lampu PJU bisa dipantau secara langsung dan real-time.

Prosesnya dimulai dari sensor, seperti sensor cahaya (LDR), sensor PIR, serta titik koordinat yang dipasang di tiap titik lampu. Semua data dari sensor ini diterima oleh NodeMCU ESP8266, yang berfungsi sebagai pusat kendali awal, lalu diteruskan ke server cloud melalui koneksi internet.

Setelah data masuk ke server, sistem akan memprosesnya dengan algoritma sederhana berbasis aturan (rule-based) dan ambang batas (threshold). Dari sini bisa diketahui status lampu, apakah sedang menyala atau mati, termasuk juga mendeteksi pergerakan manusia. Hasil analisis tersebut kemudian ditampilkan ke dalam aplikasi berbasis web maupun mobile, misalnya melalui Blynk, lengkap dengan fitur notifikasi otomatis apabila ada lampu yang bermasalah.

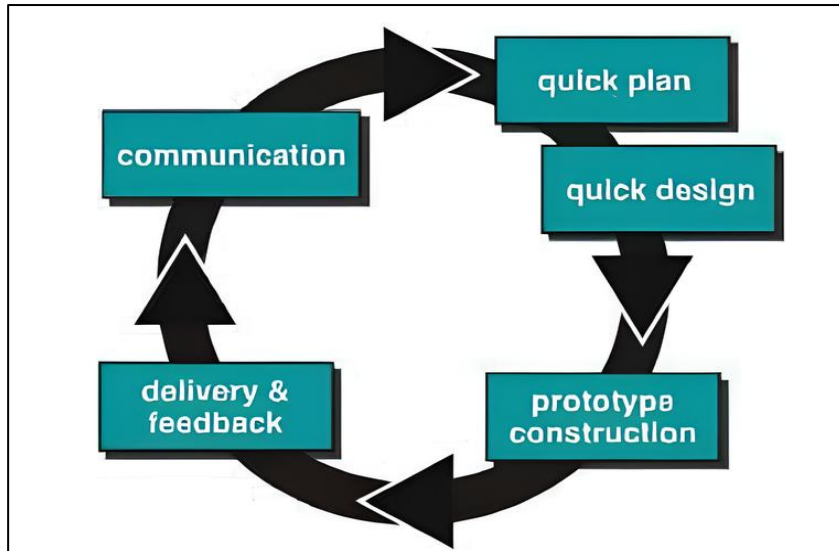
Dengan arsitektur seperti ini, pengelola PJU tidak perlu lagi menunggu laporan manual dari masyarakat. Semua kondisi lampu bisa terlihat langsung dari dashboard, sehingga perbaikan bisa dilakukan lebih cepat, efisien, dan sejalan dengan konsep smart city yang sedang dikembangkan di Kota Bogor.



Gambar 3. 3 Diagram alur dari Arsitektur Sistem

3. Model Prosedural

Model yang digunakan dalam pengembangan ini adalah model pengembangan prosedural, yang merupakan jenis model deskriptif yang menunjukkan langkah-langkah yang harus diikuti untuk menghasilkan suatu produk. Selain itu, model pengembangan sistem yang akan digunakan adalah model prototype. Berikut gambar tahapan dari prototyping.



Gambar 3. 4 Tahap Prototyping

Adapun penjelasan dari tahapan dari gambar diatas yaitu:

(1) *Communication*

Pada tahap *Communication*, dilakukan diskusi bersama pembimbing dan disusun kebutuhan utama dari sistem. Dari hasil diskusi tersebut, ditetapkan bahwa sistem monitoring PJU tidak hanya berfungsi mendeteksi kondisi lampu menyala atau padam melalui sensor cahaya, tetapi juga dilengkapi sensor PIR untuk mendeteksi gerakan manusia di sekitar lampu. Selain itu, sistem dirancang agar hasil monitoring bisa ditampilkan secara real-time pada aplikasi Blynk di smartphone, sekaligus dapat diakses melalui website sederhana berbasis PHP yang mengambil data langsung dari API Blynk.

(2) *Quick Plan*

Tahap berikutnya adalah *Quick Plan*, di mana disusun gambaran umum perangkat keras dan perangkat lunak yang digunakan. NodeMCU ESP8266 dipilih sebagai pusat kendali, sensor LDR dipakai untuk membaca intensitas cahaya, sensor PIR digunakan sebagai detektor gerakan, dan relay dipasang sebagai pengatur nyala atau padamnya lampu. Untuk perangkat lunak, NodeMCU diprogram menggunakan Arduino IDE, data dikirimkan ke Blynk

sebagai media monitoring utama, dan website berbasis PHP dikembangkan untuk menarik data dari API Blynk agar bisa ditampilkan melalui browser komputer secara langsung.

(3) *Quick Design*

Pada tahap *Quick Design*, dibuat rancangan awal mengenai alur kerja sistem. Sensor LDR memberikan data kondisi terang atau gelap untuk mengatur status lampu, sedangkan sensor PIR memberikan data adanya gerakan di sekitar titik PJU. NodeMCU mengolah kedua data tersebut lalu mengirimkannya ke server Blynk. Data yang tersimpan di Blynk kemudian dapat ditampilkan di dua media sekaligus, yaitu aplikasi Blynk pada smartphone dan website berbasis PHP yang memanggil API Blynk secara langsung untuk menampilkan status terkini dari lampu maupun deteksi gerakan.

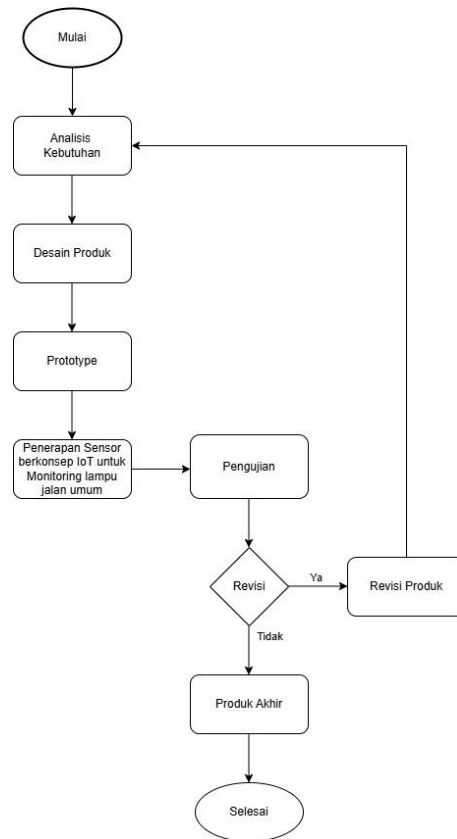
(4) *Construction*

Tahap *Construction* dilakukan dengan merakit seluruh perangkat keras sesuai rancangan, lalu melakukan pemrograman pada NodeMCU. Sistem diuji agar mampu membaca nilai dari sensor LDR dan PIR, mengendalikan relay, serta mengirimkan data ke Blynk secara real-time. Di sisi lain, website localhost dibuat dengan bahasa PHP yang langsung mengambil data melalui API Blynk, kemudian menampilkannya di halaman web dalam bentuk informasi sederhana yang mudah dibaca pengguna.

(5) *Delivery & Feedback*

Terakhir, tahap *Delivery & Feedback* dilakukan dengan uji coba prototipe di lapangan. Uji coba ini memastikan lampu dapat menyala dan padam secara otomatis berdasarkan kondisi cahaya, sensor PIR mampu mendeteksi gerakan dengan akurat, dan website berhasil menampilkan data real-time dari API Blynk. Setelah diuji, hasilnya kemudian didiskusikan bersama pembimbing untuk mendapatkan masukan. Dari masukan tersebut dilakukan penyempurnaan agar sistem lebih optimal. Dengan demikian, prototipe yang dihasilkan bukan hanya sekadar alat monitoring, tetapi juga memberikan pengalaman pemantauan yang praktis baik melalui smartphone maupun komputer local.

C. Prosedur Pengembangan



Gambar 3. 5 Prosedur Pengembangan

Dalam Prosedur Pengembangan ada beberapa tahap, yaitu :

(a) Analisis Kebutuhan

Pada tahap analisis kebutuhan, dilakukan identifikasi kebutuhan berdasarkan permasalahan dan kebutuhan pengguna.

(b) Desain produk

Merancang sistem yang akan dibuat seperti arsitektur, alur kerja, dan integrasi perangkat.

(c) Prototipe

Membuat awal sistem yang telah dirancang yang mencakup semua komponen yang dibutuhkan.

(d) Penerapan Sensor

Memasang semua perangkat keras dan diatur agar bekerja sesuai kebutuhan.

(e) Pengujian

Menguji system untuk melihat apakah sistem berjalan dengan baik.

(f) Revisi

Jika saat pengujian ada bagian yang tidak bekerja dengan baik, maka perbaikan dilakukan di tahap ini.

(g) Produk Akhir

Setelah semua sistem berjalan dan telah melewati tahap uji kelayakan, maka system akan dianggap berhasil

D. Uji Coba Produk

Maksud dari uji coba produk adalah untuk mengumpulkan data yang sebelumnya telah dikumpulkan. Langkah selanjutnya adalah melakukan perhitungan untuk mengukur tingkat ketepatan produk dan menentukan tingkat prioritas informasi yang dihasilkan oleh produk tersebut. Dalam uji coba produk, terdapat beberapa bagian yang perlu diperhatikan, yaitu:

1. Desain Uji Coba

a. Uji Coba Ahli Materi

Evaluasi ini dilakukan bersama dosen pembimbing atau pakar di bidang Teknologi Informasi. Tujuannya adalah untuk mengonfirmasi bahwa sistem yang dikembangkan telah sesuai dengan desain yang direncanakan serta mampu melakukan pemantauan terhadap kondisi PJU secara akurat dan efisien.

b. Uji Coba Pengguna

Uji coba ini melibatkan pihak pengguna langsung, seperti petugas lapangan atau pengelola PJU Kota Bogor. Pengujian ini dimaksudkan untuk melihat apakah sistem yang dibangun mudah digunakan, responsif, serta dapat diandalkan dalam pemantauan jarak jauh terhadap kondisi penerangan jalan.

2. Subjek Uji Coba

Subjek uji coba yang dilibatkan wajib diidentifikasi profil dan karakteristiknya secara komprehensif, namun relevan berkaitan dengan produk yang dikembangkan. Partisipan pengguna pada riset ini berjumlah 2 (dua) orang petugas atau pengelola PJU dari lingkungan Pemerintah Kota Bogor yang berkontribusi memberikan masukan terhadap aspek fungsionalitas dan kemudahan penggunaan sistem di lapangan.

Sementara itu, partisipan pakar yang ikut terlibat pada studi ini yakni 2 (dua) orang dosen ahli Teknologi Informasi.

3. Jenis Data

Pada penelitian ada dua jenis data yaitu, kuantitatif dan kualitatif. Metode penelitian kuantitatif melibatkan pengumpulan data numerik dan analisis statistik untuk menjawab pertanyaan penelitian. Pendekatan ini cenderung lebih objektif, dengan fokus pada pengukuran dan generalisasi hasil.

Metode penelitian kualitatif lebih berfokus pada pemahaman mendalam fenomena yang diteliti melalui observasi, wawancara, dan analisis teks. Pendekatan ini memungkinkan peneliti untuk menjelajahi kompleksitas konteks sosial dan budaya yang memengaruhi subjek penelitian. Hasil dari penelitian kualitatif sering kali bersifat deskriptif dan bersifat interpretative. (Maya Fasindah, 2024, p.2).

Jenis data yang dikumpulkan meliputi:

- b. Data Kuantitatif: Data kuantitatif diperoleh dari hasil pengukuran sistem yang bersifat numerik. Contoh data yang termasuk ke dalam kategori ini antara lain waktu respon sistem, tingkat akurasi GPS, serta jumlah notifikasi yang berhasil dikirimkan ke pengguna. Data ini dianalisis menggunakan perhitungan statistik sederhana untuk melihat sejauh mana sistem dapat bekerja secara optimal dan konsisten.
- c. Data Kualitatif: Selain data numerik, penelitian ini juga mengumpulkan data kualitatif. Data tersebut berasal dari pengalaman langsung pengguna, misalnya berupa komentar, kesan, maupun saran perbaikan setelah menggunakan sistem. Umpan balik ini menjadi penting karena memberikan gambaran yang lebih mendalam mengenai kenyamanan, kemudahan penggunaan, serta sejauh mana sistem dapat memenuhi kebutuhan pengguna sehari-hari.

4. Instrumen Pengumpulan Data

Instrumen yang digunakan dalam penelitian ini mencakup :

(a) Instrumen untuk Ahli Materi

Pada pengujian ahli materi Instrument yang digunakan adalah black-box testing. Pengujian ini digunakan untuk memvalidasi fungsionalitas kelayakan sistem yang ditujukan. Berikut tabel instrumen untuk ahli.

No	Proses yang Diuji	Hasil Pengujian	
		Valid	Tidak Valid
1	Apakah sensor light dependent resistor dapat membaca intensitas cahaya dengan akurat?		
2	Apakah System IoT mampu memproses data sensor light dependent resistor dengan benar?		
3	Apakah sistem dapat beroperasi secara otomatis dalam jangka panjang?		
4	Apakah antarmuka pengguna memudahkan monitoring lampu jalan umum?		
5	Apakah notifikasi muncul segera saat ada gerakan mencurigakan?		

Table 3. 1 Instrumen untuk ahli materi

Penelitian dilakukan dengan skala Guttman untuk mendapatkan jawaban yang jelas terhadap masalah yang diajukan. Skala pengukuran dengan tipe ini, akan didapat jawaban yang tegas, yaitu ya atau tidak, benar atau salah, pernah atau tidak, positif atau negatif, dan lain-lain. Data yang diperoleh dapat berupa data interval atau rasio dikhotomi (dua alternatif), (Maya Fasindah, 2024, p.65).

Table 3. 2 Skala Guttman

Alternatif Jawaban	Skor Alternatif Jawaban	
	Positif	Negatif
Ya	1	0
Tidak	0	1

Skala yang akan digunakan adalah skala Guttman karena bersifat tegas dan konsisten dengan memberikan jawaban yang tegas dengan jawaban dari pertanyaan benar dan salah. Penilaian yang diberikan dengan skor 1 untuk jawaban benar dan skor 0 untuk jawaban yang salah. Setelah dilakukan skoring kemudian pertanyaan tersebut dihitung dengan cara persentase (%) jawaban pertanyaan, untuk mengetahui pengetahuan dari responden maka dengan

menggunakan kriteria absolut:

$$p=a/b\times 100\%$$

Keterangan:

P: Persentase

a: Jumlah pertanyaan benar

b: Jumlah semua pertanyaan

Dengan kriteria persentase sebagai berikut menurut Arikunto (2006) dikategorikan baik, jika 76-100% jawaban benar. Dikategorikan cukup, jika jawaban 60-75% jawaban benar. Dikategorikan kurang, jika jawaban < 74% jawaban benar.

Selain itu, terdapat juga pertanyaan terbuka yang diajukan kepada ahli materi untuk mendapatkan masukan terkait sistem yang telah dibuat. Masukan ini akan digunakan dalam evaluasi produk secara lebih lanjut.

Table 3. 3 Pertanyaan Terbuka Untuk Ahli

Saran	:	
Pendapat	:	

(b) Instrumen untuk pengguna

Pada penelitian ini menggunakan kuesioner metode penilaian System Usability Scale (SUS) yang bertujuan mengukur tingkat kebergunaan suatu produk menurut Veni Manik dkk (2021). Kuesioner SUS ini diberikan kepada 2 orang responden yang terdiri dari petugas PJU dari lingkungan pemerintah Kota Bogor.

Kuesioner yang diterapkan memiliki penilaian dari menjawab 10 pernyataan menggunakan skala Likert 5 poin, yaitu Sangat Setuju (SS), Setuju (S), Ragu-ragu (RG), Tidak Setuju (TS), dan Sangat Tidak Setuju (STS).

Table 3. 4 Pertanyaan SUS

No.	Pertanyaan	Jawaban				
		SS	S	RG	TS	STS
1.	Secara keseluruhan, saya puas dengan kemudahan penggunaan sistem ini					
2.	Sistem ini mudah digunakan					
3.	Saya dapat menyelesaikan tugas dengan efektif menggunakan sistem ini					
4.	Saya bisa menyelesaikan tugas dengan cepat menggunakan sistem ini					
5.	Saya bisa menyelesaikan tugas dengan efisien menggunakan sistem ini					
6.	Saya merasa nyaman menggunakan sistem ini					
7.	Mudah untuk mempelajari sistem ini					
8.	Saya percaya saya bisa menjadi produktif dengan cepat menggunakan sistem ini					
9.	Sistem memberikan pesan kesalahan yang jelas mengatakan kepada saya bagaimana untuk memperbaiki masalah					
10.	Setiap saya melakukan kesalahan menggunakan sistem ini, saya dapat memulihkan dengan mudah dan cepat					

Metode analisis data menggunakan penilaian SUS (System Usability Scale). Penelitian pengukuran usability menggunakan metode system usability scale telah banyak digunakan karena metode ini memiliki

karakteristik yang berbeda dari kuesioner lain, yaitu telah tervalidasi dan teruji reliabilitasnya walaupun menggunakan nilai sampel yang kecil (Veni Manik dkk, 2021). Rumus yang digunakan adalah sebagai berikut:

Skor system usability scale = $((Q1-1) + (5-Q2) + (Q3-1) + (5-Q4) + (Q5-1) + (5-Q6) + (Q7-1) + (5-Q8) + (Q9-1) + (5-Q10)) \times 2,5$

$$\bar{x} = \frac{\sum x}{n}$$

Penjelasan:

$\bar{x}$ = Skor Rata-rata

$\sum x$ = Jumlah Skor SUS

n = Jumlah Responden

Adapun syarat-syarat yang perlu diperhatikan sebelum menggunakan rumus system usability scale sebagai berikut:

1. Pertanyaan bernomor ganjil, setiap nilai yang telah didapatkan dari skor pengguna selanjutnya akan dikurangi 1.
2. Pertanyaan bernomor genap, setiap skor akhir yang didapat dari nilai 5 akan dikurangi nilai yang didapatkan pengguna.
3. Nilai akhir yang didapatkan dari penjumlahan setiap pernyataan kemudian dikali 2,5

Setelah melakukan perhitungan menggunakan rumus System Usability Scale, langkah selanjutnya adalah mencari nilai rata-rata dari seluruh responden yang telah mengisi kuesioner. Hasil perhitungan tersebut selanjutnya akan dikategorikan berdasarkan Rentang Penerimaan (Acceptability Ranges) yang tercantum dalam tabel berikut ini:

Table 3. 5 Penilaian SUS

SUS Score	Grade	Adjective Rating
>80.3	A	Excellent
68 – 80.3	B	Good
68	C	Okay
51 – 68	D	Poor
<51	E	Awful

Dalam kuesioner untuk pengguna, terdapat beberapa pertanyaan terbuka yang ditujukan kepada para pengguna sistem. Hal ini bertujuan untuk umpan balik dan masukan dari pengguna mengenai sistem yang telah dibuat.

Table 3. 6 Pertanyaan Terbuka Untuk Pengguna

Saran	:	
Pendapat	:	

5. Teknik Analisis Data

a. Uji Produk

Uji produk dilakukan untuk mengetahui kinerja sistem dalam mendeteksi kondisi pencahayaan dan pergerakan di sekitar lampu penerangan jalan umum. Pengujian dilakukan menggunakan sensor LDR untuk mendeteksi intensitas cahaya lingkungan serta sensor PIR untuk mendeteksi adanya gerakan manusia sebagai bentuk monitoring keamanan.

Table 3. 7 Uji Sensor PIR dan LDR

No.	Pengujian	Nilai standar	Keterangan
1.	Pengujian 1		
2.	Pengujian 2		
3.	Pengujian 3		
4.	Pengujian 4		

b. Uji Hasil

Pada tahap ini dilakukan pengujian terhadap sistem monitoring lampu penerangan jalan umum dengan menggunakan sensor LDR dan PIR. Tujuan pengujian adalah untuk mengetahui sejauh mana sensor dapat bekerja sesuai dengan fungsi yang telah dirancang, yaitu LDR untuk mendeteksi kondisi cahaya (siang/malam) serta PIR untuk mendeteksi adanya gerakan di sekitar area lampu.

Table 3. 8 Perhitungan Estimasi Kinerja Sensor PIR dan LDR

Pengujian	Nilai Standar	Keterangan
LDR (Siang hari)	Lampu OFF	
LDR (Malam hari)	Lampu ON	
PIR (Tidak ada gerakan)	Tidak ada deteksi	
PIR (Ada gerakan)	Deteksi gerakan	