

BAB II

TINJAUAN LITERATUR

2.1 Penelitian Terdahulu

Kajian penelitian terdahulu digunakan untuk menempatkan penelitian secara ilmiah melalui identifikasi pendekatan, teknologi, metode pengujian, hasil, dan keterbatasan studi sebelumnya. Penelitian yang dipilih memiliki keterkaitan dengan sensor cahaya, sensor gerak atau okupansi, mikrokontroler, ESP32, pengendalian lampu otomatis, pencatatan durasi operasional, dan analisis efisiensi energi. Ringkasan perbandingan disajikan pada Tabel 2.1.

Tabel 2.1 Perbandingan Penelitian Terdahulu

No	Peneliti/Tahun	Fokus, Metode, dan Hasil Utama	Posisi terhadap Penelitian Ini
1	Akrasakis & Tsikalakis (2018)	Arduino, sensor okupansi dan cahaya alami pada koridor pendidikan; implementasi fisik dan pengukuran energi. Penghematan dilaporkan hingga sekitar 85% pada hari kerja.	Rujukan manfaat okupansi + cahaya; penelitian ini menggunakan ESP32 dan estimasi berbasis wokwi
2	De Bakker, van de Voort, & Rosemann(2018)	Pemodelan stokastik kendali pencahayaan berbasis okupansi pada kantor terbuka dan	Menegaskan pentingnya durasi dan pola okupansi;

		beberapa ukuran zona. Kendali pada zona yang lebih spesifik berpotensi memberi penghematan lebih besar.	tidak merancang sistem mikrokontroler.
3	Bunjongjit & Ngaopitakkul (2018)	Simulasi DIALux dan eksperimen pemanfaatan cahaya alami pada ruang kelas. Pemanfaatan cahaya alami berpotensi mengurangi energi tanpa mengabaikan kebutuhan pencahayaan.	Berfokus pada daylighting dan tidak mengintegrasikan deteksi gerakan seperti penelitian ini.
4	Putra, Aditya, & Mayasari (2019)	Smart street lighting dengan Arduino, LDR, sensor gerak, LoRa, dan web; mencatat durasi lampu terang. Lampu terang 344,7 menit atau sekitar 48% dari 12 jam operasi.	Paling dekat dari sisi evaluasi durasi, tetapi objek, komunikasi, dan implementasinya berbeda.
5	Lee & Kim (2020)	Evaluasi bangunan universitas sebelum dan sesudah sensor gerak dan sistem manajemen ruang. Pada asrama dilaporkan penghematan sekitar 28,2%.	Menggunakan konsumsi energi aktual; penelitian ini menggunakan skenario simulasi dan daya asumsi.

6	Taiwo & Ezugwu (2021)	Sistem rumah pintar IoT dengan PIR, LDR, kendali perangkat, dan keamanan. Integrasi sensor cahaya dan gerak mendukung otomasi rumah.	Ruang lingkup lebih luas; perbandingan durasi otomatis konvensional bukan fokus utama.
7	Fadil, Suhendi, & Qurthobi (2022)	PIR, LDR, Arduino Uno, NodeMCU, sensor arus/tegangan, dan Antares pada prototipe fisik. Rata-rata kesalahan pembacaan tegangan 4,04% dan sensor arus 6,06%.	Mengukur kelistrikan secara langsung; penelitian ini hanya mengestimasi energi dari durasi simulasi.
8	Aussat, Rosmanis, & Keshav (2022)	Smart lighting adaptif berdasarkan cahaya alami, okupansi, dan preferensi; implementasi dan simulasi jangka panjang. Dilaporkan mengurangi konsumsi energi sekitar 40% dibandingkan LED konvensional.	Sistem lebih kompleks; penelitian ini memakai rancangan sederhana ESP32 LDR-PIR pada Wokwi.
9	Jabbar dkk. (2025)	Smart street lighting berbasis IoT dan LoRaWAN untuk kendali serta pemantauan jarak jauh. Menunjukkan kemampuan	Berorientasi pada jaringan skala perkotaan; penelitian ini fokus

		pencahayaan adaptif dan pemantauan waktu nyata.	pada satu unit lampu dan logika kendali.
10	Putri & Habibullah (2025)	Arduino Uno R3, LDR, PIR, dan logika AND untuk lampu otomatis. Sistem dilaporkan merespons perubahan lingkungan secara konsisten.	Rujukan teknis terdekat; penelitian ini memakai ESP32 Wokwi dan melanjutkan evaluasi ke durasi serta energi.
11	Muliadi, Akbar, & Syam (2025)	Lampu tidur otomatis dengan ESP32, LDR, aplikasi seluler, tombol manual, dan perintah suara. Mode otomatis dan manual berjalan sesuai fungsi.	Menggunakan ESP32 tetapi tanpa PIR dan tanpa analisis energi berbasis durasi.

Dari sebelas penelitian tersebut terlihat tiga kecenderungan. Pertama, integrasi sensor cahaya dan gerak digunakan untuk menghasilkan keputusan lampu yang lebih selektif. Putri dan Habibullah merupakan rujukan terdekat dari sisi logika karena menggunakan LDR, PIR, dan operasi AND. Kedua, penelitian Akrasakis dan Tsikalakis, Lee dan Kim, de Bakker dkk., serta Aussat dkk. menunjukkan bahwa informasi okupansi dan cahaya alami berkaitan dengan pengurangan durasi atau konsumsi energi, meskipun metode evaluasinya banyak menggunakan perangkat fisik, data aktual, atau pemodelan

bangunan. Ketiga, sejumlah studi mengembangkan IoT, LoRa, web, atau aplikasi seluler, sedangkan penelitian ini sengaja tidak memasukkan fungsi jaringan agar fokus pada logika kendali, durasi nyala, dan estimasi energi.

Putra, Aditya, dan Mayasari memiliki kedekatan metodologis karena menggunakan durasi lampu menyala sebagai dasar evaluasi efisiensi. Perbedaannya, penelitian tersebut berfokus pada lampu jalan dan perangkat fisik, sedangkan penelitian ini menggunakan satu sistem lampu ruangan berbasis ESP32 pada Wokwi. Dengan demikian, posisi penelitian berada pada pertemuan antara otomasi lampu berbasis kombinasi sensor dan evaluasi energi berbasis durasi operasional.

1. Kesenjangan Penelitian

Kajian terdahulu menunjukkan beberapa kesenjangan. Pertama, penelitian yang menggabungkan LDR dan PIR sering berfokus pada keberhasilan sensor, respons lampu, konektivitas, atau implementasi fisik; pengujian fungsional belum selalu dilanjutkan dengan perbandingan durasi nyala sistem otomatis dan konvensional secara terstruktur. Kedua, penelitian penghematan energi banyak menggunakan instalasi fisik, sensor arus dan tegangan, data okupansi jangka panjang, atau simulasi bangunan yang membutuhkan infrastruktur lebih kompleks. Ketiga, simulasi mikrokontroler umumnya digunakan untuk memvalidasi rangkaian dan program, sedangkan pemanfaatan data durasi simulasi sebagai dasar estimasi potensi penghematan memerlukan prosedur dan batas klaim yang jelas.

Penelitian ini menjawab kesenjangan tersebut dengan menetapkan sistem pembanding, periode pengamatan, daya lampu asumsi, metode pencatatan durasi, dan skenario pengujian sejak tahap perancangan. Karena seluruh eksperimen berlangsung di Wokwi, hasilnya secara eksplisit dibatasi sebagai estimasi konsumsi energi dan potensi penghematan energi, bukan pengukuran konsumsi listrik aktual.

2. Posisi dan Kebaruan Penelitian

Posisi penelitian ini dibangun dari tiga rujukan utama: integrasi LDR PIR dan logika AND pada Putri dan Habibullah; evaluasi berbasis durasi pada Putra, Aditya, dan Mayasari; serta bukti manfaat pengendalian berdasarkan cahaya dan okupansi pada penelitian energi. Unsur tersebut digabungkan dalam eksperimen simulasi yang lebih terbatas dan terkontrol menggunakan ESP32 pada Wokwi. Kebaruan penelitian terletak pada penerapan dan metode evaluasi, yaitu mengintegrasikan ESP32, LDR, dan PIR dalam Wokwi; menguji sistem 13 melalui black-box testing berbasis kombinasi cahaya dan gerakan; mencatat durasi nyala pada setiap skenario; membandingkan durasi sistem otomatis dengan sistem konvensional pada daya dan periode yang sama; serta menggunakan perbandingan tersebut sebagai dasar estimasi potensi penghematan energi. Kebaruan ini tidak diklaim sebagai penciptaan sensor, mikrokontroler, atau teori energi baru, tetapi sebagai rancangan evaluasi simulasi yang terstruktur dan dapat diulang.

2.2 Sistem Lampu Otomatis

Sistem lampu otomatis merupakan sistem pengendalian pencahayaan yang menentukan kondisi hidup atau mati lampu berdasarkan masukan tertentu tanpa sepenuhnya bergantung pada tindakan manual. Masukan dapat berupa tingkat pencahayaan, aktivitas atau okupansi, waktu, maupun kombinasi beberapa kondisi. Pengendalian pencahayaan menggunakan sensor dan perangkat kontrol dapat menyesuaikan operasi lampu terhadap perubahan okupansi serta ketersediaan cahaya alami (U.S. Department of Energy, n.d.).

Dalam penelitian ini, sistem menggunakan model masukan–proses keluaran. LDR menyediakan informasi kondisi pencahayaan, PIR menyediakan status gerakan sebagai representasi aktivitas, dan ESP32 memproses kedua masukan untuk menentukan status lampu. Logika dasar bersifat AND: lampu menyala hanya ketika kondisi gelap dan gerakan terdeteksi. Waktu tunda diterapkan setelah deteksi gerakan berakhir agar lampu tidak mati akibat kehilangan deteksi sesaat.

Potensi penghematan diperoleh melalui pengurangan durasi operasi yang tidak diperlukan. Karena sistem otomatis dan sistem konvensional dibandingkan pada daya lampu dan periode pengamatan yang sama, perbedaan estimasi energi terutama ditentukan oleh perbedaan durasi nyala. Pada penelitian ini, hubungan tersebut dianalisis sebagai potensi penghematan berbasis simulasi, bukan pengukuran energi aktual.

2.3 Mikrokontroler ESP32

ESP32 merupakan keluarga mikrokontroler system-on-chip yang dikembangkan Espressif Systems untuk aplikasi sistem tertanam dan Internet

of Things. ESP32 mengintegrasikan unit pemrosesan, memori, General Purpose Input/Output (GPIO), Analog-to-Digital Converter (ADC), komunikasi serial, Wi-Fi, dan Bluetooth dalam satu perangkat. Penelitian ini tidak menggunakan konektivitas nirkabel; ESP32 difokuskan sebagai pusat pembacaan sensor, pengambilan keputusan, pengendalian lampu, pengaturan waktu, dan pencatatan data. (Espressif Systems, 2025). Nilai analog LDR dibaca melalui ADC kemudian dibandingkan dengan nilai ambang untuk menentukan kondisi terang atau gelap, sedangkan keluaran PIR dibaca melalui GPIO digital sebagai HIGH atau LOW. Program dikembangkan menggunakan Arduino Framework dengan fungsi `setup()` untuk inisialisasi dan `loop()` untuk pembacaan sensor, penerapan logika kendali, pengaturan waktu tunda, serta pembaruan keluaran secara berulang. Informasi pengujian ditampilkan melalui Serial Monitor.

ESP32 dipilih karena menyediakan antarmuka analog dan digital yang dibutuhkan, kemampuan pemrosesan yang memadai, komunikasi serial, serta dukungan langsung pada Wokwi. Penelitian tidak mengevaluasi konsumsi daya ESP32, ketepatan ADC fisik, karakteristik kelistrikan GPIO, atau keandalan perangkat nyata; evaluasi dibatasi pada fungsi logis dan data durasi dalam simulasi.

2.4 Light Dependent Resistor (LDR)

Light Dependent Resistor (LDR) merupakan komponen resistif yang hambatannya berubah terhadap intensitas cahaya. Secara umum, resistansi menurun ketika cahaya meningkat dan meningkat ketika kondisi semakin

gelap. Pada modul fotoresistor, perubahan tersebut dikonversi menjadi tegangan yang dapat dibaca melalui ADC mikrokontroler. Dalam penelitian ini, LDR tidak digunakan sebagai alat ukur lux presisi, tetapi sebagai sensor untuk membedakan kondisi terang dan gelap. Keluaran analog LDR dibaca oleh ADC ESP32 dan dibandingkan dengan nilai ambang yang ditetapkan melalui pengujian awal. Modul fotoresistor Wokwi memungkinkan tingkat pencahayaan disimulasikan secara terkontrol dan nilai analog dibaca oleh program. Nilai ambang simulasi tidak langsung digeneralisasikan ke sensor fisik karena pembacaan nyata dapat dipengaruhi jenis LDR, rangkaian, posisi sumber cahaya, suhu, dan kalibrasi. (Wokwi, n.d.). LDR menjadi syarat pencahayaan dalam logika sistem dan tidak bekerja sendirian. Pada kondisi terang lampu tetap mati, sedangkan pada kondisi 16 gelap ESP32 masih memeriksa status PIR. Keberhasilan LDR dalam penelitian dinilai dari konsistensi klasifikasi dan respons program pada skenario simulasi, bukan dari akurasi terhadap lux meter.

2.5 Sensor Passive Infrared (PIR)

 Passive Infrared (PIR) merupakan sensor pasif yang mendeteksi perubahan radiasi inframerah pada area pengamatan. Perubahan distribusi radiasi akibat pergerakan objek diproses menjadi sinyal digital yang menunjukkan adanya gerakan. Dalam penelitian ini, PIR digunakan sebagai representasi aktivitas pengguna dan tidak digunakan untuk menentukan identitas, jumlah, posisi, atau keberadaan statis seseorang.

Keluaran PIR dibaca ESP32 dalam kondisi HIGH ketika gerakan terdeteksi dan LOW ketika tidak ada deteksi. Status tersebut diproses bersama hasil klasifikasi LDR; lampu hanya menyala ketika kondisi gelap dan gerakan terdeteksi. Ketika PIR tidak lagi aktif, ESP32 mempertahankan lampu selama waktu tunda yang ditetapkan dan mematikannya apabila tidak ada gerakan baru.

Wokwi memungkinkan kejadian gerakan pada sensor PIR virtual dipicu secara terkontrol dan berulang. Simulasi tidak digunakan untuk menilai karakteristik fisik seperti jarak dan sudut deteksi, suhu, sensitivitas, posisi objek, atau kemungkinan false detection. Karena itu, hasil pengujian menunjukkan kesesuaian logika terhadap masukan virtual, bukan akurasi sensor PIR pada kondisi nyata. (Wokwi, n.d.).

2.6 Simulator Wokwi

Wokwi merupakan simulator elektronika daring yang memungkinkan perancangan, pemrograman, dan pengujian sistem mikrokontroler melalui peramban. Dalam penelitian ini, Wokwi digunakan untuk menyusun rangkaian ESP32–LDR–PIR, menjalankan program, memanipulasi kondisi cahaya dan gerakan, serta mengamati respons lampu.

Serial Monitor digunakan untuk menampilkan nilai LDR, klasifikasi cahaya, status PIR dan lampu, waktu kejadian, serta durasi operasional. Data durasi tersebut menjadi dasar perbandingan sistem otomatis dan konvensional pada daya lampu serta waktu pengamatan yang sama.

Meskipun demikian, Wokwi tidak diposisikan sebagai alat ukur karakteristik listrik atau pengganti implementasi fisik. Penelitian tidak menyimpulkan arus, tegangan, daya aktual, akurasi sensor fisik, ketahanan perangkat, atau respons terhadap gangguan lingkungan. Hasil dibatasi pada evaluasi fungsi, respons, dan durasi sistem virtual; analisis energi dinyatakan sebagai estimasi konsumsi energi dan potensi penghematan berbasis simulasi (Wokwi, n.d.).

