

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Penerangan jalan adalah layanan publik penting yang menjamin keselamatan di jalan pada malam hari. Jumlah lampu jalan semakin meningkat khususnya di kawasan perkotaan. Akibatnya terjadi peningkatan konsumsi listrik dan energi untuk penerangan jalan secara linier dengan jumlah lampu jalan. Hal ini berdampak secara signifikan pada penggunaan energi dan pembebanan anggaran kota [1].

Sistem penerangan ini mengonsumsi jumlah daya yang besar dan selalu beroperasi pada kapasitas 100%. Hal ini menyebabkan peningkatan biaya operasional yang tidak perlu. Berdasarkan data dari Perusahaan Listrik Negara (PLN) [2], jumlah energi terjual pada Penerangan Jalan Umum (PJU) pada periode 2021 di pulau jawa adalah sebesar 1.813,48 GWh, dengan tarif listrik rata-rata sebesar Rp 1.444,91/kWh. Dengan demikian, total biaya yang dikeluarkan untuk PJU di Pulau Jawa saja mencapai Rp 2.620.315.386.800 per tahun. Untuk mengurangi biaya tersebut, perlu diterapkan sistem penerangan jalan yang hemat energi listrik dan berdasarkan perkembangan teknologi terbaru agar memudahkan proses pengendalian dan pemantauan operasional.

Saat ini, banyak inovasi yang dapat diadopsi ke dalam sistem penerangan jalan tradisional. Satu cara untuk menerapkan konsumsi daya yang efisien adalah dengan menggabungkan *Internet of Things* (IoT) dan otomatisasi ke dalam sistem penerangan jalan [3].

Paradigma IoT telah muncul sebagai kerangka kerja jaringan baru di mana berbagai perangkat dan objek tertanam dengan sensor, perangkat lunak, dan teknologi lainnya dengan tujuan untuk menghubungkan dan bertukar data dengan perangkat dan sistem lain melalui internet berkat teknologi komunikasi seperti WiFi, GSM, ZigBee, dll [4]. IoT memiliki kemampuan *remote control* otomatis yang memiliki dampak dominan pada efisiensi energi dan manajemen energi yang terorganisir. Pemanfaatan IoT secara komprehensif dapat menghasilkan sistem yang cerdas [5].

Untuk mengurangi konsumsi listrik pada penerangan jalan, diusulkan untuk mengganti lampu pengonsumsi daya konvensional dengan lampu *Light Emitting Diode* (LED) yang mengonsumsi daya lebih sedikit. Dalam pengimplementasiannya juga diterapkan peredupan cahaya LED dengan memodifikasi intensitas cahaya berdasarkan kondisi lalu lintas di jalan. Sistem peredupan lampu jalan LED biasanya terdiri dari beberapa komponen. Pertama adalah unit penginderaan yang digunakan untuk mendeteksi kondisi lalu lintas di jalan menggunakan sensor gerak. Komponen kedua biasanya terdiri dari unit mikrokontroler atau unit pemrosesan sinyal digital. Ketiga adalah modul pemancar/penerima komunikasi nirkabel untuk transfer informasi [6].

Terdapat beragam cara yang memungkinkan terjalannya komunikasi antar perangkat, salah satu yang umum digunakan adalah dengan menerapkan protokol *Message Queuing Telemetry Transport* (MQTT). MQTT adalah protokol perpesanan standar *Outcome and Assessment Information Set* (OASIS) untuk IoT yang dirancang sebagai transportasi pesan *publish/subscribe* yang sangat ringan yang ideal untuk menghubungkan perangkat jarak jauh dengan jejak kode minim dan *bandwidth* jaringan minimal [7].

Dalam penelitian tugas akhir ini, IoT digunakan untuk memantau dan mengontrol kondisi lampu dalam kondisi dan situasi yang berbeda. Kemampuan pemantauan dan pengendalian IoT melalui penginderaan oleh sensor *Light Dependent Resistor* (LDR) dan sensor *Passive Infrared* (PIR) memungkinkan terjadinya penyesuaian intensitas cahaya lampu secara otomatis berdasarkan tingkat intensitas cahaya di lingkungan sekitar serta deteksi gerakan. Sementara itu, komunikasi pada sistem berbasis IoT ini menggunakan protokol MQTT yang merupakan protokol perpesanan yang ringan, terbuka, dan mudah diimplementasikan. Sebuah prototipe dibuat lalu diuji secara menyeluruh pada tiap-tiap bagian pada sistem. Pengujian dan analisis dilakukan pada penggunaan fungsi IoT dan MQTT serta kemampuan penginderaan oleh sensor dan *output* penerangan.

1.2 *State of The Art*

A. Attia et al. [6] pada tahun 2016 mengusulkan desain sistem peredupan lampu jalan LED hemat energi yang memiliki keunggulan utama berupa sistem peredupan cahaya otomatis untuk menghindari kerugian dari sistem penerangan jalan yang berbasis *wireless monitoring* dan kontrol terpusat. Sistem yang dimaksud merupakan sistem peredupan terdesentralisasi dimana kontrol dilakukan secara lokal pada tiang lampu. Sensor gerak jarak jauh digunakan untuk mendeteksi kendaraan yang lewat. Input dari sensor pada akhirnya akan memicu *switch* elektronik dari *converter* untuk memiliki tegangan beban keluaran *Direct Current* (DC) dengan dua tingkat tegangan yang berbeda untuk fungsi peredupan.

K.M.C.M Karunanayake et al. [8] pada tahun 2019 mengusulkan metode untuk mengontrol dan memantau waktu *ON* dan *OFF* lampu jalan baik secara otomatis maupun secara manual dari lokasi yang jauh menggunakan IoT. Sensor LDR digunakan untuk mengukur intensitas sinar matahari atau pencahayaan di lingkungan sekitar untuk mengontrol lampu jalan. Lampu otomatis menyala setelah matahari terbenam atau saat intensitas cahaya yang jatuh pada sensor berkurang. Modul WiFi ESP8266 digunakan untuk mengintegrasikan sensor dengan lampu jalan serta memantau dan mengendalikan seluruh jaringan secara *real-time* melalui internet. Sementara itu, protokol MQTT digunakan dengan broker *Mosquitto* sebagai pengatur jaringannya.

G. Gagliardi et al. [4] pada tahun 2020 mengusulkan sistem cerdas berbiaya rendah yang mampu secara mandiri menyesuaikan kecerahan lampu jalan berdasarkan kehadiran kendaraan atau pejalan kaki di area atau segmen khusus dari jalan untuk mengurangi konsumsi energi. Sistem ini mendefinisikan infrastruktur IoT yang mengintegrasikan berbagai subsistem seperti *local controller*, sensor gerak, kamera video, dan perangkat elektronik yang masing-masing memiliki fungsi tertentu. Arsitektur cerdas ini telah diujicobakan pada skenario riil dan dinilai dapat menghemat energi hingga 80% dibandingkan sistem penerangan tradisional.

Modabbir dan A. Mohammad [9] pada tahun 2021 mengusulkan solusi efektif yang dapat menghemat konsumsi daya melalui penerapan sensor PIR dengan lampu

jalan LED. Metodologi cerdas yang diusulkan diimplementasikan pada 36 lampu jalan dengan sensor PIR cerdas terintegrasi dan sistem pencahayaan paruh malam otomatis. Metode yang diusulkan diuji coba selama 6 bulan, hasilnya menunjukkan bahwa konsumsi daya yang terhitung lebih rendah sebesar 96-97% dibandingkan sistem penerangan konvensional.

M. Eriyadi et al. [5] pada tahun 2021 mengusulkan prototipe sistem pengendalian dan pemantauan lampu jalan menggunakan IoT dan *fuzzy logic* dengan skala kondisi nyata yang dapat menyesuaikan intensitas cahaya secara otomatis berdasarkan kehadiran mobil atau pejalan kaki di sekitar area lampu. Prototipe ini terdiri dari jalan umum, trotoar, penerangan jalan, NodeMCU ESP8266, *lux sensor* BH1750FVI, sensor LDR, sensor ultrasonik, dan aplikasi android. Perubahan status lampu yaitu untuk mengaktifkan atau menonaktifkannya dilakukan oleh *relay module*. Prototipe ini dinilai dapat mengurangi konsumsi listrik hingga 49,55% dibandingkan dengan model tanpa *fuzzy logic*.

1.3 Rumusan Masalah

Berdasarkan pada latar belakang masalah yang telah diuraikan, maka rumusan masalah yang menjadi fokus penyelesaian dalam penelitian tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana rancang bangun prototipe sistem penerangan jalan otomatis berbasis IoT dengan implementasi metode interupsi dan *timer*?
2. Bagaimana analisis kinerja prototipe sistem penerangan jalan otomatis berbasis IoT dengan implementasi metode interupsi dan *timer*?

1.4 Tujuan dan Manfaat

1.4.1 Tujuan

1. Merancang bangun prototipe sistem penerangan jalan otomatis berbasis IoT dengan implementasi metode interupsi dan *timer*.
2. Menganalisis kinerja prototipe sistem penerangan jalan otomatis berbasis IoT dengan implementasi metode interupsi dan *timer*.

1.4.2 Manfaat

Manfaat dari penelitian tugas akhir ini dibagi menjadi dua yaitu manfaat akademis dan manfaat praktis:

1. Manfaat Akademis

Manfaat akademis dalam penelitian ini adalah sebagai media referensi bagi peneliti selanjutnya yang akan menggunakan konsep dan dasar penelitian yang sama, yaitu mengenai rancang bangun prototipe sistem penerangan jalan otomatis berbasis IoT dengan metode interupsi dan *timer*.

2. Manfaat Praktis

Manfaat praktis dalam penelitian ini adalah sebagai media referensi untuk melakukan rancang bangun sistem penerangan jalan otomatis yang hemat energi pada kawasan permukiman maupun perkotaan yang masih menggunakan sistem penerangan jalan tradisional.

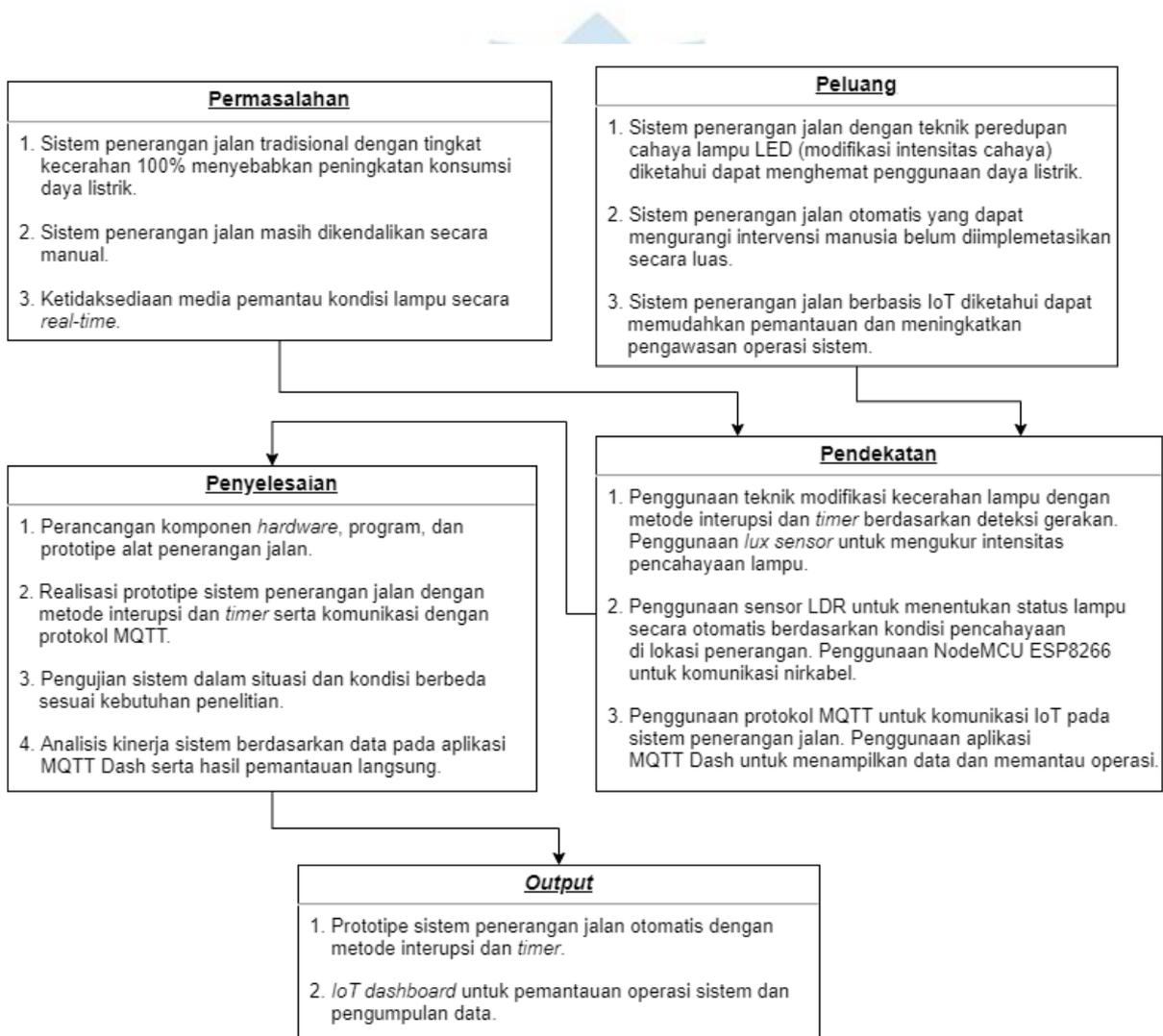
1.5 Batasan Masalah

Beberapa batasan masalah dalam penelitian tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Lingkup rancang bangun meliputi prototipe sistem penerangan jalan otomatis dengan metode interupsi dan *timer* berbasis IoT yang dapat menghemat penggunaan daya listrik tanpa mempertimbangkan jenis sumber energi listrik yang digunakan oleh sistem penerangan.
2. Prototipe sistem penerangan jalan otomatis direalisasikan dan diujicobakan dalam skala kecil di kawasan permukiman yang terjangkau dan terhubung ke internet melalui jaringan WiFi berdasarkan kebutuhan pemanfaatan teknologi IoT guna memfasilitasi fungsi pemantauan dan pengawasan melalui *mobile app*.
3. Lingkup pembahasan dan pengkajian berfokus pada perancangan, realisasi, pengujian kinerja, dan analisis kinerja prototipe sistem penerangan jalan otomatis tanpa memperhitungkan biaya realisasi sistem secara keseluruhan pada skala nyata.

1.6 Kerangka Berpikir

Kerangka berpikir merupakan suatu dasar pemikiran yang mencakup penggabungan antara teori, fakta, observasi, serta kajian pustaka yang dijadikan sebagai landasan dalam melakukan penelitian. Kerangka ini berisikan pemaparan konsep-konsep dari penelitian yang dapat divisualisasikan dalam bentuk bagan yang saling terhubung yang menunjukkan alur logika yang berjalan di dalam penelitian. Dalam penelitian tugas akhir ini, kerangka berpikir mencakup lima tahapan yaitu: Identifikasi masalah, identifikasi peluang, identifikasi pendekatan, penyelesaian masalah, dan penentuan *output* penelitian.



Gambar 1.1 Kerangka berpikir penelitian.

Gambar 1.1 menjelaskan tentang alur kerangka berpikir dari penelitian tugas akhir yang telah dilakukan. Pertama, dilakukan identifikasi masalah yang dalam hal ini adalah sistem penerangan jalan yang secara konstan menyala dengan tingkat kecerahan maksimal menyebabkan pemborosan energi. Selain itu, sistem yang digunakan masih dikendalikan secara manual dan belum dilengkapi dengan media pemantau kondisi lampu yang dapat diakses oleh pihak yang berwenang.

Kedua, dilakukan identifikasi peluang yang dapat dimanfaatkan berkaitan dengan permasalahan yang telah diketahui sebelumnya. Dalam hal ini diketahui bahwa teknik peredupan lampu LED yaitu penyesuaian intensitas cahaya pada situasi atau kondisi tertentu mampu menghemat penggunaan daya listrik. Selain itu, sistem penerangan yang diotomatisasi dan berbasis IoT dapat mengurangi keterlibatan operator secara langsung di lapangan dalam pemantauan dan pengawasan operasi sistem penerangan jalan.

Ketiga, dilakukan identifikasi pola pendekatan yang sesuai untuk menyelesaikan permasalahan dengan pemanfaatan peluang yang telah diketahui. Dalam hal ini, sistem penerangan jalan dilengkapi dengan sensor LDR dan sensor gerak PIR sehingga sistem dapat melakukan pengaturan status lampu dan tingkat kecerahannya berdasarkan tingkat penerangan di lingkungan sekitar serta keberadaan kendaraan atau pejalan kaki yang melintas. Pengaturan tingkat kecerahan lampu dilakukan dengan metode interupsi yang akan memicu jalannya *timer*. Pengukuran intensitas cahaya lampu penerangan itu sendiri dilakukan oleh *lux sensor*. Komunikasi nirkabel dengan internet ditangani oleh modul ESP8266, adapun komunikasi IoT sistem penerangan jalan direalisasikan menggunakan protokol MQTT yang ringan sehingga data dapat dikirim dan diterima secara cepat dan *real-time*. Aplikasi MQTT Dash digunakan untuk menampilkan data dan memantau sistem.

Keempat, dilakukan penyusunan penyelesaian masalah dengan 4 tahapan berbeda yang dalam hal ini yaitu perancangan (*hardware*, program, prototipe alat penerangan jalan), realisasi prototipe sistem penerangan dengan metode interupsi dan *timer* serta protokol MQTT, pengujian sistem dalam situasi dan kondisi

berbeda, dan terakhir analisis kinerja sistem dengan memeriksa kesesuaian data pada aplikasi MQTT Dash dengan hasil pemantauan secara langsung.

Kelima, dilakukan penentuan *output*, yang dalam penelitian ini berupa prototipe sistem penerangan jalan otomatis dengan metode interupsi dan *timer* menggunakan protokol komunikasi MQTT, serta *IoT dashboard* untuk pemantauan operasi sistem dan akumulasi data.

1.7 Sistematika Penulisan

Penulisan laporan tugas akhir ini memiliki sistematika penulisan dengan total enam bab dimana setiap bab mempunyai isi. Penjabaran dari isi setiap bab pada laporan tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

BAB I PENDAHULUAN

Bab ini menerangkan tentang latar belakang, *state of the art*, rumusan masalah, tujuan, manfaat, batasan masalah, kerangka berpikir, dan sistematika penulisan.

BAB II TEORI DASAR

Bab ini menjelaskan mengenai hal-hal mendasar dan pokok terkait dengan penelitian. Diperlukan penguasaan teori yang berhubungan dengan penelitian yang dilakukan mengenai rancang bangun prototipe sistem penerangan jalan otomatis dengan metode interupsi dan *timer* berbasis IoT.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Bab ini menerangkan tentang metodologi penelitian yang digunakan pada penelitian tugas akhir ini diantaranya yaitu studi literatur, perumusan masalah, analisis kebutuhan sistem, perancangan sistem, realisasi sistem, pengujian sistem, analisis kinerja sistem, dan penulisan laporan penelitian.

BAB IV PERANCANGAN DAN IMPLEMENTASI

Bab ini menjelaskan mengenai tahapan perancangan serta realisasi prototipe sistem penerangan jalan otomatis menggunakan metode interupsi dan *timer* berbasis IoT. Rancangan dan realisasi mencakup perangkat keras, perangkat lunak, program, dan alat serta infrastruktur penerangan jalan yang terkoneksi pada jaringan WiFi.

BAB V PENGUJIAN DAN ANALISIS

Bab ini menerangkan tentang langkah-langkah uji sistem dan alat penerangan jalan dengan mengumpulkan data kuantitatif dari sensor-sensor yang membaca kondisi sekitar serta pengamatan status lampu berikut tingkat kecerahannya. Hal ini dilakukan untuk memastikan sistem dan alat penerangan jalan yang dibuat sesuai dengan perancangan dan berfungsi dengan semestinya hingga tepat sasaran sesuai tujuan penelitian yang telah ditetapkan.

BAB VI PENUTUP

Bab ini menjelaskan mengenai kesimpulan dan saran dari hasil penelitian tugas akhir ini.

