

Rancang Bangun Monitoring Lampu Penerangan Jalan Umum Menggunakan Zigbee dan Esp32

Jeki Kuswanto¹, Wahid Miftahul Ashari², Firman Asharudin¹, Andriyan Dwi Putra⁴, Muhammad Tofa Nurcholis⁵

jeki@amikom.ac.id, wahidashari@amikom.ac.id, firman_asharudin@amikom.ac.id,

andriyan.putra@amikom.ac.id, tofa@amikom.ac.id

^{1,2,3,4,5}Universitas Amikom Yogyakarta

Informasi Artikel

Diterima : 14 Des 2023

Direview : 18 Jan 2024

Disetujui : 23 Feb 2024

Kata Kunci

Lampu PJU, Monitoring, Efisiensi, Zigbee, Esp32

Abstrak

Lampu penerangan jalan (PJU) adalah infrastruktur penting dalam daerah, khususnya untuk penerangan lalu lintas malam hari. Efisiensi dan monitoring menjadi tantangan utama dalam pengelolaan PJU. Kebanyakan PJU tidak memiliki sistem monitoring, menyulitkan pengendalian dan deteksi kerusakan. Monitoring diharapkan dapat mengatur waktu menyala secara efisien dan mendeteksi kerusakan. Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan sistem monitoring dan efisiensi PJU dengan biaya yang terjangkau tanpa mengganti banyak perangkat yang sudah ada. Metode menggunakan teknologi Zigbee dan Esp32. Sistem ini diharapkan dapat meningkatkan efisiensi dan mendeteksi masalah lebih cepat daripada sebelumnya.

Keywords

PJU, Monitoring, Efficient, Zigbee, Esp32

Abstract

Street lighting, or Public Street Lighting (PJU), is crucial infrastructure in an area, particularly for nighttime traffic illumination. Efficiency and monitoring pose significant challenges in PJU management. Most PJUs lack a monitoring system, making control and malfunction detection difficult. Monitoring is expected to efficiently regulate the on-off schedule and detect malfunctions. This research aims to develop a cost-effective PJU monitoring and efficiency system without replacing many existing devices. The method employs Zigbee technology and a mesh topology. This system is anticipated to enhance efficiency and detect issues more promptly than before.

A. Pendahuluan

Lampu penerangan jalan atau dikenal dengan PJU merupakan satu infrastruktur yang penting dalam sebuah daerah. Lampu ini berguna sebagai penerangan pada ruang lalu lintas di malam hari [1]. Efisiensi dan monitoring termasuk permasalahan utama pada lampu PJU

Sebagian besar lampu PJU tidak memiliki sistem monitoring sehingga membuat pengendalian dan pengamatan kerusakan mengalami kesulitan. Monitoring lampu PJU diharapkan dapat mengatur penjadwalan waktu menyala pada lampu PJU. Hal ini tentunya dapat meningkatkan efisiensi lampu PJU. Selain efisiensi monitoring lampu PJU dapat memonitoring kondisi lampu PJU jika terjadi kerusakan. Sehingga dengan monitoring yang *real-time* maka proses perbaikan juga dapat dilakukan dengan lebih cepat jika dibandingkan dengan menunggu laporan warga setempat atau menunggu proses inspeksi atau pemeliharaan rutin lampu PJU.

Lampu PJU akan menyala setiap pukul 18:00 sampai pukul 06:00 setiap harinya, sehingga lampu PJU menyala 12 jam setiap hari. Pada jam 01:00 sampai pukul 04:30 kendaraan yang lewat sangat sepi sehingga lampu PJU secara fungsional tidak diperlukan seluruhnya. Hal tersebut dapat mengakibatkan pemborosan penggunaan lampu PJU dan seharusnya perlu adanya metode atau solusi lebih lanjut terhadap peristiwa tersebut. Sehingga pada penelitian ini akan dilakukan analisis masalah tersebut untuk melakukan monitoring efisiensi pada lampu PJU.

Beberapa penelitian dikembangkan dalam hal proses efisiensi mulai dengan penggunaan lampu dimmer [2], menggunakan energi terbarukan [3], dan menggunakan sensor kendaraan [4]. Namun solusi yang ditawarkan berakibat penggantian atau penambahan dengan biaya yang cukup banyak, target penelitian ini adalah bagaimana mengembangkan sistem monitoring dan efisiensi lampu PJU dengan biaya yang murah dan tidak mengganti sebagian besar perangkat yang sudah ada. Berdasarkan permasalahan diatas maka penelitian ini akan mengembangkan sebuah sistem monitoring dan efisiensi lampu PJU untuk mengatasi masalah tersebut. Penelitian ini akan mengembangkan perangkat keras dan perangkat lunak untuk melakukan monitoring lampu PJU. Perangkat keras digunakan untuk mengembangkan konektivitas lampu PJU dan kontrol lampu PJU serta pengembangan perangkat lunak digunakan untuk mengontrol dari sisi pengguna atau pengendali lampu PJU tersebut. Pada penelitian ini teknologi konektivitas menggunakan perangkat Zigbee dan topologi mesh sebagai topologi utama lampu PJU. Penelitian ini juga menggunakan dua sensor yang akan digunakan untuk mendeteksi kerusakan lampu PJU, sensor pertama adalah sensor yang digunakan untuk mendeteksi arus listrik yang dihasilkan dan sensor kedua digunakan untuk mendeteksi intensitas cahaya yang dihasilkan oleh bohlam lampu PJU.

Diharapkan dari sistem monitoring yang dikembangkan dapat meningkatkan efisiensi dari Lampu PJU dan dapat memonitoring secara *real-time* Lampu PJU sehingga dapat mengatasi kerusakan atau perbaikan lebih cepat jika dibandingkan dengan proses sebelumnya yang harus menunggu laporan warga atau perbaikan rutin Dinas PJU.

B. Tinjauan Pustaka

Penelitian terkait banyak dikembangkan untuk mengatasi masalah ini fokus beberapa penelitian pada penggantian lampu menjadi jenis lampu LED dan proses pengembangan menggunakan energi ramah lingkungan. Solusi tersebut dapat mengatasi masalah efisiensi namun perlu adanya perubahan yang cukup signifikan yaitu penggantian device ataupun menambah device dengan biaya yang cukup besar. Berikut penelitian-penelitian terkait dalam hal efisiensi lampu PJU.

Penelitian dengan judul “ Vehicle Movement based Innovative Smart Highway Lighting System [4] “ berfokus pada pengembangan sensor kendaraan guna mengembangkan sebuah sistem Lampu PJU yang pintar. Sehingga lampu jalan otomatis akan menyala ketika ada kendaraan lewat dan akan mati ketika jalan sepi atau tidak ada kendaraan yang lewat. Penelitian ini tidak menuliskan berapa efisiensi yang dapat diukur dengan diterapkannya teknologi ini. Teknologi pada penelitian ini [4] belum dapat diterapkan pada lingkungan penerangan lampu jalan di Indonesia karena harus ada pergantian perangkat yang cukup banyak.

Penelitian terkait yang kedua yaitu penelitian dengan judul “IoT based Smart Street Lighting System for Smart City [5]“ . Penelitian ini berfokus pada efisiensi tenaga listrik pada lampu PJU, teknologi yang diterapkan adalah teknologi IoT dan semua lampu akan terkoneksi dengan internet. Efisiensi pada penelitian ini tidak dibahas dan hanya disimpulkan bahwa teknologi yang diterapkan dapat mengurangi biaya dari listrik yang digunakan.

Penelitian selanjutnya berjudul “Improving Lighting Efficiency for Traffic Road Networks: A Reputation Mechanism Based Approach [6]”. Penelitian ini fokus pada efisiensi lampu PJU dengan memanfaatkan lampu dimmer dan sensor. Sehingga ketika traffic rendah atau penggunaan dirasa tidak urgent maka lampu jalan akan meredup. Penelitian ini mengklaim dapat mengurangi biaya listrik hingga 70% dari sebelumnya. Penelitian ini belum dapat diadopsi karena harus mengganti seluruh bohlam lampu PJU dan untuk hal tersebut membutuhkan biaya yang cukup banyak.

Penelitian terakhir yang menjadi rujukan adalah penelitian dengan judul “IoT Based Street Light Controller and Monitoring System “ [7]. Penelitian ini berfokus pada sistem monitoring lampu PJU. Sistem monitoring yang digunakan menggunakan akses internet dan menggunakan modul GPS guna memantau kesehatan lampu PJU yang ada di lokasi.

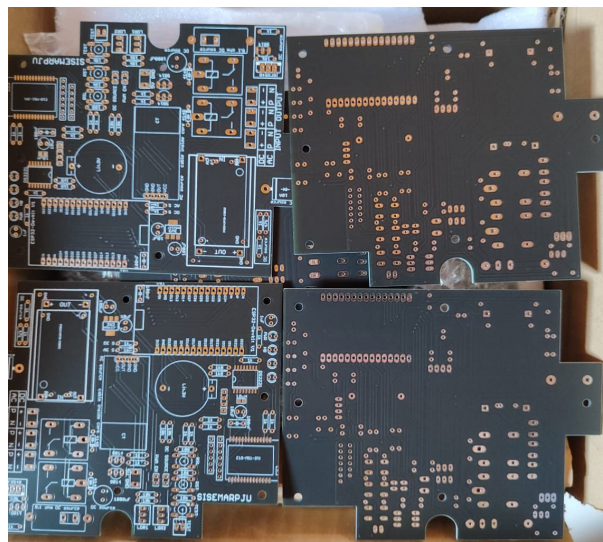
C. Metodologi Penelitian

Pada penelitian ini akan menggunakan metode pengembangan perangkat guna mengembangkan prototype dari perangkat yang akan digunakan pada Lampu PJU. Berikut merupakan flowchart dari rangkaian proses pengembangan perangkat yang akan dilakukan.



Gambar 1 : Alur Penelitian

Pada gambar satu telah ditunjukkan alur dari proses penelitian ini, proses pertama merupakan proses analisis masalah, analisis masalah dilakukan dengan observasi lapangan dan proses studi literatur. Adapun studi literatur yang digunakan dijelaskan pada bagian sebelumnya. Setelah proses analisis masalah selesai maka ditentukan solusi yaitu mengembangkan perangkat *monitoring* Lampu PJU proses pengembangan perangkat meliputi pengembangan *hardware* dan pengembangan *software*. Proses pengembangan hardware menggunakan model HDLC [8]. Berikut merupakan hasil design dari perangkat yang akan digunakan pada proses *monitoring* Lampu PJU.



Gambar 2 : Papan PCB yang digunakan pada PJU

Gambar dua merupakan hasil pengembangan *hardware* menggunakan model HDLC adapun bagian penting pada papan sirkuit tersebut akan disajikan

pada tabel dibawah ini beserta dengan fungsi dari bagian-bagian penting dari isi papan sirkuit pada gambar dua.

Tabel 1

No	Perangkat	Jenis	Fungsi Pada Lampu PJU
1	<i>Mikrokontroller</i>	Esp32	Digunakan untuk kontroler utama setiap lampu PJU yang ada.
2	<i>Relay Dimmer</i>		Berfungsi untuk mengaktifkan dan mematikan lampu PJU
3	<i>Zigbee</i>		Akses point yang digunakan untuk koneksi lampu PJU dengan kontroler utama.
4	Sensor Arus		Sensor ini digunakan untuk mendeteksi dini penurunan arus listrik pada lampu PJU
5	Sensor Cahaya		Sensor cahaya ini digunakan untuk mendeteksi intensitas cahaya yang dihasilkan oleh lampu PJU.

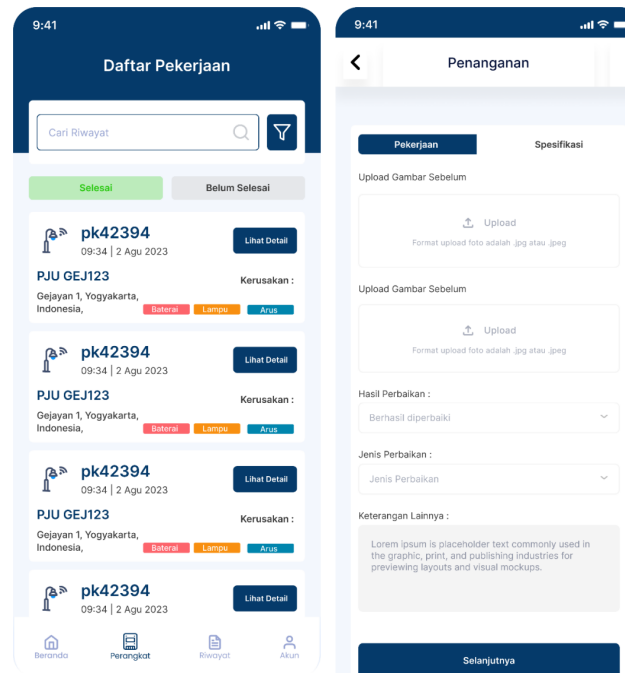
Tabel satu merupakan daftar dari komponen-komponen penting yang ada pada papan sirkuit.



Gambar 3 : Kotak atau *box* perangkat kontroler pada PJU

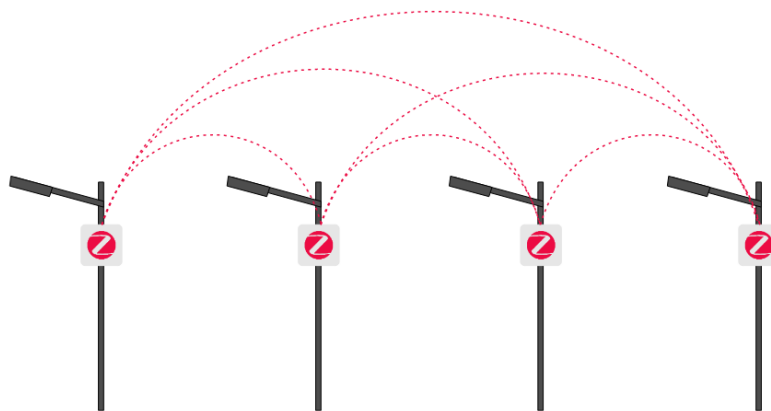
Gambar tiga menunjukkan model *box* yang digunakan, pengembangan *box* sudah menyesuaikan dengan Standar Nasional Indonesia yang dapat diakses pada laman bsn.go.id [9] sehingga *box* sudah layak dalam hal kekuatan dan ketahanan ketika nanti dipasang di area luar dengan mempertimbangkan kondisi cuaca yang ada pada lingkungan Negara Indonesia. Setelah desain perangkat keras selesai akan dilanjutkan proses desain perangkat lunak. Pengembangan perangkat lunak

menggunakan model SDLC dengan teknik RAD. Pemilihan teknik RAD dikarenakan RAD memiliki *timeline* paralel dan membutuhkan waktu yang singkat sehingga dapat menghemat waktu dan biaya [10]. RAD juga memungkinkan pengguna untuk terlibat langsung dalam pengembangan perangkat lunak sehingga penelitian ini dalam pengembangan *software* dianggap tepat dalam menggunakan teknik RAD [11]



Gambar 4 : Interface aplikasi yang digunakan untuk mengontrol PJU

Perangkat utama atau akses poin pada penelitian ini menggunakan *Zigbee* alasan menggunakan *Zigbee* adalah *Zigbee* dapat beroperasi dengan konsumsi energi yang rendah [12]. Jangkauan dari perangkat ini juga luas dan fleksibel dalam model *topologi* jaringan [13]. *Zigbee* juga memiliki fitur keamanan yang cukup kuat serta harga perangkat yang cukup murah [14]. Topologi pada menggunakan *topologi* mesh yang digambarkan pada gambar di bawah ini.



Gambar 5 : Topologi mesh pada lampu PJU

Penggunaan topologi mesh didasarkan pada kebutuhan dan model lokasi dari almpu PJU di Indoensia. Topologi mesh dapat terkoneksi antara klien 1 dengan klien yang lain [15]. Topologi mesh juga dapat mengantisipasi ketika salh satu node mati sehingga node yang lain dapat terkoneksi dengan node yang masih dalam kondisi hidup [16].

D. Hasil dan Pembahasan

Setelah tahap pengembangan perangkat keras dan perangkat lunak selesai maka tahapan penelitian selanjutnya adalah pengujian lampu PJU yang sudah dikembangkan. Pengujian akan langsung dilakukan di lapangan dengan menggunakan sampel 64 lampu PJU. Setelah diterapkan maka berikut hasil penjadwalan lampu PJU yang sudah diatur berdasarkan observasi lingkungan dan kondisi jalan lalu lintas yang ada. Adapun lokasi pengujian adalah Jl. Parasamya No.18, Beran Lor, Tridadi, Kec. Sleman, Kabupaten Sleman, Daerah Istimewa Yogyakarta 55511. Berikut tabel kondisi penjadwalan lampu PJU yang diatur menggunakan perangkat pada penelitian ini.

Tabel 2: Kondisi penjadwalan lampu PJU

No	Waktu (Jam)	Lampu PJU Menyala
1	18:00-21:00	100% (Seluruh lampu menyala)
2	21:00-22:30	80% Lampu menyala
3	22.30-00:00	60% Lampu Menyala
4	00:00-03:00	35% Lampu Menyala (Genap)
5	00:03-06:00	35% Lampu Menyala (Ganjil)

Berdasarkan tabel 2 maka perhitungan *efisiensi* dapat dinyatakan sebgai berikut

$$\text{Formula} = 1 + ((2+3)/2) + 3 + 4 + 5$$

Nomer 2 dan 3 dijadikan 1 karena hanya dijadwalkan selama 3 jam

Sehingga :

$$\begin{aligned} \text{Total Jam} &= 100 + ((80+60)/2) + 35 + 35 \\ &= 100 + 70 + 70 \\ &= 240 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Total Efisiensi} &= 240/400 \\ &= 60/100 \\ &= 60\% \end{aligned}$$

Sehingga setelah dihitung total jam dari lampu PJU dapat disimpulkan bahwa lampu PJU menyala total hanya 60% dari seluruh lampu sepanjang malam atau jadwal menyala. Sehingga dapat disimpulkan bahwa perangkat ini dapat menghemat daya lampu PJU sebanyak 40%.

E. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian maka perangkat lampu PJU yang dikembangkan di penelitian ini dapat dilakukan monitoring kerusakan terhadap lampu, kerusakan dapat diketahui dengan cara lemahnya arus listrik yang diterima sensor atau intensitas cahaya yang bernilai 0 atau lampu mati. Proses penjadwalan pada lampu PJU juga dapat menekan sumber daya penggunaan listrik pada lampu PJU setelah

dilakukan analisis dan dihitung tingkat efisiensi penggunaan arus listrik maka sistem penjadwalan tersebut dapat meningkatkan efisiensi sebesar 40% jika dibanding dengan lampu PJU yang menyala terus menerus.

F. Referensi

- [1] "Permenhub No. 27 Tahun 2018," Database Peraturan | JDIH BPK. Accessed: Sep. 30, 2023. [Online]. Available: <http://peraturan.bpk.go.id/Details/104286/permenhub-no-27-tahun-2018>
- [2] "Cost-Effective LED Dimming Driver With Single Chip Design for Smart Lighting System | IEEE Journals & Magazine | IEEE Xplore." Accessed: Sep. 29, 2023. [Online]. Available: <https://ieeexplore.ieee.org/document/9153773>
- [3] A. A. A. Amien, "Penerangan Jalan yang Efisien dengan Tenaga Surya," Sensor to Cloud and Industrial Internet of Things Platform. Accessed: Sep. 29, 2023. [Online]. Available: <https://www.microthings.id/penerangan-jalan-yang-efisien-dengan-tenaga-surya/>
- [4] "Vehicle Movement based Innovative Smart Highway Lighting System." Accessed: Sep. 29, 2023. [Online]. Available: <https://ieeexplore.ieee.org/document/9850478/>
- [5] "IOT based Smart Street Lighting System for Smart City | IEEE Conference Publication | IEEE Xplore." Accessed: Sep. 29, 2023. [Online]. Available: <https://ieeexplore.ieee.org/document/9702307>
- [6] "Improving Lighting Efficiency for Traffic Road Networks: A Reputation Mechanism Based Approach." Accessed: Sep. 29, 2023. [Online]. Available: <https://ieeexplore.ieee.org/document/9795087/>
- [7] P. E. Lartsey, D. T. Ayitey, A. Acakpovi, and R. E. Arthur, "IoT Based Street Light Controller and Monitoring System," in *2021 IEEE 8th International Conference on Adaptive Science and Technology (ICAST)*, Nov. 2021, pp. 1–7. doi: 10.1109/ICAST52759.2021.9682127.
- [8] "The Phases of the Hardware Product Development Lifecycle." Accessed: Oct. 18, 2023. [Online]. Available: <https://resources.pcb.cadence.com/blog/2022-the-phases-of-the-hardware-product-development-lifecycle>
- [9] "-CUSTOMER VALUE-," -CUSTOMER VALUE-. Accessed: Oct. 17, 2023. [Online]. Available: <http://sispk.bsn.go.id/SNI/-CUSTOMER VALUE->
- [10] N. R. Dissanayake and G. K. A. Dias, "Best practices for rapid application development of AJAX based Rich Internet Applications," in *2014 14th International Conference on Advances in ICT for Emerging Regions (ICTer)*, Dec. 2014, pp. 63–66. doi: 10.1109/ICTER.2014.7083880.
- [11] S. Vasudevan and D. Wilemon, "Rapid application development: major issues and lessons learned," in *Innovation in Technology Management. The Key to Global Leadership. PICMET '97*, Jul. 1997, pp. 484–. doi: 10.1109/PICMET.1997.653483.
- [12] G. Pan, J. He, Q. Wu, R. Fang, J. Cao, and D. Liao, "Automatic stabilization of Zigbee network," in *2018 International Conference on Artificial Intelligence and Big Data (ICAIBD)*, May 2018, pp. 224–227. doi: 10.1109/ICAIBD.2018.8396199.

-
- [13] P. D. P. Adi *et al.*, "A Performance Evaluation of ZigBee Mesh Communication on the Internet of Things (IoT)," in *2021 3rd East Indonesia Conference on Computer and Information Technology (EIConCIT)*, Apr. 2021, pp. 7–13. doi: 10.1109/EIConCIT50028.2021.9431875.
 - [14] L. Xiaoman and L. Xia, "Design of a ZigBee wireless sensor network node for aquaculture monitoring," in *2016 2nd IEEE International Conference on Computer and Communications (ICCC)*, Oct. 2016, pp. 2179–2182. doi: 10.1109/CompComm.2016.7925086.
 - [15] I. M. Reza Permana, M. Abdurrohman, and A. G. Putrada, "Comparative Analysis of Mesh and Star Topologies in Improving Smart Fire Alarms," in *2019 Fourth International Conference on Informatics and Computing (ICIC)*, Oct. 2019, pp. 1–5. doi: 10.1109/ICIC47613.2019.8985889.
 - [16] Z. K. Farej and A. W. Talab, "Extended Range Evaluation of a BLE Mesh Network for Control Application," in *2021 7th International Conference on Contemporary Information Technology and Mathematics (ICCITM)*, Aug. 2021, pp. 31–35. doi: 10.1109/ICCITM53167.2021.9677727.