

PENERAPAN TEKNOLOGI KOMUNIKASI MULTIHOP UNTUK MONITORING KONDISI LAMPU PENERANGAN JALAN UMUM BERBASIS LORA

Nadila Ade Rosta Paramitha¹, Mohammad Fadhli², Martinus Mujur Rose³
Teknik Telekomunikasi, Jurusan Teknik Elektro – Politeknik Negeri Sriwijaya^{1,2,3}
nadilaade12@gmail.com¹, mohammad.fadhli@polsri.ac.id², mujurrose@yahoo.com³

ABSTRAK

Lampu penerangan jalan umum merupakan salah satu fasilitas umum yang berperan penting dalam memberikan keamanan dan kenyamanan bagi pengguna jalan. Oleh karena itu setiap permasalahan yang terjadi pada lampu penerangan jalan umum harus dapat ditangani dengan cepat dan tepat. Untuk mencapai tujuan tersebut, penelitian ini mengajukan suatu sistem pemantauan kondisi lampu penerangan jalan umum dengan memanfaatkan teknologi komunikasi multihop berbasis LoRa. Pada penelitian ini setiap unit lampu jalan dilengkapi dengan sensor arus ACS172 dan sensor cahaya BH1750 untuk mengetahui kerusakan yang terjadi pada lampu jalan secara otomatis. Data dari kedua sensor ini dikirim menggunakan LoRa Ra-02 menuju *relay* dan selanjutnya diteruskan menuju *gateway*. *Gateway* meneruskan data tersebut menuju server Firebase, sehingga hasil monitoring terhadap lampu penerangan jalan umum dapat diamati melalui jaringan internet. Berdasarkan hasil pengujian sistem dapat diketahui bahwa unit lampu jalan (*node sensor*) dapat berkomunikasi dengan *relay* hingga jarak 200 m dan dengan *gateway* hingga jarak 400 m. *Gateway* juga mampu mengirimkan data sensor menuju server Firebase dengan baik, sehingga hasil monitoring dapat dilihat secara *online* melalui *smartphone*.

Kata kunci : *Lampu Jalan, Multihop, LoRa*

ABSTRACT

Street lighting is one of the public facilities that plays a vital role in providing safety and comfort for road users. Therefore, any problems that occur with street lighting must be handled quickly and precisely. To achieve this goal, this study proposes a system for monitoring the condition of street lighting using LoRa-based multihop communication technology. In this study, each street light unit is equipped with an ACS172 current sensor and a BH1750 light sensor to determine the damage that occurs to the street lights automatically. Data from these two sensors is sent using LoRa Ra-02 to the relay and then forwarded to the gateway. The gateway forwards the data to the Firebase server so that the results of monitoring public street lighting can be observed via the internet network. Based on the results of system testing, the street light units (sensor nodes) can communicate with relays up to a distance of 200 m and with gateways up to a distance of 400 m. The gateway can also properly send sensor data to the Firebase server, so monitoring results can be viewed online via a smartphone.

Key words : *Street Lighting, Multihop, LoRa*

1. PENDAHULUAN

Lampu penerangan jalan umum merupakan salah satu fasilitas umum yang memiliki peranan penting dalam memberikan penerangan di suatu ruas jalan. Penerangan jalan yang cukup dapat memberikan keindahan serta meningkatkan rasa aman dan nyaman ketika melewati suatu ruas jalan. Penerangan jalan yang minim dikhawatirkan berpotensi menimbulkan berbagai dampak negatif seperti kecelakaan kendaraan dan tindakan kriminal yang dapat membahayakan para pengguna jalan [1].

Mengingat pentingnya peranan lampu

penerangan jalan umum, maka kecepatan dalam menanggapi dan menangani kerusakan lampu penerangan jalan umum menjadi hal yang sangat penting agar tidak ada ruas jalan yang tidak mendapatkan sumber pencahayaan yang cukup. Akan tetapi kondisi lampu penerangan jalan umum yang tersebar di sepanjang jalan di suatu daerah yang cukup luas menjadi suatu kesulitan untuk dapat mengetahui kerusakan yang terjadi dengan cepat. Akan sangat menyulitkan jika petugas yang berwenang harus berkeliling di seluruh ruas jalan untuk memeriksa kondisi lampu jalan satu per satu.

Berbagai penelitian terdahulu telah merancang sistem monitoring lampu jalan

agar kondisi lampu jalan dapat diamati tanpa harus datang ke lokasi. Sistem seperti ini memungkinkan petugas untuk melakukan pemantauan kondisi lampu jalan dari mana saja tanpa datang langsung ke lokasi dimana lampu jalan berada. Penelitian [2], [3] telah merancang sistem monitoring lampu jalan menggunakan layanan SMS. Pada sistem ini setiap unit lampu jalan dilengkapi dengan pulsa operator untuk dapat mengirimkan SMS menggunakan modul SMS sehingga dirasa tidak efisien untuk memonitor lampu jalan dalam jumlah yang banyak.

Pada penelitian lainnya notifikasi kondisi lampu jalan dikirim dengan memanfaatkan teknologi IoT. Penelitian [4] memanfaatkan protokol MQTT untuk mengirimkan data hasil monitoring menuju *server*. Sedangkan penelitian [5] memanfaatkan aplikasi Telegram sebagai media untuk mengirimkan notifikasi kepada petugas. Akan tetapi pada sistem seperti ini dibutuhkan koneksi internet di setiap unit lampu jalan, sehingga membutuhkan biaya operasional yang besar terutama jika ada banyak unit lampu jalan yang harus diamati.

Teknologi jaringan sensor nirkabel juga telah digunakan di berbagai penelitian sebagai sistem yang dapat mengirimkan notifikasi kerusakan lampu jalan dengan cepat kepada petugas. Penelitian [6] menggunakan jaringan ZigBee untuk mengirimkan notifikasi kondisi lampu secara *real time* kepada pengamat, sehingga jika ada lampu yang mengalami kerusakan akan dapat diketahui dengan lebih cepat. Penelitian [7]–[10] menggunakan modul LoRa sebagai sarana untuk mengirimkan notifikasi kondisi lampu jalan. Data dari lampu jalan dikirimkan terlebih dahulu ke *gateway* untuk diteruskan ke *server* sehingga informasi kondisi lampu jalan dapat diakses melalui jaringan internet.

Penggunaan teknologi jaringan sensor nirkabel, misalnya modul LoRa, dapat meningkatkan efisiensi sistem monitoring lampu jalan, terutama dari segi biaya yang dibutuhkan untuk menyediakan koneksi internet, karena koneksi internet hanya perlu disediakan di *gateway*. Akan tetapi jarak komunikasi antar node lampu jalan sangat terbatas. Penelitian [11] menunjukkan bahwa

modul LoRa dapat berkomunikasi dengan kualitas sangat baik di daerah urban hingga jarak 500 meter. Pada sistem lampu penerangan jalan umum, lampu jalan terpasang di sepanjang ruas jalan dengan panjang yang dapat mencapai ratusan kilometer. Tentunya jarak sepanjang ini tidak dapat dijangkau oleh sistem komunikasi LoRa secara langsung dari pengirim ke penerima.

Pada penelitian ini, telah dirancang suatu sistem monitoring kondisi lampu penerangan jalan umum menggunakan LoRa yang dilengkapi dengan sistem komunikasi multihop untuk menambah jangkauan komunikasi antar node. Data dari setiap lampu jalan dikirimkan ke *gateway* untuk diteruskan ke *server*. Jika data dari lampu jalan tidak dapat menjangkau *gateway* secara langsung, maka data tersebut dikirimkan terlebih dahulu menuju *relay*. *Relay* akan membaca data dari lampu, memodulasinya kembali dan meneruskannya menuju *gateway*.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Jaringan Sensor Nirkabel

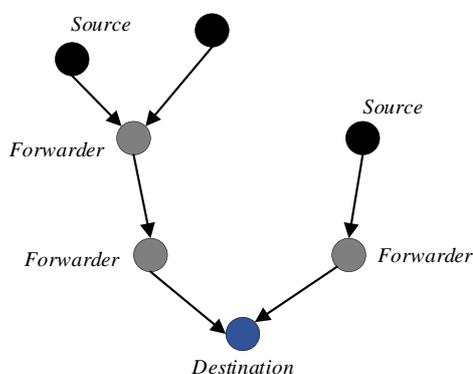
Jaringan sensor nirkabel merupakan sekumpulan perangkat keras yang memiliki sensor yang saling berkomunikasi satu sama lain dengan tujuan untuk mengumpulkan data yang berkaitan dengan kondisi lingkungan di sekitarnya [12]. Perangkat keras yang digunakan pada jaringan sensor nirkabel dapat berupa komputer kecil dalam jumlah yang banyak yang disebut dengan node sensor dan saling terhubung melalui jaringan nirkabel. Dari sekumpulan node tersebut, biasanya terdapat paling kurang satu node dengan fungsi khusus yang disebut dengan *sink* atau *base station* yang bertugas menghubungkan node-node sensor dengan jaringan lain di luarnya [13]

2.2 Komunikasi Multihop

Komunikasi multihop merupakan suatu teknik yang digunakan untuk memungkinkan pertukaran data antar node dalam jarak yang berjauhan. Data dikirimkan menuju penerima secara bertahap dari satu node ke node lainnya hingga mencapai tujuan akhir. Pada jaringan sensor nirkabel yang menerapkan komunikasi multihop, terdapat beberapa jenis node dengan

perannya masing-masing. Node-node tersebut adalah sebagai berikut:

- 1) *Data source*. Dalam jaringan sensor nirkabel node ini merupakan penghasil data yang berasal dari sensor. Data ini kemudian dikirimkan ke node lain di dalam jaringan.
- 2) *Data destination*. Merupakan node yang membutuhkan data yang menerima data tersebut dari node lainnya di dalam jaringan.
- 3) *Data forwarder*. Merupakan node yang menerima data dari suatu node dan meneruskannya ke node lain.
- 4) *Data sink*. Merupakan node yang menjadi tujuan akhir pengiriman data di dalam jaringan [13].



Gambar 1. Jaringan Komunikasi Multihop

2.3 Teknologi LoRa (Long Range)

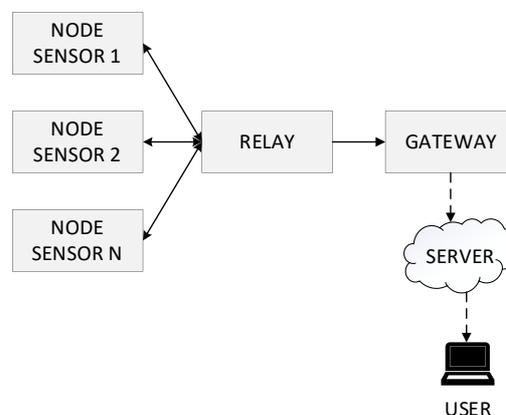
LoRa merupakan salah satu teknologi LPWAN yang dapat digunakan untuk mendukung teknologi jaringan sensor nirkabel dan IoT. LoRa menggunakan suatu teknik modulasi yang memungkinkan transmisi data dalam jarak yang jauh dan *data rate* yang rendah. LoRa menggunakan teknik *Chirp Spread Spectrum* (CSS) untuk memungkinkan komunikasi yang berdaya rendah. Berbagai macam spektrum frekuensi digunakan untuk LoRa di berbagai wilayah, misalnya 867-869 MHz di Eropa, 902-928MHz di Amerika Utara, dan 470-510MHz di China [14].

3. METODOLOGI

Blok diagram dari sistem monitoring lampu penerangan jalan umum yang diajukan dapat dilihat pada Gambar 2. Secara keseluruhan sistem yang dirancang terdiri

dari:

- 1) Node sensor yang berperan sebagai *data source*.
- 2) *Relay*, yang berperan sebagai *data forwarder*.
- 3) *Gateway*, yang berperan sebagai *data destination* dan *sink*.



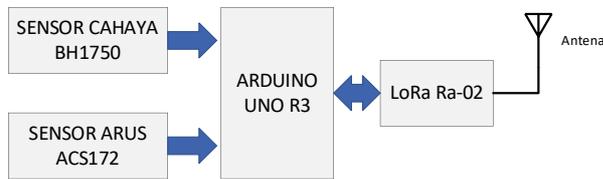
Gambar 2. Blok Diagram Sistem

3.1 Perancangan Node Sensor

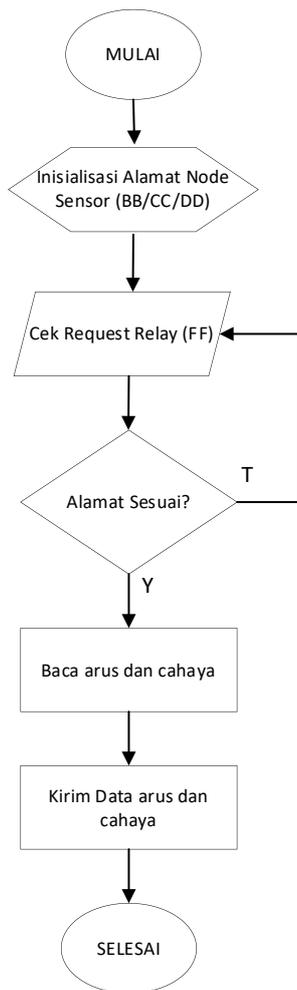
Perangkat keras pada node sensor secara keseluruhan terdiri dari lampu jalan, sensor, mikrokontroler dan *tranceiver*. Terdapat dua jenis sensor yang digunakan untuk mendeteksi kerusakan pada lampu penerangan jalan umum, yaitu sensor arus ACS172 dan sensor cahaya BH1750. Kedua sensor ini akan menghasilkan data berupa kekuatan arus dan lux yang dihasilkan oleh lampu jalan yang diolah menggunakan mikrokontroler Arduino Uno R3. Selanjutnya data sensor dikirim menggunakan LoRa Ra-02. Blok diagram perangkat keras node sensor ditunjukkan pada Gambar 3.

Adapun *flowchart* dari sistem kerja node sensor ditunjukkan di gambar 4. Sistem kerja node sensor dimulai dengan inialisasi alamat untuk setiap node. Pada percobaan yang dilakukan pada penelitian ini terdapat tiga node sensor, yaitu node 1 dengan alamat BB, node 2 dengan alamat CC dan node 3 dengan alamat DD. Node sensor akan memeriksa apakah ada *request* data yang diterima dari *relay*. Jika ada yang diterima, node sensor akan memeriksa kode alamat yang dikirim oleh *relay*. Jika alamat yang dituju sesuai dengan alamat yang dimiliki oleh node sensor, maka node sensor akan mengirimkan data menuju *relay*. Data yang dikirimkan berisi nilai arus dan kekuatan cahaya dalam lux yang

masing-masingnya berformat integer 16 bit. Selain itu juga dikirimkan alamat *relay* tujuan, dimana dalam penelitian ini alamat *relay* nya adalah FF.



Gambar 3. Blok Diagram Node Sensor

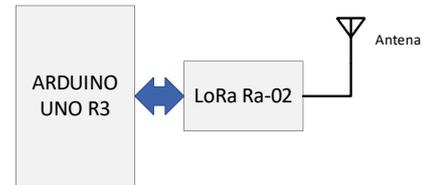


Gambar 4. Flowchart Node Sensor

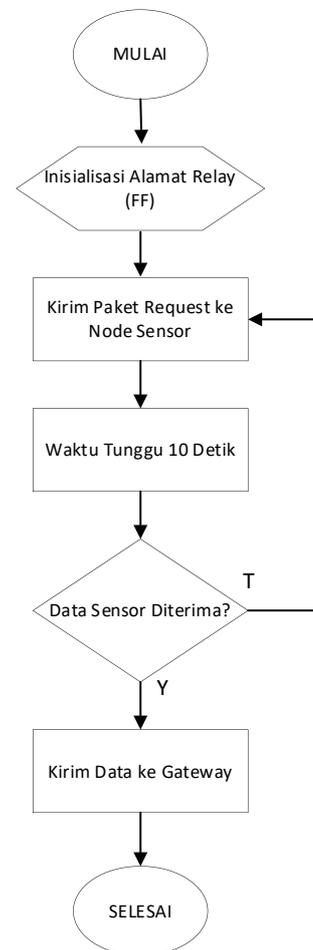
3.2 Perancangan Relay

Blok diagram perangkat keras *relay* dan *flowchart* dapat dilihat pada Gambar 5 dan 6. Perangkat keras *relay* hanya terdiri dari Arduino Uno R3 dan LoRa Ra-02. Sistem kerja *relay* dimulai dengan inisialisasi alamat. Pada penelitian ini, digunakan satu *relay* dengan alamat FF. Kemudian *relay* memeriksa apakah sudah ada data sensor yang diterima dari node sensor. Jika belum ada

maka *relay* akan mengirimkan paket *request* ke setiap node sensor secara bergantian. Untuk satu node sensor diberikan waktu selama 10 detik untuk proses pengiriman data. Paket yang dikirimkan berisi alamat dari masing-masing node sensor yang dituju. Jika *relay* sudah mendapatkan data sensor, maka data ini akan diteruskan menuju *gateway*.



Gambar 5. Blok Diagram Relay

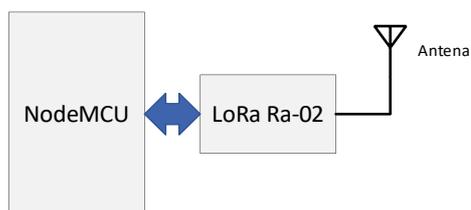


Gambar 6. Flowchart Relay

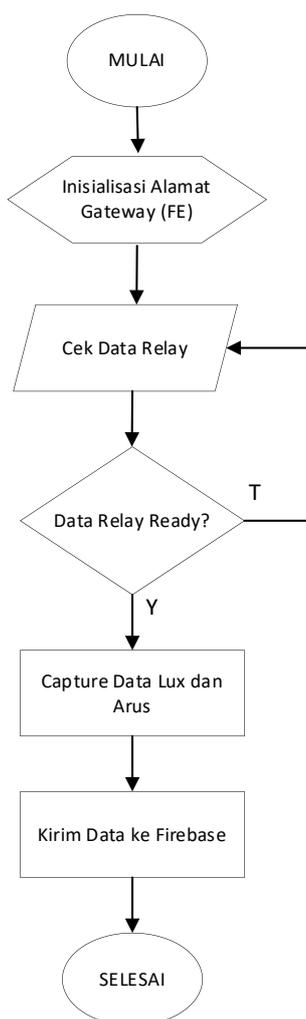
3.3 Perancangan Gateway

Data yang diterima *relay* diteruskan menuju *gateway*. *Gateway* bertugas untuk meneruskan data tersebut menuju server Firebase agar data-data sensor dapat diakses secara *online*. Perangkat keras yang

digunakan pada *gateway* terdiri dari NodeMCU dan LoRa Ra-02. Blok digram *gateway* dapat dilihat pada Gambar 7 dan *flowchart* sistem kerjanya pada Gambar 8.



Gambar 7. Blok Diagram *Gateway*



Gambar 8. *Flowchart Gateway*

3.4 Pengujian Sistem

Setelah sistem monitoring lampu jalan direalisasikan, langkah berikutnya adalah melakukan pengujian kinerja sistem. Hal yang akan diuji adalah seberapa jauh antar node dapat saling berkomunikasi yang dapat dilihat dari jumlah paket yang berhasil dan gagal

diterima. Pengujian sistem monitoring kondisi lampu penerangan jalan umum pada penelitian ini dilakukan dengan skenario sebagai berikut:

- 1) Interval jarak yang diukur antara node sensor dengan *relay* adalah 10 m, 20 m, 30 m, 50 m, 70 m, 100 m, 120 m, 150 m, 200 m, dan 250 m.
- 2) Interval jarak yang diukur antara node sensor dengan *gateway* adalah 20 m, 40 m, 60 m, 100 m, 140 m, 200 m, 240 m, 300 m, 400 m.
- 3) Untuk pengujian komunikasi node sensor dengan *gateway*, di tiap titik pengukuran terdapat 1 buah *relay* di antara keduanya.
- 4) Ketinggian antena sekitar 180 cm.
- 5) Pengujian dilakukan di daerah perumahan yang juga terdapat banyak pepohonan, serta halangan lainnya.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Perancangan Alat

Gambar 9 menunjukkan gambar hasil perancangan alat. Pada setiap unit lampu jalan telah dipasang sistem pemantau kondisi lampu yang terdiri dari sensor, Arduino dan LoRa.



Gambar 9. Hasil Perancangan Alat

4.2 Hasil Pengujian Sistem

Hasil pengujian jarak komunikasi antara node sensor dan *relay* disajikan pada Tabel 1. Berdasarkan Tabel 1 dapat dilihat bahwa node sensor dan *relay* dapat berkomunikasi dengan baik hingga jarak 200 m. Pada jarak 10 m, 20 m, 30 m, 100 m, 120 m, 150 m dan 200 m seluruh paket yang dikirim dapat diterima

dengan baik. Sedangkan pada jarak 50 m dan 70 m dari 6 paket *request* yang dikirim *relay* hanya 4 paket yang dapat diterima oleh node sensor, sehingga node sensor hanya mengirimkan 4 paket kepada *relay*. Pada jarak 250 m terlihat bahwa dari 6 paket *request* yang dikirim *relay* kepada node sensor, tidak ada yang dapat diterima, sehingga node sensor tidak mengirimkan data sensor sama sekali pada jarak ini.

Tabel 1. Pengujian Komunikasi Antara Node Sensor dan Relay

Jarak (m)	Jumlah Paket Request	Jumlah Paket Dikirim Node Sensor	Jumlah Paket Diterima Relay
10	6	6	6
20	6	6	6
30	6	6	6
50	6	4	4
70	6	4	4
100	6	6	6
120	6	6	6
150	6	6	6
200	6	6	6
250	6	0	0

Hasil pengujian komunikasi node sensor dengan *gateway* ditampilkan pada Tabel 2. Berdasarkan Tabel 2 dapat dilihat bahwa dengan menggunakan satu buah *relay*, node sensor dapat berkomunikasi dengan *gateway* hingga jarak 400 m. Pada jarak 20 m, 40 m, 60 m, 200 m, 240 m, 300 m dan 400 m, *relay* mengirimkan sebanyak 6 paket *request* dan semuanya dapat diterima oleh node sensor. Oleh karena itu ada 6 paket sensor yang dikirimkan oleh node sensor menuju *relay* dan seluruhnya diteruskan dan dapat diterima oleh *gateway*.

Pada jarak 100 m dan 140 m, dari 6 paket *request* yang dikirim, node sensor hanya mampu menerima 4 paket, sehingga ada 4 paket sensor yang dikirim dan ke empat paket tersebut dapat diterima oleh *gateway*. Sedangkan pada jarak 500 m, dari 6 paket *request* tidak ada yang dapat diterima oleh node sensor, sehingga tidak ada satupun paket sensor yang dikirimkan.

Tabel 2. Pengujian Komunikasi Antara Node Sensor dan Gateway

Jarak (m)	Jumlah Paket Request	Jumlah Paket Dikirim Node Sensor	Jumlah Paket Diterima Gateway
20	6	6	6
40	6	6	6
60	6	6	6
100	6	4	4
140	6	4	4
200	6	6	6
240	6	6	6
300	6	6	6
400	6	6	6
500	6	0	0

Berdasarkan hasil pengujian ini dapat dilihat bahwa node sensor dapat berkomunikasi dengan *gateway* maksimal pada jarak sekitar 400 m dimana terdapat satu buah *relay* di antara keduanya. Hal ini dipengaruhi oleh kondisi lingkungan di sekitar tempat pengujian. Lokasi pengujian yang berada di daerah yang memiliki banyak bangunan berupa perumahan dan berbagai objek lainnya dapat mengganggu proses perambatan gelombang elektromagnetik dari pengirim menuju penerima. Untuk dapat meningkatkan jarak komunikasi pada sistem yang diajukan ini salah satunya dengan cara menambah ketinggian antena hingga memiliki ketinggian yang lebih dari objek-objek di sekitarnya.

Jarak komunikasi node sensor dengan *gateway* juga dapat ditingkatkan dengan menambah jumlah *relay*. Semakin banyak jumlah *relay* diantara node sensor dan *gateway*, semakin jauh juga node sensor dan *gateway* dapat saling berkomunikasi.

Dari hasil pengujian juga dapat diketahui bahwa *gateway* mampu mengirimkan data sensor menuju server Firebase dengan baik. Suatu aplikasi Android juga telah dirancang untuk menampilkan data sensor secara *online*. Jadi secara keseluruhan sistem monitoring lampu penerangan jalan umum yang diajukan telah bekerja dengan baik sehingga kondisi lampu jalan dapat diamati secara *online*.

5. KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan maka dapat disimpulkan bahwa sistem monitoring lampu penerangan jalan umum menggunakan teknologi komunikasi multihop yang diajukan telah bekerja dengan baik. Node sensor dapat berkomunikasi dengan *relay* hingga jarak 200 m. Sedangkan node sensor dan *gateway* dapat berkomunikasi hingga jarak 400 m dengan satu buah *relay* sebagai *data forwarder*. Sistem ini dapat mengatasi permasalahan jangkauan komunikasi antara unit lampu jalan dengan *gateway* dengan menambahkan satu *relay* setiap jarak 200 m.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] “Minim Penerangan, Rawan Kecelakaan dan Tindak Kriminal,” Apr. 30, 2018. <https://berau.prokal.co/read/news/55079-minim-penerangan-rawan-kecelakaan-dan-tindak-kriminal> (accessed Jul. 03, 2023).
- [2] I. Gede, A. Putra, A. Agung, N. Amrita, I. Made, and A. Suyadnya, “Rancang Bangun Alat Monitoring Kerusakan Lampu Penerangan Jalan Umum Berbasis Mikrokontroler dengan Notifikasi SMS,” *J-COSINE*, vol. 2, no. 2, pp. 90–99, 2018, [Online]. Available: <http://jcosine.if.unram.ac.id/>
- [3] E. Ihsanto and M. Dawud, “Sistem Monitoring Lampu Penerangan Jalan Umum Menggunakan Mikrokontroler Arduino Dan Sensor Ldr Dengan Notifikasi Sms,” *Jurnal Teknologi Elektro, Universitas Mercu Buana*, vol. 7, no. 2, pp. 101–105, 2016.
- [4] P. Vendi, A. Wibawa, K. Oka Saputra, A. Agung, and N. Amrita, “Rancang Bangun Sistem Monitoring Lampu Penerangan Jalan Umum Berbasis Web,” *Jurnal SPEKTRUM*, vol. 6, no. 4, p. 51, 2019.
- [5] Y. Athallah and R. Agung, “Rancang Bangun Prototipe Monitoring Lampu Jalan Secara Otomatis Menggunakan Mikrokontroller ESP32 Dan Api Bot Telegram,” *Jurnal Teknik Informatika Stmik Antar Bangsa*, vol. 3, no. 1, pp. 12–19, 2022, [Online]. Available: <http://awesomerockguy.blogspot.com/2015/10/tutorial->
- [6] T. Budioko, “Sistem Pemantau Lampu Penerangan Berbasis Jaringan Zigbee Menggunakan Xbee Dan Arduino,” *Jurnal Informatika dan Komputer (JIKO)*, vol. 1, no. 2, pp. 42–47, 2016.
- [7] R. S. Poliama, F. E. P. Surusa, and R. K. Abdullah, “Rancang Bangun Alat Sistem Monitor Lampu Jalan Umum Tenaga Surya Berbasis Teknologi Lo - Ra,” *Jambura Journal of Electrical and Electronics Engineering*, vol. 3, no. 2, pp. 34–40, 2021.
- [8] D. Surya Putra, N. A. Bogi, and R. Mayasari, “Rancang Bangun Smart Lighting Dan Monitoring Kondisi Lampu Jalan Berbasis Wireless Sensor Network Menggunakan Lora,” *e-Proceeding of Engineering*, vol. 6, no. 2, pp. 4748–4755, 2019.
- [9] Taufik, Misbahuddin, and I. Made Ari Nrrartha, “Sistem Pemantauan Dan Pengendalian Penerangan Jalan Umum Berbasis Internet Of Things Menggunakan Perangkat Komunikasi LoRa,” *Dielektrika*, vol. 8, no. 2, pp. 95–102, 2021.
- [10] R. Ratiandi Yacoub, B. Wibowo Sanjaya, F. Imansyah, and J. Marpaung, “Analisis Radio Transceiver Pada Lampu Jalan Dengan Sistem Modul Ra-02 Frekuensi 433 Mhz,” *Journal Of Electrical Engineering, Energy, And Information Technology*, vol. 2, no. 1, pp. 1–9, 2021, Accessed: Jul. 03, 2023. [Online]. Available: <https://jurnal.untan.ac.id/index.php/jteuntan/article/view/48386>
- [11] A. Yanziah, S. Soim, and M. M. Rose, “Analisis Jarak Jangkauan Lora Dengan Parameter Rssi Dan Packet Loss Pada Area Urban,” *Jurnal Teknologi Technoscintia*, vol. 13, no. 1, pp. 59–67, 2020.
- [12] D. T. Adin, A. Bhawiyuga, and W. Yahya, “Sistem Monitoring Parameter Fisik Air Kolam Ikan menggunakan Jaringan Sensor Nirkabel berbasis Protokol LoRa,” 2019. [Online]. Available: <http://j-ptiik.ub.ac.id>
- [13] Anna Forster, *Introduction To Wireless Sensor Networks*. New Jersey: John Wiley & Sons, Inc, 2016.
- [14] A. S. Rawat, J. Rajendran, H. Ramiah, and A. Rana, “LORA (Long Range) and LORAWAN technology for IoT applications in Covid-19 pandemic,” in *Proceedings - 2020 International Conference on Advances in Computing, Communication and Materials, ICACCM 2020*, Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc., Aug. 2020. doi: 10.1109/ICACCM50413.2020.9213067.