



Penerangan jalan umum pintar dengan kendali *power line carrier* berbasis *Internet of Things*

Syarif Hidayatullah¹, Asep Andang^{2*}, Firmansyah Maulana³

^{1,2,3}Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Siliwangi
Jl. Siliwangi No. 24, Kahuripan, Kec. Tawang, Kab. Tasikmalaya, Jawa Barat 46115, Indonesia
shdy3227@gmail.com¹, asependang@unsil.ac.id^{2*}, firmansyah@unsil.ac.id³

ABSTRAK

Penerangan jalan umum (PJU) merupakan aspek penting dalam penataan suatu daerah/kota. PJU berbasis *Internet of Things* (IoT) sebenarnya sudah banyak, baik menggunakan kabel atau nirkabel. Namun, masih banyak PJU yang menggunakan sistem manual untuk mengaktifkan dan mematakannya. Pada lokasi tertentu PJU dengan basis IoT tidak dapat bekerja karena terletak pada daerah pedalaman yang tidak terjangkau oleh internet. Maka, pada penelitian ini digunakan metode *power line carrier* (PLC) KQ330 sebagai penghantar komunikasi data. Pada tiap PJU dilengkapi Arduino Uno, PLC, dan relai. Arduino Uno akan memproses data yang diterima pada sisi PJU dan diteruskan pada relai yang akan menyalakan dan mematikan lampu. Lampu PJU dikendalikan melalui *web interface* yang terhubung dengan NodeMCU sebagai pengirim data pada PJU. Pengirim dan penerima akan terhubung dengan komunikasi melalui jaringan kabel PLN. Dari pengujian yang telah dilakukan, pada mode otomatis PLC dapat mengirim data sejauh 200 meter dengan durasi pengiriman 252 milidetik. Untuk mode manual pada jarak 200 meter PLC dapat mengirim data dengan durasi 1 detik. Oleh karena itu, PJU dengan kendali PLC dapat diimplementasikan pada daerah yang tidak terjangkau akses internet.

Kata kunci: penerangan jalan umum, PLC KQ330, *Internet of Things*, Arduino Uno

ABSTRACT

Public street lighting (PJU) is an important aspect in structuring an area/city. There are actually many Internet of Things (IoT) based PJUs, both wired and wireless. However, there are still many PJUs that use a manual system to turn it on and off. In certain locations, PJUs with an IoT basis cannot work because they are located in remote areas that are not reached by the internet. So, in this research, the KQ330 power line carrier (PLC) method is used as a data communication conductor. Each PJU is equipped with Arduino Uno, PLC, and relays. Arduino Uno will process the data received on the PJU side and forward it to the relay that will turn the lights on and off. The PJU lights are controlled through a web interface that is connected to the NodeMCU as a data sender on the PJU. The sender and receiver will be connected by communication through the PLN cable network. From the tests that have been carried out, in automatic mode the PLC can send data as far as 200 meters with a delivery duration of 252 milliseconds. For manual mode at a distance of 200 meters PLC can send data with a duration of 1 second. Therefore, PJU with PLC control can be implemented in areas that are not covered by internet access.

Keywords: *public street lighting, PLC KQ330, Internet of Things, Arduino Uno*

1. PENDAHULUAN

Penerangan jalan umum (PJU) merupakan aspek penting dalam penataan kota/daerah. PJU memiliki peranan sebagai pedoman navigasi pengguna jalan di malam hari, meningkatkan keamanan, keselamatan pengguna jalan, dan menambah unsur estetika. Sistem PJU saat ini banyak menggunakan sensor cahaya untuk mengontrol *on-off* lampu. Sistem ini mempunyai kelemahan dimana ketika mendung di sore ataupun pagi hari akan membuat lampu menyala. Hal ini akan mengurangi kinerja umur PJU dikarenakan jam hidup perharinya menjadi lebih banyak [1]. Sistem PJU biasanya dilengkapi *solar cell* yang bertujuan untuk melakukan penghematan energi listrik dengan tidak bergantung pada listrik PLN sebagai penyediaanya. Namun, penggunaan *solar cell* pada PJU ini masih tergolong mahal atau membutuhkan biaya yang tinggi untuk memperolehnya. Selain dari segi harga yang terlampaui tinggi, lampu PJU dengan panel surya juga sangat bergantung terhadap cahaya matahari. Hal ini akan sangat terasa saat musim penghujan. Meskipun biasanya tiap satu lampu akan

diberikan dengan tenaga 2-3 kali lipat dari daya yang dibutuhkan lampu, namun apa jadinya jika selama satu minggu cahaya matahari tidak secerah biasanya. Mungkin lampu akan redup bahkan sangat mungkin lampu PJU dengan panel surya akan mati [2]. Dengan berkembangnya teknologi yang semakin maju dan pesat, tentunya akan membawa dampak positif dalam hal untuk mendapatkan nilai efisiensi listrik yang tinggi dengan biaya yang murah. Maka perlu dikembangkan suatu sistem kontrol secara terpusat seperti dengan menggunakan *power line carrier* (PLC).

PLC adalah media komunikasi untuk membawa data pada konduktor yang juga digunakan untuk transmisi tenaga listrik. Dengan PLC, jaringan listrik selain berfungsi sebagai sumber listrik juga menjadi penghantar komunikasi data. Secara prinsip, pengiriman data melalui konduktor ini dilakukan dengan menumpangkan sinyal komunikasi yang berisi data berfrekuensi rendah 1-30 MHz menggunakan modul khusus. Modul ini menyebabkan sinyal-sinyal telekomunikasi (data, gambar, *voice*) dapat ditumpangkan atau diinjeksikan ke jaringan listrik tegangan rendah (1-30 MHz) dari jaringan data eksternal. Analoginya, arus listrik mengalir seperti air laut yang menghasilkan gelombang dan buih. Gelombang adalah arusnya, sedangkan buih berupa *noise*-nya. *Noise* inilah yang dimanfaatkan oleh PLC untuk menghantarkan sinyal suara dan data.

Teknologi pemanfaatan PLC telah diterapkan pada berbagai penelitian. Penelitian [3] telah merancang sistem komunikasi manajemen elevator menggunakan jaringan *power line*. Dari hasil pengujian didapatkan parameter *throughput*, *transfer time*, *allocation time*, dan *latency* yang cukup baik sehingga PLC layak digunakan pada komunikasi sistem manajemen elevator. Pada penelitian [4] dan [5], sistem PLC dimanfaatkan untuk kontrol dan *monitoring* perangkat listrik di dalam rumah. Dengan digunakannya PLC untuk manajemen pembebanan perangkat listrik, diperoleh penghematan biaya listrik sebesar 37% setiap bulannya. Kemudian aplikasi PLC juga telah diimplementasikan untuk membangun jaringan *router* mikrotik antar RT/RW [6], [7]. Penelitian ini menghasilkan jaringan komputer berbasis mikrotik *power line adaptor* yang saling terhubung menggunakan kabel listrik. Selanjutnya, pada penelitian [8]-[10] PLC digunakan untuk memantau arus listrik dari tegangan jala-jala PLN.

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk merancang sebuah PJU dengan kendali PLC berbasis IoT. Adapun perbedaan yang diangkat pada artikel ini adalah integrasi PLC dengan IoT. Pada penelitian ini dikembangkan aplikasi berbasis *website* yang digunakan sebagai *user interface* sehingga pengguna dapat mengamati kinerja sistem.

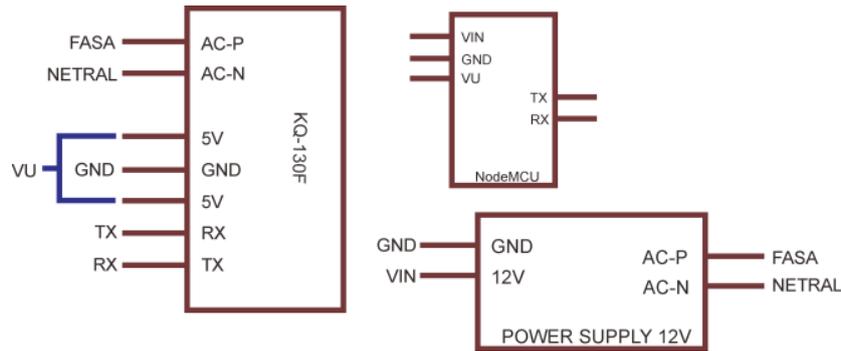
2. METODE PENELITIAN

2.1 Perancangan Perangkat Keras

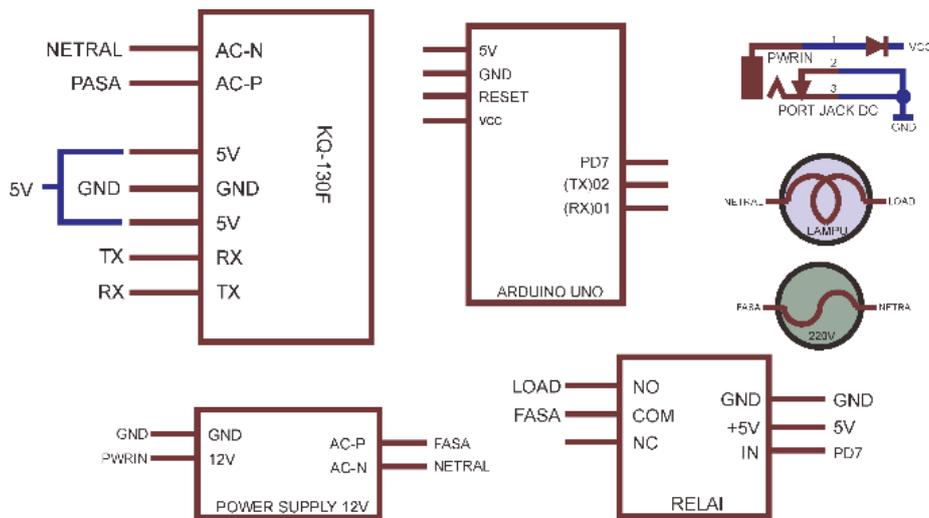
Pada bagian ini dilakukan perancangan perangkat keras *master*, perangkat keras *slave*, modul PLC pada *master*, modul PLC pada *slave*, dan perangkat *output* yang terdiri dari relai dan beban lampu penerangan.

Pada perancangan *master* terdiri atas terdiri atas NodeMCU dan modul PLC KQ330. NodeMCU bertindak sebagai pengatur dari semua komponen yang terpasang di alat ini sesuai dengan program. Modul PLC KQ330 berfungsi sebagai media komunikasi untuk mengirim dan menerima data ke PLC pada perangkat *slave*. Pada bagian ini juga dilengkapi dengan catu daya 12 V. Adapun skema dari perangkat keras *master* ditunjukkan pada Gambar 1.

Pada bagian *slave*, perancangan alat ini terdiri atas terdiri atas Arduino Uno, modul PLC KQ330, dan relai. Arduino Uno berfungsi sebagai pengendali dari semua komponen yang terpasang di bagian *slave* ini sesuai dengan program yang diunggah. Modul PLC KQ330 berfungsi sebagai media komunikasi pada modul PLC di perangkat *master*. Pada bagian ini dilengkapi unit relai dan lampu penerangan jalan sebagai beban. Kemudian perangkat keras pada bagian *slave* diberi catu daya 12 V. Skema dari perangkat keras pada bagian *slave* ini ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 1. Skema perangkat keras pada master



Gambar 2. Skema perangkat keras pada slave

Modul PLC di alat ini berfungsi untuk mengirim data pada *slave* ke *master*. Jenis komunikasi data yang digunakan adalah komunikasi data serial. Komunikasi jenis ini biasanya digunakan untuk komunikasi antara dua *board* Arduino. Dalam alat ini, NodeMCU berkomunikasi serial melalui listrik 220 V memanfaatkan modul PLC. Komunikasi ini menggunakan dua buah pin yaitu pin RX untuk menerima data dan pin TX untuk mengirimkan data. Pin ini terdapat di NodeMCU dan PLC. Pin TX dan RX NodeMCU disebut pin serial. Adapun bentuk fisik dari modul PLC KQ330 ditampilkan seperti pada Gambar 3 dengan deskripsi pin yang tertera pada Tabel 1 dan spesifikasinya pada Tabel 2.



Gambar 3. Modul PLC KQ330

Tabel 1. Konfigurasi pin modul PLC KQ330

Pin modul PLC	Fungsi
AC	220 VAC
$\pm 12\text{ V}$	+12 power supply (300mA)
GND	Ground
$\pm 5\text{V}$	+5V power supply (12 mA)
RX	TTL level, pembawa data masuk dari mikrokontroler port TX
TX	TTL level, pembawa data keluar dari mikrokontroler port RX
Mode	Pemilih mode <i>mode high = floating</i> atau <i>5V mode low = ground</i>
NC/RST	Pin reset (<i>active low</i>) digunakan untuk mode atur frekuensi

Tabel 2. Spesifikasi modul PLC KQ330

Spesifikasi	Nilai
Frekuensi kerja	120 KHz - 135 KHz
Interface baud rate	9600 bps
Actual baud rate	100 bps
Panjang maksimal transmisi data <i>one frame</i> terus-menerus	≤ 252 bytes
Sensitivitas penerimaan data	$\leq 1\text{ mVAC}/1\text{ min }5\text{mA}$
Out-of-band rejection	$\geq 60\text{ dB}$
Permissible error	$\leq 10\text{ kHz}$
Bandwidth	DC +5 V $I_{\text{max}} \leq 20\text{ mA}$

Pemasangan modul PLC pada *slave* dimaksudkan untuk menerima data yang dikirim oleh *master*. Komunikasi serial untuk mengirim data-data dengan melibatkan dua buah pin yaitu pin RX untuk menerima data dan pin TX untuk mengirimkan data. Pin ini terdapat di Arduino Uno dan PLC. Serial yang dimanfaatkan untuk memasang modul PLC adalah Serial 0 dengan pin 1. Secara umum, modul PLC KQ330 terdiri atas sembilan pin dengan deskripsi yang sudah disajikan Tabel 1. Dalam alat ini, Pin TX dan RX modul PLC dihubungkan ke port RX dan TX Arduino Uno. Pin 5-12 V pada PLC disambung ke pin Vin Arduino Uno. Pin GND pada PLC disambung ke GND Arduino Uno. Dua pin AC terhubung ke listrik 220 V.

Dalam rangkaian ini relai berperan sebagai media atau saklar antara sumber tegangan PLN (220 VAC) dan beban lampu penerangan jalan. Penggunaan relai bertujuan untuk mengaktifkan dan menonaktifkan aliran arus dari PLN ke beban lampu penerangan. Untuk memberikan kondisi saklar ON dan OFF pada relai, digunakan mikrokontroler sebagai pengendali relai berdasarkan kondisi dan parameter yang telah ditetapkan. Lampu penerangan merupakan *output* dari rangkaian sistem. Lampu penerangan yang digunakan adalah lampu dengan tegangan 220 V.

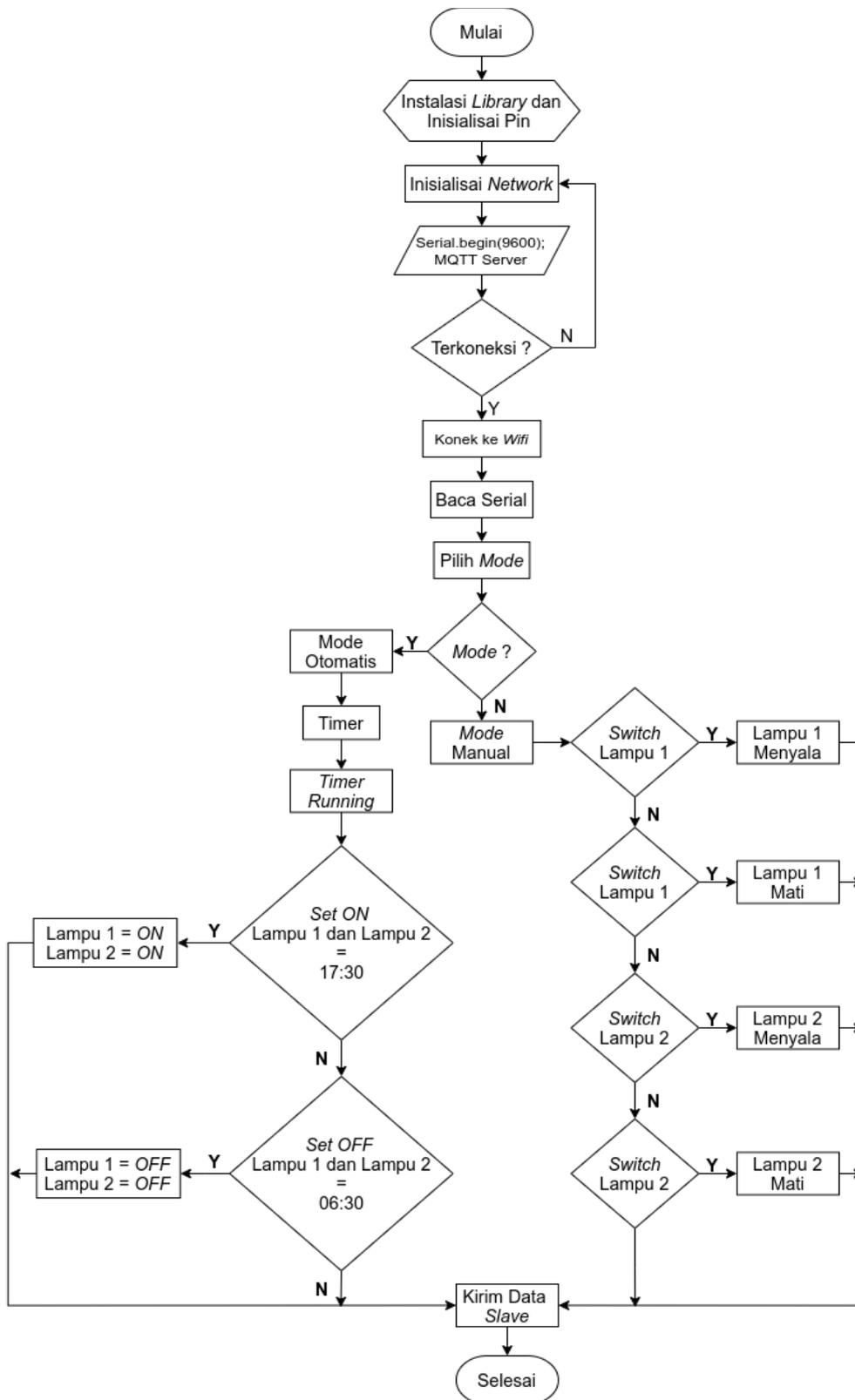
2.2 Perancangan Perangkat Lunak

Pada perancangan perangkat lunak, pemrograman *interface* dilakukan dalam sistem keseluruhan PLC sebagai pengendali menggunakan *software* Node-Red, sedangkan untuk *compiler* mikrokontroler menggunakan bantuan *software* Arduino IDE dengan bahasa C dalam pemrogramannya.

Gambar 4 menunjukkan diagram alir perangkat lunak pada perangkat *master* dimana terdiri atas program instalasi WiFi, pengiriman data melalui PLC, mode manual, dan mode otomatis. Proses instalasi WiFi adalah memberikan program untuk menghubungkan ke jaringan internet. Proses yang dilakukan dengan memasukan alamat SSID dan *password router* yang digunakan. Proses tersebut secara berulang dan akan selesai sampai NodeMCU terhubung pada jaringan. Setelah NodeMCU terhubung maka akan memproses *input server* MQTT Broker yang telah dimasukan ke dalam program yaitu test.mosquitto.org serta memberikan topik berupa "Penerangan Jalan Umum".

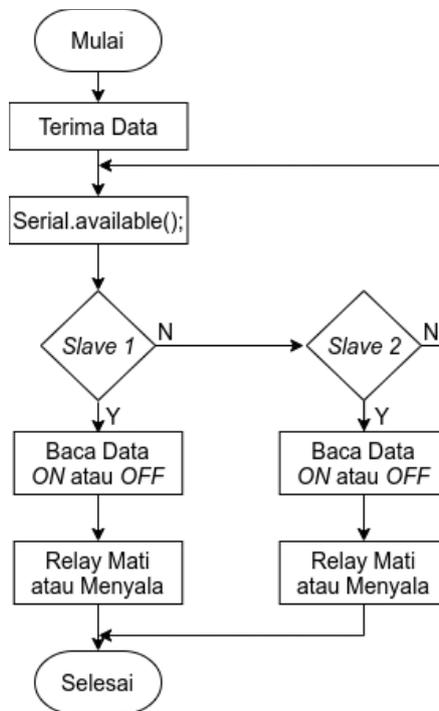
Program pada NodeMCU terdiri dari 2 *main program* yaitu mode manual dan mode otomatis. Mode manual digunakan untuk mengendalikan lampu secara manual. *User* dapat mengendalikan lampu sesuai dengan keinginan. Pada fungsi manual dilakukan dengan memilih menu manual pada *interface* kemudian pilih *switch* lampu 1 atau lampu 2 yang akan dinyalakan/dimatikan secara manual. Setelah proses manual digunakan maka masing-masing *slave* akan menerima dan membaca data yang

diproleh. Mode otomatis digunakan untuk mengendalikan PJU sesuai jadwal menyala atau matinya lampu berdasarkan waktu yang telah ditentukan. Waktu tersebut diproleh dari waktu jam global yang sudah terkoneksi dengan NodeMCU. Setelah waktu sudah sesuai dengan pengaturan nyala dan matinya, maka akan memberikan perintah kepada *slave*.



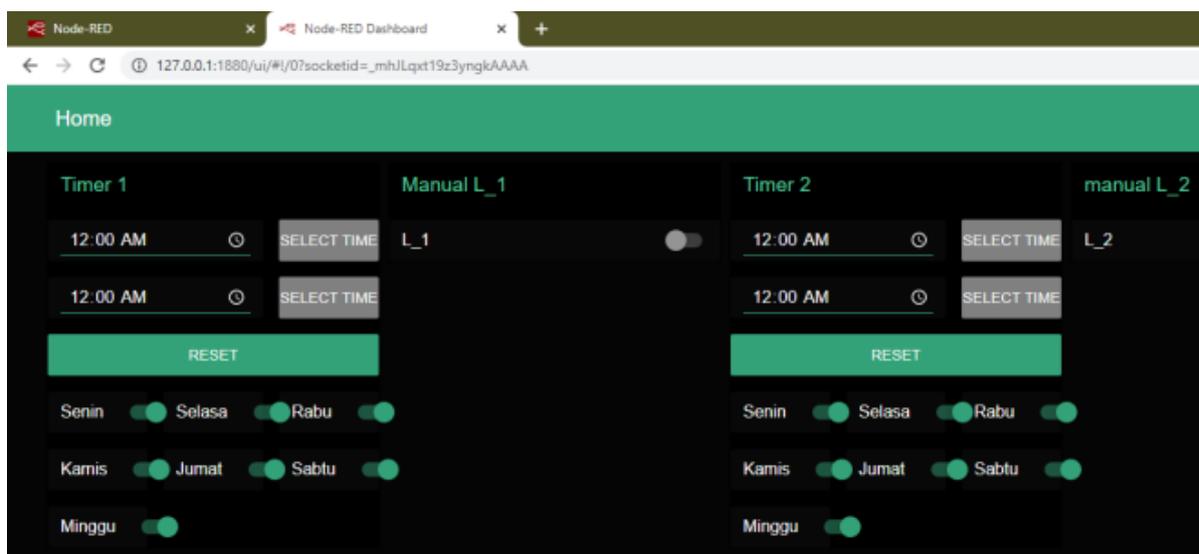
Gambar 4. Diagram perangkat lunak master

Gambar 5 menunjukkan program pada perangkat *slave* dimana hanya berupa program penerimaan data yang dikirim oleh perangkat *master*. Program tersebut berupa menyala atau matinya lampu. Data yang diterima akan diproses oleh masing-masing *slave*. Setiap *slave* mempunyai alamat tersendiri agar tidak terjadi kesalahan ketika memproses data *slave* 1 atau *save* 2.



Gambar 5. Diagram perangkat lunak *slave*

Software yang digunakan untuk membuat *user interface* (UI) pada sistem yang dibuat adalah aplikasi *programming* Node-RED. Node-RED digunakan untuk membuat *dashboard monitoring* dan pengendalian menjadi tampilan UI. Dalam memprogram Node-RED dilakukan dengan menyusun *palette* yang terdapat pada sistem Node-RED. *Palette* adalah *node-node* yang berguna dalam pembuatan *dashboard*. *Node-node* tersebut memiliki fungsi yang berbeda-beda tergantung kegunaan masing-masing *palette*. Adapun hasil rancangan rampilan UI dengan NodeRED ditunjukkan pada Gambar 6.

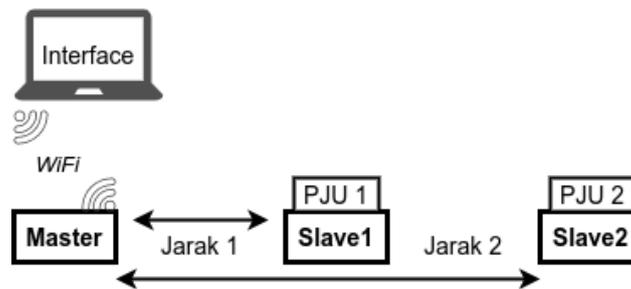


Gambar 6. Tampilan *user interface*

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Pengujian Kendali Mode Manual

Pengujian kendali lampu ini digunakan untuk mengetahui kinerja dari perintah kendali lampu. Pengujian ini dilakukan dengan cara melakukan perintah kendali dari *master* kepada masing-masing *slave* dengan rentang jarak yang berbeda-beda yaitu 3 meter, 7 meter, 10 meter, 50 meter, 100 meter, 150 meter, dan 200 meter seperti diilustrasikan Gambar 7. Adapun tahapan yang dilakukan dalam pengujian ini adalah melakukan *upload* program *master* dan *slave*. Kemudian atur dan sesuaikan jarak antar *master* dan *slave*. Lalu, melakukan perintah kendali dari *master* kepada *slave* dengan Node-Red. Terakhir, mengolah hasil pengujian data. Adapun hasil pengujian yang telah dilakukan dapat dilihat pada Tabel 3.



Gambar 7. Pengujian jarak *master* ke *slave*

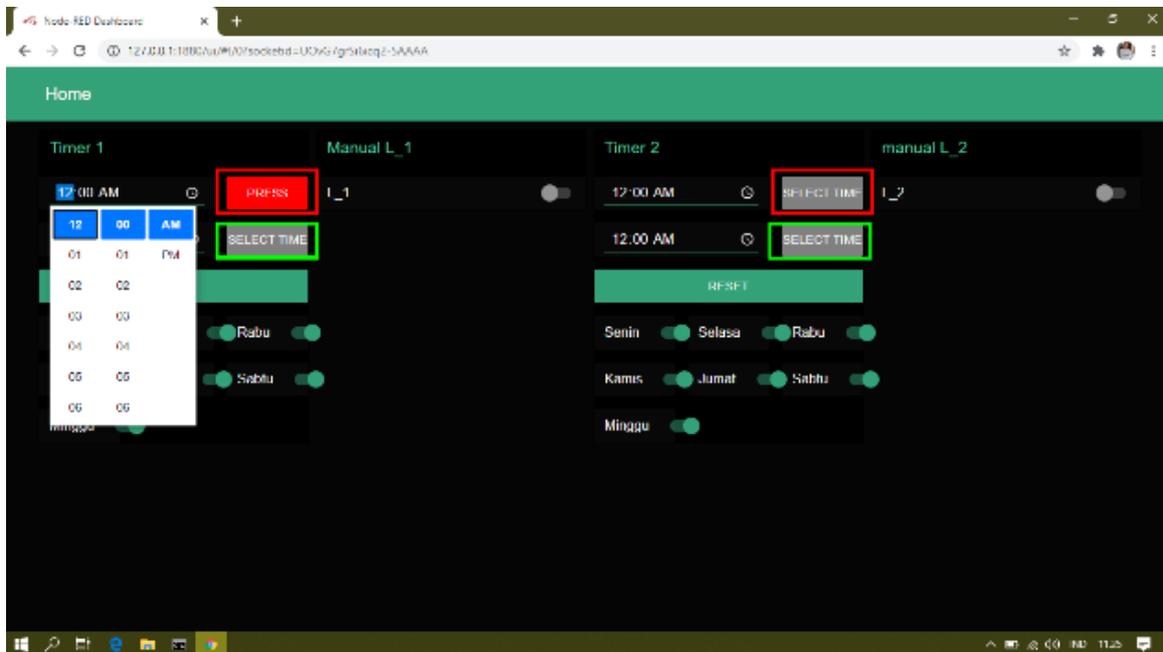
Tabel 3. Pengujian jarak

<i>Master dan slave 1</i>				<i>Master dan slave 2</i>			
<i>Master</i>	<i>Slave</i>	Jarak (meter)	Waktu (ms)	<i>Master</i>	<i>Slave</i>	Jarak (meter)	Waktu (ms)
112	112	3	0,98	222	222	7	0,96
111	111	3	0,99	221	221	7	0,99
112	112	3	0,96	222	222	7	1,11
111	111	3	1,05	221	221	7	0,89
112	112	7	0,99	222	222	10	0,99
111	111	7	0,98	221	221	10	0,95
112	112	7	1,05	222	222	10	0,99
111	111	7	0,98	221	221	10	1,04
112	112	50	1,03	222	222	100	0,98
111	111	50	1,08	221	221	100	1,06
112	112	50	0,97	222	222	100	0,95
111	111	50	1,08	221	221	100	1,09
112	112	75	0,99	222	222	125	1,03
111	111	75	1,01	221	221	125	0,98
112	112	75	0,99	222	222	125	1,01
111	111	75	0,98	221	221	125	0,96
112	112	150	1,01	112	112	200	1,03
111	111	150	1,03	111	111	200	0,97
112	112	150	0,99	112	112	200	0,99
111	111	150	0,97	111	111	200	1,05

Pengujian kendali lampu dilakukan dengan perintah sebanyak 4 kali. Untuk menghidupkan lampu 1 maka *master* mengirim “112” dan untuk mematikannya “111”. Untuk menghidupkan lampu 2 *master* akan mengirim perintah “222” dan untuk mematikannya “221”. Dari hasil pengujian diperoleh hasil bahwa sistem yang telah dibuat bekerja dengan baik. Perintah kendali dari *master* dapat diterima oleh setiap *slave* sampai ke tujuan. Pengambilan data dilakukan pada tanggal 17 Desember 2020.

3.2 Pengujian Kendali Mode Otomatis

Pengujian mode otomatis digunakan untuk menguji fungsi kendali otomatis pada *master*. Fungsi kendali otomatis digunakan untuk pengendalian lampu sesuai dengan jadwal menyalakan/mematikan lampu. Adapun tahapan yang dilakukan dalam pengujian adalah melakukan *upload* program pada *master* dan *slave*. Seperti pada Gambar 8, jika sistem telah siap pilih mode otomatis yang terdapat pada Node-Red. Atur dan sesuaikan dengan pengaturan waktu pada tombol *SELECT TIME*. Kemudian catat dan sesuaikan dengan waktu kejadian.



Gambar 8. Setting penjadwalan PJU

Pengujian mode otomatis dilakukan dengan pengamatan waktu yang terdapat pada waktu global yang terpasang pada Node-Red. Pengamatan waktu kirim *master* dan diterima setiap *slave* dibaca oleh *serial monitor* Arduino IDE. Hasil pengujian tersebut ditunjukkan pada Tabel 4 dimana didapatkan selisih sebesar 360 milidetik waktu terlama *slave* menerima data dan waktu tercepat *slave* menerima data yaitu 252 milidetik.

Tabel 4. Pengujian mode otomatis

Node-Red	Waktu kirim	Kondisi		Waktu terima
14.30 PM	14:30:00:235	<i>Slave</i> 1	112	14:30:00:503
	14:30:00:467	<i>Slave</i> 2	222	14:30:00:825
14.45 PM	14:45:00:254	<i>Slave</i> 1	111	14:45:00:521
	14:45:00:462	<i>Slave</i> 2	221	14:45:00:822
15.00 PM	15:00:00:481	<i>Slave</i> 1	112	15:00:00:750
	15:00:00:292	<i>Slave</i> 2	222	15:00:00:649
15.10 PM	15:10:00:260	<i>Slave</i> 1	111	15:10:00:512
	15:10:00:457	<i>Slave</i> 2	221	15:10:00:818

4. KESIMPULAN

Kendali PJU dengan media PLC dapat dilakukan dengan metode komunikasi serial dalam jarak teruji hingga 200 meter dan dalam waktu pengiriman rata-rata sekitar 1 detik. Antarmuka untuk mengendalikan PJU berbasis *website* berhasil dibuat dan dapat digunakan dengan baik. Sistem dapat dikendalikan dengan dua mode, yaitu mode manual dan mode otomatis. Pengguna dapat mematikan dan menyalakan sesuai keinginan melalui tombol *switch* yang terdapat pada antarmuka berbasis Node-Red dan untuk mode otomatis dapat diatur dengan waktu yang diinginkan. Perangkat *master*

dan dua perangkat *slave* berhasil dirancang pada penelitian ini. *Master* dapat mengirimkan perintah kepada kedua *slave* dengan berbagai kondisi jarak. Penelitian berikutnya dapat dikembangkan untuk optimasi topologi jaringan dengan jumlah *slave* yang lebih banyak.

REFERENSI

- [1] G. Sambudjo and T. Alamsyah, "Memperpanjang Masa Pakai LED Penerangan Jalan Dengan Metode Sun Tracking," *Prosiding Seminar Nasional Teknik Elektro*, vol. 5, pp. 5-7, 2020.
- [2] Y. Ikhsan, "Rancang Bangun Sistem Pengendali Lampu PJU Berbasis Mikrokontroler ATMEGA 328 Menggunakan Metode Fuzzy Mamdani," *Skripsi UIN Malang*, 2015.
- [3] H. Heriyanto, M. Hamdani, and K. Wardhana, "Perancangan Sistem Komunikasi Manajemen Elevator Menggunakan Jaringan Power Line," *Sainstech: Jurnal Penelitian dan Pengkajian Sains dan Teknologi*, vol. 26, no. 2, pp. 68-76, 2016.
- [4] M. S. Huda, "Sistem Kontrol Peralatan Listrik Pada Smart Room Dengan Power Line Carrier (PLC)," *Science Electro*, vol. 14, no. 1, pp. 1-7, 2022.
- [5] T. Yuwono, "Sistem Kendali dan Monitoring Beban-Beban Listrik Rumah Berbasis Power Line Communication (PLC)," *Skripsi Fakultas Teknologi Industri UNISSULA*, 2014.
- [6] D. Darmansyah, A. Elanda, and A. M. Jumah, "Membangun Jaringan Router Mikrotik Antar RT/RW Menggunakan Power Line Adaptor," *Prosiding Seminar Nasional Inovasi dan Adopsi Teknologi (INOTEK)*, vol. 1, no. 1, pp. 127-136, 2021.
- [7] P. A. Nugroho, "Perancangan Jaringan Komputer RT/RW Net Menggunakan Jalur Komunikasi Power Line (PLC) di Perumahan Taman Berdikari Sentosa," *JEIS: Jurnal Elektro dan Informatika Swadharma*, vol. 2, no. 1, pp. 9-14, 2022.
- [8] G. Lukitasari and R. H. Y. Perdana, "Implementation of Power Line Communication (PLC) for Monitoring Current Use at State Polytechnic of Malang," *Jurnal Jaringan Telekomunikasi*, vol. 7, no. 2, pp. 36-39, 2018.
- [9] M. Fajri and R. Risfendra, "Sistem Pengukuran dan Pengiriman Data Arus Listrik menggunakan Power Line Carrier," *JTEIN: Jurnal Teknik Elektro Indonesia*, vol. 1, no. 2, pp. 37-42, 2020.
- [10] M. Arihutomo, M. Rivai, and S. Suwito, "Sistem monitoring arus listrik jala-jala menggunakan Power Line Carrier," *Jurnal Teknik ITS*, vol. 1, no. 1, pp. 150-153, 2012.

