

Rancang Bangun Monitoring Jarak Jauh Energi Lampu Penerangan Jalan Umum Berbasis Lora Dengan Topologi Multinode

1st Rizky Septiansyah
Fakultas Ilmu Terapan
Universitas Telkom
Bandung, Indonesia
rzksptnsh@student.telkomuniversity.ac.id

2nd Sugondo Hadiyoso
Fakultas Ilmu Terapan
Universitas Telkom
Bandung, Indonesia
sugondo@telkomuniversity.ac.id

3rd Akhmad Alfaruq
Fakultas Ilmu Terapan
Universitas Telkom
Bandung, Indonesia
akhmadalfaruq@telkomuniversity.ac.id

Abstrak—Penerangan jalan umum atau disingkat PJU merupakan salah satu sarana yang menjadi kebutuhan bagi pengguna jalan. Lampu penerangan jalan umum merupakan salah satu kebutuhan masyarakat, menjadi kewajiban dan tanggung jawab Pemerintah Daerah/Kota sebagai bentuk pelayanan kepada masyarakat. Namun dalam memonitoring PJU masih kurang efektif dikarenakan masih diharuskan memonitoring jarak dekat yang mana memakan waktu dan tenaga yang lebih dalam hal memonitoring PJU. Untuk mengatasi kurangnya keefektifan dalam memonitoring lampu penerangan jalan umum dirancangkanlah sebuah alat monitoring jarak jauh lampu penerangan jalan umum berbasis Lora menggunakan topologi multinode yang memudahkan dalam memonitoring lampu PJU dengan jarak jauh dan mampu memonitoring lebih dari satu lampu PJU dan dapat dimonitoring melalui monitor dan melalui website yang terdapat pada platform Blynk. Berdasarkan hasil perancangan, pengujian dan analisa yang telah dilakukan di Kinagara regency maka dapat diambil beberapa kesimpulan yaitu hasil pengujian pada transmitter 1 yang memiliki rata-rata akurasi keakuratan pada pengukuran yang dibandingkan dengan nilai acuan yaitu sebesar 96,53% dan memiliki rata-rata error sebesar 3,47% dan pada transmitter 2 memiliki rata-rata akurasi keakuratan sebesar 96,54% dan memiliki rata-rata error sebesar 3,46%. Pengukuran jarak antara kedua transmitter dengan receiver mampu menerima informasi sampai dengan 180 meter. Pada pengiriman informasi dari receiver ke blynk sesuai dengan pengukuran yang ada di monitor receiver dengan baik.

Kata kunci—PJU, LoRA, microcontroller, topologi multimode

Abstract—Public street lighting or abbreviated as PJU is one of the facilities that is a necessity for road users. Public street lighting is one of the needs of the community, it is the obligation and responsibility of the Regional/City Government as a form of service to the community. However, in monitoring PJU it is still not effective because it is still required to monitor at close range which takes more time and energy in terms of monitoring PJU. To overcome the lack of effectiveness

in monitoring public street lighting, a remote monitoring tool for public street lighting based on Lora has been designed using a multinode topology that makes it easy to monitor PJU lights remotely and is able to monitor more than one PJU lamp and can be monitored through monitors and through the website. contained on the Blynk platform. Based on the results of the design, testing and analysis that have been carried out in Kinagara regency, several conclusions can be drawn, namely the test results on transmitter 1 which have an average accuracy of measurement compared to the reference value which is 96.53% and has an average error by 3.47% and transmitter 2 has an average accuracy of 96.54% and has an average error of 3.46%. The measurement of the distance between the two transmitters and the receiver is capable of receiving information up to 180 meters. On sending information from the receiver to the blynk according to the measurements on the receiver monitor properly.

Keyword—PJU, LoRA, microcontroller, topologi multimode

I. PENDAHULUAN

Monitoring merupakan suatu kegiatan mengamati secara seksama suatu keadaan atau kondisi. Dengan melakukan monitoring kita dapat mengontrol suatu kondisi atau keadaan tertentu, contohnya yaitu monitoring pada lampu penerangan jalan umum atau disingkat dengan PJU. Penerangan Jalan Umum (PJU) merupakan salah satu sarana bagi pengendara serta pengguna jalan yang berfungsi untuk menerangi area jalan. Selain itu, PJU juga berfungsi sebagai keamanan dan estetika dimana fungsi keamanan memiliki tujuan untuk memperluas jarak pandang pengendara atau pengguna jalan saat malam hari sehingga mengurangi resiko kecelakaan, serta bertujuan untuk meminimalisir tindak kriminal. Sedangkan fungsi estetika bertujuan untuk memperindah dan menjadi wajah kota pada malam hari karena di pengaruhi oleh tata letak serta design dari penerangan jalan umum tersebut. Monitoring pada PJU dilakukan untuk mengontrol energi pada PJU

tersebut, selain itu juga untuk monitoring bila ada kerusakan pada PJU.

Pada perancangan system monitoring lampu PJU yang dilakukan oleh Eko pada tahun 2016 digunakan mikrokontroler Arduino uno dan sensor LDR (Light Dependent Resistor). Pada perancangan alat tersebut, informasi yang terkait dengan keadaan sistem penerangan dikirimkan via SMS. Alat ini terbukti efektif mendeteksi cahaya, dan otomatis mengaktifkan lampu jika keadaan cukup gelap [1]. Namun pada perancangan tersebut informasi mengenai energi listrik yang digunakan diberikan melalui notifikasi sms. Hal tersebut tentu kurang efektif karena mengandalkan sinyal provider kartu telekomunikasi, sehingga apabila suatu saat jaringan telekomunikasi sedang down, maka pengiriman notifikasi melalui sms pun ikut terganggu. Selain itu Sistem tersebut masih menggunakan cara manual dalam pemberian nomor telepon pada lampu penerang jalan, sehingga jika ada pergantian nomor harus memanggil programmer untuk merubahnya. [1].

Maka dari itu, pada penelitian ini penulis membuat sebuah sistem monitoring jarak jauh menggunakan metode topologi multimode berbasis LoRa untuk lampu penerangan jalan umum (PJU). Alat ini dirancang dengan metode multinode karena dapat memonitoring beberapa lampu penerangan jalan umum sehingga lebih efektif dan efisien. Sistem ini juga menggunakan internet yang dimana orang-orang lebih mudah dalam melakukan monitoring energi listrik pada PJU yang sudah terintegrasi. Dengan dibuatnya alat tersebut dapat menghemat penggunaan energi untuk lampu penerangan jalan umum sehingga (PJU) dapat ikut serta dalam memberikan kemudahan dalam hal monitoring energi listrik.

II. DASAR TEORI

A. Penerangan Jalan Umum

Penerangan jalan umum atau disingkat PJU merupakan salah satu sarana yang menjadi kebutuhan bagi pengguna jalan. Berdasarkan SNI 7391 Tahun 2008, menyatakan bahwa lampu penerangan jalan umum merupakan salah satu kebutuhan masyarakat, menjadi kewajiban dan tanggung jawab Pemerintah Daerah/Kota sebagai bentuk pelayanan kepada masyarakat.

Secara umum PJU berfungsi sebagai keamanan dan estetika dimana fungsi keamanan memiliki tujuan untuk memperluas jarak pandang pengendara atau pengguna jalan saat malam hari sehingga mengurangi resiko kecelakaan, serta bertujuan untuk meminimalisir tindak kriminal. Sedangkan fungsi estetika bertujuan untuk memperindah dan menjadi wajah kota pada malam hari karena di pengaruhi oleh tata letak serta design dari penerangan jalan umum tersebut [2].

B. Current Transformer

Current Transformer (CT) atau yang biasa disebut trafo arus, merupakan sebuah sensor non-invasive yang didesain untuk mendeteksi arus yang mengalir pada sebuah kabel penghantar, yang mengalir dalam kumparan primer menghasilkan medan magnet dalam inti, yang menginduksi arus dalam kumparan sekunder, arus dalam kumparan sekunder ini sebanding dengan arus yang mengalir pada kumparan primer dan dengan ditambahkan beban resistor akan menghasilkan keluaran berupa tegangan yang dapat dibaca pada pin ADC mikrokontroler [3]

C. Arduino Micro

Arduino micro merupakan board mikrokontroler yang berfungsi sebagai pengontrol sistem spectroscopy optik portabel. Arduino Micro menggunakan Atmega32u4 sebagai mikrokontrolernya yang disertai dengan fitur USB 2.0 [4]

Resistor merupakan salah satu komponen yang paling sering ditemukan dalam rangkaian elektronika. Hampir setiap peralatan elektronika menggunakannya. Pada dasarnya resistor adalah komponen elektronika pasif yang memiliki nilai resistansi atau hambatan tertentu yang berfungsi untuk membatasi dan mengatur arus listrik dalam suatu rangkaian elektronika [5]

D. Topologi Multinode

Topologi multinode mencakup layanan sistem, seperti grid manager, UM store, dan UM lbrd. Komponen topologi yang didistribusikan di seluruh node menggunakan Informatica Ultra Messaging (UM) untuk berkomunikasi satu sama lain. Jika Anda mengonfigurasi ketersediaan tinggi untuk topologi, lapisan persistensi UM memastikan bahwa pesan tidak hilang saat sistem mati [6].

E. LoRa TTGO ESP32

LoRa (Long Range) merupakan sistem komunikasi nirkabel untuk IoT, menawarkan komunikasi jarak jauh (>15 km di remote area) dan berdaya rendah (5–10 tahun) [7]. LoRa memiliki jangkauan jauh, konsumsi daya yang rendah, kecepatan data rendah, dan transmisi data yang aman. LoRa dapat digunakan untuk jaringan publik, private, atau hybrid sehingga dapat mencapai jangkauan yang lebih besar daripada jaringan seluler [8]. Teknologi LoRa dapat dengan mudah diintegrasikan dengan jaringan yang ada dan dapat diaplikasikan untuk Internet of Things (IoT) berbiaya rendah yang dioperasikan dengan baterai[8]

ESP32 sebagai pengolah data merubah data analog to digital atau ADC, yang akan dihubungkan dengan personal computer menggunakan aplikasi visual studio dan ditampilkan di oled lcd untuk pembacaan data yang dikirim dari transmitter [9].

F. Arduino IDE

Arduino IDE (Integrated Development Environment) merupakan sebuah software yang digunakan untuk menulis program, meng-compile menjadi kode biner dan mengunggah ke dalam memori mikrokontroler pada Arduino. Arduino IDE menggunakan bahasa pemrograman C++ dengan versi yang 20 telah disederhanakan, sehingga menjadi lebih mudah dalam penggunaan. Sebuah kode program Arduino pada umumnya biasa disebut dengan sketch. Arduino IDE dibuat dari bahasa pemrograman JAVA. Arduino IDE dilengkapi dengan library C/C++ yang biasanya disebut wiring, sehingga operasi input dan output menjadi lebih mudah. Arduino IDE dikembangkan dari software processing yang diubah menjadi Arduino IDE khusus untuk pemrograman Arduino [10].

G. Blynk

Blynk adalah platform baru yang memungkinkan Anda untuk dengan cepat membangun interface untuk mengendalikan dan memantau proyek hardware dari iOS dan perangkat Android. Setelah men-download aplikasi Blynk, kita dapat membuat dashboard proyek dan mengatur tombol, slider, grafik, dan widget lainnya ke layar. Menggunakan widget, Anda dapat mengaktifkan pin dan mematikan atau menampilkan data dari sensor. Blynk sangat cocok untuk antarmuka dengan proyek-proyek sederhana seperti pemantauan suhu atau menyalakan lampu dan mematikan dari jarak jauh. Blynk adalah Internet layanan Things (IOT) yang dirancang untuk membuat remote control dan data sensor membaca dari perangkat arduino ataupun esp8266 dengan cepat dan mudah. Blynk bukan hanya sebagai "cloud IOT", tetapi blynk merupakan solusi end-to-end yang menghemat waktu dan sumber daya ketika membangun sebuah aplikasi yang berarti bagi produk dan jasa terkoneksi. Salah satu masalah yang dapat menimbulkan masalah bagi yang belum tahu adalah coding dan jaringan. Blynk bertujuan untuk menghapus kebutuhan untuk coding yang sangat panjang, dan membuatnya mudah untuk mengakses perangkat kita dari mana saja melalui smartphone. Blynk adalah aplikasi gratis untuk digunakan para penggemar dan developer aplikasi, meskipun juga tersedia untuk digunakan secara komersial [11].

III. PERENCANAAN SISTEM

A. Perancangan Sistem

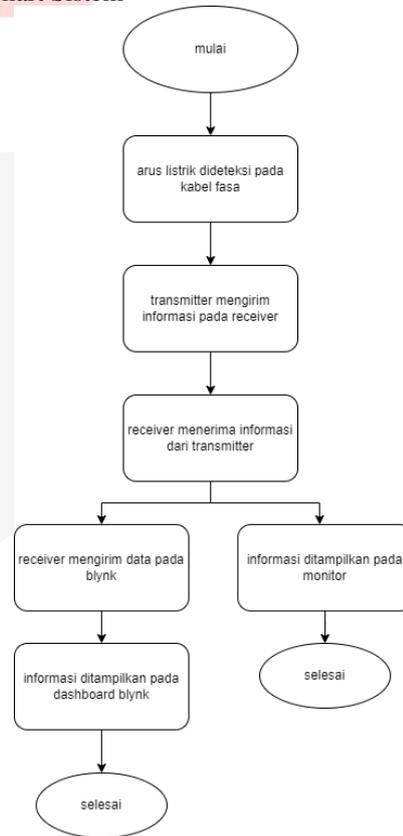
Pada bab ini akan dijelaskan mengenai bagaimana cara kerja alat sehingga dapat memonitoring energi lampu penerangan jalan umum, secara real time.



Gambar 3. 1 Block diagram sistem

Tahapan awal yaitu lampu PJU akan dideteksi oleh sensor arus listrik yaitu sensor Current Transformer pada masing-masing lampu PJU lalu data dikirim pada satu Arduino Pro Micro dan dikirim oleh TTGO ESP32 transmitter dan data tersebut di terima oleh TTGO ESP32 receiver lalu data tersebut dikirim kepada Blynk dan ditampilkan pada monitoring LCD pada TTGO ESP32 receiver.

B. Flowchart Sistem



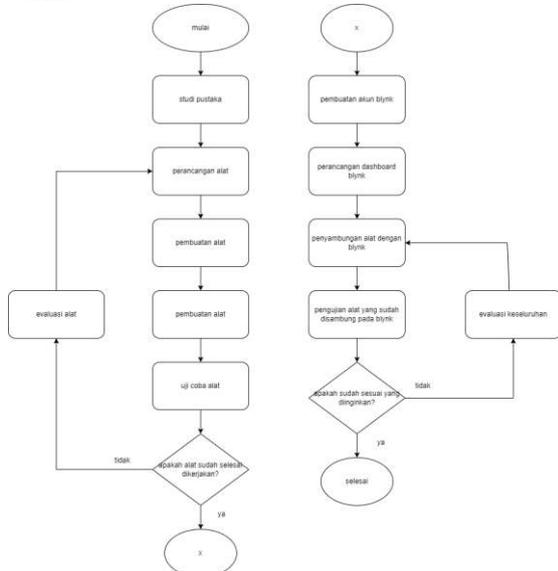
Gambar 3. 2 Flowchart sistem

Pada gambar 3.2 menggambarkan alur kerja dari sistem, dimulai dari current transformer yang membaca arus listrik pada lampu PJU yang informasi tersebut di proses pada Arduino micro lalu informasi tersebut dikirim TTGO transmitter kepada TTGO receiver lalu informasi tersebut ditampilkan pada monitor dan dikirim kepada

Blynk yang nantinya informasi tersebut ditampilkan pada dashboard blynk

C. Pembuatan Proyek Akhir

Pada perancangan Proyek Akhir ini membutuhkan beberapa tahapan-tahapan dalam pengerjaan. Adapun tahapan tersebut yaitu sebagai berikut.

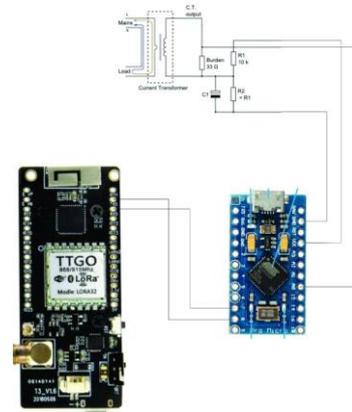


Gambar 3.3 Flowchart perancangan alat

Bedasarkan gambar 3.3 flowchart pembuatan proyek akhir monitoring jarak jauh energi lampu penerangan jalan umum berbasis LoRa dengan topologi multimode dapat dilihat beberapa tahapan yang dilakukan dalam merancang proyek akhir ini. Dimulai dari studi Pustaka mencari informasi mengenai lampu penerangan jalan umum, perkembangan alat monitoring energi listrik berbasis web, platform monitoring dan perancangan alat dengan keseluruhan tahapan. Pada tahap perancangan alat dilakukan pemetaan konsep topologi multinode yang dapat menerima 2 LoRa transmitter sekaligus dalam satu LoRa receiver setelah perancangan alat dilakukan uji coba alat pada arus listrik jika tidak sesuai atau terjadi error alat akan dievaluasi dan dirancang kembali. Setelah perancangan alat selesai lalu pembuatan akun blynk dilanjutkan membuat dashboard yang akan digunakan untuk memonitoring arus listrik lampu penerangan jalan umum, selanjutnya setelah dibuatnya dashboard dilakukan penyambungan alat dengan blynk setelah disambungkan akan dilakukan uji coba pada alat dan blynk jika terjadi kesalahan atau tidak sesuai akan dievaluasi dan akan dilakukan perancangan kembali pada blynk.

D. Perancangan Skematik Alat Monitoring

Perancangan alat dapat dilihat pada gambar dibawah ini:



Gambar 3.4 Schematic perancangan alat transmitter

Berdasarkan Gambar 3.4 merupakan skematik rangkaian alat sistem monitoring energi listrik lampu penerangan jalan umum pada bagian transmitter. Pada skematik tersebut terdiri dari current transformer, resistor 10k, Arduino micro, dan TTGO ESP32. Pada skematik tersebut current transformer dihubungkan pada Arduino micro yang berfungsi untuk membaca arus listrik yang masuk, lalu Arduino micro yang terhubung dengan TTGO ESP32 yang berfungsi untuk mengirim data yang telah diolah oleh Arduino micro kepada TTGO ESP32 bagian receiver dan TTGO ESP32 receiver menampilkan informasi di monitor dan mengirimkan data kembali kepada blynk yang nantinya akan ditampilkan pada dashboard blynk.

E. Pembuatan Script

Bahasa pemrograman yang digunakan pada TTGO ESP 32 adalah C/C++ dengan aplikasi pembuatan programnya bernama Arduino IDE. Pada Proyek akhir kali ini dibutuhkan beberapa script code untuk dapat membuat alat ini berjalan dengan semestinya dan pada TTGO ESP 32 receiver menggunakan module wifi yang akan menirirkan data ke website secara realtime.



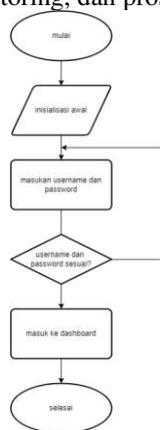
Gambar 3.5 Script Coding Transmitter



Gambar 3. 6 Script Coding Receiver

F. Perancangan Platform Blynk

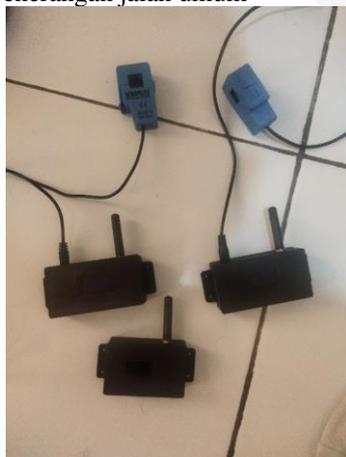
Tahap awal dari proses ini adalah melakukan inialisasi awal berupa username dan password. Jika username dan password sudah cocok maka akan masuk ke dashboard yang dapat menampilkan grafik hasil monitoring, dan proses selesai.



Gambar 3. 7 Flowchart Perancangan Platform Blynk

IV. ANALISIS SIMULASI PERENCANAAN

A. Hasil Perancangan Alat dan Sistem Monitoring
Berikut merupakan hasil perancangan alat yang digunakan untuk sistem monitoring arus listrik pada penerangan jalan umum



Gambar 4. 1 Hasil Perancangan Alat

B. Pengujian dan Analisis

Pengujian alat monitoring dilakukan di Perumahan Kinagara Regency. Pengujian alat

monitoring dilakukan pada gardu listrik PJU. Pengukuran pada sensor meliputi daya dan arus listrik secara realtime yang di monitoring secara realtime dengan jarak yang berbeda setiap 10 meter dari gardu listrik PJU.

1. Pengujian Keakuratan Alat

Tujuan dilakukannya pengujian keakuratan terhadap fungsional alat current transformer untuk mengetahui seberapa akurat alat monitoring yang akan dibandingkan dengan alat clamp meter yang akan menjadi nilai acuan untuk dibandingkan dengan alat monitoring untuk menguji keakuratan alat monitoring.

Tabel 4. 1 Hasil Pengujian Keakuratan Transmitter 1

N o	Nilai Pengukuran	Nilai Acuan	Erro r	Error (%)
1	2.29	2.35	0.06	2.620087
2	2.29	2.35	0.06	2.620087
3	2.29	2.35	0.06	2.620087
4	2.29	2.35	0.06	2.620087
5	2.25	2.35	0.1	4.444444
6	2.25	2.35	0.1	4.444444
7	2.25	2.35	0.1	4.444444
8	2.25	2.35	0.1	4.444444
9	2.25	2.35	0.1	4.444444
10	2.25	2.35	0.1	4.444444
11	2.25	2.35	0.1	4.444444
12	2.29	2.35	0.06	2.620087
13	2.29	2.35	0.06	2.620087
14	2.29	2.35	0.06	2.620087
15	2.29	2.35	0.06	2.620087
Total Error (%)				52.07181
Rata - Rata Error (%)				3.471454

Tabel 4. 2 Hasil Pengujian Keakuratan Transmitter 2

N o	Nilai Pengukuran	Nilai Acuan	Erro r	Error (%)
1	2.2	2.35	0.15	6.818182

2	2.2	2.35	0.15	6.81818 2
3	2.2	2.35	0.15	6.81818 2
4	2.29	2.35	0.06	2.62008 7
5	2.29	2.35	0.06	2.62008 7
6	2.3	2.35	0.05	2.17391 3
7	2.3	2.35	0.05	2.17391 3
8	2.3	2.35	0.05	2.17391 3
9	2.3	2.35	0.05	2.17391 3
10	2.28	2.35	0.07	3.07017 5
11	2.28	2.35	0.07	3.07017 5
12	2.28	2.35	0.07	3.07017 5
13	2.28	2.35	0.07	3.07017 5
14	2.29	2.35	0.06	2.62008 7
15	2.29	2.35	0.06	2.62008 7
Total Error (%)				51.9112 5
Rata - Rata Error (%)				3.46075

Bedasarkan tabel diatas alat diuji setiap 1 menit untuk dilakukannya pengukuran keakuratan pada 2 transmitter yang didapatkan hasil transmitter pertama memiliki rata-rata error sebesar 3,47% yang berarti memiliki keakuratan sebesar 96,53% dan transmitter kedua memiliki rata-rata error sebesar 3,46% yang berarti memiliki rata-rata keakuratan 96,6%. Pada pengukuran keakuratan kedua transmitter tersebut dinyatakan bagus dikarenakan mendekati 100%.

2. Hasil Pengujian Alat Monitoring Pada Jarak Yang Berbeda

Tabel 4. 3 Hasil Pengujian Jarak

Jarak (m)	Transmitter 1		Transmitter 2	
	Arus (A)	Daya (w)	Arus (A)	Daya (w)
10	2.29	503.8	2.2	484
20	2.29	503.8	2.2	484
30	2.29	503.8	2.2	484
40	2.29	503.8	2.2	484
50	2.29	503.8	2.2	484
60	2.18	479.6	2.2	484
70	2.18	479.6	2.31	508.2
80	2.18	479.6	2.31	508.2
90	2.18	479.6	2.31	508.2

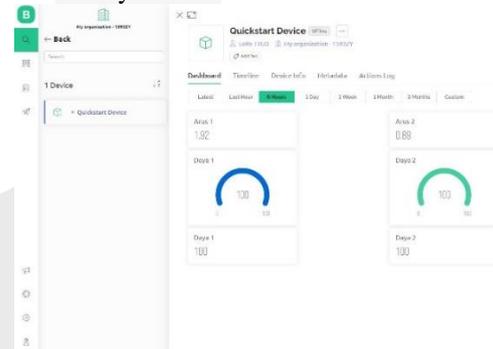
100	2.25	495	2.31	508.2
110	2.25	495	2.31	508.2
120	2.25	495	2.31	508.2
130	2.29	503.8	2.31	508.2
140	2.29	503.8	2.31	508.2
150	2.29	503.8	2.31	508.2
160	2.18	479.6	2.29	503.8
170	2.18	479.6	2.29	503.8
180	2.18	479.6	2.29	503.8
190	0	0	0	0
200	0	0	0	0

Bedasarkan pengujian pengukuran dengan jarak setiap 10 meter sensor LoRa TTGO ESP32 dapat menerima informasi hingga berjarak 180 meter dari transmitter menuju receiver setelah jarak 180 meter tidak dapat menerima informasi kembali dari TTGO transmitter menuju TTGO receiver. Dapat disimpulkan bahwa transmitter dan receiver hanya bisa menerima informasi dengan berjarak 180 meter.

C. Hasil Tampilan Pada Blynk

Berikut adalah hasil pengujian dan tampilan yang telah dibuat pada platform blynk:

Pada hasil tampilan dilakukan pembuatan tampilan dengan menggunakan template yang telah disediakan dari platform blynk dan melakukan pengujian dengan melakukan pengukuran pada alat lalu melihat tampilan yang sudah dibuat sebelumnya



Gambar 4. 2 Tampilan dashboard Blynk

V. KESIMPULAN

Bedasarkan hasil perancangan, pengujian dan analisa yang telah dilakukan di kinagara regency maka dapat diambil beberapa kesimpulan yaitu hasil pengujian pada transmitter 1 yang memiliki rata-rata akurasi keakuratan pada pengukuran yang dibandingkan dengan nilai acuan yaitu sebesar 96,53% dan memiliki rata-rata error sebesar 3,47% dan pada transmitter 2 memiliki rata-rata akurasi keakuratan sebesar 96,54% dan memiliki rata-rata error sebesar 3,46%. Pengukuran jarak antara kedua transmitter dengan receiver mampu menerima informasi sampai dengan 180 meter. Pada pengiriman informasi dari receiver ke blynk sesuai dengan pengukuran yang ada di monitor receiver dengan baik.

REFERENSI

- [1] Eko I and M. Dawud, "SISTEM MONITORING LAMPU PENERANGAN JALAN UMUM MENGGUNAKAN MIKROKONTROLER ARDUINO DAN SENSOR LDR DENGAN NOTIFIKASI SMS," *Jurnal Teknologi Elektro*, pp. 101-105, 2016. (4)
- [2] R. Y. Endra, A. Cucus, F. N. Affandi and M. B. Syahputra, "MODEL SMART ROOM DENGAN MENGGUNAKAN MIKROKONTROLER ARDUINO UNTUK EFISIENSI SUMBER DAYA," *Jurnal Sistem Informasi dan Telematika ISSN 2087-2062 1*, vol. 10, no. 1, pp. 1-9, Juni 2019. (14)
- [3] I. Dinata and W. Sunanda, "Implementasi Wireless Monitoring Energi Listrik Berbasis Web Database," *Jurnal Nasional Teknik Elektro*, vol. 4, no. 1, pp. 83-88, 2015.
- [4] I. and G. , "PERANCANGAN DAN IMPLEMENTASI SISTEM KENDALI LAMPU RUANGAN BERBASIS IOT (INTERNET OF THINGS) ANDROID (STUDI KASUS UNIVERSITAS NURTANIO)," *FIKI (Jurnal Teknologi Informasi dan Komunikasi)*, pp. 38-46, 2018. [7]
- [5] Sofiana A, Ian Y, Sujarwata. "Identifikasi Nilai Hambat Jenis Arang Tempurung Kelapa dan Arang Kayu Mangrove sebagai Bahan Alternatif Pengganti Resistor Film Karbon" (2017) *Unnes Physics Journal*, vol. 6 no. 1, pp. 1-6, 2017.
- [6] Huang, X. (2020). *Multi-node topology location model of smart city based on Internet of Things. Computer Communications*, 152, 282–295.
- [7] I. P. Sari and T. Hariyanto, "Sistem Pengiriman Data Antar Mesin Menggunakan Modul Radio LoRa HC-12 pada Prototipe Smart Water Meter Berbasis Mikrokontroler," *Prosiding The 11th Industrial Research Workshop and National Seminar*, pp. 481-487, 2020.
- [8] M. Liandana, "PENERAPAN TEKNOLOGI LoRa PADA PURWARUPA AWAL WEARABLE DEVICE," *Journal of Computer, information system, & technology management*, pp. 40-46, 2019.
- [9] Wulandari, Moch. Rifa'i, and Romma D.P. "RANCANG BANGUN RECEIVER UHF (ULTRA HIGH FREQUENCY) DATA NAV ANALYZER BERBASIS MODUL LORA TTGO ESP32 PADA KALIBRASI MENGGUNAKAN RPAS (REMOTELY PILOTED AIRCRAFT SYSTEM)". *Seminar Nasional Inovasi Teknologi Penerbangan (SNITP)*, pp. 1-5. 2020.
- [10] D. P. Buwana, S. Setiawidayat and M. , "Sistem Pengendalian Lampu Penerangan Jalan Umum (PJU) Melalui Jaringan Internet Berbasis Android," *(JOINTECS) Journal of Information Technology and Computer Science*, pp. 149-154, 2018.
- [11] Arafat. "SISTEM PENGAMANAN PINTU RUMAH BERBASIS Internet Of Things (IoT) Dengan ESP8266," *Technologia*, vol. 7, no. 4, pp. 262-268, 2016.