

SISTEM PEMANTAUAN DAN PENGENDALIAN PENERANGAN JALAN UMUM BERBASIS INTERNET OF THINGS MENGGUNAKAN PERANGKAT KOMUNIKASI LoRa

Monitoring And Control System For Public Street Lighting Based On Internet Of Things Using LoRa Communication Device

Taufik^[1], Misbahuddin^[1], I Made Ari Nrartha^[1]

^[1] Jurusan Teknik elektro, Fakultas Teknik, Universitas Mataram, Nusa Tenggara Barat, Indonesia
Email : misbahuddin@unram.ac.id¹

ABSTRAK

Penerangan Jalan Umum (PJU) adalah salah satu elemen yang harus ada pada setiap jalan umum. Lampu PJU menyala dari petang hingga pagi hari tanpa sistem pengawasan dan pengendalian. Tulisan ini membahas rancangan sistem pemantauan dan pengendalian PJU berbasis Internet of Things (IoT) menggunakan perangkat komunikasi LoRa dengan protokol MQTT. Antarmuka pada komputer dan smartphone menggunakan perangkat lunak myDevices Cayenne. Sistem yang terdiri dari 2 PJU. Pengujian sistem meliputi pengujian sensor tegangan, sensor arus, koneksi LoRa, dan IoT. Hasil pengujian sistem, sensor tegangan pada PJU memiliki kesalahan ukur rerata sebesar 0,24%, dan sensor arus sebesar 1,32%. Pengujian komunikasi LoRa meliputi kondisi line of sight dan non line of sight dengan jarak antara 100 m sampai 1000 m. Semua proses pengiriman data dapat diterima dengan baik dari PJU ke laptop dan smartphone untuk kondisi line of sight, sedangkan untuk kondisi non-line of sight terjadi delay penerimaan data pada laptop dan smartphone dalam waktu yang cukup lama. Sistem juga dapat melakukan kendali on/off lampu PJU dari laptop dan smartphone melalui komunikasi LoRa dan koneksi internet.

Kata kunci : penerangan jalan umum, LoRa, IoT, MQTT

ABSTRACT

Public Street Lighting (PSL) is one of the elements that must exist on every public road. PSL start operating in the evening to morning without a monitoring and control system. This paper discusses the design of a PSL monitoring and control system based on internet of things (IoT) using LoRa communication device with MQTT protocol. The interface in the computer and the smartphone use a myDevices Cayenne software. The system consists of two PSLs. The testing of sytem includes four testings i.e. voltage sensors, current sensors, LoRa connections, and IoT. The results of testing, of the voltage sensor on the PSL has an average measuring error of 0.24%, and the current sensor of 1.32%. LoRa communication was tested in two conditions i.e. line of sight and non-line of sight with distances between 100 m to 1000 m. All tests of sending data can be received well from PSL to laptops and smartphones for line of sight conditions, while for non line of sight conditions there is a delay in receiving data on laptops and smartphones for a long time. The system can also control on/off PSL from laptops or smartphones via Internet-connected and LoRa communication.

Keywords: public street lighting, IoT, LoRa, MQTT

PENDAHULUAN

Penerangan jalan umum merupakan sumber cahaya lampu yang dipasang pada samping jalan, yang berfungsi untuk menerangi area jalan yang dilalui oleh pengendara. Fungsi lain dari PJU adalah keamanan dan keindahan. Fungsi keamanan bertujuan memperluas jarak pandang pengendara pada malam hari. Fungsi keindahan tidak lepas dipengaruhi oleh tata

letak lampu untuk memperindah jalan (Putra dkk, 2018).

Pada saat ini penggunaan PJU menggunakan lampu konvensional untuk penghematan energi (Amri dkk, 2018). Namun karena banyaknya lampu PJU yang terpasang dan menyala sepanjang malam dengan kecerahan maksimal sehingga masih menyebabkan pemborosan (Buwana dkk, 2017). Selama ini pemantauan, pengendalian lampu dan kondisi mengenai

kerusakan lampu PJU didapat dari informasi pengguna jalan, disamping petugas secara berkala memeriksa satu persatu kondisi lampu PJU.

Pengawasan dan pengendalian secara manual lampu PJU membutuhkan petugas yang harus menelusuri jalan sepanjang PJU yang tentu saja membutuhkan waktu dan tenaga yang tidak sedikit. Untuk mengetahui kondisi dari lampu oleh petugas. Usulan mengatasi kendala ini sudah dilakukan oleh (Ihsanto, 2016) yaitu merancang PJU yang dapat memberikan informasi *on/off* PJU ke operator via SMS. (Buwana dkk, 2018) merancang sistem pemantauan dan pengendalian PJU melalui jaringan internet yang berbasis *android*. Sistem menggunakan modul *Ethernet* pada Arduino yang terhubung ke jaringan internet. Sistem ini membutuhkan *Access Point* sebagai jalur jaringan internet di sepanjang lokasi PJU. Sistem pengawasan dan pengendalian PJU berbasis IoT dan *android* diusulkan oleh (Imam dkk, 2020). Sistem yang dibangun menggunakan *wemo D1* sebagai mikrokontroler, modul *relay* sebagai sakelar, dan sensor LDR untuk mengetahui intensitas cahaya PJU.

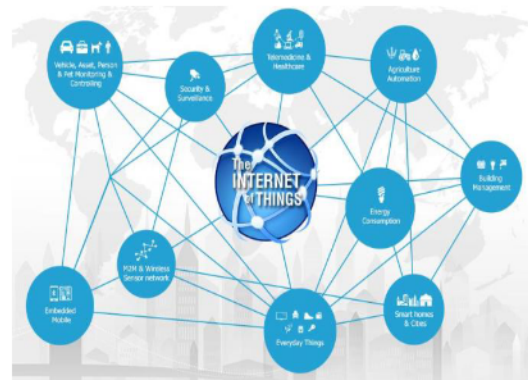
Berdasarkan kondisi dan kendala jaringan internet yang tidak selalu tersedia di semua tempat begitupula jaringan operator seluler yang melingkupi semua PJU yang ada, sehingga dibutuhkan sistem pengawasan dan pengendalian PJU yang tidak membutuhkan jaringan internet dan operator seluler. Penelitian ini mengusulkan rancangan yang tidak memerlukan akses internet dan seluler di sepanjang PJU untuk mengawasi dan mengedalikan PJU dari jarak jauh secara *real time*. Jaringan komunikasi LoRa berbasis pada *Internet of Things* merupakan solusi untuk hal ini. Komunikasi LoRa menjangkau jarak yang jauh hingga berkilo-kilo meter dan hanya memerlukan satu *Access Point* yang bertindak sebagai membawa data dari semua node LoRa (satu PJU sebagai node LoRa). Disamping kemampuan komunikasi data yang jauh LoRa mempunyai konsumsi daya yang rendah.

KOMUNIKAS LoRa BERBASIS IoT

a. *Internet of Things*

Ide awal *Internet of Things* pertama kali dimunculkan oleh Kevin Ashton pada tahun 1999. Benda-benda di sekitar kita dapat berkomunikasi antara satu sama lain melalui

sebuah jaringan seperti internet (Putra dkk, 2017). *Internet of Things* (IoT) merupakan suatu jaringan yang menghubungkan berbagai objek yang memiliki identitas pengenal serta alamat *IP*. Setiap perangkat dapat saling berkomunikasi mengenai dirinya maupun lingkungan yang diinderanya. IoT dapat juga diartikan sebagai suatu pengembangan teknologi internet yang tersambung secara kontinyu dengan memperluas konektivitas dan manfaatnya (Meutia, 2015). Gambar 1 menunjukkan jaringan IoT.



Gambar 1. *Internet of Things*

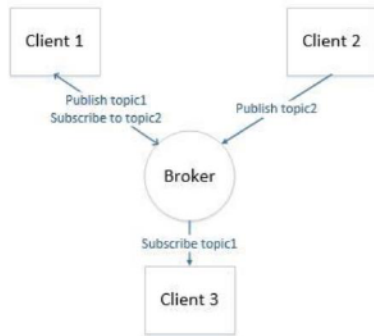
b. *Long Range* (LoRa)

LoRa adalah modul transmisi nirkabel yang dapat digunakan untuk komunikasi spektrum jarak jauh dan sangat panjang. LoRa yang dikembangkan oleh *Semtech* yang memiliki kemampuan jarak jauh, hemat daya, dan komunikasi dengan kapasitas rendah dapat dioperasikan pada frekuensi 433-, 868-, atau 915- MHz tergantung pada area yang tersebar.

c. MQTT

Protokol *Message Queue Telemetry Protocol* (MQTT) adalah protokol yang sering digunakan dalam penerapan IoT (Rochman dkk, 2017). MQTT adalah protokol yang ringan, mengirim pesan dengan *header* berukuran kecil yaitu 2 *bytes*. MQTT bekerja menggunakan konsep *publish/subscribe*. Perangkat yang melakukan proses *publish* disebut *publisher*, sedangkan yang melakukan proses *subscribe* disebut *subscriber*. MQTT berbasis *publish/subscribe* dengan *message-broker* sebagai jembatan

antara *publisher* dan *subscriber* (Bandyopadhyay, 2013). Pesan yang melalui proses *publish/subscribe* berupa topik. *Subscriber* dapat memilih topik mana yang ingin dikirim oleh *publisher* melalui broker seperti ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Protokol MQTT

KOMPONEN-KOMPONEN SISTEM

a. Modul LoRa ESP32 OLED

ESP32 - LoRa - OLED memiliki layar OLED biru 0,96 inci untuk menampilkan informasi lokal dan *transceiver* LoRa, *transceiver* SX1276 untuk pita 868 MHz. Modul ini memiliki sensitivitas tinggi lebih dari -148 dBm, + 20 dBm daya *output*, keandalan tinggi dan jarak transmisi yang panjang. Antena *Wi-Fi onboard*, jalur pengisian baterai lithium, antarmuka CP2102 dan chip serial USB. Tegangan operasi adalah dari 3.3V hingga 7V. Modul juga memiliki dukungan untuk analisis protokol perangkat lunak *Sniffer, Station, SoftAP* dan mode *Wi-Fi Direct*. Kecepatan data terdiri antara: 11 Mbps dan 150 Mbps dan daya pancar antara 15,5 dBm sampai 19,5 dBm dan sensitivitas penerima hingga -98 dBm. Bentuk fisik modul LoRa OLED ditunjukkan pada Gambar 3.



Gambar 3. Modul LoRa OLED

b. Modul PZEM-004T

Modul PZEM-004T adalah sebuah modul sensor yang berfungsi untuk mengukur tegangan, arus, daya, energi, frekuensi dan faktor daya yang terdapat pada sebuah aliran listrik (Nugraha, 2019). Modul PZEM-004T ditunjukkan pada Gambar 4, modul tersebut sudah dilengkapi sensor tegangan dan sensor arus yang terintegrasi.



Gambar 4. Modul PZEM-004T

c. Modul Relay

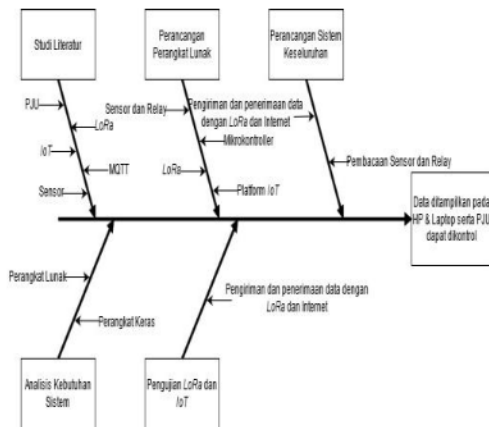
Relay adalah komponen elektronika yang berfungsi untuk memutus atau menyambungkan aliran listrik secara tidak langsung (Hudan dkk, 2019). *Relay* disebut juga sebagai saklar magnet. Cara kerja *relay* adalah ketika arus listrik tersambung maka akan terjadi kontak antar plat sehingga arus listrik dapat mengalir. Fungsi utama *relay* sebagai sebuah saklar elektronik untuk memutus rangkaian. Bentuk fisik dari modul *relay* ditunjukkan pada Gambar 5.



Gambar 5. Modul relay

METODELOGI PENELITIAN

Pelaksanaan penelitian menggunakan metode pendekatan diagram *fishbone*. Tahapan- tahapan yang dilakukan pada penelitian ditunjukkan pada diagram *fishbone* Gambar 6.

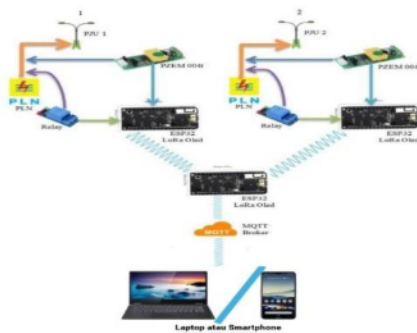


Gambar 6. Diagram *fishbone* penelitian

Penelitian dimulai dari studi literatur tentang PJU, LoRa dan *Internet Of Things*. Selanjutnya analisis kebutuhan sistem yang meliputi: perangkat lunak dan perangkat keras. Perancangan perangkat lunak mencakup sensor, *relay*, mikrokontroler dan LoRa. Selanjutnya pengujian LoRa dan IoT yaitu pengiriman dan penerimaan data LoRa dan internet, dan diakhiri dengan pengujian sistem secara keseluruhan.

a. Perancangan sistem

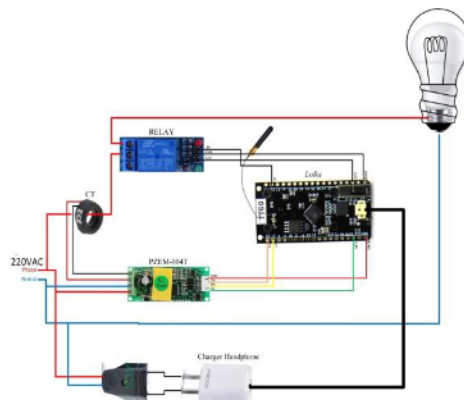
Sistem dirancang mempunyai 2 PJU (PJU 1 dan PJU 2) yang terhubung dengan sumber listrik PLN. Masing – masing PJU dilengkapi dengan modul PZEM 004T, ESP32–LoRa–OLED dan *relay*. *Node server* sebagai penerima dan pengirim data yang terhubung ke *laptop* dan *smartphone* sebagai media untuk menampilkan hasil pengukuran tegangan, arus, frekuensi, daya dan faktor daya masing-masing PJU termasuk untuk kontrol *on/off* PJU. Sistem pengawasan dan kendali *on/off* PJU ditunjukkan pada Gambar 7.



Gambar 7. Sistem yang dirancang

Pada Gambar 7, PJU 1 dan PJU 2 terhubung dengan sumber listrik PLN sebagai suplai

daya PJU. Modul PZEM 004T digunakan untuk mengukur tegangan, arus, frekuensi, daya dan faktor daya masing-masing PJU, hasil pengukuran ini dikirim menggunakan modul ESP32-LoRa–OLED ke node server (modul ESP32 LoRa) yang terhubung ke internet. *Platform IoT* (myDevices Cayenne) pada laptop untuk membaca dan menampilkan hasil pengukuran. Seperti pada laptop, Protokol MQTT *Broker* pada *smartphone* juga untuk membaca dan menampilkan hasil pengukuran. Gambar 8 menunjukkan *prototipe* PJU.



Gambar 8. *Prototipe* PJU

Relay untuk *on/off* lampu PJU dikontrol melalui modul ESP32–LoRa–OLED menggunakan komunikasi serial. Komunikasi serial juga digunakan untuk mengirim data dari modul PZEM 004T ke modul ESP32–LoRa–OLED. *Charger handphone* sebagai *converter AC* ke DC untuk catu daya ke modul ESP32–LoRa–OLED. Daya lampu *prototipe* PJU adalah 10 Watt.

Koneksi pin-pin pada prototipe PJU ditunjukkan pada Tabel 1. Koneksi pin-pin tersebut menggunakan kabel.

Tabel 1. Koneksi modul *prototipe* PJU

Pin Esp32–LoRa–OLED	Pin relay	Pin PZEM 004T
GND	GND	
3,3 V	VCC	
13	IN	
16		TX
17		RX
5V		5V
GND		GND

b. Pengujian Sistem

Prototipe PJU dan sistem pengawasan

dan kedali PJU diuji dalam beberapa tahap pengujian sistem yaitu:

1. Pengujian dan validasi sensor tegangan pada modul PZEM 004T,
2. Pengujian dan validasi sensor arus pada modul PZEM 004T,
3. Pegujian IoT,
4. Pengujian komunikasi LoRa,
5. Pengujian sistem keseluruhan.

Validasi pengukuran sensor tegangan dan arus pada modul PZEM 004T dilakukan dengan cara membandingkan hasil pengukuran modul tersebut dengan alat ukur multimeter digital standar yang dimiliki Laboratorium Sistem Tenaga, Jurusan Teknik Elektro, UNRAM. Perbandingan hasil pengukuran ditunjukkan dengan kesalahan/error pengukuran menggunakan Persamaan 1 untuk kesalahan ukur tegangan ada sensor.

$$error (\%) = \left| \frac{V_{standar} - V_{sensor}}{V_{standar}} \right| \times 100\% \quad (1)$$

Dimana $V_{standar}$ adalah hasil pengukuran digital multimeter.

Persamaan 2 adalah cara untuk menghung rerata error hasil pengukuran sensor.

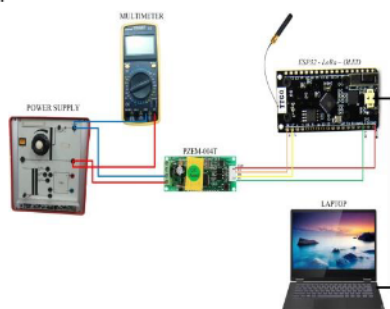
$$Rerata\ error (\%) = \frac{\sum_{i=1}^n error_i (\%)}{n} \quad (2)$$

Persamaan 1 dan 2 juga berlaku untuk mengetahui kesalahan pengukuran sensor arus pada modul PZE 004T.

HASIL DAN PEMBAHASAN

a. Pengujian sensor tegangan PJU

Pengujian dilakukan dengan cara memberikan input tegangan pada sensor dari 100V sampai 240V. Selanjutnya membandingkan hasil pengukuran sensor tegangan dengan hasil pengukuran tegangan pada digital multimeter. Rangkaian pengujian tegangan sensor ditunjukkan pada Gambar 9.



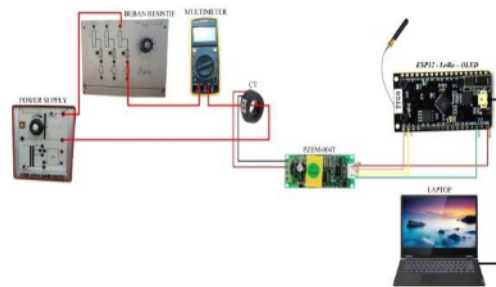
Gambar 9. Pengujian sensor tegangan pada prototipe PJU

Multimeter digital dan sensor tegangan pada modul PZEM 004T terhubung secara paralel pada catu daya untuk mengukur tegangan output dari catu daya tersebut (tegangan variabel dari 100 V – 240 V). Hasil pengukuran sensor tegangan pada modul PZEM 004T dikirim ke modul ESP32–LoRa–OLED kemudian ditampilkan pada laptop. Hasil pengukuran sensor tegangan PJU 1 dan PJU 2 pada Tabel 2.

Hasil pengukuran sensor tegangan pada prototipe PJU 1 dan PJU 2 memiliki kesalahan ukur kecil seperti ditunjukkan pada Tabel 2. Rerata kesalahan pengukuran kedua sensor tegangan prototipe PJU (rerata PJU1 dan PJU2) adalah 0,24%.

b. Pengujian sensor arus PJU

Sensor arus pada prototipe PJU diuji dengan cara beban lampu diganti dengan beban resistif yang divariasi nilainya sehingga menghasilkan arus 0,2 – 2 A pada tegangan 220 V. Gambar 10 menunjukkan rangkaian pengujian sensor arus pada prototipe PJU.



Gambar 10. Pengujian sensor arus pada prototipe PJU

Tabel 2. Validasi sensor tegangan pada PJU

V _{MD} (Volt)	V _{sPJU1} (Volt)	V _{sPJU2} (Volt)	Error	
			PJU1 (%)	PJU2 (%)
100	100,7	100,1	0,70	0,10
110	110,5	110,3	0,45	0,27
120	120,8	120,1	0,67	0,08
130	130,5	130,2	0,38	0,15
140	140,5	140,1	0,36	0,07
150	150,3	150,2	0,20	0,13
160	160,7	160,2	0,44	0,12
170	170,2	170,2	0,12	0,12
180	180,4	180,2	0,22	0,11
190	190,2	190,7	0,11	0,37
200	200,6	200,4	0,30	0,20
210	210,4	210,8	0,19	0,38
220	220,3	220,3	0,14	0,14
230	230,3	230,1	0,13	0,04
240	240,4	240,5	0,17	0,21
			Error minimum	0,11
			Error maksimum	0,70
			Rerata error	0,30

Multimeter digital dirangkai seri dengan trafo arus sensor. Hasil pengukuran sensor arus dibandingkan dengan hasil pengukuran arus dari multimeter digital. Hasil pengukuran sensor arus *prototipe* PJU1 dan PJU2, multimeter digital, dan *error* hasil pengukuran ditampilkan pada Tabel 3.

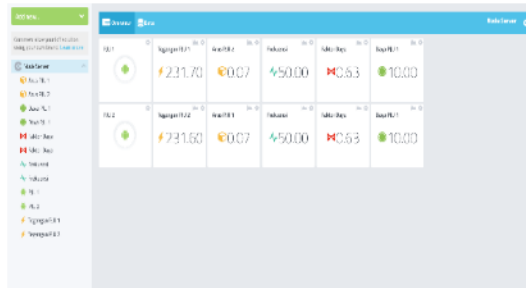
Kesalahan ukur sensor arus untuk variasi arus dari 0,2 sampai 2,0 A pada PJU 1 cukup acak sedangkan pada PJU2, kesalahan ukur semakin kecil untuk nilai arus yang semakin besar. Rerata kesalahan ukur untuk PJU (rerata dari PJU1 dan PJU2) adalah 1,32%.

Tabel 3. Validasi sensor arus pada PJU

I_{MD} (A)	I_{SPJU1} (A)	I_{SPJU2} (A)	$Error_{PJU1}$ (%)	$Error_{PJU2}$ (%)
0,2	0,20	0,21	0,50	5,50
0,4	0,41	0,41	2,75	2,75
0,6	0,62	0,61	3,50	1,83
0,8	0,81	0,82	1,37	2,62
1,0	1,01	1,01	1,10	1,10
1,2	1,21	1,20	0,92	0,08
1,4	1,41	1,40	0,79	0,07
1,6	1,60	1,60	0,06	0,06
1,8	1,81	1,80	0,61	0,06
2,0	2,01	2,00	0,55	0,05
	<i>Error minimum</i>		0,06	0,05
	<i>Error maksimum</i>		3,50	5,50
	<i>Rerata error</i>		1,22	1,41

c. Pengujian *IoT*

Gambar 11 adalah *Graphic User Interface* (GUI) untuk menampilkan data yang termonitor pada *myDevices Cayenne* yaitu PJU1 dan PJU2. Data yang termonitor dari masing – masing PJU adalah tegangan, arus, frekuensi, faktor daya, dan daya. Serta terdapat juga *interface* pada bagian paling kiri yang merupakan tombol atau *actuator* untuk menyalakan dan mematikan PJU.



Gambar 11. GUI untuk pengawasan dan kontrol PJU

d. Pengujian koneksi LoRa

Pengujian menggunakan 2 modul LoRa, modul LoRa 1 sebagai pengirim sedangkan modul LoRa 2 sebagai penerima. Dilakukan 2 jenis pengujian yaitu secara *line of sight* dan *non line of sight*. Komunikasi antar modul

LoRa secara *line of sight* (LOS) bertempat di pantai Senggigi, Kabupaten Lombok Barat, NTB, seperti ditunjukkan pada Gambar 12. Komunikasi antar LoRa diuji untuk 10 titik dengan jarak 100 m – 1000 m. Diambil 10 sampel untuk masing-masing jarak, perubahan jarak setiap pengujian adalah 100 m. Hasil pengujian ditampilkan pada Tabel 4, rerata nilai pengukuran dari 10 sampel. untuk setiap jarak antar LoRa.



Gambar 12. Pengujian LoRa pada LOS

Tabel 4. Hasil pengujian LoRa *line of sight*

Jarak (meter)	RSSI (dBm)
100	-107,3
200	-117,5
300	-117,4
400	-115,7
500	-121,8
600	-122,9
700	-124,4
800	-126,2
900	-126,1
1000	-126,1

Nilai RSSI yang diperoleh semakin besar seiring dengan bertambahnya jarak yang diukur, namun pada jarak 900 m dan 1000 m terlihat nilai RSSInya sama yaitu -126,1 dBm.

Pengujian *non-line of sight* (NLOS) dilakukan di Komplek BTN Citra Persada Medas Gunung Sari. Lokasi pengujian ditunjukkan pada Gambar 13.



Gambar 13. Pengujian LoRa pada NLOS

Pengujian koneksi LoRa *non line of sight* dilakukan pada 10 titik lokasi dari LoRa penerima. Ketika LoRa pengirim berada di titik 1 dari LoRa penerima. Tabel 5 menunjukkan hasil pengujian tersebut.

Tabel 5. Hasil pengujian LoRa *non-line of sight*

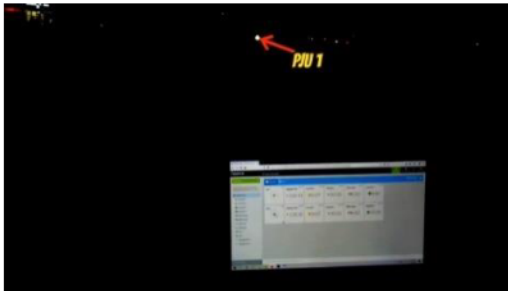
Lokasi	RSSI (dBm)
Titik 1	-100,6
Titik 2	-114,6
Titik 3	-124,3
Titik 4	-125,5
Titik 5	-123,4
Titik 6	-123,9
Titik 7	-125,2
Titik 8	-125,6
Titik 9	-127,3
Titik 10	-127,6

e. Pengujian sistem keseluruhan

Simulasi lapangan dilakukan untuk menguji kerja sistem secara keseluruhan. Lokasi uji lapangan di lapangan Rembige, Kecamatan Selaparan, Kota Mataram, NTB pada malam hari. Gambar 14 menunjukkan lokasi pengujian sistem keseluruhan.



Gambar 14. Lokasi pengujian sistem



Gambar 15. Pengawasan dari jarak jauh

Hasil pengujian, kondisi *on/off* PJU dapat dipantau dari jarak jauh pada komputer seperti ditunjukkan pada Gambar 15. Nilai-nilai tegangan, arus, frekuensi, faktor daya dan daya dari masing-masing lampu PJU dapat terpantau juga dan ditabelkan pada Tabel 5. Disamping itu kontrol *on/off* masing-masing PJU dapat dilakukan dari jarak jauh pada komputer yang terkoneksi dengan PJU melalui komunikasi LoRa yang berbasis IoT.

Tabel 5. Hasil pengukuran lampu PJU

PJU	V (Volt)	I (A)	f (Hz)	fd	P (W)
1	230,10	0,07	50	0,60	9,90
2	228,30	0,07	50	0,62	10,00

KESIMPULAN

Sistem monitoring dan kontrol PJU dari jarak jauh menggunakan jaringan komunikasi LoRA berbasis IoT dapat bekerja dengan baik pada kondisi *line of sight*, mulai dari jarak 100 m sampai dengan 1000 m dan kurang optimal pada kondisi *non line of sight*. Monitoring berupa besaran listrik seperti tegangan, arus, frekuensi, faktor daya, dan daya PJU sedangkan kontrol berupa *on/off* PJU. Hasil pengukuran sensor tegangan dan sensor arus pada modul PZEM 004T yang dipasang pada masing-masing PJU dapat mengukur besaran listrik PJU, dengan kesalahan ukur 0,24%, dan 1,32% untuk sensor tegangan, dan arus. Secara keseluruhan sistem dapat bekerja untuk *monitoring* lampu PJU dan pengendalian *on/off*-nya.

DAFTAR PUSTAKA

H. Amri, J.. Lianda, J. Custer, 2018, "Sistem Pengaturan Energi Penerangan Jalan Umum Berbasis Arduino Uno," Pros. Semin. Nas. Fis., Univ. Riau, no. 3, pp. 31–35.

S. Bandyopadhyay, dan A. Bhattacharyya, 2013, "Lightweight Internet Protocols for Web Enablement of Sensors using Constrained Gateway Devices," *International Conference on Computing, Networking and Communications, Workshops Cyber Physical System*, 28-31 January, San Diego, US. 334-340.

D. P. Buwana, S. Sabar dan Mukhsin, 2018, "Sistem Pengendalian Lampu Penerangan Jalan Umum (PJU) Melalui Jaringan Internet Berbasis Android," Program Studi Teknik Elektro, Universitas Widyagama Malang, Jawa Timur, Indonesia.

S. Buwana, dan P. S. Dewangga, 2017, "Perancangan *Controlling and Monitoring* Penerangan Jalan Umum (PJU) Energi Panel Surya Berbasis *Fuzzy Logic* Dan Jaringan Internet," Pros. Semin. Nas. ReTII, vol. 0, no. 0, pp.186–192.

S. I. Hudan, 2019, "Rancang Bangun Sistem Monitoring Daya Listrik Pada Kamar Kos Berbasis *Internet Of Things* (IoT)," Jurnal, Volume 08, Nomor 01, pp. 91-99.

E. Ihsanto, dan D. Muhamad, 2016, "Sistem *Monitoring* Lampu Penerangan Jalan Umum Menggunakan Mikrokontroler Arduino dan Sensor LDR dengan Notifikasi SMS," Jurusan Teknik Elektro,

- Fakultas Teknik, Universitas Mercu Buana, Jakarta, Indonesia.
- R. Imam, I. G. W. P. Wedashwara, dan F. Bimantoro, 2020, "Rancang Bangun Sistem *Monitoring* Dan *Controlling* penerangan Jalan Umum Berbasis IoT dan Android," Program Studi Teknik Informatika, Fakultas Teknik, Universitas Mataram, NTB, Indonesia.
- E. D. Meutia, 2015, "*Internet of Things – Keamanan dan Privasi*," Jurusan Teknik Elektro Universitas Syiah Kuala. ISSN: 2088-9984.
- .S. Nugraha, 2019, "Pengendalian Inverter Full Bridge Satu Fasa Secara Wirless Berbasis Arduino," Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Siliwangi, Jawa Barat, Indonesia.
- I. G. A. Putra, A. A. N. Amrita, dan I. M. Suyadnya, 2018, "Rancang Bangun Alat *Monitoring* Kerusakan Lampu Penerangan Jalan Umum Berbasis Mikrokontroler dengan Notifikasi SMS," J. Comput. Sci. InformaticsEng., vol. 2, pp. 90–99, doi :10.29303/jcosine.v2i2.141.
- I. G. P. M. E. Putra, I. A..D.Giriantari, dan L. Jasa, 2017, "*Monitoring* Penggunaan Daya Listrik Sebagai Implementasi *Internet of Things* Berbasis Wireless Sensor Network," Volume 3, ISSN: 2477 – 2097.
- H. A. Rochman, R. Primananda, dan H. Nurwasito, 2017, "Sistem Kendali Berbasis Mikrokontroler menggunakan Protokol MQTT pada Smarthome," Tugas akhir, Fakultas Ilmu Komputer, Universitas Brawijaya, Malang