

MONITORING KONSUMSI DAYA LISRIK 3 PHASA BERBASIS *WIRELESS SENSOR NETWORK* MENGGUNAKAN LORA RFM95W

Andi Wawan Indrawan¹, Kazman Riyadi², Sarwo Pranoto³, Alwi Rizal⁴, Nur Wahyu Mahardika⁵

^{1,2,4,5} Jurusan Teknik Elektro Politeknik Negeri Ujung Pandang, Makassar

³ Jurusan Pendidikan Teknik Elektro Universitas Negeri Yogyakarta, Yogyakarta

ABSTRACT

The purpose of this research is to produce a device that can monitor electric power consumption based on a wireless sensor network (WSN) using LoRa radio frequency module RFM95W. There are 2 node sensors, each node sensor on the PHB is equipped with microcontroller Arduino mega as a controller to measure electrical quantities using the PZEM004-T module sensor and then transfer the reading data to the coordinator in Nonline of Sight (NLOS) conditions via radio signals by using the LoRa RFM95w module for further display on the monitor screen. The measurement results show that the 3-phase electric power consumption device on the PHB and in the Nonline of Sight (NLOS) condition resulted in an average error for voltage readings of 0,16% and current of 1,67%. The distance between the node sensor and coordinator as well as the number of node sensors affect the potential length of time delay and the number of lost data packets, where testing with 2 node sensors resulted in a total average packet loss of 26% and an average delay of 136,79 ms.

Keywords: *LoRa RF95W, Node Sensor, Coordinator, delay, Packet Loss, Nonline of Sight (NLOS)*

ABSTRAK

Tujuan dari penelitian ini adalah menghasilkan sebuah perangkat yang dapat memonitor konsumsi energi listrik berbasis *wireless sensor network* (WSN) menggunakan modul radio frekuensi RFM95w. Besaran listrik di baca menggunakan modul sensor energi listrik PZEM004T dilengkapi dengan mikrokontroler Arduino Mega yang akan memberikan informasi konsumsi daya listrik untuk kemudian di kirim melalui modul radio frekuensi (RF) LoRa RFM95w dan diterima oleh kordinator sebagai master kontrol yang akan menyampaikan hasil pengukuran konsumsi daya listrik dari dua titik pengukuran yaitu PHB sebagai *node sensor*. Hasil pengukuran menunjukkan konsumsi daya listrik 3 fasa pada Panel Hubung Bagi (PHB) pada kondisi *Nonline of Sight* (NLOS) dapat dimonitor dengan rata-rata error untuk pembacaan tegangan sebesar 0,16% dan arus sebesar 1,67%. Jarak antara node sensor dan kordinator serta jumlah node sensor berpengaruh terhadap potensi lamanya waktu tunda dan jumlah paket data yang hilang, dimana pengujian dengan 2 unit *node sensor* menghasilkan total rata-rata *packet loss* sebesar 26% dan rata-rata delay selama 136,79 ms.

Kata Kunci: *LoRa RF95W, Node Sensor, Kordinator, delay, Packet Loss, Nonline of Sight (NLOS)*

1. PENDAHULUAN

Monitoring konsumsi energi listrik pada umumnya masih menggunakan perangkat konvensional kWh meter, hal ini menyebabkan petugas yang mendata seberapa besar energi listrik yang dikonsumsi harus datang ke lokasi dimana peralatan kWh meter tersebut berada, sehingga pembacaan konsumsi energi listrik yang seharusnya real time untuk menentukan tindak lanjut pelayanan distribusi energi listrik menjadi tidak efisien.

Menanggapi hal tersebut di atas, kecepatan informasi konsumsi energi listrik menjadi hal penting dalam menindak lanjuti hasil pengukuran besar energi listrik yang telah digunakan. Pemanfaatan media komunikasi dalam menyampaikan hasil pengukuran besaran listrik baik yang menggunakan penghantar (*wire*) ataupun tanpa penghantar (*wireless*) telah banyak diteliti oleh beberapa peneliti sebagai solusi dalam memonitor konsumsi energi listrik, seperti pemanfaatan media jala-jala listrik dalam memonitor besaran listrik [1]. Penggunaan jala-jala listrik tegangan rendah dapat menjadi solusi untuk monitoring energi listrik dengan memanfaatkan modul PLC PQ330. Selain itu media komunikasi tanpa kabel juga menjadi alternatif pilihan seperti komunikasi udara melalui jaringan seluler menggunakan modul GSM SIM800L dan mikrokontroler Arduino untuk mengontrol mesin-mesin industri[2], atau monitoring, kendali dan proteksi peralatan listrik berbasis *internet of things* (IoT) [3], [4], [5], [6]. Hasil dari penelitian-penelitian tersebut dapat melakukan monitoring dan kontrol peralatan listrik, akan tetapi muncul permasalahan baru ketika penggunaan kabel dan wifi hanya dapat melayani

* Korespondensi penulis: Andi Wawan Indrawan, email andi_wawan@poliupg.ac.id

pengontrolan pada area yang terbatas sepanjang ada penghantar jala-jala listrik tegangan rendah dengan fasa yang sama dan koneksi jaringan internet untuk media udara yang memanfaatkan wifi.

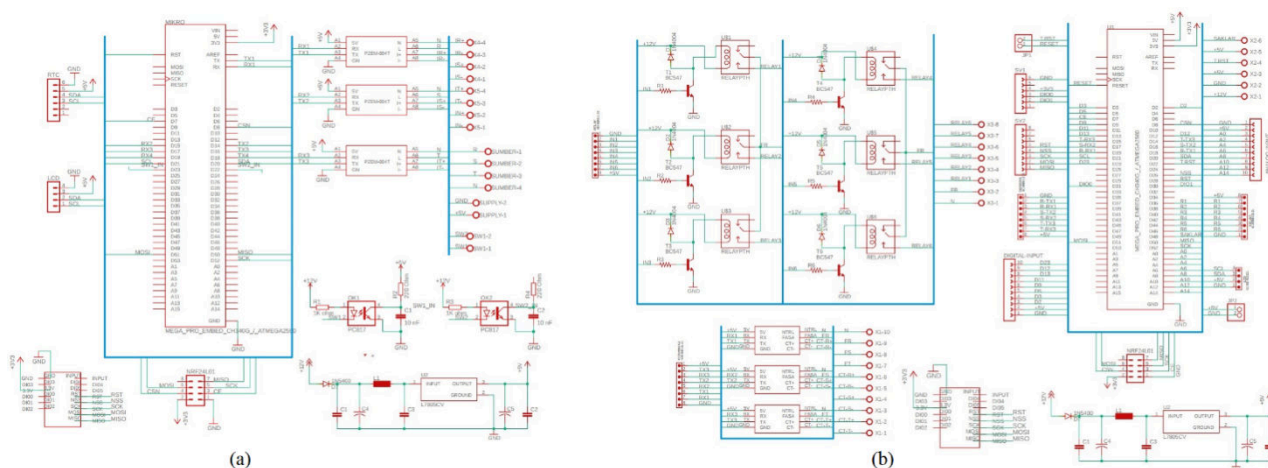
Dalam perkembangan media komunikasi, pemanfaatan radio frekuensi jarak jauh seperti radio frekuensi *Longe Range* (LoRA) dengan jangkauan yang cukup jauh merupakan salah satu alternatif untuk menyalurkan atau mengirim informasi paket data besaran listrik yang akan diolah oleh *end user* tanpa tergantung oleh jaringan internet yang membutuhkan biaya tambahan untuk mengaksesnya [7].

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk memonitor konsumsi daya listrik beban 3 fasa pada panel hubung bagi (PHB) gedung Jurusan Teknik Elektro lantai 1 kampus 1 PNUP melalui media komunikasi udara dengan memanfaatkan saluran radio frekuensi menggunakan modul LoRA RFM95W, modul PZEM004T sebagai modul sensor besaran listrik dan mikrokontroler Arduino mega sebagai pengendali. Dikarenakan jumlah PHB yang akan di monitor sebanyak 2 unit dan terletak didalam gedung, maka dilakukan pengujian terhadap kinerja alat ukur yang terpasang pada masing-masing PHB (sebagai *node sensor*) berupa *delay* waktu data diterima dan seberapa banyak paket data yang hilang (*Packet Loss*) berdasarkan jarak jangkauan antara *node sensor* dengan kordinator.

2. METODE PENELITIAN

Waktu penelitian dilaksanakan pada bulan Mei s.d Agustus 2022. Lokasi pelaksanaan penelitian dilakukan di Kampus 1 Politeknik Negeri Ujung Pandang. Tamalanrea, Makassar, Sulawesi Selatan. Metode yang digunakan dalam proses pengumpulan data adalah metode eksperimen yang mengarah pada pemecahan masalah, sehingga peneliti difokuskan pada proses perbaikan ataupun peningkatan kualitas alat dan program yang dibuat dengan melakukan pengamatan dan menganalisa Kembali hasil rancangan alat dan program.

Bahan-bahan yang digunakan dalam perancangan perangkat keras Node dan kordinator ini terdiri atas mikrokontroler Arduino Mega, Modul dsiplai, Sensor PZEM004T dan Modul *Long Range* LORA RFM95W. Arduino Mega sebagai mikrokontroler berfungsi sebagai unit kendali dalam membaca besaran listrik melalui sensor PZEM004T dan kemudian mentransmisikannya ke koodinator melalui media komunikasi udara dengan memanfaatkan radio frekuensi. Begitu pula sebaliknya pada sisi kordinator mikrokontroler Arduino Mega akan menerima dan menampilkan data besaran listrik pada layar monitor. Adapun skematik rangkaian kontrol pada sisi kordinator diperlihatkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Rangkaian Skematik Kontrol (a)Kordinator (b)*node sensor*

Desain rangkaian kontrol untuk sisi node yang diperlihatkan pada Gambar 1 terdiri atas sebuah mikrokontroler Arduino Mega, enam unit relay beserta driver, modul PZEM004-T 3 unit, modul Lora RFM95W dan power supply. Secara umum, sistem kerja yang dirancang dalam penelitian ini adalah membaca besaran listrik melalui modul sensor PZEM-004T (sebagai *node sensor*) untuk kemudian ditransmisikan melalui media udara dengan memanfaatkan modul RFM95W. Hasil pengukuran yang ditransmisikan melalui *node-node* sensor tersebut kemudian dibaca oleh kordinator untuk ditampilkan pada layar monitor.

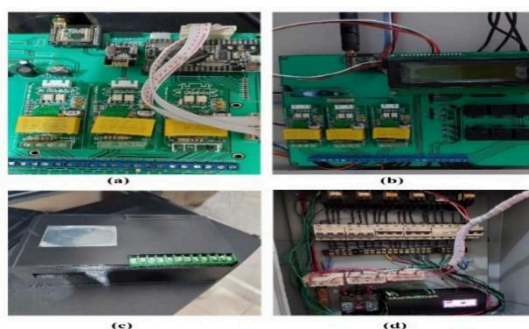
Proses kerja dari rancangan perangkat lunak ialah *node sensor* sebagai slave memiliki tugas untuk melakukan pembacaan besaran listrik untuk selanjutnya dikirim ke kordinat ketika ada permintaan data dari

kordinat. Kordinat sebagai master akan meminta terlebih dahulu data hasil pembacaan ke node/slave dengan mengirimkan broadcast permintaan. Agar masing-masing node memahami bahwa dirinyalah yang diminta oleh kordinator untuk mengirimkan datanya, maka dibuatlah aturan atau protokol komunikasi antar node dan kordinat. Disepakati sebelumnya, tiap *node sensor* energi listrik diberikan ID agar dapat diingat dan mudah dikenali asal data yang diterima oleh kordinator.

Pengujian alat monitoring beban 3 fasa berbasis wireless Sensor Network dilakukan untuk mendapatkan informasi bahwa alat yang di bangun dapat bekerja dengan baik. Adapun pengujian yang dilakukan adalah (1) Pengujian pembacaan besaran listrik, (2) Pengujian Transmisi data pada kondisi *NLOS (NonLine of Sight)*, (3) Pengujian pengiriman data berdasarkan jumlah *node sensor* energi listrik yang digunakan.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil rancangan perangkat keras dari alat monitoring konsumsi daya listrik 3 fasa berbasis wireless sensor network dengan menggunakan LoRa RFM95 diperlihatkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Hasil rancangan perangkat keras (a). kordinator, (b) *node sensor*, (c) box alat, (d) pemasangan dalam panel

Gambar 2. (b) menunjukkan hasil desain PCB kontrol untuk *node sensor*, selain dilengkapi modul radio frekuensi RFM95W, modul sensor PZEM-004T, pdul kontrol node sensor juga dilengkapi dengan driver relai untuk memutus dan menyambungkan beban listrik 3 fasa melalui perantara Kontaktor paa panel hubung bagi (PHB). Sebaliknya untuk modul kontrol kordinator, diperlihatkan pada Gambar 2 (a). hanya dilengkapi modul sensor besarran listrik PZEM-004T, modul komunikasi radio frekeuksi LoRa RFM95W dan displai untuk memonitor beban keseluruhan dari *node sensor* 1 dan *node sensor* 2. Agar alat terlindung dan aman, maka dibuatkan box kontrol seperti terlihat pada Gambar 2 (c). Gambar 2 (d) memperlihatkan pemasangan box dari alat monitoring beban pada panel hubung bagi (PHB).

Pengujian ini bertujuan untuk memastikan alat monitoring konsumsi daya listrik 3 fasa dapat melakukan pembacaan besaran listrik dengan baik. Validasi alat dilakukan dengan melakukan perbandingan dengan hasil pengukuran alat akur standar AVometer digital Q1079. Hasil pengujian diperlihatkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil Pembacaan Besaran Listrik pda modul PZEM-004

Pengujian Ke-		Hasil Pengukuran		AVometer		Error (%)		Rata-rata Error (%)	
		Teg. (V)	I (A)	Teg. (V)	I (A)	Teg.	Arus	Teg.	Arus
1	R	223,20	1,23	223,80	1,25	0,27	1,60	0,16	1,60
	S	223,70	1,22	223,98	1,24	0,13	1,61		
	T	223,50	1,23	223,72	1,25	0,10	1,60		
2	R	223,70	1,22	223,95	1,24	0,11	1,61	0,15	2,18
	S	224,20	1,19	224,50	1,21	0,13	1,65		
	T	223,80	1,18	224,28	1,22	0,21	3,28		
3	R	223,02	1,22	223,45	1,24	0,19	1,61	0,15	1,35

	S	223,12	1,21	223,45	1,23	0,15	1,63		
	T	223,03	1,22	223,25	1,23	0,10	0,81		
4	R	222,98	1,26	223,38	1,28	0,18	1,56	0,19	1,58
	S	223,02	1,21	223,46	1,23	0,20	1,63		
5	T	222,95	1,26	223,37	1,28	0,19	1,56	0,16	1,61
	R	223,20	1,22	223,68	1,24	0,21	1,61		
	S	223,15	1,23	223,43	1,25	0,13	1,60		
	T	223,18	1,21	223,51	1,23	0,15	1,63		
Rata-rata Error (%)								0,16	1,67

Berdasarkan hasil pengujian pembacaan besaran listrik khususnya tegangan dan arus seperti diperlihatkan dalam Tabel 1, diperoleh nilai rata-rata error untuk masing-masing parameter tegangan dan arus adalah sebesar 0,16% dan 1,67%.

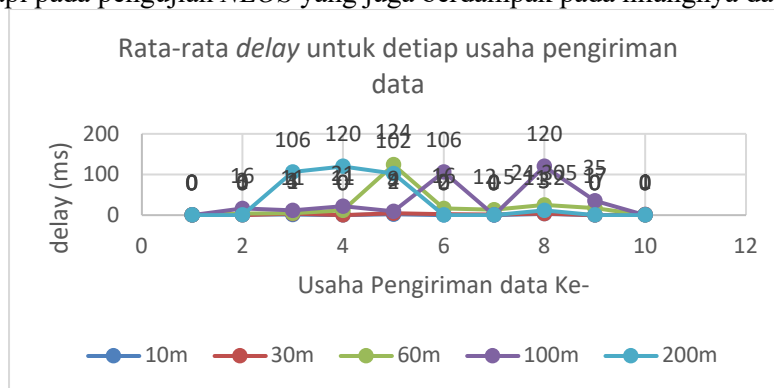
Pengujian transmisi data untuk kondisi NLOS dilakukan pada lokasi dimana kordinator dan *node sensor* terhalang oleh beberapa objek seperti bangunan dan pepohonan. Pengujian dilakukan di dalam Gedung Teknik Elektro dimana penempatan *node sensor* pada PHB di dalam gedung Jurusan Teknik Elektro. pada kampus 1 PNUP, sedangkan kordinator diposisi bergerak untuk menerima data pembacaan besaran listrik dari node sensor. Jarak pengujian antara kordinator dan *node sensor* dimulai dari 10meter hingga 300 meter. Jarak sebenarnya antara PHB dan kordinator dalam gedung tidak lebih dari 50 meter, akan tetapi pengujian terhadap jarak jangkauan tetap dilakukan untuk mengetahui konsistensi kinerja dari alat monitor konsumsi daya listrik yang dirancang.

Tabel 2. memperlihatkan data rata-rata *delay* waktu proses transmisi data hingga diterima oleh penerima data terdapat penurunan kinerja secara signifikan. semakin jauh jarak jangkauan maka semakin lama *delay* yang terjadi, begitu pula dengan jumlah paket daya yang hilang semakin banyak. Jumlah paket data hilang atau tidak diterima mulai dirasakan pada jarak 100m dan akan semakin dirasakan pada jarak 300m dengan jumlah paket data yang hilang sebesar 60% dari jumlah dilakukannya uji coba yaitu 10 kali.

Tabel 2. Data Pengujian transmisi Data Pada Kondisi NLOS

Jarak	10m	50m	100m	200m	300m
Rata-rata waktu tunda (ms)	0,8	1,4	21,18	31,8	33,92
Packet Loss (%)	0	0	10	30	60

Tidak jauh berbeda dengan pengujian LOS, terlihat pengiriman data pada kondisi NLOS, terlihat pada Gambar 3 untuk setiap pengujian transmit data, data yang diterima mengalami penundaan yang lebih banyak terhadap jarak jangkauan posisi kordinat dengan *node sensor*. Hal tersebut dipengaruhi oleh banyaknya halangan yang dihadapi pada pengujian *NLOS* yang juga berdampak pada hilangnya data yang dikirim.



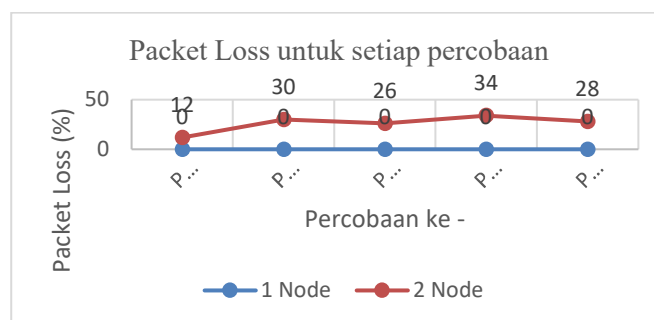
Gambar 3. *Delay* yang dirasakan untuk setiap kali percobaan pengiriman data sesuai jarak pengiriman data pada kondisi *NLOS*

Pengujian Penerimaan Data berdasarkan Jumlah *Node Sensor* yang digunakan. Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh jumlah node sensor terhadap kinerja alat dalam menerima dan melakukan pengiriman data besaran listrik dan diterima oleh kordinator. Tabel 3 menunjukkan rata-rata *delay* pada percobaan dengan 1 *node sensor* dan 2 *node sensor*.

Tabel 3. Pengujian pengiriman data bersaran listrik dengan dua unit sensor node

Parameter	Jumlah Node	Percobaan ke-				
		1	2	3	4	5
Rata-rata waktu tunda (ms)	1	3,16	3,34	2,80	3,20	3,18
	2	130,50	138,80	131,24	126,96	156,46
Packet Loss (%)	1	0	0	0	0	0
	2	12	30	26	34	28

Pengujian dilakukan sebanyak 5 kali dan untuk setiap percobaan dilakukan 50 kali pengujian transfer data besaran listrik yang kemudian di rata-ratakan berdasarkan jumlah node sensor yang digunakan. Hasil percobaan terlihat pada tabel 3, pada percobaan dengan jumlah node sebanyak satu unit, rata-rata *delay* berkisar 3,14 ms dengan jumlah paket data yang hilang nihil. Sebaliknya, dengan jumlah node sensor sebanyak dua unit *delay* yang terjadi semakin besar dan terdapat jumlah paket data yang hilang. Gambar 8. memperlihatkan paket data yang hilang terjadi saat jumlah *node sensor* yang digunakan sebanyak dua unit dan paket data yang hilang terbanyak terjadi pada percobaan ke 4 sebanyak 34% dari 50 kali pengiriman data. Total rata-rata *packet loss* sebesar 26% dan rata-rata *delay* selama 136,79 ms.



Gambar 4. *Packet loss* yang terjadi selama 5 kali percobaan

4. KESIMPULAN

Berdasarkan tujuan dan hasil pengujian dari alat monitoring konsumsi daya listrik 3 fasa berbasis WSN menggunakan LoRA RFM95W dapat disimpulkan bahwa konsumsi daya listrik 3 fasa pada Panel Hubung Bagi (PHB) pada kondisi *Non Line of Sight* (NLOS) dapat dimonitor dengan rata-rata error untuk pembacaan tegangan sebesar 0,16% dan arus sebesar 1,67%. Pengujian komunikasi data pada kondisi *NLOS* dengan 1 *node sensor* menunjukkan keberhasilan 100% tanpa adanya paket data yang hilang hingga jarak jangkauan 50 m. Akan tetapi, semakin jauh jarak *node sensor* dengan kordinator, maka semakin banyak pula potensi data yang tidak tersampaikan, Begitupula pengujian dengan jumlah *node sensor* sebanyak 2 unit, *delay* yang terjadi berpotensi semakin besar dan jumlah paket data yang hilang juga berpotensi bertambah besar dengan total rata-rata *packet loss* sebesar 26% dan rata-rata *delay* selama 136,79 ms.

5. UCAPAN TERIMA KASIH

Tak lupa penulis ucapkan terima kasih yang setinggi-tingginya kepada Tim UP3M PNUP yang telah banyak membantu dalam penyelesaian kegiatan penelitian ini terutama dalam penyediaan alokasi anggaran penelitian rutin institusi yang tertuang dalam Surat Perjanjian Pelaksana Penelitian B/16/PL.10.13/PT101.05/2022, Tanggal 7 Juni 2022, sehingga penulis dapat terbantu dalam mengadakan peralatan yang terkait dengan kebutuhan penelitian.

6. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Indrawan, Andi Wawan., Alimin. “Pemanfaatan jaringan Listrik Tegangan Rendah Sebagai Media Pembawa Informasi Hasil Pengukuran Besaran Listrik”, Makassar, Seminar Nasional Teknik Elektro dan Informatika (SNTEI 2018), Politeknik Negeri Ujung Pandang, pp. 72–77, 2017
- [2] M. F. Rozik and S. I. Haryudo, “Sistem Kontrol dan Monitoring Jarak jauh Menggunakan SMS Berbasis Mikrokontroler Arduino Pada Instalasi Otomasi Kelistrikan Industri,” *J. Tek. elektro*, vol. 8, no. 1, pp. 219–227, [Online]. Available: <http://jurnalmahasiswa.unesa.ac.id/index.php/JTE/article/viewFile/26475/24248>, 2019.
- [3] Tukadi, W. Widodo, M. Ruswiensari, and A. Qomar, “Monitoring Pemakaian Daya Listrik Secara Realtime Berbasis Internet of Things,” *Semin. Nas. Sains dan Teknol. Terap.* VII, pp. 581–586, [Online]. Available: <https://ejurnal.itats.ac.id/sntekpan/article/download/659/468>, 2019,
- [4] Bustamin, Yohua., A. W., Indrawan, “Rancang Bangun Telemetering Besaran Listrik Berbasis Internet of Thing’s (IOT)”, *Seminar Nasional Teknik Elektro dan Informatika (SNTEI)*, Politeknik Negeri Ujung Pandang, pp. 106–112, 2019.
- [5] A. Furqon, A. B. Prasetijo, and E. D. Widiyanto, “Rancang Bangun Sistem Monitoring dan Kendali Daya Listrik pada Rumah Kos Menggunakan NodeMCU dan Firebase Berbasis Android,” *Techné J. Ilm. Elektrotek.*, vol. 18, no. 02, pp. 93–104, 2019, doi: 10.31358/techne.v18i02.202, 2019.
- [6] R. Setiawan, R. R. Yacoub, and Syaifurrahman, “Rancang Bangun Sistem Proteksi dan Monitoring Motor 3 Fasa Berbasis IOT (Internet of Thing),” *J. Tek. Elektro Univ. Tanjungpura*, vol. 2, pp. 1–6, [Online]. Available: <https://jurnal.untan.ac.id/index.php/jteuntan/article/view/51582/75676591624>, 2021.
- [7] A. W. Indrawan, Agussalim, K. Riyadi, Syaiful, and A. Rizal, “Analissi radio Frekuensi Pada Multi-Node Sensor Besaran Listrik Berbasis Lora,” in *Seminar Nasional Penelitian & Pengembangan Kepada Masyarakat (SNP2M) 2021 (Teknologi & Sosial Sains)*, no. November, pp. 30–36, [Online]. Available: <http://snp2m.poliupg.ac.id/>, 2021.