

Analisis Komunikasi Data Jaringan Nirkabel Berdaya Rendah Menggunakan Teknologi *Long Range* (LoRa) di Daerah Hijau Universitas Andalas

Hanalde Andre¹, Bobby Arma Sugara², Baharuddin³, Rudy Fernandez⁴, Rizki Wahyu Pratama⁵
^{1,2,3,4,5} Jurusan Teknik Elektro, Universitas Andalas
*hanalde.andre@eng.unand.ac.id¹

INTISARI

Jaringan nirkabel berdaya rendah atau *Low Power Wireless Area Network* (LPWAN) umumnya digunakan dalam teknologi *Internet of Thing* (IoT) untuk komunikasi mesin ke mesin. Kelebihan dari komunikasi ini adalah penggunaan daya yang rendah dengan jangkauan yang lebih jauh dibandingkan dengan komunikasi yang lain. Dalam prosesnya komunikasi data nirkabel memiliki karakteristik tertentu yang sesuai dengan medan yang dilaluinya. Pada penelitian ini dilakukan pengujian jaringan komunikasi berdaya rendah menggunakan teknologi *Long Range* (LoRa) yang beroperasi pada frekuensi 920-923 MHz. Berdasarkan hasil pengujian sistem komunikasi untuk teknologi LoRa di daerah hijau, didapatkan hasil *Packet Delivery Ratio* (PDR) dan *Quality of Service* (QoS). Nilai rata-rata dari parameter PDR yaitu 92,43%. Untuk nilai rata-rata QoS yaitu *throughput* 89,75% dengan kategori “sangat baik”, *latency* sebesar 255,4 ms masuk kategori “baik”, dan *packet loss* 8%, kategori “baik”. Nilai QoS yang didapat memiliki kategori QoS “Baik”.

Kata kunci: IoT, Komunikasi Data, LoRa, LPWAN, PDR, QoS

ABSTRACT

Low Power Wireless Area Network (LPWAN) is generally used in Internet of Things (IoT) technology for machine-to-machine communication. The advantage of this communication is the use of low power with a longer range compared to other communications. In the process of wireless data communication has certain characteristics in accordance with the terrain in which it passes. In this study, a low-power communication network was tested using Long Range (LoRa) technology operating at a frequency of 920-923 MHz. Based on the results of testing the communication system for LoRa technology in green areas, the results of Packet Delivery Ratio (PDR) and Quality of Service (QoS) are obtained. The average value of the PDR parameter is 92.43%. The average QoS value is 89.75% throughput in the "very good" category, 255.4 ms latency in the "good" category, and 8% packet loss in the "good" category. The QoS value obtained has a "Good" QoS category.

Keywords: IoT, Data Communication, LoRa, LPWAN, PDR, QoS

I. PENDAHULUAN

Pesatnya perkembangan teknologi telah berimbas pada berbagai aspek ke-hidupan, tidak terkecuali pada bidang teknologi komunikasi. *Internet of Things* atau sering disebut IoT merupakan salah satu dari wujud perkembangan teknologi dibidang komunikasi tersebut. Teknologi ini merupakan bagian terintegrasi dari internet masa depan yang dapat dijadikan infrastruktur jaringan global yang dinamis dengan kemampuan konfigurasi sendiri berdasarkan standar dan protokol komunikasi. IoT beroperasi dimana benda fisik dan *virtual* memiliki identitas, atribut fisik, dan

kepribadian *virtual* serta terintegrasi dengan mulus ke dalam jaringan informasi[1].

Teknologi IoT dalam pertumbuhannya diprediksi sebagai “*the next big thing*” di dunia teknologi informasi dan komunikasi, hal ini dikarenakan IoT menawarkan banyak potensi yang dapat digali [2]. IoT berpeluang besar untuk mengembangkan aplikasi cerdas hampir pada setiap bidang. Contoh sederhana dari implementasi IoT adalah pintu kendali jarak jauh, yang otomatis dapat mengirimkan informasi via SMS atau email mengenai kondisi rumah.[3][4].

Low Power Wide Area Network (LPWAN) merupakan salah satu solusi implementasi dari teknologi IoT. Hadirnya LPWAN menjadikan

teknologi yang dapat digunakan untuk menghubungkan perangkat berdaya rendah seperti sensor dan pengontrol pada IoT [5]. LPWAN memiliki efisiensi yang tinggi hingga 10+ tahun daya tahan baterai dan murah, dengan harga radio *chipset* kurang dari 2\$ dan biaya operasional 1\$ untuk satu alat pertahun [6]. Dalam pengoperasiannya IoT membutuhkan jaringan sensor nirkabel dengan persyaratan jarak jangkauan yang jauh dan masa pakai baterai yang lama [7].

Teknologi LPWAN yang saat ini diimplementasikan pada IoT yaitu *SigFox* dan *Long Range* (LoRa). Dalam pengoperasiannya *SigFox* dan LoRa menggunakan pita ISM tidak berlisensi (*unlicensed band*), pada 868 MHz di Eropa, 915 MHz di Amerika Utara, dan 433 MHz di Asia. Pita ISM adalah spektrum frekuensi bebas dimana diperuntukkan bagi aplikasi industri, sains dan medis (ISM). Perangkat yang menggunakan spektrum ISM harus memiliki ketahanan terhadap interferensi sebab, frekuensi bebas tidak menjamin spektrum frekuensi akan aman dari interferensi pemancar lain [8,9].

Teknologi *SigFox* sangat cocok pada wilayah rural karena jangkauannya mencapai jarak 40 km. Namun, teknologi ini merupakan layanan operator jaringan yang memiliki lisensi, sehingga *SigFox* belum tentu tersedia di wilayah non komersil. Disamping itu, LoRa menjadi opsi lain yang sangat cocok pada daerah rural yang dapat bekerja hingga jarak 20 km [10]. LoRa tidak memerlukan operator jaringan berlisensi sehingga dapat digunakan kapan dan dimanapun.

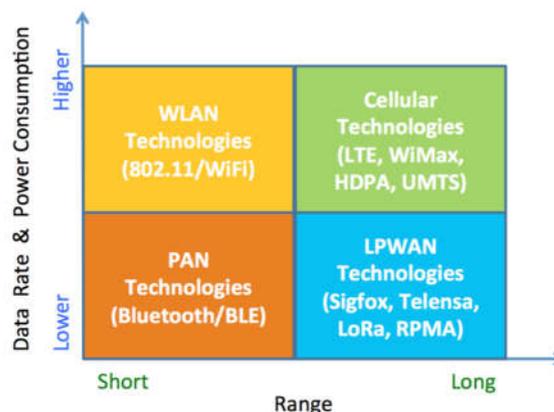
Bercermin pada penelitian terdahulu terhadap penggunaan Zigbee, rentang jarak komunikasi antar sensor-node terlalu dekat terutama pada wilayah hutan. LoRa dapat menjadi solusi dari permasalahan ini. Teknologi LoRa memiliki jangkauan jarak yang jauh, konsumsi daya yang rendah, serta transmisi data yang aman, meskipun memiliki kecepatan data yang rendah. Berangkat dari kelemahan pada penelitian teknologi komunikasi yang pernah dilakukan [10], peneliti hendak merancang sebuah sistem komunikasi LPWAN berbasis LoRa untuk meningkatkan jangkauan jarak dan mengurangi konsumsi daya yang besar. Penelitian ini mengimplementasikan pemantauan *real-time* berbasis LoRa yang bertempat di daerah Hijau Universitas Andalas.

II. LANDASAN TEORI

A. LPWAN

Low Power Wide Area Network (LPWAN) merupakan kombinasi dua buah teknologi berdaya rendah dan teknologi komunikasi yang memiliki jangkauan jarak yang jauh oleh karena itu menjadikannya teknologi komunikasi unik untuk komunikasi nirkabel dan pilihan yang disukai untuk aplikasi IoT [5]. Karakteristik utama dari teknologi LPWAN yang dibutuhkan agar berhasil mendukung penerapan komersial sistem IoT adalah:

- Komunikasi jarak jauh
- Konsumsi daya rendah
- Kecepatan data rendah
- Biaya perangkat dan penerapan yang rendah



Gambar 1. Perbandingan teknologi LPWAN [5]

Pada Gambar 1 terdapat perbandingan untuk beberapa jenis teknologi komunikasi nirkabel antara lain WLAN, PAN, LPWAN, dan selular. Dapat dilihat bahwa hanya LPWAN yang merupakan teknologi komunikasi yang memiliki konsumsi daya rendah, *data rate* rendah dan jangkauan jarak komunikasi yang jauh. Sedangkan teknologi WLAN, PAN, dan selular tidak memiliki karakteristik yang diperlukan untuk IoT.

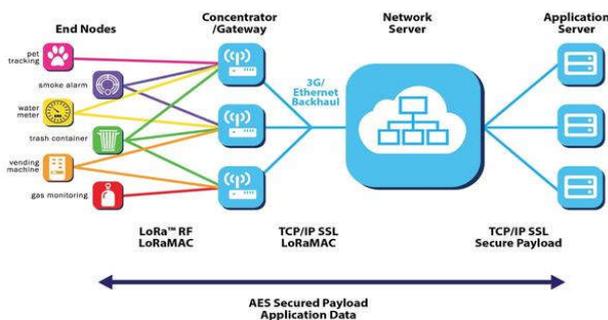
Berdasarkan hal yang telah dijelaskan pada paragraf sebelumnya membuat LPWAN sangat cocok digunakan pada teknologi IoT. *SigFox*, LoRaWAN, dan NB-IoT merupakan beberapa teknologi yang paling banyak digunakan pada implementasi IoT.

B. LoRa

LoRa merupakan teknologi komunikasi nirkabel yang dikembangkan dan dipatenkan oleh perusahaan Perancis bernama Cycelo, yang setelah itu diakuisisi

Semtech pada tahun 2013. LoRa menggunakan frekuensi ISM yang tidak berlisensi dan besar frekuensinya berada di bawah 1 GHz, yaitu 433 MHz, 868 MHz, dan 915 MHz. Spektrum penyebaran LoRa menggunakan modulasi *Chirp Spread Spectrum* (CSS), secara tradisional CSS digunakan untuk militer dan komunikasi yang memerlukan keamanan.

LoRa menerapkan topologi *star-on-star* dimana pada perangkat terakhir LoRa akan terhubung ke beberapa *gateway* untuk menyampaikan pesan ke server pusat. Tujuan dari menggunakan topologi *star-on-star* yaitu untuk mempertahankan masa pakai baterai sekaligus untuk meningkatkan jangkauan komunikasi LoRa. *Gateway* menerima setiap data dari beberapa *end node* dan data yang telah diterima *gateway* akan diteruskan ke server jaringan. Saat transmisi ini dilakukan pendeteksian keamanan, redundansi, dan penjadwalan untuk *transmitter* pesan. Selain itu dengan menggunakan topologi seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2 maka akan memudahkan untuk melakukan pelacakan perangkat, karena *end node* dapat melakukan komunikasi ke beberapa *gateway* tanpa adanya kebutuhan untuk melakukan komunikasi antar *gateway*. Dengan adanya server yang terpusat juga dapat mengurangi masalah adanya *collision* [10].



Gambar 2 Arsitektur LoRaWAN

Secara garis besar berikut komponen utama dari LoRa :

- LoRa *end nodes* sebagai sensor/aktuator yang terhubung melalui antarmuka radio LoRa ke satu atau beberapa LoRa *Gateways*.
- LoRa *Gateways* sebagai penghubung *end nodes* ke LoRa *NetServer* yang merupakan elemen pusat dari arsitektur jaringan LoRa.
- LoRa *NetServer* yang berfungsi sebagai server jaringan yang melakukan kontrol semua jaringan

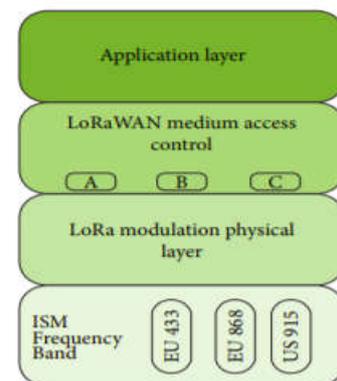
(radio resource management, admission control, security, dan lain-lain).

Tabel 1 Perbandingan teknologi komunikasi wireless

No.	Teknologi	Jarak (m)	Max. Rate	Konsumsi Daya
1	Bluetooth	10	2MB/s	Low
2	WiFi	60	54 MB/s	High
3	RFID	100	10 KB/S	Low
4	Zigbee	1500	250 KB/s	Low
5	LoRa	15000	600 KB/s	Low

Dari Tabel 1 dapat dilihat bahwa teknologi komunikasi LoRa memiliki jarak jangkauan yang cukup jauh dibanding dengan teknologi komunikasi yang lain dan mempunyai konsumsi daya yang rendah. Akan tetapi pada teknologi LoRa memiliki kekurangan yaitu nilai *maximum rate* yang tidak terlalu besar.

Device pada LoRa melayani berbagai jenis aplikasi oleh karena itu masing-masing *device* memiliki persyaratan yang berbeda di tiap penerapannya. Alasan yang menjadi faktor persyaratan utama adalah mengenai umur pakai baterai dan latensi komunikasi dari *network server* menuju *gateway* sampai ke *device*. Sehingga *device* LoRa digolongkan menjadi *three class*.



Gambar 3. Protokol komunikasi LoRaWAN

- Kelas A : Pada kelas A ini sensor secara berkala mengirimkan paket ke modul *gateway*. Setelah menyelesaikan proses *Transmitter*, *node* membuat *Receiver* aktif selama beberapa waktu, di mana ia dapat menerima data dari *gateway*. Setelah menyelesaikan siklus ini, *file* sensor memasuki kembali *mode* tidur untuk menghemat energi.

2. Kelas B : Tidak seperti kelas A, jenis sensor pada kelas B ini telah diprogram untuk menerima *slot* waktu. Oleh karena itu *node* lebih sering aktif untuk mengunggah data atau pesan dari *gateway*.
3. Kelas C : Pada kelas C efisiensi energi paling terendah, hal ini dikarenakan sensor menjaga *receiver* secara konstan untuk aktif, agar dapat menerima pesan dari modul *gateway* setiap saat.

LoRa diciptakan sebagai solusi infrastruktur *Internet of Things*. Teknologi LoRa dapat dengan mudah diintegrasikan dengan jaringan yang ada dan dapat diaplikasikan untuk IoT yaitu berbiaya rendah dan dapat dioperasikan dengan baterai. LoRa dapat diterapkan untuk berbagai bidang seperti: pertanian, *smarthome*, industri, transportasi, hingga bidang kesehatan. SX1276/77/78/79 merupakan beberapa contoh dari *transceiver* LoRa. Pada penelitian ini menggunakan dua buah *transceiver* dengan tipe SX1276.

C. ISM Band

Pita ISM adalah spektrum frekuensi bebas (*unlicensed*) dimana diperuntukkan bagi aplikasi industri, sains, dan medis (ISM). Perangkat yang menggunakan spektrum ISM harus memiliki ketahanan terhadap interferensi dikarenakan penggunaan frekuensi bebas tidak menjamin spektrum frekuensi akan aman dari interferensi pemancar lain[11]. Di Indonesia, frekuensi kerja ISM tidak didesain secara khusus untuk dibebaskan sepenuhnya. Oleh karena itu, apabila akan digunakan secara masif dan luas harus berkoordinasi dan izin ke Kemenkominfo.

Tabel Alokasi Spektrum Frekuensi Radio Indonesia (TAFSRI) terbaru berdasarkan Permenkominfo No. 13 Tahun 2018, pada frekuensi-frekuensi di sekitar alternatif ISM tersebut, penggunaannya adalah sebagai berikut [13].

1. Sekitar Frekuensi 433 MHz.
431,5–432,0 MHz dan 432,5–434,0 MHz digunakan untuk komunikasi simpleks TDD. Penggunaannya seperti untuk HT atau *walkie talkie*.
2. Sekitar frekuensi 868 MHz.
 - 851–869 MHz digunakan untuk sistem komunikasi radio trunking (INS14).
 - 869–880 MHz untuk penyelenggaraan jaringan bergerak seluler (INS15).
3. Sekitar frekuensi 915 MHz.

- 890–915 MHz untuk penyelenggaraan jaringan bergerak seluler (INS16).
- 925–935 MHz untuk penyelenggaraan jaringan bergerak seluler (INS15).

D. Quality of Service (QoS)

Pengolahan data dilakukan dengan cara membandingkan hasil dari pengukuran dengan menggunakan standar *Telecommunications and Internet Protocol Harmonization Over Network* (TIPHON). TIPHON merupakan standar penilaian parameter QoS yang dikeluarkan oleh badan standar *European Telecommunications Standards Institute* (ETSI). *Quality of Service* (QoS) adalah suatu pengukuran tentang seberapa baik jaringan dan merupakan suatu usaha untuk mendefinisikan karakteristik dan sifat dari suatu servis. Kategori QoS didapatkan dari jumlah seluruh nilai indeks pada masing-masing parameter seperti *Throughput*, *Latency*, *Packet Loss* lalu dijumlahkan dan dibagi dengan banyak parameter yang digunakan. Salah satu standar QoS adalah THIPON dengan parameter sebagai berikut [14]:

Tabel 2. Indeks parameter QoS

Indeks	Presentase (%)	Kategori
3,8 – 4	95 – 100	Sangat Baik
3 - 3,79	75 - 94,75	Baik
2 - 2,99	50 - 74,75	Sedang
1 - 1,99	25 - 49,75	Buruk

III. METODE PENELITIAN

Perangkat yang digunakan dalam komunikasi jaringan nirkabel berdaya rendah menggunakan LoRa SX-1276 yang terdapat dalam modul E32-915T20D. Teknik pengujiannya menggunakan dua buah LoRa yang saling berkomunikasi mengirim dan menerima data.

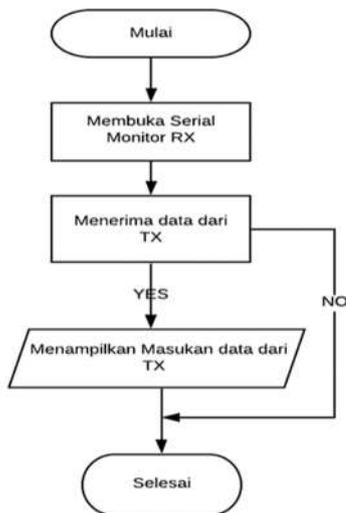
A. Komunikasi Data

Gambar 4 merupakan gambar diagram alir (*flowchart*) untuk mengirim data. Terdapat kolom serial monitor pada aplikasi Arduino IDE sebagai tempat untuk *input* data. Jika kita memasukkan data maka perangkat pada *transmitter* akan mengirim paket data ke *receiver*.



Gambar 4. Diagram alir pengirim data

Gambar 5 merupakan diagram alir (*flowchart*) pada *receiver* untuk menerima paket data dari *transmitter*. Perangkat yang terdapat pada *receiver* menerima data dari perangkat *transmitter* untuk diproses Arduino dan ditampilkan pada serial monitor aplikasi Arduino IDE.



Gambar 5. Diagram Alir Penerima Paket Data

B. Titik Lokasi Pengujian

Pengujian sistem komunikasi jaringan nirkabel berdaya rendah menggunakan teknologi LoRa

dilakukan pada daerah hijau Universitas Andalas. Pada Gambar 6 dapat dilihat lokasi pengujian. Pengukuran jarak untuk menentukan lokasi Tx dan Rx menggunakan aplikasi Google Earth.



Gambar 6. Lokasi pengujian

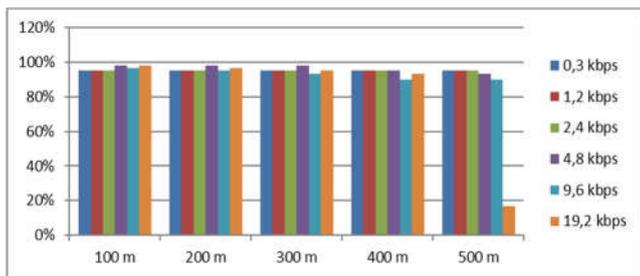
IV. HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Pada skenario ini dilakukan pada pengujian kondisi *Non Line of Sight* (NLOS) yaitu pada daerah hijau Universitas Andalas. Hasil dari pengambilan data dapat dilihat pada Tabel 3. Pengujian dilakukan dengan mengirimkan data sebanyak 60 kali dengan parameter jarak pada rentang 100 meter hingga 500 meter dengan interval 100 meter. *Data rate* pengiriman juga divariasikan dengan nilai 0,3 kbps, 1,2 kbps, 2,4 kbps, 4,8 kbps, 9,6 kbps. Hasil yang didapatkan paket yang diterima diatas 54 paket kecuali pada jarak 500 m dan *data rate* 19,2 kbps hanya didapatkan 10 paket data.

Tabel 3. Hasil pengujian paket data yang diterima

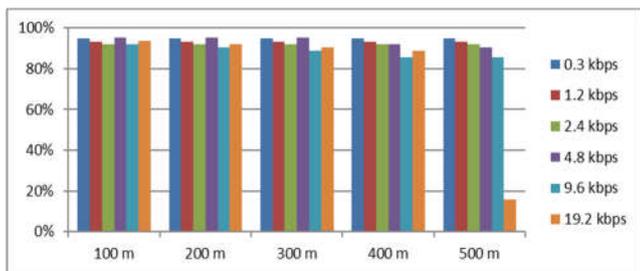
Range	Air Data Rate					
	0,3 kbps	1,2 kbps	2,4 kbps	4,8 kbps	9,6 kbps	19,2 kbps
100 m	57	57	57	59	58	59
200 m	57	57	57	59	57	58
300 m	57	57	57	59	56	57
400 m	57	57	57	57	54	56
500 m	57	57	57	56	54	10

PDR digunakan untuk mengetahui persentase seberapa besar *ratio* paket data yang bisa ditransmisikan antara Tx dan Rx. Pada Gambar 7 dapat dilihat grafik PDR.



Gambar 7. Hasil Pengujian PDR

Pada Gambar 8 didapatkan hasil pengukuran *throughput* bervariasi. *Throughput* paling besar 95.16% dan yang paling rendah adalah 15.87%. Besar dan kecilnya nilai *throughput* dipengaruhi oleh banyaknya data yang diterima dan waktu pengiriman paket data. Rata-rata *throughput* pada pengujian di daerah hijau Universitas Andalas adalah 89,75% dengan indeks 4.



Gambar 8. Throughput pada daerah hijau

Lamanya pengiriman data yang dilakukan pada pengujian dipengaruhi oleh besarnya *data rate*. Ini disebabkan jenis modulasi LoRa yang menggunakan teknologi modulasi *Chirp Spread Spectrum (CSS)*. Pada Tabel 4 dapat dilihat hasil pengukuran *latency* pada pengujian komunikasi data. Nilai *latency* terbesar didapatkan pada pengujian dengan jarak 500 m menggunakan *data rate* 19,2 kbps.

Tabel 4. Latency pada daerah hijau

Jarak	Air Data Rate					
	0,3 kbps	1,2 kbps	2,4 kbps	4,8 kbps	9,6 kbps	19,2 kbps
100 m	50 ms	70 ms	80 ms	50 ms	80 ms	67 ms
200 m	50 ms	70 ms	80 ms	50 ms	105 ms	86 ms
300 m	50 ms	70 ms	80 ms	50 ms	125 ms	105 ms
400 m	50 ms	70 ms	80 ms	80 ms	166 ms	125 ms
500 m	50 ms	70 ms	80 ms	107 ms	166 ms	5300 ms

V. KESIMPULAN

Packet Delivery Ratio (PDR) dari pengujian yang dilakukan mendapatkan hasil rata-rata persentase PDR dengan nilai 92.43% untuk daerah hijau di Universitas

Andalas dan pada wilayah *line of sight* didapatkan rata-rata persentase PDR sebesar 97.85%. *Quality of Service (QoS)* pada daerah hijau yang didapatkan untuk parameter *throughput* dengan rata-rata 95,16%, *latency* dengan rata-rata waktu 255,4 ms dan *packet loss* didapat nilai dengan rata-rata 8%.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penelitian ini mendapatkan Pembiayaan Publikasi Jurnal Nasional Fakultas Teknik Universitas Andalas 2021.

REFERENSI

- [1] A. K. Jain, L. Hong, S. Pankanti, "Internet of Things - Strategic Research Roadmap, Tech. rep., Cluster of European Research projects on the Internet of Things", September 2009.
- [2] Efendi, Yoyon, "Internet of Things (IoT) Sistem Pengendalian Lampu Menggunakan Raspberry Pi Berbasis Mobile", *Jurnal Ilmiah Ilmu Komputer*, Vol. 4, No. 1, April 2018.
- [3] Ibshar Ishrat, Wajiha Muzaffar Ali, Sana Ghani, Sadia Sami, Maria Waqas, Fakhra Aftab, "Smart Door Lock System With Automation and Security", 2017.
- [4] Faroqi Adam, Fitriadi Adi, Utami Adiningsih Neni, Ali Ramdhani Muhammad, "Automatic Door Control System Using SMS Gateway Base on Arduino Uno and Ultrasonic Sensor", *International Journal of Engineering & Technology*, 7 (3.4) 122-126, 2018.
- [5] N. Naik, "LPWAN Technologies for IoT Systems: Choice Between Ultra Narrow Band and Spread Spectrum", *2018 IEEE International Systems Engineering Symposium (ISSE)*, Rome, 2018.
- [6] *Overview of Emerging Technologies For Low Power Wide Area Networks in Internet of Things and M2M Scenarios*, http://www.indigoo.com/dox/itdp/12_MobileWireless/LPWAN.pdf.
- [7] T. Rebbeck, M. Mackenzie, and N. Afonso, "Low-powered wireless solutions have the potential to increase the m2m market by over 3 billion connections", *Analysys Mason*, 2014.

- [8] H. Andre, M. Ghozal, Fitrilina, Baharuddin, R. Fernandez, and Asriyadi, "Optimization signal quality on cellular network based on Tilting-Antenna", *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, vol. 1041, no. 1, p. 012010, Jan. 2021.
- [9] Eko Murdyantoro, Imron Rosyadi, Hilmi Septian, "Studi Performansi Jarak Jangkauan LoRa OLG0 Sebagai Infrastruktur Konektivitas Nirkabel IoT", Hal. 47-56.Vol. 15 No. 1, 2019.
- [10] Tri Istiana , R. Yudha Mardiansyah , G.S. Budhi Dharmawan, "Kajian Pemanfaatan IoT Berbasis LPWAN untuk Jaringan Akuisisi Data ARG", *Elektron Jurnal Ilmiah* Volume 12 Nomor 1 Juni 2020.
- [11] H. Andre and N. Nofriadi, "Analisa Path Loss Spektrum Frekuensi UHF Untuk Penyiaran TV Terrestrial Kota Padang", *Jurnal Nasional Teknik Elektro*, vol. 6, no. 1, Mar. 2017.
- [12] Dhaval Patel, "Low Power Wide Area Networks (LPWAN) : Technology Review And Experimental Study on Mobility Effect", South Dakota State University, 2018.
- [13] Kemenkominfo RI., "*Permenkominfo No. 13 Tahun 2018 Tentang Tabel Alokasi Spektrum Frekuensi Radio Indonesia*", Republik Indonesia; 2018.
- [14] ETSI, *Telecommunications and Internet Protocol Harmonization Over Networks (TIPHON); General aspects of Quality of Service (QoS)*, Prancis, 1999.