



Implementasi Sistem Telekomunikasi Berbasis *Internet of Things* di Sektor Kesehatan pada area LoS and NLoS

Lintang Patria¹, Muhammad Yassir², Puput Dani Prasetyo Adi³

¹Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Terbuka, Indonesia.

²Program Studi Sistem dan Teknologi Informasi, Institut Teknologi dan Bisnis Nobel, Indonesia.

³Research Center for Telecommunication, BRIN, Bandung, Indonesia.

Artikel Info

Kata Kunci:

End-Devices;
Internet of Things;
Long-Range;
Monitoring Kesehatan;
Realtime.

Keywords:

End-Devices;
Internet of Things;
Long-Range;
Health Monitoring;
Realtime.

Riwayat Artikel:

Submitted: 16 Maret 2025

Accepted: 30 Maret 2025

Published: 31 Maret 2025

Abstrak: Penelitian ini bermaksud melakukan kajian terhadap board LoRa RFM96 untuk pengembangan IoT di Indonesia, Pengkajian LoRa RFM96 terkhusus dari QoS pada saat transmitting data, RFM96 menggunakan Frekuensi 920 MHz dengan SF 7-12, dan Bandwidth 125 kHz, metode yang dilakukan adalah melakukan pengujian eksperimental uji Quality of Services dengan output RSSI (-dBm) dan SNR (-dB) pada jarak yang berbeda di daerah perkotaan. Perbandingan jarak yang dilakukan adalah dari 1 km hingga 15 km (LoS). Tingkat keberhasilan ditentukan pada kondisi *Line-of-Sight* (LoS) sehingga estimasi keberhasilan LoS akan lebih besar dibandingkan NLOS, 87% keberhasilan pengiriman data pada LoS, tergantung dari tingkat halangan yang dilalui pada proses komunikasi Tx-Rx sedangkan (*Non-Line-of-Sight*) NLOS bisa dibawahnya. Pengembangan riset adalah membuat casing menggunakan 3D Printer agar tercipta *light-type* mode yang sangat tepat bagi peningkatan kenyamanan pasien, dapat dilihat dari bentuk yang lebih kecil dan ringan sehingga membuat pasien nyaman. Data yang berhasil diambil adalah Pulse Sensor (bpm).

Abstract: This research intends to conduct a study of the RFM96 LoRa board for the development of IoT in Indonesia, Assessment of LoRa RFM96 specifically from QoS when transmitting data, RFM96 uses 920 MHz Frequency with SF 7-12, and 125 kHz Bandwidth, the method used is to conduct experimental testing of Quality of Services tests with RSSI (-dBm) and SNR (-dB) outputs at different distances in urban areas. The distance comparison carried out is from 1 km to 15 km (LoS). The success rate is determined in Line-of-Sight (LoS) conditions so that the estimated success of LoS will be greater than NLOS, 87% success of data transmission in LoS, depending on the level of obstacles passed in the Tx-Rx communication process while (Non-Line-of-Sight) NLOS can be below. Research development is to make a casing using a 3D Printer to create a light-type mode that is very appropriate for improving patient comfort. can be seen from the smaller and lighter shape that makes patients comfortable. The data captured was Pulse Sensor (bpm).

Corresponding Author:

Lintang Patria

Email: lintang@ecampus.ut.ac.id

PENDAHULUAN

Pengembangan teknologi *Internet of Things (IoT)* perlu terus ditingkatkan dari sisi *end-nodes* dan komunikasi dengan internet server (E. -H. Meftah, et.al, 2024) sampai pada *application server* atau *end-user* agar menghasilkan data yang *realtime* dan data yang presisi. Tingkat presisi ini ditentukan oleh kualitas sensor yang diciptakan atau dibentuk. Sehingga programmer perlu dalam melakukan kalibrasi pada sensor, melakukan proses *uplink* dan *downlink data* ke *application* atau *internet server* (M. L. Liya and M. Aswathy, 2020). Programmer juga perlu memperhatikan konektifitas dengan internet server tentang kemampuan *transmitting data, limitation*, dan faktor pembiayaan.

IoT adalah sebuah jaringan yang melibatkan fisik yaitu infrastruktur internet dan sampai pada metode komunikasi yang dapat dibangun (M. Geetha, et.al, 2023). Pada studi kasus riset ini menggunakan kesehatan sebagai object riset yang perlu dikembangkan. Sektor kesehatan (M. I. Waly et al, 2024) terutama diindonesia adalah sektor yang krusial dan perlu ketelitian super tinggi dari sisi kalibrasi dan output data. Sehingga sensor-sensor yang diciptakan sendiri dengan berbagai teknologi seperti *Bio-Sensors* maupun *Commercial Sensors* diharapkan mampu memberikan data yang tepat (N. Misran, et.al. 2019). Ditambah lagi para *researchers* akan dihadapkan pada masalah baru yaitu *ethical clearance* dan diperlukan suatu perizinan dalam pengembangan *prototype* dilevel rumah sakit dan penyebaran secara nasional.

Harapan penggunaan IoT pada kesehatan adalah kecepatan dan presisi data (S. Paria., et.al, 2024), serta *realtime data* sehingga seorang dokter maupun tenaga medis akan dengan cepat dan *realtime* (R. M. Aljamrah, et.al, 2024), dimanapun, dan kapanpun berada akan mampu mendapatkan data pasien yang sedang berada di daerah yang berbeda bahkan dinegara yang berbeda. Dengan mendapatkan data yang tepat dan cepat secara *realtime* maka dokter akan dengan mudah memberikan kesimpulan dari hasil check data (C. P. Lora, et.al, 2024) dan pengambilan kesimpulan dan langkah atau tindakan medis selanjutnya. IoT akan mampu memberikan layanan yang lebih dibandingkan dengan hanya mengandalkan *Human* dalam hal ini tim medis yang banyak kesalahan dan juga *Human Error* (U. R. Iman, et.al, 2024).

Selanjutnya, Indonesia yang begitu luas, dengan negara kepulauan yang sangat banyak, diperlukan telekomunikasi infrastruktur yang perlu merata sampai pada ujung-ujung daerah terpencil atau daerah 3T diindonesia. Terdapat 23 % data masyarakat indonesia berdasarkan Badan Pusat Statistik tahun 2023 mengalami kesulitan mengakses fasilitas kesehatan dasar dikarenakan infrastruktur dan letak geografis, hal ini didasarkan juga pada kualitas akses internet didaerah-daerah terpencil diindonesia. IoT adalah salah satu solusi yang dapat digunakan untuk masalah kesenjangan teknologi khususnya untuk layanan kesehatan (N. T. Nadew, et.al, 2022), (S. Paria, et.al, 2023), (G. D, G. P, A. R. R, K. S and U. K, 2023).

Beberapa Modul yang dapat dimanfaatkan untuk membangun teknologi IoT antara lain adalah *Microcontroller* Arduino dengan berbagai tipe, dengan tipe super *small* mampu digunakan untuk mengirimkan data detak jantung menggunakan pulse sensor. Atau ESP32 yang sudah dilengkapi dengan *WiFi Module* akan mampu dikembangkan untuk koneksi ke internet lebih mudah (R. K P, V. K. S M, P. V, D. N, M. P. Nallasivam and P. S. L, 2024), namun *Microcontroller* Arduino masih perlu menggunakan LoRa Module dengan *Chirps Spread Spectrum (CSS)* untuk komunikasi antara LoRa yang nantinya mampu juga dikirimkan ke internet (W. Guanyang, et.al, 2022). Sedangkan module lainnya seperti *Bluetooth Low Energy (BLE)*, dan *WiFi Module* mampu sebagai *supporting devices* untuk *Internet of Things*.

Teknologi Nirkabel yang dipilih pada riset ini adalah LoRa, dimana LoRa ini adalah salah satu tipe LoRa pada Frekuensi UHF (*Ultra High Frequency*) pada range 433 MHz – 923 MHz secara umum digunakan oleh beberapa negara didunia (B. P. R. Bhavanam and P. Ragam, 2024), dengan nilai frekuensi sesuai dengan *Industrial, Sciencetific, and Medical (ISM) Band* yang berbeda disetiap negara atau benua. Walaupun diketahui bahwa LoRa adalah salah satu perangkat Nirkabel dengan *Free ISM Band* (D. Hunt, 2021). di indonesia menggunakan 920-923 MHz. Secara lengkap dapat dilihat pada Tabel 1 untuk spesifikasi Frekuensi yang ada di indonesia dan negara-negara lainnya yang menggunakan LoRa Module (P. Mishra, et.al, 2023). Dari Tabel 1 dapat terlihat *Tx Power default* +14 dBm, SF 7-12,

dengan BW sebesar 125 kHz sampai 500 kHz, namun secara umum yang digunakan adalah 125 kHz. Sedangkan untuk *Data-Rate* secara umum mencapai 250 bps-50kbps [5,6,7,8]. Perbandingan secara detail dapat dilihat pada Tabel 1. Budget Link ini juga tergantung dari lokasi pengujian, apakah berada pada *Line of Sight* (LoS) atau *Non-Line of Sight* (NLOS). Dari riset ini akan dianalisis secara detail tentang Link Budget yang akan menjadi parameter *Quality of Services* (QoS) dari riset yang sedang dilakukan untuk menjadikan riset menjadi lebih Komprehensif (A. P. Juledi, et.al, 2024).

Tabel 1. Perbandingan *Frequency Band*, *Channel Parameter* dan parameter lain untuk penggunaan LoRaWAN didunia

	Europe	North Amerika	China	Korea	Japan	India	Indonesia
Frequency band	867 MHz	902-928 MHz	470-510 MHz	920-925 MHz	920-925 MHz	865-867 MHz	920-923 MHz
Channels	10	64+8+8					
Channels BW Up	125/250 kHz	125/500 kHz					
Channels BW Dn	125kHz	500kHz					
Tx Power Up	+14dBm	+20dBm typ (+30dBm allowed)	In definition by Technical Committee	In definition by Technical Committee	In definition by Technical Committee	In definition by Technical Committee	In definition by Technical Committee
Tx Power Up	+14dBm	+27dBm					
SF up	7-12	7-10					
Data Rate	250bps-50kbps	980bps-21.9kbps					
Link Budget up	155dB	154dB					
Link Budget Dn	155dB	157dB					

Teknologi LoRa memberikan kemampuan transmisi data jarak jauh dan memungkinkan supporting secara maksimal dalam IoT Network. (S. Punnesetty, et.al, 2024). Namun terus memperhatikan dari berbagai sisi *environment* yang *essential*, dipastikan tidak berada pada titik NLOS, namun tetap memberikan suatu strategi untuk *Fresnel Zone* dan juga *Obstacles*, dengan salah satunya meningkatkan dari *Tx High* dan *Rx High antenna position* untuk menghasilkan transmisi data yang maksimal.

LoRa memungkinkan melakukan transmisi data sampai 15 km pada *Line of Sight* dan memungkinkan untuk membangun infrastruktur internet of things yang sangat mudah dan murah. Namun harus tetap dilakukan pemrograman yang presisi dalam hal penentuan sensors valuenya. LoRa selain kemampuan jarak jauh juga *Low Power*, namun *Low Bandwidth* yang menyebabkan transmisi data hanya mampu untuk data-data sensors dengan *payload* (bytes) yang kecil seperti halnya sensors pulse, sensors temperature, kelembapan, ketinggian, dan juga sensors lainnya yang berhubungan dengan data-data lingkungan dan kesehatan.

Selanjutnya, dalam melakukan transmisi data diperlukan pertimbangan yang matang dari sisi *Quality of Servicenya* (QoS), misalnya dengan percobaan untuk mendapatkan analisis dari nilai RSSI dan

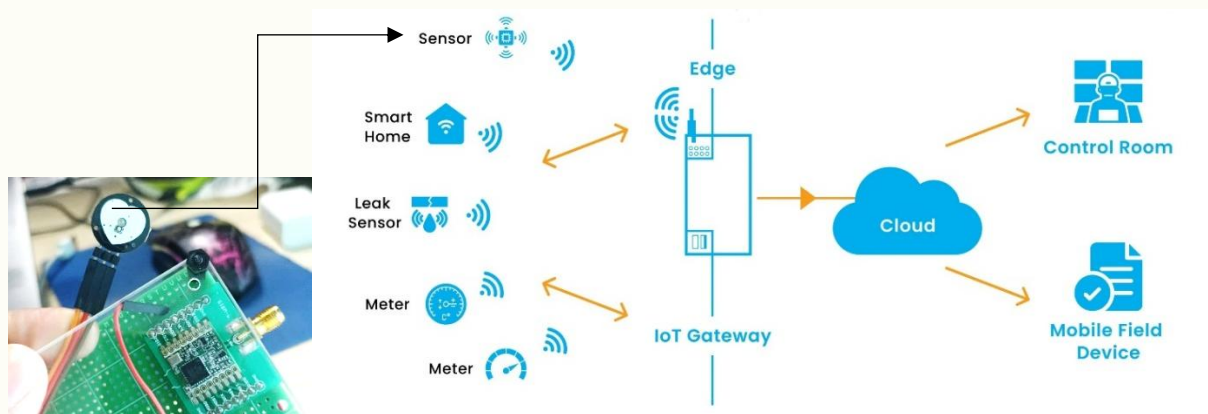
SNR, dan melakukan analisis dalam hal kondisi data seperti *packet loss data*, dan parameter QoS lainnya. Strategi yang bisa dilakukan adalah jika dalam kondisi *Multi-Point Communication* dibutuhkan beberapa metode seperti *Adaptive Data Rate* (ADR) ataupun *Listen Before Talk* (LBT). Namun dalam *Mesh Communication* perlu menentukan dari sisi *Address* dan *Destination Number*. Saat LoRaWAN sudah dibangun, hal yang *essential* adalah menentukan kondisi server dan sistem keamanannya, LoRaWAN menggunakan AES (*Advanced Encryption Standard*) pada sistem keamanan di Internet servernya (A. A. Tesfay, et.al, 2022).

Sistem LoRaWAN yang dibangun diharapkan mampu memberikan data yang akurat dan *realtime* dan mampu memberikan *delay* yang kecil, error packet data yang kecil, dan beberapa sensors kesehatan yang *compatible* dengan beberapa *Microcontroller* dan *Nirkable Devices* diharapkan mampu terus dikembangkan dalam hal tampilan (*Light Type*) dan kemampuan jarak jangkauan atau menggunakan suatu Antenna yang memiliki *Gain* yang besar dan juga didukung dengan posisi dari *end-devices* untuk menghasilkan kualitas data yang baik dalam proses transmisi datanya .

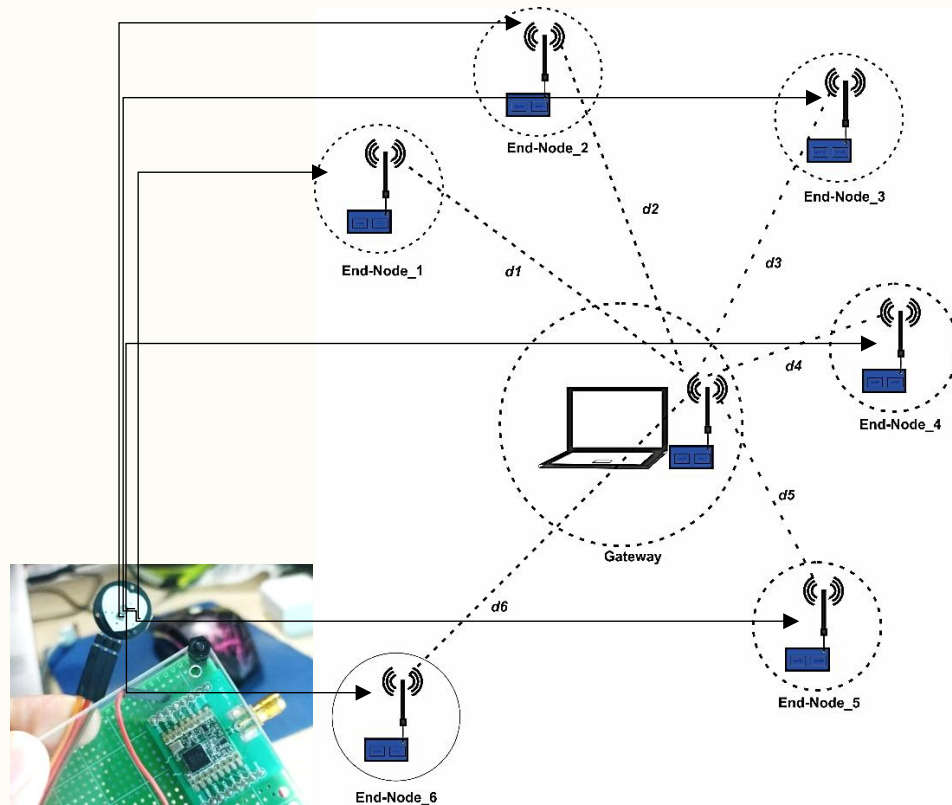
Pengembangan Sistem IoT dengan terestrial condition masih mengalami kesulitan saat menyelesaikan tantangan koneksi dan komunikasi data di area terpencil yang masih jauh dari koneksi internet, sehingga perlu pengembangan LoRaWAN IoT based dengan *satellite Communication* untuk menjangkau area yang lebih luas.

METODE

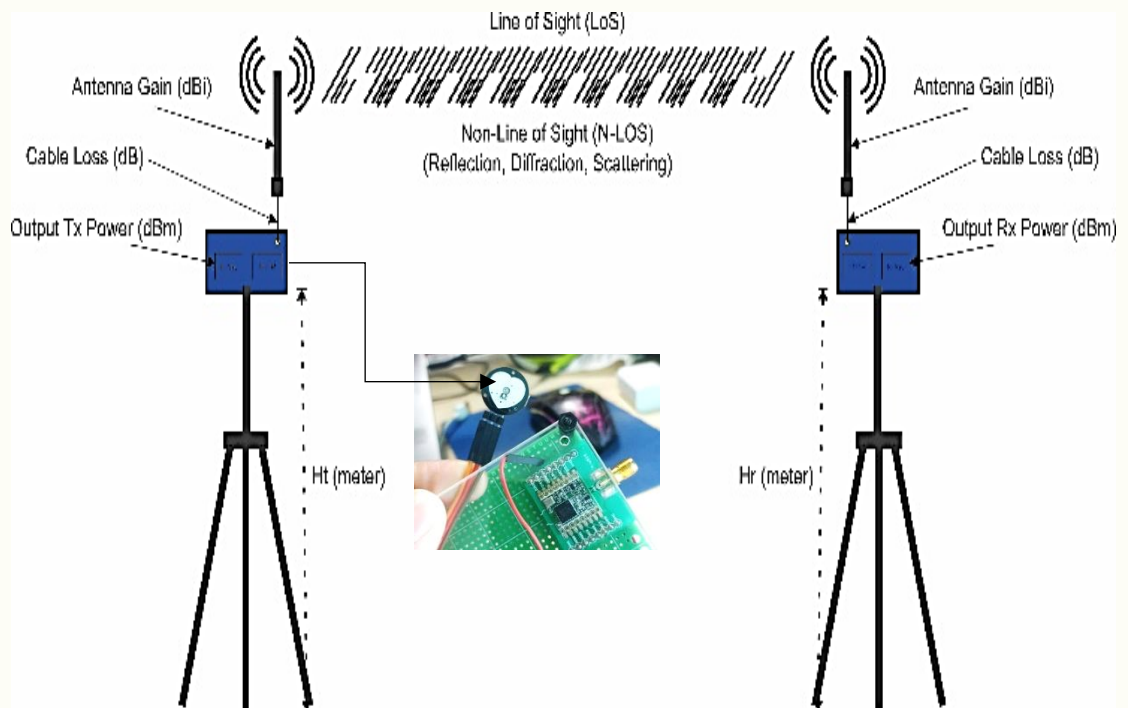
Dalam pengembangannya, sensor IoT LoRaWAN pada *terrestrial communication* memang mendapatkan banyak tantangan baru, sehingga perlu membangun sistem komunikasi *end-devices* ke *Edge Router* dengan baik, tanpa halangan, meningkatkan posisi atau mengatur *gain* pada *end-devices* dan melakukan transmisi pada *Line-of-Sight* (LoS). Namun didaerah perkotaan, hal ini tidak dapat dilakukan karena kondisi halangan yang menyebabkan terjadinya NLOS. Gambar 1 menunjukkan secara lengkap komunikasi sensor dan komunikasi dengan Internet Server yang disebut dengan *Uplink Process* dan *Downlink Process* dari *Edge Router* atau *Cloud* ke *End-User* [hashstudioz.com].



Gambar 1. Sistem Komunikasi LoRaWAN IoT Based dengan Pulse Sensor untuk Deteksi Detak Jantung (hashstudioz.com)



Gambar 2. Komunikasi antar sensor Node dengan sensor pulse [Source: Riset Pribadi]

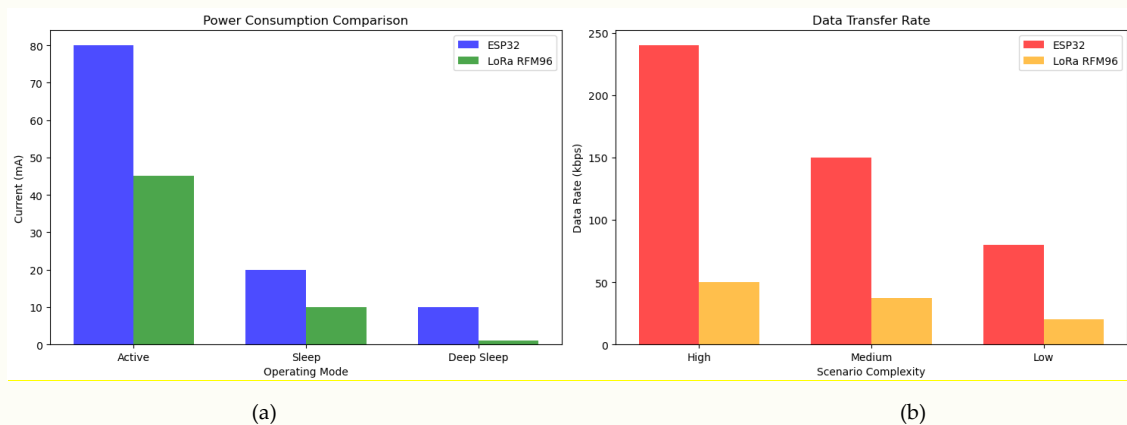


Gambar 3. Uji Tx-Rx pada LoRa RFM96 dengan Pulse Sensor [Source: Riset Pribadi]

Gambar 2 dan 3 adalah contoh sistem komunikasi LoRaWAN yang dibangun pada riset ini, dua gambar ini adalah gambar asli atau gambar pribadi dari riset ini, Gambar 2 lebih pada multi-point communication yang langsung pada satu titik, yang disebut dengan Multi-point communication, dan fungsi *Gateway* sebagai Edge Router yang akan mentransmisikan atau mengirimkan data ke *Application Server* or *Internet Server*. Sedangkan Gambar 3 lebih pada Test-Bed LoRa pada jarak berbeda untuk mendapatkan nilai RSSI (-dBm) dan SNR (-dB). Terdapat dua kondisi yaitu LoS dan NLoS yang dapat dianalisis.

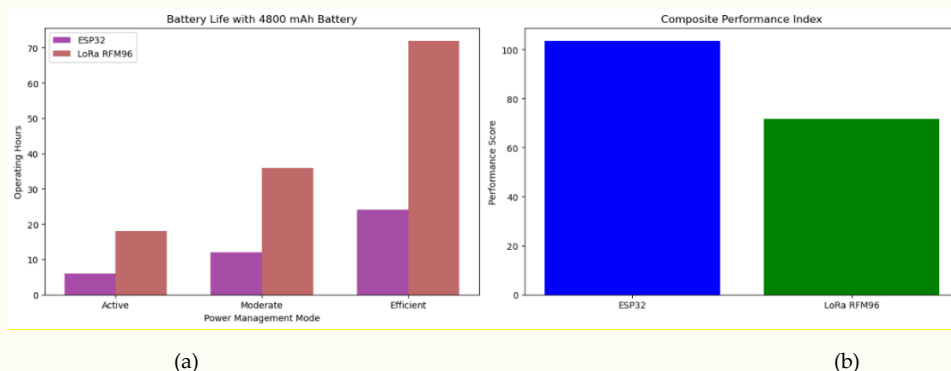
HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisis pertama yang dilakukan adalah mereview secara detail *performance* dari ESP32 dan RFM96 serta battery 4800 mAH yang digunakan. Beberapa parameters yang bisa dianalisis adalah Power Compsumption dari End-Node sensor yang digunakan saat Active atau transmisi, Sleep Operating Mode, dan Deep Sleep atau benar-benar End-Nodes tertidur. Seperti ditunjukkan pada gambar 4a.



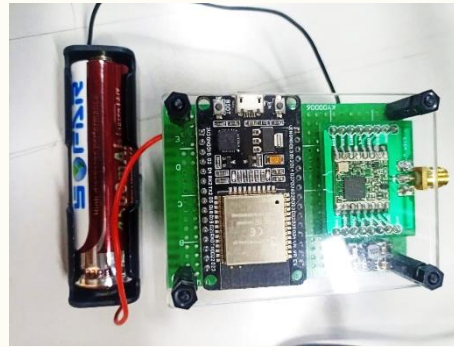
Gambar 4. (a) Power Consumption Comparison dan (b) Data Transfer Rate

Faktor berikutnya adalah Payload dan distance dapat mempengaruhi Time-on-Air (ms), atau dengan kata lain adalah Latency, seperti ditunjukkan pada Gambar 4b. Pada gambar tersebut terlihat data-rate (kbps) dari LoRa yang sebenarnya terbatas maksimum di 250 kbps, dengan asumsi bahwa End-Node LoRa sedang melakukan transmitting data secara maksimal atau High, Medium, dan Low. Hal ini tergantung dari seberapa besar dan jauh yaitu Payload dan distance dari LoRa, sehingga gambar 4b tidak significant tepat secara nilai namun menunjukkan nilai pendekatan. Selanjutnya adalah Battery Life (mAH), dimana penggunaan terbesar disaat transmisi terus menerus, sehingga diperlukan metode untuk transmisi agar tidak menguras baterai atau melakukan penghematan daya baterai seperti ditunjukkan pada gambar 5a, nilai efisiensi LoRa RFM96 lebih besar daripada ESP32, dan hal ini bisa diefektifkan dengan menambah metode transmitting data dan juga delay time, dan menentukan waktu tidur end-nodes. Gambar 5b adalah Composite Performance Index dari ESP32 dan LoRa RFM96.



Gambar 5. (a) Battery Life with 4800 mAH dan (b) Composite Performance index

Gambar 6 a dan b adalah hasil prototype pertama yang dihasilkan oleh tim kami. Yaitu ESP32, RFM96, LoRa, dan Battery. Dan penempatannya pada bagian tangan atau lengan untuk mendapatkan data denyutan nadi pasien. Dari hasil prototype ini akan dianalisis seperti pada gambar 3 dimana posisi Tx dan Rx ditempatkan berbeda-beda sampai mendapatkan nilai RSSI (-dBm) berbeda sampai pada akhirnya Loss. Gambar 6a adalah testing pada *prototype* 1 menggunakan battery dan akrilik, sedangkan Gambar 6b adalah dimensi saat dipasang pada bagian lengan pasien, tampaknya tidak terlalu besar, namun yang perlu ditingkatkan adalah dari sisi kenyamanan pasien, dapat diubah menjadi bentuk lebih kecil menggunakan 3D Printer dan juga pengkait.



(a)



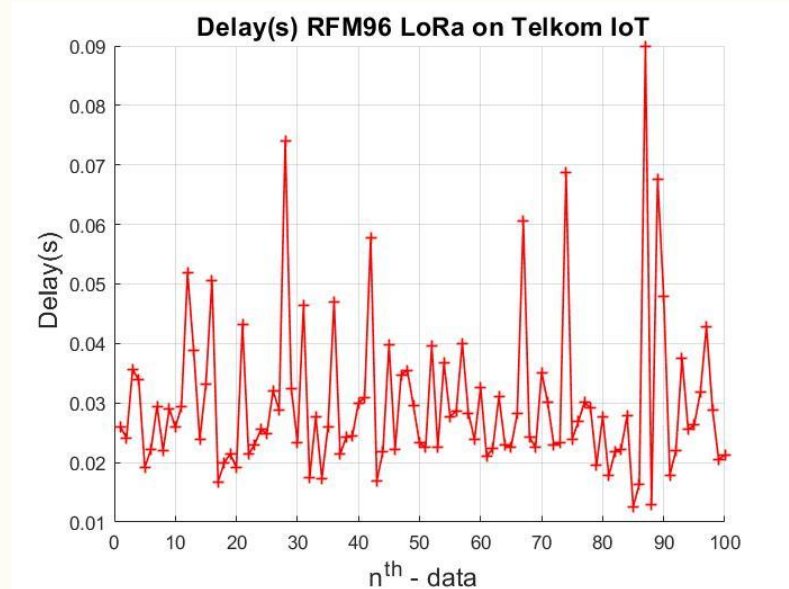
(b)



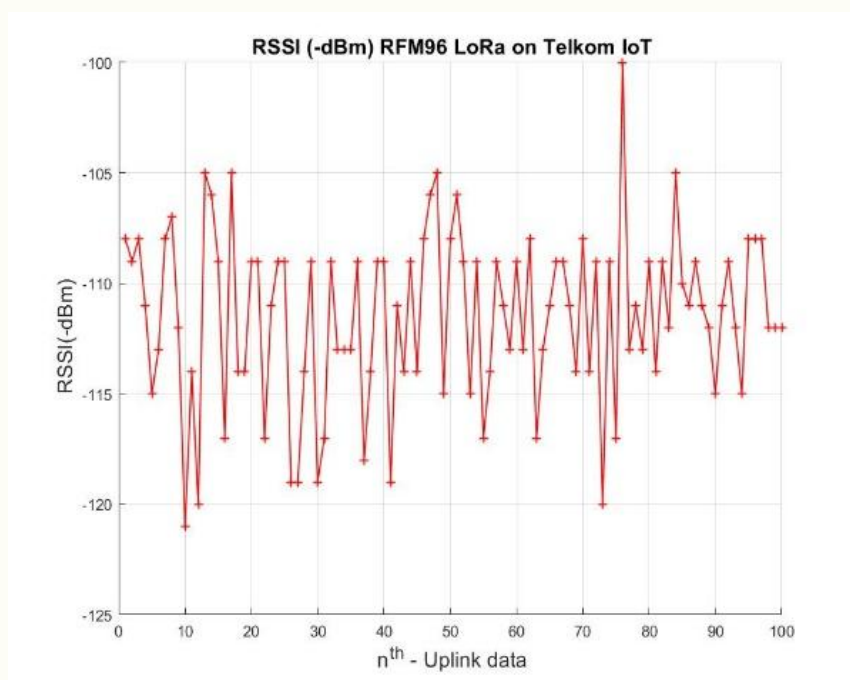
(c)

Gambar 6. (a, b, & c) Hasil dari *End-Node LoRa Prototype 1*

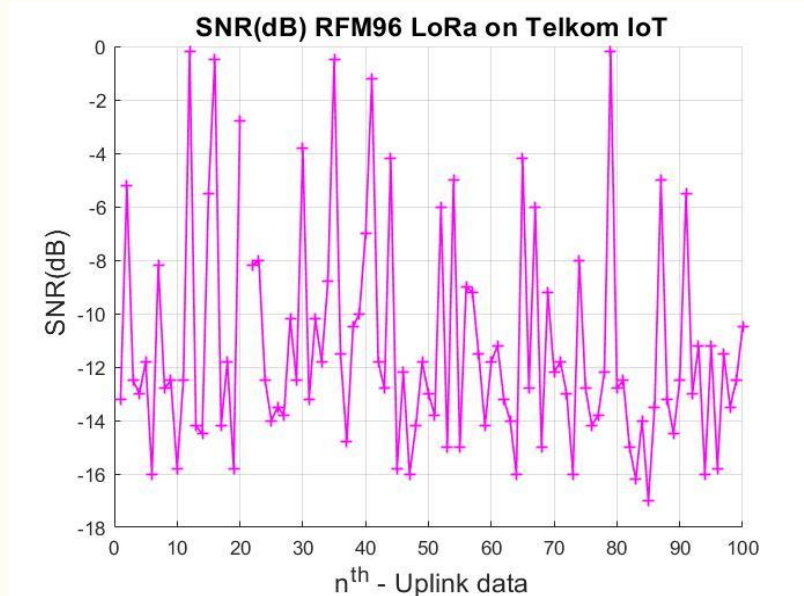
Lebih jauh, gambar 6c adalah bentuk dari *Pulse Sensor* dimana sensor ini digunakan untuk mendeteksi denyutan nadi pasien. Selanjutnya dari *End-Nodes* akan dikomunikasikan pada Application Server. Misalnya Telkom IoT seperti halnya *Application Server Thingspeak* dan Tago.io, ataupun *The Things Networks (TTN)*. Selanjutnya, Gambar 7 menunjukkan *Delay* dari RFM96 pada Telkom IoT atau Application Server yang dibangun. Semakin besar delay (ms), berarti membuktikan bahwa semakin buruk komunikasinya atau bisa saja karena adanya *Attenuation Signal*, dan Signal Internet yang memburuk, atau bisa dari jarak jangkauan dari Tx ke Gateway yang jauh, yang disebabkan oleh banyaknya *obstacles*.



Gambar 7. Delay RFM96 pada *Application Server*

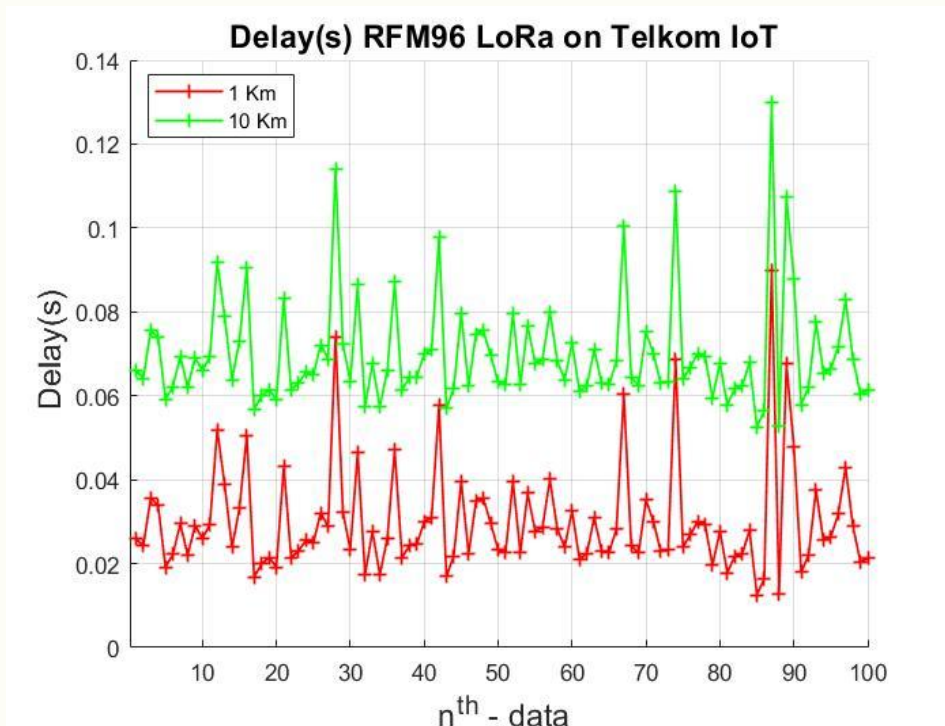


Gambar 8. RSSI pada RFM96 di *Application Server*



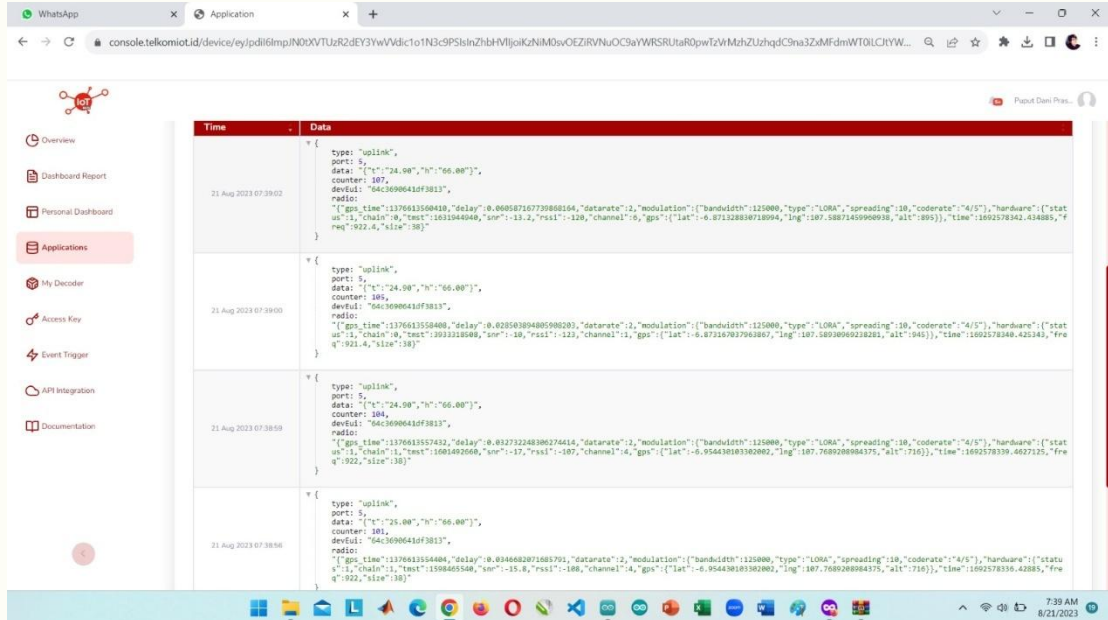
Gambar 9. SNR pada RFM96 di *Application Server*

Berikutnya adalah factor RSSI dan SNR yang essential bagi proses transmitting data LoRaWAN yang menunjukkan *Quality of Services* (QoS) dari Transmitting data LoRa. Selanjutnya bahwa RSSI dan SNR juga bisa menunjukkan seberapa bagus koneksi antara Tx dan Rx, biasanya semakin jauh jarak antara Tx dan Rx pada LoRa Module, maka akan menyebabkan RSSI (-dBm) semakin melemah. Demikian pula dengan *Signal-of-Noise Ratio* juga mengalami peningkatan *noise*. Jika dilihat pada Figure 8 dan 9, kita dapat melihat bahwa data yang semakin banyak menjadi salah satu parameter kunci dalam menentukan QoS, SNR semakin melemah dari -2 dB menjadi -14 bahkan -16 dB jika kita melihat dari grafik. Gambar 10 adalah perbandingan delay RFM96 dengan perbedaan jarak.



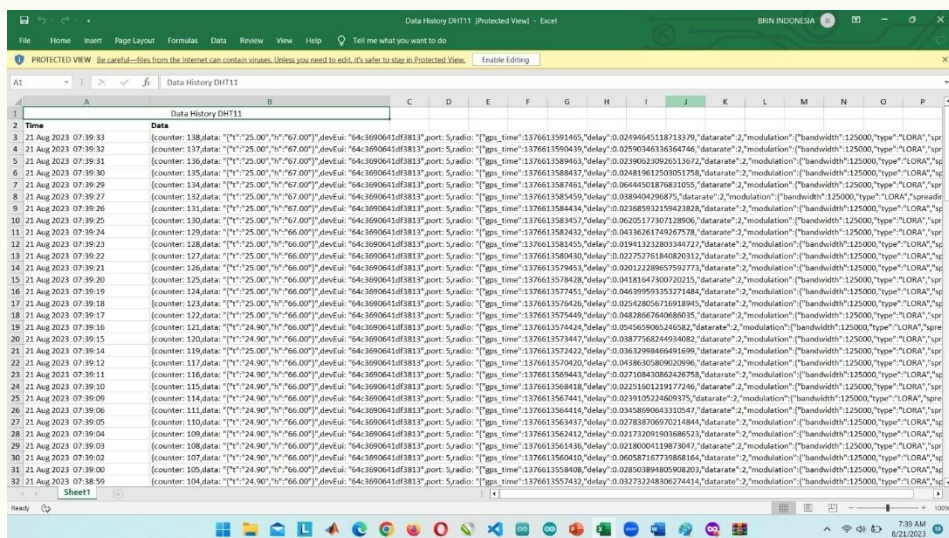
Gambar 10. Perbandingan *Delay* RFM96 dengan perbedaan jarak

Gambar 10 telah menyatakan dengan jelas bahwa *delay* terjadi semakin besar jika kemungkinan terjadi penambahan jarak. Parameter lain yang menunjukkan hal ini adalah *Time on Air* (ToA). *Time on Air* adalah suatu waktu yang menunjukkan jarak dari Tx-Rx, semakin jauh jarak antara Tx dan Rx, maka ToA juga semakin besar. Gambar 11 adalah realtime data pada *application Server*.

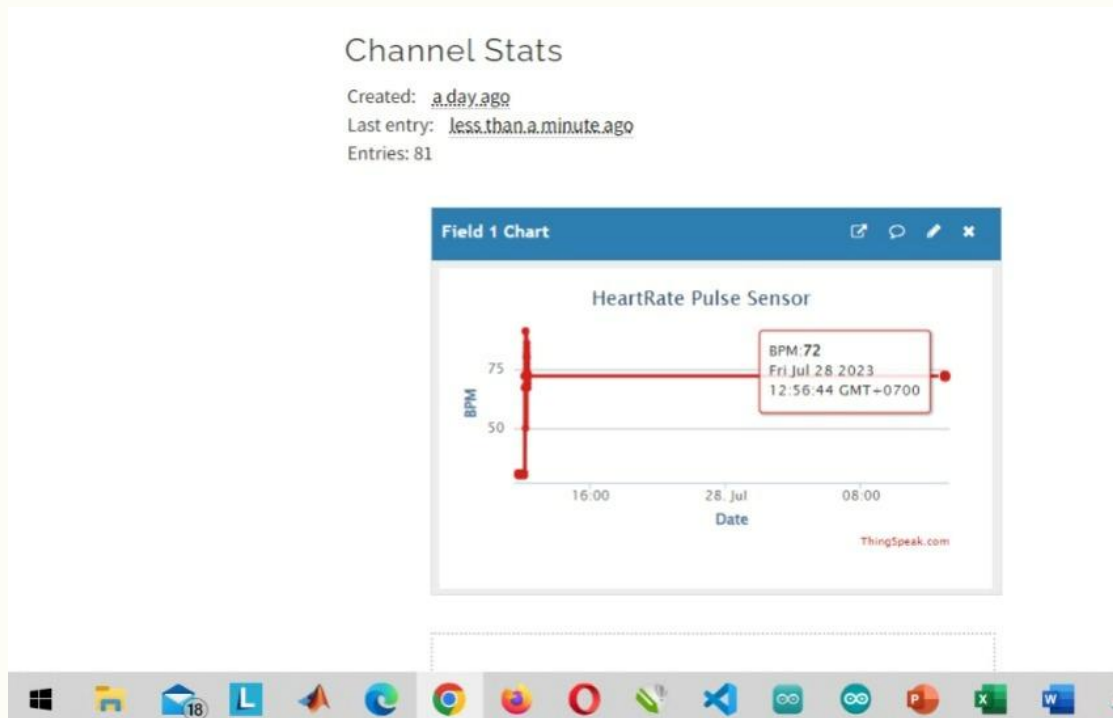


Gambar 11. Realtime data di *Application Server*

Kebutuhan akan pelaporan, maka dibutuhkan suatu sistem yang mampu memberikan data secara *realtime* dan juga data yang dapat disimpan. Pada gambar 12 adalah contoh pelaporan data yang didapatkan dari *application server* yang dapat juga didownload dengan mudah dengan format JSON maupun excel sesuai dengan kebutuhan. Hal ini akan mampu memberikan pelaporan data yang super cepat dengan berdasar pada data *end-devices sensor* pada jarak yang sangat jauh menggunakan LoRa Module. Sedangkan gambar 13 menunjukkan data yang realtime dapat dilihat secara langsung pada *Application Server*, dan pengembangannya bisa dengan mengubah mobile dari tampilan sebelumnya yaitu tampilan *dektop*.



Gambar 12. Contoh data pada *Application Server* yang berhasil di download sebagai laporan



Gambar 13. Contoh data pada *Application Server* dengan *realtime data Beat per minute (bpm)*

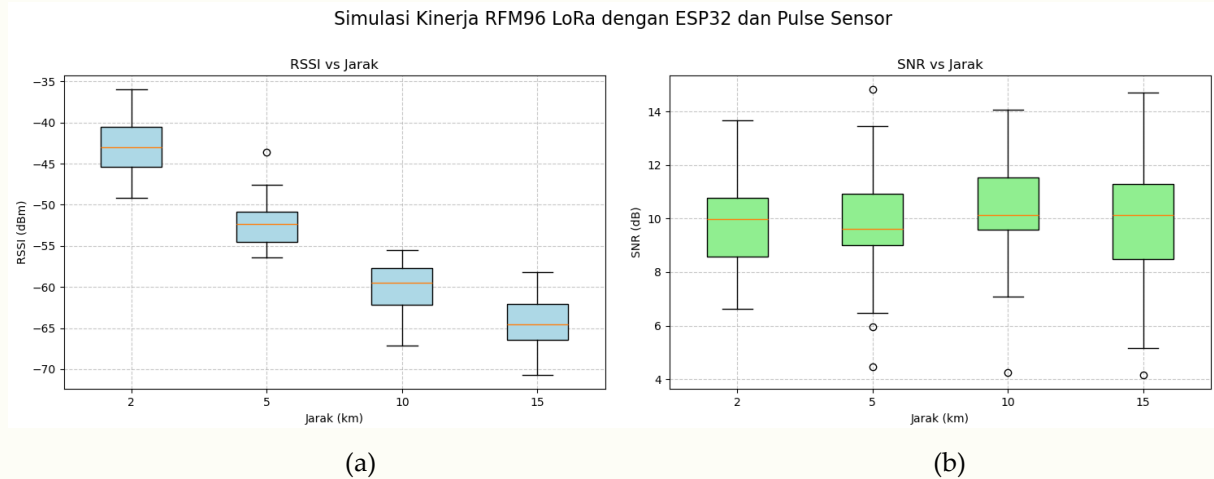
Gambar 14 menunjukkan Data Detak Jantung per menit (BPM), pada tampilan menunjukkan nilai sebesar 72 secara nilai *average*. Dan ini menunjukkan detakan jantung normal yaitu berkisar 60-100 BPM pada saat tidak melakukan aktifitas apapun. Sedangkan jika detakannya <60 ataupun lebih dari 100 BPM dikategorikan dengan detakan jantung tidak normal yang mengarah pada penyakit tertentu dan kita bisa menyebutnya dengan *Tachycardia* and *bradycardia*.

```

Message (Enter to send message to 'ESP32 Dev Module')
Detak jantung per menit (BPM): 72
Detak jantung per menit (BPM): 72
Detak jantung per menit (BPM): 72
Detak jantung per menit (BPM): 72
Detak jantung per menit (BPM): 72
Detak jantung per menit (BPM): 72
Detak jantung per menit (BPM): 72
Detak jantung per menit (BPM): 72
Detak jantung per menit (BPM): 72
Detak jantung per menit (BPM): 72
Detak jantung per menit (BPM): 73
Detak jantung per m

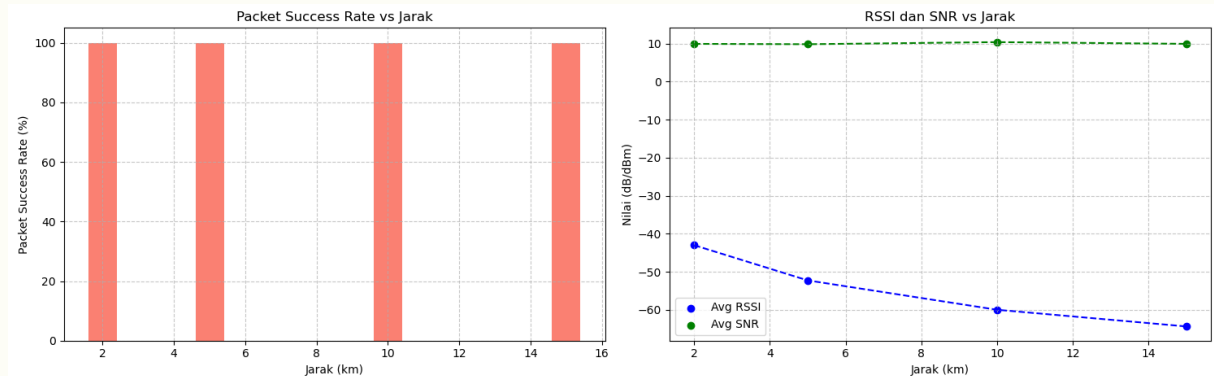
```

Gambar 14. Realtime data Detakan jantung



Gambar 15. (a) RSSI vs Jarak dan (b) SNR vs Jarak

Analisis pada gambar 15 menunjukkan perbandingan antara RSSI dan jarak, semakin jauh jarak jangkauan Tx-Rx communication, maka RSSI semakin melemah, misalnya pada gambar 16 ditunjukkan bahwa RSSI (-dBm) pada jarak 2 km sekitar -40 dBm, semakin melemah pada jarak 5 km sebesar -50 dBm, dan terus melemah, semestinya gambar 16a adalah *Line-of-Sight (LoS)* Condition yang secara nyata memberikan hasil lebih baik dibandingkan NLoS. Sedangkan sama seperti RSSI, pada Gambar 16 b. Menunjukkan nilai dari SNR jika Semakin jauh jarak Tx-Rx, maka nilai dari SNR juga akan mengalami perubahan, SNR (dB) menunjukkan dari jarak 2 km adalah 10 dB, namun pada jarak 10 km meningkat demikian pula pada jarak 13 km menghasilkan SNR >14 dB.



Gambar 16. (a) Packet Success Rate vs Jarak dan (b) RSSI, SNR vs Jarak (km)

Gambar 16a menunjukkan *Packet Success Rate* berbanding dengan jarak, dan juga gambar 16b adalah RSSI dan SNR berbanding dengan jarak, secara garis besar, Packet data mengalami *loss packet* jika Jarak meningkat, namun dalam hal simulasi, packet loss tidak dapat dinyatakan, dikarenakan pada kasus yang nyata, dipengaruhi oleh *factor obstacles*, dan faktor lain seperti *Fresnel Zone* yang menyebabkan *attenuation signal* dan *packet error*.

KESIMPULAN

Implementasi *Internet of Things* menggunakan RFM96 dapat dikombinasikan dengan ESP32 maupun Arduino, namun dengan kebutuhan konektivitas dengan WiFi Module, maka ESP32 menjadi pilihan tepat, dan juga hubungannya dengan Quality of Services seperti *Uplink* dan *Downlink* data dengan *Application Server*. *Application server* yang digunakan pada riset ini adalah Telkom IoT dan Thingspeak, dan mampu memberikan data *realtime* berupa grafik analisis dan juga fasilitas untuk dapat didownload dengan format JSON dan Excel untuk kebutuhan tertentu. Data yang diberikan pada Application Server adalah delay, RSSI, SNR, dan Packet Error yang secara *realtime* berdasarkan waktu

koneksinya. Nilai RSSI akan berkurang atau melemah berdasarkan jarak dan juga faktor halangan yang menyebabkan attenuation signal, demikian juga dengan SNR yang terpengaruh oleh jarak komunikasi Tx-Rx. Time-on-Air (ToA) juga dipengaruhi oleh jarak, semakin jauh Tx-Rx, maka ToA semakin besar. Packet Data atau Payload semakin mengecil berdasarkan jarak Tx-Rx communication. SF12 digunakan untuk komunikasi jarak terjauh, dibandingkan SF7, namun data-rate yang dihasilkan pada SF7 lebih besar dibandingkan dengan SF12. Data Kesehatan berupa detakan jantung dengan menggunakan sensor pulse pada riset ini telah berhasil didapatkan secara presisi dan tepat, dapat dilihat dari Gambar 14 pada riset ini yaitu Realtime data Detakan jantung dan juga kenyamanan pasien dengan alat yang kecil dan lebih ramping seperti ditunjukkan pada gambar 6b, namun perlu peningkatan dari sisi delay, agar dapat memberikan data tepat waktu, dan error packet bisa terjadi dikarenakan faktor *attenuation signal* dan pelemahan jaringan internet pada sisi *Application server*.

DAFTAR PUSTAKA

- Aljamrah, R. M., Zaytoon, R. B. A., & Al-Asad, J. F. (2024, December). An Innovative LoRa Based Health-Monitoring System. In 2024 6th International Symposium on Advanced Electrical and Communication Technologies (ISAECT) (pp. 1-5). IEEE. 10.1109/ISAECT64333.2024.10799613.
- Bhavanam, B. P. R., & Ragam, P. (2024, July). Exploring LoRa Signal Propagation in Indoor and Outdoor Environments: A Comparative Study. In 2024 IEEE International Conference on Smart Power Control and Renewable Energy (ICSPCRE) (pp. 1-6). IEEE. 10.1109/ICSPCRE62303.2024.10675046.
- Geetha, M., Ramesh, S., Senthilkumar, C., Nirmala, P., & Ahila, S. S. (2022, October). A Smart LoRa Assisted Accident Prevention Scheme using IoT Technology. In 2022 3rd International Conference on Smart Electronics and Communication (ICOSEC) (pp. 422-427). IEEE. 10.1109/ICOSEC54921.2022.9952036.
- Gifty, D., Gowtham, P., Antony Rubas, R., Kurinjinathan, S., & Umapathi, K. (2023, December). IoT-Based EEG Measurement Analysis using LoRa Technology. In 2023 International Conference on Intelligent Technologies for Sustainable Electric and Communications Systems (iTech SECOM) (pp. 45-48). IEEE. 10.1109/iTechSECOM59882.2023.10435297.
- Guangyang, W., Na, X., Shun'an, X., & Yuhan, X. (2022, December). Development of low power transmission line clamp temperature measurement system based on Lora communication. In 2022 International Conference on Knowledge Engineering and Communication Systems (ICKES) (pp. 1-5). IEEE. 10.1109/ICKES55623.2022.10060208.
- Hunt, D. (2021). LoRa Alliance Certification-Journal of ICT. Journal of ICT Standardization, 9(1), 13-20. 10.13052/jicts2245-800X.912.
- Iman, U. R., Zada, M., Basir, A., Hayat, S., Lim, Y. H., & Yoo, H. (2024). IoT-Enabled real-time health monitoring via smart textile integration with LoRa technology across diverse environments. IEEE Transactions on Industrial Informatics. 10.1109/TII.2024.3424517
- Juledi, A. P., Huda, M. K., Putra, M. T. D., Samsunar, L. D., Adi, P. D. P., & Nurdiansyah, Y. (2024, November). Performance Evaluation of LoRa 923 MHz for the Internet of Things. In 2024 IEEE 10th Information Technology International Seminar (ITIS) (pp. 30-34). IEEE. 10.1109/ITIS64716.2024.10845693.
- Liya, M. L., & Aswathy, M. (2020, October). LoRa technology for Internet of Things (IoT): a brief survey. In 2020 fourth international conference on I-SMAC (IoT in social, mobile, analytics and cloud)(I-SMAC) (pp. 8-13). IEEE. 10.1109/I-SMAC49090.2020.9243449.
- Lora, C. P., Rajiv, A., & Sahoo, J. (2024, March). An Empirical Study of Medical Diagnosis Using Deep Learning. In 2024 2nd International Conference on Artificial Intelligence and Machine Learning

- Applications Theme: Healthcare and Internet of Things (AIMLA) (pp. 1-6). IEEE. 10.1109/AIMLA59606.2024.10531550.
- Meftah, E. H., Benmahmoud, S., & Rabehi, A. (2024, December). Innovative Wireless Solutions for Real-Time ECG Monitoring: Leveraging BLE, Wi-Fi, and LoRa Technologies. In *2024 International Conference on Telecommunications and Intelligent Systems (ICTIS)* (pp. 1-6). IEEE. 10.1109/ICTIS62692.2024.10894056.
- Mishra, P., Yadav, D. K., & Chinara, S. (2023, November). Linking Healthcare to Remote Areas through LoRa-IoT-based Communication. In *2023 IEEE Future Networks World Forum (FNWF)* (pp. 1-5). IEEE. 10.1109/FNWF58287.2023.10520616.
- Misran, N., Islam, M. S., Beng, G. K., Amin, N., & Islam, M. T. (2019, July). IoT based health monitoring system with LoRa communication technology. In *2019 International Conference on Electrical Engineering and Informatics (ICEEI)* (pp. 514-517). IEEE. 10.1109/ICEEI47359.2019.8988869.
- Nadew, N. T., Muleta, M. T., Shaurya, A., Rout, D. K., & Das, D. (2022, July). LoRa Signal Propagation Modeling for Medical Communication. In *2022 IEEE Students Conference on Engineering and Systems (SCES)* (pp. 1-5). IEEE. 10.1109/SCES55490.2022.9887531.
- Paria, S., Choudhury, D. R., Pramanik, S., & Misra, I. S. (2024, December). Experimental Characterization of LoRa Point-to-Point Communication Link for Real Time IoT Health Data Transmission. In *2024 IEEE Calcutta Conference (CALCON)* (pp. 1-5). IEEE. 10.1109/CALCON63337.2024.10914294.
- Paria, S., Nath, S., Mallick, C., & Das, D. (2023, December). Building Multihop LoRa Network for Enhanced Range and Quality Transmission of Healthcare Data. In *2023 8th International Conference on Computers and Devices for Communication (CODEC)* (pp. 1-2). IEEE. 10.1109/CODEC60112.2023.10466170.
- Punneshetty, S., Ashok, S., Niranjnamurthy, M., & Svn, M. (2024, April). Fine Tuning Idefic 9b With LORA for Multimodal Medical VQA. In *2024 International Conference on Knowledge Engineering and Communication Systems (ICKECS)* (Vol. 1, pp. 1-6). IEEE. 10.1109/ICKECS61492.2024.10616779.
- Rajesh, K. P., SM, V. K., Parameshwari, V., Divyaa, N., & Nallasivam, M. P. (2024, August). Design and Implementation of a LoRa-Based Remote Health Monitoring System with Emergency Alert Capabilities. In *2024 7th International Conference on Circuit Power and Computing Technologies (ICCPCT)* (Vol. 1, pp. 259-264). IEEE. 10.1109/ICCPCT61902.2024.10673267.
- Tesfay, A. A., Simon, E. P., Kharbech, S., & Clavier, L. (2022, October). Deep learning-based receiver for uplink in lora networks with sigfox interference. In *2022 18th International Conference on Wireless and Mobile Computing, Networking and Communications (WiMob)* (pp. 25-29). IEEE. 10.1109/WiMob55322.2022.9941543.
- Waly, M., Smida, J., Bakouri, M., Alresheedi, B. A., Alqahtani, T. M., Alonzi, K. A., & Smida, A. (2024). Optimization of a Compact Wearable LoRa Patch Antenna for Vital Sign Monitoring in WBAN Medical Applications using Machine Learning. *IEEE Access*. 10.1109/ACCESS.2024.3434595