

PERANCANGAN DAN IMPLEMENTASI DEVICE TENTANG TEKNOLOGI AKSES LPWAN LORA UNTUK MONITORING AIR SUNGAI CITARUM

DEVICE DESIGN AND IMPLEMENTATION ABOUT LPWAN LORA ACCESS TECHNOLOGY FOR CITARUM RIVER WATER MONITORING

Pinky Devi Dama Istianti.¹, Dr. Nyoman Bogi

Aditya Karna, S.T., MSEE.², Ibnu Ali Nur Safa, S.T., M.Ab.³

^{1,2}Prodi S1 Teknik Telekomunikasi, Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom

¹pinkyistianti@student.telkomuniversity.ac.id, ²nyoman.bogi@telkomuniversity.co.id,

³ibnualin@gmail.com

Abstrak

Implementasi dari *Low Power Wide Area Network (LPWAN) Long Range (LoRa)* Antares dalam pengiriman data *End Node* untuk memenuhi kebutuhan berbagai macam sensor. Penelitian ini fokus pada penentuan kualitas jalur yang dipakai untuk lalu lintas data agar komunikasi data optimal dengan parameter pengujian *Received Signal Strength Indicator (RSSI)* dan *Signal Noise Ratio (SNR)*. Algoritma yang digunakan adalah Fair Adaptive Data Rate yang akan meningkatkan kualitas RSSI dan SNR. Pengujian juga menghitung packet loss, delay, dan throughput. Pengujian ini dilakukan dengan mengirim data sebanyak 50 kali pengiriman data. Jarak yang diuji adalah 0 km, 1 km, 1.5 km, dan 2 km dilakukan pada semua Spreading Factor. LoRa beroperasi pada frekuensi 923-925 MHz menggunakan pita radio Industrial, Scientific, dan Medical yang biasanya disebut dengan ISM Band. Transmisi data yang dilakukan adalah Uplink yaitu End Node mengirim data ke gateway menggunakan kelas A.

Kata Kunci : LoRa, LPWAN, LoRaWAN, Komunikasi Wireless

Abstract

Achievement of Low Power Wide Area Network (LPWAN) Long Range (LoRa) in sending data to meet needs of various sensors or End Nodes. This TA focuses on determining the path quality used for traffic so that optimal data communication with Received Signal Strength Indicator (RSSI) test parameters and Signal Noise Ratio (SNR). Fair Adaptive Data Rate Algorithm used for increasing the Received Signal Strength Indicator (RSSI) and Signal Noise Ratio (SNR). This test also counts the packet loss, delay, and throughput. This test is carried out as many as 50 times the shipment. The tested distance is 0 km, 1 km, 1.5 km and 2 km. LoRa operates at a frequency of 920.100 MHz using Industrial, Scientific, and Medical radio bands which are usually referred to as ISM Bands. The data transmission is Uplink, namely End Node sends data to the gateway using class A.

Keyword : LoRa, LPWAN, LoRaWAN, Wireless Communication

1. Pendahuluan

Citarum merupakan sungai terpanjang di kota Bandung dan sepanjang aliran sungainya terdiri dari berbagai aspek seperti pemukiman penduduk, lahan pertanian maupun hutan, tambak perikanan dan peternakan, serta daerah industri [1].

Saat ini kondisi di sungai Citarum sangat memprihatinkan, selain sedimentasi tanah yang tinggi, terjadi penggundulan hutan di hulu sungai serta masalah sampah dan limbah yang menjadikan sungai Citarum masuk pada kategori sungai paling tercemar di dunia [2].

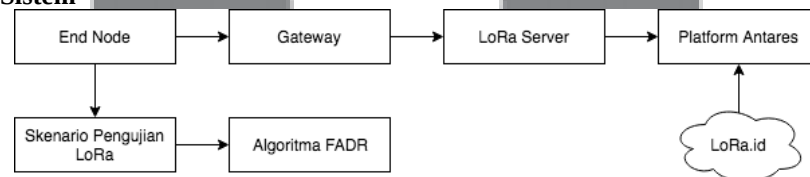
Penyebab utama dari pencemaran sungai Citarum adalah limbah domestik, banyaknya rumah yang berdiri di pinggir sungai membuat limbah rumah tangga secara otomatis akan dibuang ke sungai. Selanjutnya adalah limbah industri, berbagai pabrik tersebut ada yang menggunakan Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) dan ada pula yang tidak menggunakan IPAL, pabrik yang tidak menggunakan IPAL inilah yang menjadi penyumbang pencemaran terbesar dari aspek warna, bau, dan bahan kimia [2]. Terakhir adalah limbah peternakan dan perikanan. Kotoran ternak yang dibuang ke sungai yang dapat menimbulkan pendangkalan sungai dan bau tidak sedap, sehingga akan mencemari air sungai [3].

Dari masalah tersebut, mendorong saya untuk berkontribusi dalam upaya meminimalisir pencemaran di sungai Citarum. Dengan cara membuat sistem monitoring pencemaran dengan menggunakan teknologi akses LPWAN LoRa. Teknologi ini dirasa sangat cocok untuk memonitoring objek dalam jangka waktu tahunan dengan daya baterai yang rendah.

Diharapkan dengan adanya sistem monitoring ini pemerintah dapat mengawasi, mengontrol dan melakukan tindakan terhadap pihak-pihak yang tidak bertanggung jawab dalam menjaga kebersihan sungai Citarum.

2. Dasar Teori

2.1 Desain Sistem

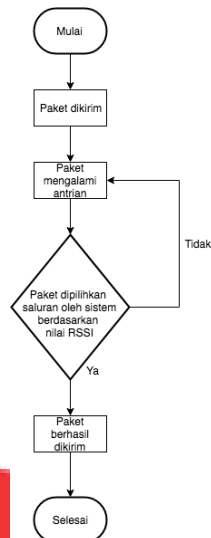


Gambar 2.1 Blok Diagram Sistem LoRa

Pada Gambar 3.1 menjelaskan diagram sistem LoRa, pertama *End Node* mengirimkan data ke *Gateway*. Setelah *Gateway* menerima data maka data tersebut akan disimpan sementara di *LoRa server* yang kemudian akan dikirimkan ke *Platform Antares*. Pada Tugas Akhir ini penulis menggunakan Algoritma *Fair Adaptive Data Rate* (FADR) yang berfungsi untuk meningkatkan presentase keberhasilan *End Node* dalam mengirimkan data ke *Gateway*.

2.2 Cara Kerja Algoritma FADR

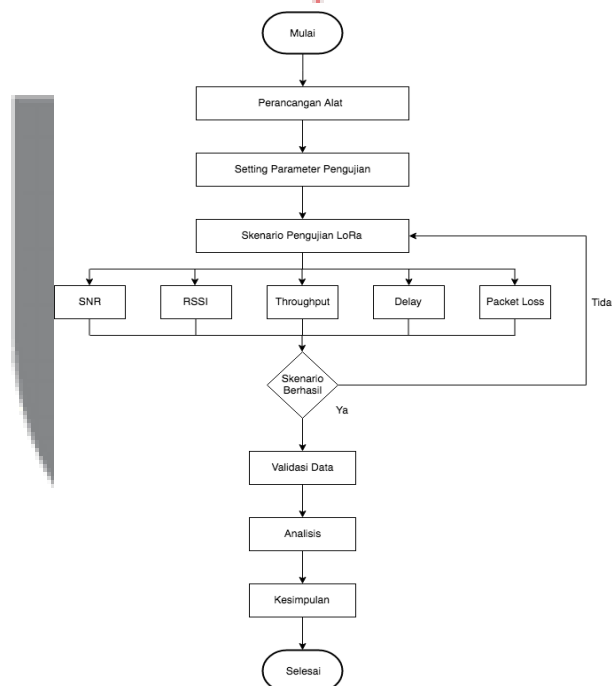
Pada Gambar 2.2 menjelaskan cara kerja Algoritma FADR, data yang dikirim *End Node* ke *Gateway* akan mengalami antrian terlebih dulu untuk dipilihkan jalur oleh sistem agar saluran yang dipilih tidak sibuk dan meminimalisir data agar tidak saling bertabrakan. Algoritma FADR adalah tipe antrian dengan cara kerja paling standar, algoritma ini bekerja dengan menentukan paket yang pertama masuk itulah paket yang pertama keluar. Kelebihan algoritma ini adalah meminimalisir paket yang bertabrakan karna pada *Spreading Factor* sistemnya masih random. Pada algoritma ini paket yang masuk akan dipilihkan kanal agar paket tidak bertabrakan maupun rusak. Nilai SNR dan RSSI menjadi lebih stabil pada setiap pengiriman *Spreading Factor*. Kekurangan Algoritma ini adalah tidak mengurangi atau mempersingkat waktu transmisi data begitu juga dengan *Delay* dan *Throughput* serta kanal yang dipilihkan masih bersifat acak namun sesuai dengan antrian.



Gambar 2.2 Cara Kerja Algoritma FADR

3. Perancangan Sistem

3.1 Pengujian LoRa



Gambar 2.3 Pengujian LoRa

3.2 Parameter Performansi Sistem

3.2.1 Signal Noise Ratio

Signal Noise Ratio (SNR) adalah daya sinyal yang diterima oleh user dengan kekuatan derau (*noise*)[9]. Semakin besar nilai SNR maka semakin besar daya yang diperoleh user. Nilai SNR dinyatakan dalam dB[10].

Rumus untuk menentukan SNR :

$$SNR_{(dB)} = 10 \log_{10} (S/N) \quad (3.1)$$

3.2.2 Received Signal Strength Indicator

Received Signal Strength Indicator (RSSI) merupakan parameter yang menunjukkan daya terima dari seluruh sinyal pada band frekuensi saluran yang digunakan[12]. Nilai RSSI semakin dekat dengan 0, maka semakin baik sinyal tersebut. Nilai RSSI dinyatakan dalam dBm dan merupakan nilai negatif, nilai minimum RSSI adalah -120 dBm[13].

Rumus untuk menentukan RSSI[14] :

$$RSSI_{(dBm)} = TX \text{ Power } (dBm) + TX \text{ Gain } (dBi) - Free \text{ Space Path Loss} + Rx \text{ Gain } (dBi) \quad (3.2)$$

Rumus untuk mencari *Free Space Path Loss*[14]

$$FSPL_{(dB)} = 20 \log_{10}(d) + 20 \log_{10}(f) + K \quad (3.3)$$

3.2.3 Throughput

Throughput yaitu kecepatan (*rate*) transfer data efektif yang diukur dalam *bit per second* (bps). *Throughput* adalah jumlah total kedatangan paket yang sukses yang diamati pada tujuan selama interval waktu tertentu dibagi oleh durasi interval waktu tersebut[15].

Rumus untuk menentukan *Throughput*[16] :

$$Throughput = \frac{\text{Jumlah data yang diterima}}{\text{Lamanya waktu pengujian}} \times \text{ukuran paket} \times 8 \quad (3.4)$$

3.2.4 Delay

Delay merupakan banyaknya waktu yang diperlukan sebuah paket untuk melakukan perjalanan dari sumber ke tujuan. Bersama dengan *delay*, mendefinisikan kecepatan dan kapasitas dalam jaringan[15].

Rumus untuk menentukan *Delay*[15]:

$$Delay = \text{Waktu paket diterima} - \text{waktu paket dikirim} \quad (3.5)$$

3.2.5 Packet Loss

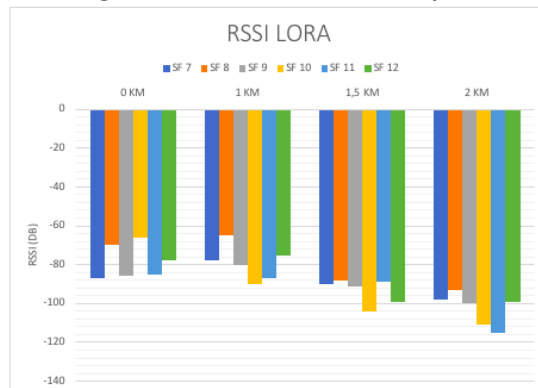
Packet Loss merupakan banyaknya paket yang gagal mencapai tempat tujuan saat pengiriman paket. Jika paket gagal dikirim maka paket tersebut tidak akan dikirim kembali, atau dengan kata lain paket tersebut hilang[16].

Rumus untuk menentukan *Packet Loss*[16]:

$$Packet \text{ Loss} = \frac{\text{Paket yang dikirim} - \text{paket yang diterima}}{\text{paket yang dikirim}} \times 100\% \quad (3.6)$$

4. Hasil dan Analisis

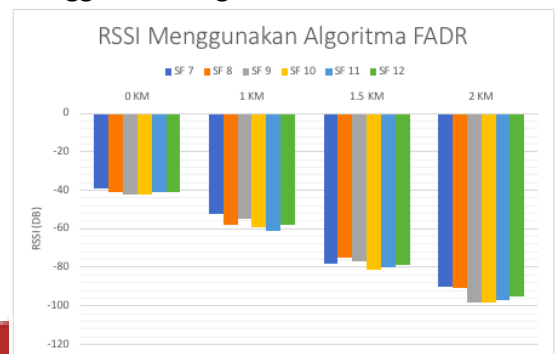
4.1 Pengaruh Jarak dan SF Terhadap RSSI



Gambar 4.1 Pengaruh jarak dan SF Terhadap RSSI

Gambar 4.1 menunjukkan rata-rata SF yang mempunyai nilai RSSI paling baik adalah SF 8. Semakin rendah atau mendekati nol, semakin baik pula kualitas pengiriman datanya. Semakin jauh jarak pengujian antara *End Device* dengan *Gateway* maka nilai RSSI semakin jelek.

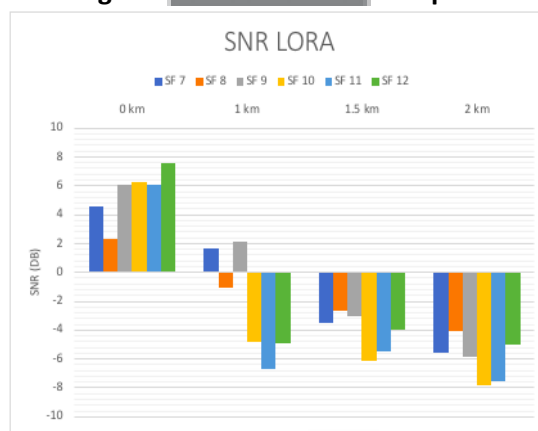
4.2 Pengaruh Jarak dan SF Terhadap RSSI Menggunakan Algoritma FADR



Gambar 4.2 Pengaruh Jarak dan RSSI Menggunakan Algoritma FADR

Gambar 4.2 menunjukkan bahwa Algoritma FADR memprioritaskan paket dengan urutan terdahulu agar memasuki saluran yang ada. Menurut hasil grafik diatas dapat disimpulkan bahwa jarak mempengaruhi nilai RSSI. Semakin jauh jarak maka nilai RSSI akan menurun.

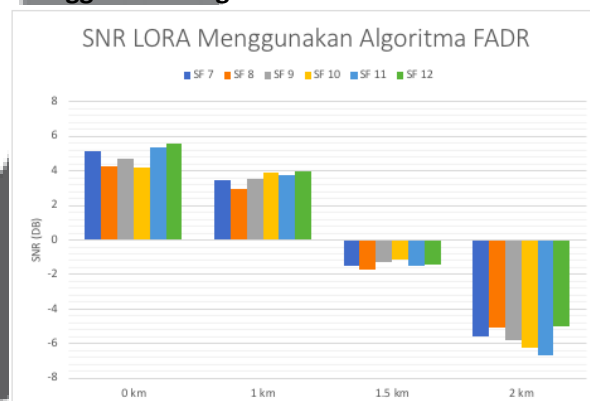
4.3 Pengaruh Jarak dan SF Terhadap SNR



Gambar 4.3 Pengaruh Jarak dan SF Terhadap SNR

Gambar 4.3 menunjukkan bahwa pada grafik ini dapat ditarik kesimpulan nilai SNR menjadi baik pada jarak yang lebih jauh dengan penggunaan *Spreading Factor* yang lebih tinggi. Hal ini disebabkan karena ketika jarak pendek dari *End Node* ke *Gateway* maka pembagian saluran setiap *Spreading Factor* akan sempit, sedangkan jika jarak antara *End Node* dan *Gateway* jauh maka pembagian saluran setiap *Spreading Factor* pun juga akan semakin luas.

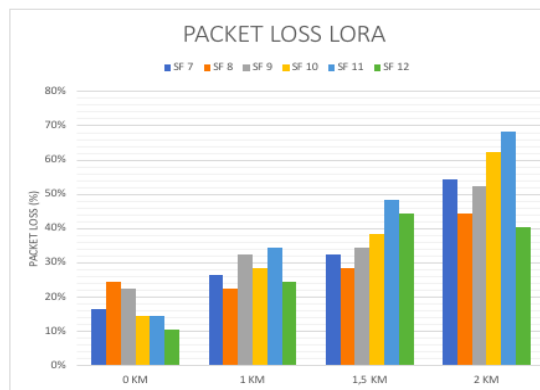
4.4 Pengaruh Jarak dan SF Terhadap SNR Menggunakan Algoritma FADR



Gambar 4.4 Pengaruh Jarak dan SF Terhadap SNR Menggunakan Algoritma FADR

Gambar 4.4 menjelaskan bahwa nilai SNR menjadi baik pada jarak yang lebih jauh dengan penggunaan *Spreading Factor* yang lebih tinggi. Perbandingan nilai SNR ketika menggunakan Algoritma FADR adalah nilai SNR pada jarak 0 km, 1 km, 1.5 km, dan 2 km menjadi stabil setiap *Spreading Factor*. Sehingga mengurangi kegagalan dalam pengiriman data dan juga mencegah terjadinya tabrakan atau kerusakan antar paket data.

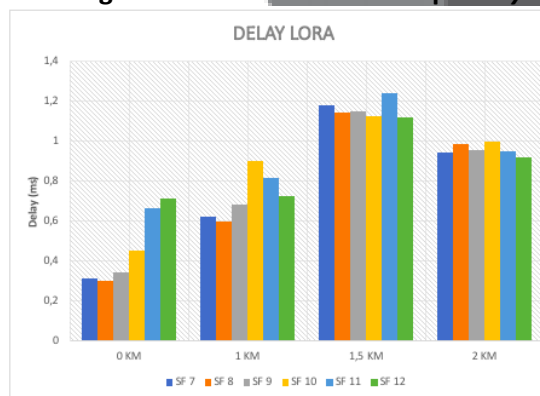
4.5 Pengaruh Jarak dan SF Terhadap *Packet Loss*



Gambar 4.5 Pengaruh Jarak dan SF Terhadap *Packet Loss*

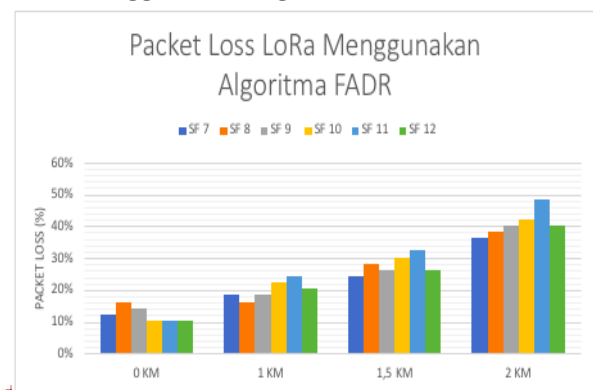
Pada Gambar 4.5 dapat diketahui dari pengujian yang telah dilakukan bahwa semakin jauh jarak yang diukur, maka semakin tinggi *Packet Loss* yang dihasilkan. Dari grafik ini dapat ditarik kesimpulan bahwa nilai *Packet Loss* paling tinggi terdapat pada SF 11 dan terendah terdapat pada SF 8 dan SF 12. Nilai RSSI berpengaruh pada hilangnya paket, ketika nilai RSSI mendekati nilai -100 dB akan menyebabkan paket menjadi rusak bahkan hilang. Semakin banyak *End Node* yang masuk maka akan semakin sibuk pula saluran yang ada, sehingga akan menyebabkan paket bertabrakan maupun didrop.

4.7 Pengaruh Jarak dan SF Terhadap *Delay*



Pada Gambar 4.7 diketahui delay terendah berada pada SF 8 dengan nilai 0.295 ms di jarak 0 km dan delay tertinggi pada SF 11 dengan nilai 1.238 ms di jarak 1.5 km. Hal ini bisa ditoleransi karena LoRa bersifat tidak *real time*. Pada grafik diatas dapat diketahui

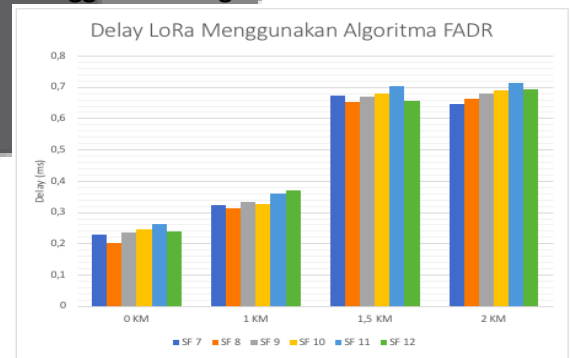
4.6 Pengaruh Jarak dan SF Terhadap *Packet Loss* Menggunakan Algoritma FADR



Gambar 4.6 Pengaruh Jarak dan SF Terhadap *Packet Loss* Menggunakan Algoritma FADR

Pada Gambar 4.6 dapat dilihat perbandingan *Packet Loss* yang didapat dengan menggunakan Algoritma FADR adalah pada jarak 0 km *Packet Loss* dari 18 % turun menjadi 13%. Pada Jarak 1 km dari 28% turun menjadi 20%. Pada jarak 1.5 km dari 40% turun menjadi 28%. Pada jarak 2 km dari 55% turun menjadi 40%. Walaupun hasil Algoritma ini tidak turun begitu signifikan namun sangat berpengaruh pada kualitas SNR yang akan mempengaruhi kualitas transmisi data.

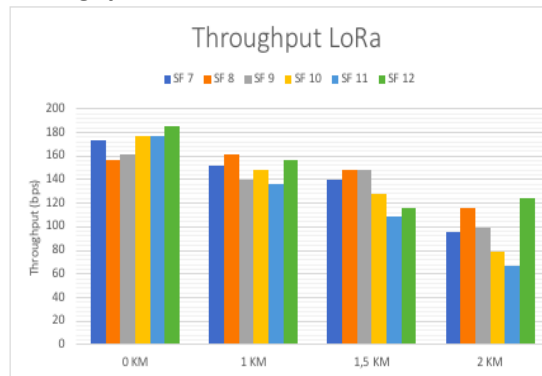
4.8 Pengaruh Jarak dan SF Terhadap *Delay* Menggunakan Algoritma FADR



Gambar 4.8 dapat diketahui perbandingan delay biasa dengan delay menggunakan Algoritma FADR. Delay yang dihasilkan Algoritma FADR lebih stabil antar *Spreading Factor* pada jarak 0 km sampai dengan 2 km. Perbandingan delay sebelumnya yang tertinggi adalah 1.128 ms turun menjadi 0.710 setelah

bahwa semakin jauh jarak pengujian maka delay juga akan meningkat hal tersebut dapat dipengaruhi oleh *obstacle-obstacle* yang ada dan gangguan pada saluran selama pengujian dikarenakan teknologi LoRa ini sangat rentan.

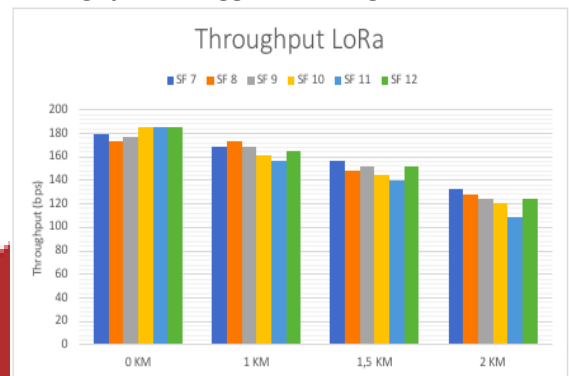
4.9 Pengaruh Jarak dan SF Terhadap Throughput



Gambar 4.9 Menurut standar ITU-T internasional bahwa standar *throughput* adalah 50 Kbps. Sedangkan *throughput* yang dihasilkan pada pengujian ini sangat kecil dan sangat jauh dari standar. Hal ini diakibatkan karena interval waktu yang diambil dalam pengujian. Standar internasional waktu pengambilan data untuk pada LoRa adalah real time, sehingga intervalnya masih dalam satuan *milisecond*, namun pada pengujian ini menggunakan *second*.

menggunakan Algoritma FADR. Pada jarak 0 km dan 1 km perbandingan delay tidak signifikan namun setelah memasuki jarak 1.5 km dan 2 km delay yang dihasilkan menjadi 2 kali lipat.

4.10 Pengaruh Jarak dan SF Terhadap Throughput Menggunakan Algoritma FADR



Gambar 4.10 dapat dilihat bahwa hasil dari *throughput* menjadi stabil nilainya. Tidak ada perubahan yang berarti hasil *throughput* sesungguhnya dengan setelah menggunakan Algoritma FADR, sebab jika ingin nilai *throughput* baik maka pengujian harus dilakukan secara *real time* dengan satuan *milisecond*. Teknologi LoRa lebih mementingkan *delay* dari pada *throughput*. Sebab kualitas RRSI dan SNR akan berpengaruh kepada *delay*.

5. Kesimpulan dan Saran

5.1 Kesimpulan

Dari hasil penelitian Tugas Akhir ini dapat disimpulkan :

1. Nilai RRSI dan SNR yang rendah disebabkan oleh pengaruh *obstacle* dan adanya tabrakan antar paket. Dengan menggunakan Algoritma FADR nilai RRSI dan SNR menjadi lebih baik walaupun hasilnya belum signifikan hal itu juga dipengaruhi oleh banyaknya *End Node* yang masuk ke *Gateway*.
2. Pengujian dilakukan dengan maksimal jarak 2 km pada kondisi perkotaan (*urban*). Namun pada kenyataannya paket yang dikirimkan pada jarak tersebut mengalami banyak kegagalan dan kerusakan. Penggunaan teknologi LoRa kurang cocok jika digunakan di daerah perkotaan karena maksimal jarak pengiriman yang bagus kurang dari 1 km.
3. Algoritma FADR mampu menstabilkan nilai RRSI dan SNR sehingga meminimalisir tabrakan yang terjadi antar paket.

4. Nilai *Throughput* yang diperoleh pada skenario pengujian langsung sangat kecil dan jauh dari standar yang ditetapkan ITU-T hal itu disebabkan karna pengujian dilakukan dengan interval waktu second. Jika ingin mendapatkan nilai throughput yang baik maka pengujian harus dilakukan dengan interval waktu *milisecond*.

5.2 Saran

Dari hasil penelitian ini penulis memberikan saran untuk meningkatkan penelitian selanjutnya:

1. Melakukan uji coba pada daerah lapang terbuka seperti daerah pertanian.
2. Melakukan uji coba pada keadaan jaringan normal dan jaringan sibuk.
3. Melakukan percobaan dengan beberapa *End Device* dan beberapa *Gateway*.
4. Melakukan uji coba pada interval waktu yang berbeda pada setiap *Spreading Factor* dan Jarak minimum hingga maksimum jangkauan LoRa.
5. Menggunakan Metode atau Algoritma lain agar nilai RSSI dan SNR setiap *Spreading Factor* mempunyai yang lebih baik lagi daripada Algoritma FADR.

Daftar Pustaka

- [1] N.S. Mazloun, O. Edfors, Performance analysis and energy optimization of wake-up receiver schemes for wireless low-power applications, *IEEE Trans. Wireless Commun.* 13 (12) (2014) 7050–7061.
- [2] B. Martinez, M. Monton, I. Vilajosana, J. Prades, The power of models: modeling power consumption for iot devices, *IEEE Sens. J.* 15 (10) (2015) 5777–5789.
- [3] LoRa, "A technical overview of LoRa® and LoRaWANTM.," LoRa Alliance, 2014.
- [4] C. Goursaud, J.-M. Gorce, Dedicated networks for iot: PHY/MAC state of the art and challenges, *EAI Endorsed Transactions on Internet of Things* (2015).
- [5] A. Fathia N, Ichsan M. H. H, and Primananda R, "Analisis Kinerja LoRa SX1278 Menggunakan Topologi Star Berdasarkan Jarak dan Besar Data Pada WSN", *Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer* e-ISSN: 2548-964X Vol. 3, No. 4, April 2019, hlm. 3860-3865.
- [6] LoraWAN™, Specification v1.0, Lora Alliance, Inc. 2400 Camino Ramon, Suite 375 San Ramon, CA 94583 (2015), 2015, LoRa Alliance, Technical Report.
- [7] D. Croce, M. Gucciardo, I. Tinnirello, D. Garlisi, and S. Mamgione. Impact of spreading factor imperfect orthogonality in lora communication. In *TIWDC*. Springer, 2017.
- [8] Agustin, A.; Y, Jiazi: W, Mark T. A Study Of LoRa : Long Range and Low Power Network For the Internet Of Things. *Ecole Polytechnique Router de Saclay*.
- [9] Qrimly, Kamal "Logic Gates," 24 July 2017. [Online]. Available: <https://www.logicgates.id/blogs/news/apa-itu-lora>. [Accessed 28 Juni 2019].
- [10] A. Kurniawan, *Dragino LoRa Development Workshop*, PE Press; 1 edition, 23 March 2018.
- [11] "Wikipedia," Wikimediaproject, 27 September 2017. [Online]. Available: https://id.wikipedia.org/wiki/Ci_Tarum. [Accessed 11 Oktober 2018].
- [12] N.S. Mazloun, O. Edfors, Performance analysis and energy optimization of wake-up receiver schemes for wireless low-power applications, *IEEE Trans. Wireless Commun.* 13 (12) (2014) 7050– 7061.
- [13] B. Martinez, M. Monton, I. Vilajosana, J. Prades, The power of models: modeling power consumption for iot devices, *IEEE Sens. J.* 15 (10) (2015) 5777–5789.
- [14] LoRa, "A technical overview of LoRa® and LoRaWANTM.," LoRa Alliance, 2014.
- [15] C. Goursaud, J.-M. Gorce, Dedicated networks for iot: PHY/MAC state of the art and challenges, *EAI Endorsed Transactions on Internet of Things* (2015).
- [16] R. Wulandari, "Analisis QoS (*Quality of Service*) Pada Jaringan Internet (Studi Kasus : UPT Loka Uji Teknik Penambangan Jampang Kulon – Lipi)," *Jurnal Teknik Informatika dan Sistem Informasi* Vol. 2, 2016
- [17] LoraWANTM, Specification v1.0, Lora Alliance, Inc. 2400 Camino Ramon, Suite 375 San Ramon, CA 94583 (2015), 2015, LoRa Alliance, Technical Report.