

KUALITAS SINYAL DAN KINERJA JARINGAN DATA ANTAR LORA GATEWAY RFM95

Mese S. D. Nubatonis¹, Hendro F. J. Lami², Stephanie I. Pella³

^{1,2,3}) Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Sains dan Teknik, Universitas Nusa Cendana Kupang –NTT

Email : mesenubatonis23@gmail.com, h.lami@staf.undana.ac.id, s.i.pella@staf.undana.ac.id

Abstrak

Tujuan penelitian ini menganalisis kualitas sinyal dan kinerja jaringan data antar LoRa gateway RFM95 dalam kondisi Line Of Sight. Posisi antar pemancar dan penerima saat pengukuran berada pada jarak 100 m, 200 m, 500 m dan 700 m menggunakan antenna gain 2 dB dan daya pancar 10 dbm. Perubahan Spreading Factor diterapkan untuk mendapatkan parameter-parameter yang mempengaruhi kinerja sistem LoRa yaitu antara lain *RSSI* terhadap jarak, *SNR* terhadap jarak, *Packet Delivery Ratio* terhadap jarak, *Delay* terhadap jarak, *Delay* terhadap panjang paket dan perbandingan perhitungan *transmission delay* terhadap hasil pengukuran *delay*. Hasil pengujian memberikan informasi bahwa *RSSI* menurun terhadap jarak sedangkan *Spreading Factor* tidak terlalu mempengaruhi *RSSI*. Parameter lainnya yaitu *SNR* dipengaruhi oleh jarak, kondisi noise pada kanal area pengukuran dan *Spreading Factor*. *Packet Delivery Ratio* menurun ketika jarak bertambah tetapi dengan menggunakan SF 9 menunjukkan hasil yang lebih bagus dibandingkan dengan menggunakan SF 7, terlihat pada jarak 700m dengan SF 9 mempunyai PDR 76% sedangkan dengan SF 7 mempunyai PDR 44%. *Delay* dipengaruhi oleh panjang paket dan penggunaan SF9 menghasilkan *delay* yang lebih besar daripada SF 7 terlihat pada jarak 700m dengan SF9 menghasilkan *delay* 0.996678 s dan SF 7 menghasilkan *delay* 0.060945s.

Kata kunci: *RSSI, SNR, PDR, Spreading Factor, LoRa*

PENDAHULUAN

Penggunaan internet menjadi salah satu kebutuhan utama manusia saat ini. Penggunaan perangkat elektronik untuk membantu aktivitas manusia semakin banyak digunakan. Berkembangnya *Internet of Things (IoT)* ini didukung dengan teknologi *Wireless Sensor Network (WSN)* salah satunya adalah modul LoRa (*Long Range*) yang menggunakan protokol jaringan *Long Range Wide Area Network (Lora WAN)* yang dapat mengirim data jarak jauh namun berdaya rendah [1].

LoRa sebagai teknologi yang dapat mengirimkan data dengan jarak yang jauh dengan menggunakan pita frekuensi 433 MHz, 868 MHz dan 915 MHz dengan frekuensi standar untuk Indonesia adalah 923-925 MHz [2] dan sedang diupayakan untuk implementasi *Low Power Wide Area Network (LPWAN)* dengan jarak pancar 5 km-15 km [3]. Nusa Tenggara Timur dianggap sangat cocok sebagai wilayah untuk mengimplementasi

modul LoRa. Namun karena merupakan daerah tropis dan daerah pegunungan sehingga propagasi gelombang modul LoRa ini sering terpengaruh oleh pepohonan dan perbedaan ketinggian antara client dan gateway.

Penelitian ini dilakukan untuk mengukur serta menganalisis kualitas sinyal terhadap jarak pengukuran dari suatu perangkat lot berupa Raspberry Pi 3 model b+ dan modul LoRa sebagai WSN serta mengamati *delay* untuk pengiriman informasi berupa teks pada frekuensi kerja LoRa 923-925 MHz.

METODE PENELITIAN

LoRaWAN yang merupakan protokol jaringan yang digunakan untuk protokol komunikasi pada perangkat *Long Range (LoRa)* yang bersifat *unlicensed spectrum* yang berarti kita dapat menggelar frekuensi sendiri dan tidak memerlukan izin dalam penggunaannya [1]. LoRa beroperasi pada frekuensi sub-GHz pada pita frekuensi operasi

yang berbeda untuk setiap wilayah seperti untuk wilayah Eropa adalah 867 MHz dan 902-928 MHz untuk wilayah Amerika Utara. Di Indonesia sendiri kominfo rencananya akan menetapkan penggunaan LoRa pada rentang frekuensi 923-925 MHz [2] sesuai dengan frekuensi LoRa yang ditetapkan oleh Lora Alliance untuk kawasan Asia yaitu pada frekuensi plan AS923-2 [4]. Paket LoRa terdiri dari beberapa komponen yaitu preamble symbol, synchronisation symbol, LoRa payload, dan CRC.

Modulasi pada LoRa merupakan proses perubahan suatu gelombang periodik tertentu sehingga menjadi suatu sinyal yang mampu membawa suatu informasi. LoRa menggunakan modulasi CSS atau Chirp Spread Spectrum dimana inti dari pemrosesan adalah menghasilkan nilai frekuensi yang stabil yang menggunakan sinyal frekuensi sinusoidal yang meningkat atau menurun seiring waktu untuk mengkodekan informasi. Terdapat beberapa parameter dalam modulasi LoRa antara lain :

Bandwidth

Pada modulasi LoRa, semakin besar *bandwidth* maka menaikkan kecepatan data yang terkirim namun akan menurunkan sensitivitas receiver. LoRa bekerja pada *bandwidth* 125 KHz, 250 KHz, dan 500 KHz.

Spreading Factor

Spreading Factor (SF) akan mengontrol chirp rate. SF akan mempengaruhi *data rate*, *time on air*, masa pakai baterai, dan sensitivitas receiver. SF yang lebih rendah menghasilkan chirp rate yang lebih cepat namun jangkauan transmisi LoRa akan berkurang sebaliknya saat SF lebih tinggi maka nilai *Packet Delivery Ratio* (PDR) akan semakin besar dan jangkauan transmisi semakin jauh namun akan memerlukan Time on Air/delay yang cukup lama. Terdapat 6 Spreading Factor pada modulasi LoRa yaitu dari SF7 hingga SF12 [5].

Code Rate

Tabel 1. Code Rate LoRa

Nilai CR	1	2	3	4
Bit redundansi	1	2	3	4
Coding rate	4/5	2/3	4/7	1/2

Code Rate (CR) digunakan untuk pengaturan Forward Error Correction (FEC) untuk meningkatkan sensitivitas receiver. Semakin besar CR maka PDR semakin baik namun

delay akan meningkat. Dengan menambahkan redundansi menggunakan FEC akan memungkinkan penerima dapat mendeteksi dan memperbaiki kesalahan pada pesan.

Received Signal Strength Indicator

Nilai RSSI dipengaruhi oleh beberapa parameter salah satunya adalah jarak, semakin jauh jarak antar pengirim dan penerima maka sinyal yang diterima akan semakin kecil. Selain itu lingkungan diantara pengirim dan penerima juga mempengaruhi sinyal yang diterima [6]. Propagasi gelombang pada daerah tanpa halangan (LOS) akan berbeda dengan propagasi gelombang pada daerah dengan banyak hambatan seperti pepohonan dan bangunan disekitar karena akan mempengaruhi nilai RSSI karena mengakibatkan pantulan, hamburan, maupun pembelokan sinyal [7]. Rumus dasar perhitungan nilai RSSI dengan adalah sebagai berikut [8] :

$$RSSI = - (10 n \log_{10} d - A) \quad (1)$$

$$d = 10 \left(\frac{A - RSSI}{10 \cdot n} \right) \quad (2)$$

Nilai A adalah daya yang diterima dengan jarak antar 2 antena dengan jarak referensi dan nilai n adalah parameter loss yang dikelompokkan sesuai kondisi daerah pengukuran [9]. Nilai RSSI minimum perangkat LoRa adalah -127 dBm yang berarti pada nilai tersebut sinyal yang diterima oleh gateway buruk/lemah [10].

Signal to Noise Ratio

Semakin tinggi nilai SNR maka akan semakin baik pula kualitas sinyal informasi yang dikirimkan [11]. Untuk teknologi LoRa nilai SNR adalah antara -20 dB dan 10 dB dimana saat nilai SNR mendekati 10 dB berarti sinyal yang diterima tidak terlalu mengalami corrupt [10]. Nilai S/N dihitung berdasarkan rumus berikut [5] :

$$\frac{S}{N} = 10 \log \frac{\text{Daya sinyal}}{\text{Daya noise}} \quad (3)$$

Transmission Time

Pada teknologi LoRa Time On Air atau waktu siaran adalah lamanya waktu yang dibutuhkan untuk penerima menerima sinyal dari pengirim atau bisa disebut juga delay yang ditentukan berdasarkan Spreading Factor dan bandwidth yang dibutuhkan dimana saat pengiriman sejumlah data (payload) dengan SF yang tinggi dan bandwidth yang besar akan membutuhkan waktu siaran yang lebih lama. [12] Nilai Time on

Air ini juga dapat berbeda-beda tergantung pada perubahan nilai CR. Pada teknologi LoRa, delay didapat dengan mencari nilai data rate terlebih dahulu kemudian menghitung transmission delay menggunakan rumus :

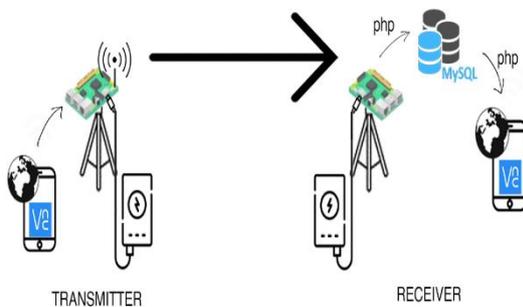
$$DR = SF \times \frac{BW}{2^{SF}} \times \frac{4}{(4 + CR)} \quad (4)$$

$$Transmission\ Delay = \frac{Ukuran\ Paket\ data}{Kecepatan\ transmisi} \quad (5)$$

Packet Delivery Ratio

Packet delivery ratio (PDR) adalah rasio paket yang dikirim yang sampai kepada penerima. PDR dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut [13]:

$$PDR = \frac{Paket\ yang\ diterima}{Paket\ yang\ dikirim} \times 100\% \quad (6)$$



Gambar 1. Konfigurasi pengirim dan penerima LoRa

Skenario pengukuran kualitas sinyal dan kinerja jaringan data adalah dengan melakukan pengukuran langsung pada Line Of Sight (LOS) pada jarak 100 m, 200 m, 500 m, dan 700 m untuk mendapatkan nilai RSSI, SNR, dan Time On Air untuk mengetahui delay dalam pengiriman data IoT berupa teks dan analisis data multimedia serta kebutuhan antenna dan daya transmitter. Antena yang digunakan adalah antenna omni directional 2 dbi sehingga pengukuran hanya dilakukan dalam jarak yang pendek.

Pengukuran kualitas sinyal menggunakan dua modul lora yaitu Dragino LoRa RFM95 dan Electrow Lora RFM95, raspberry pi 3 model b+ yang digunakan sebagai gateway dan server dan juga 2 buah smartphone untuk pengaturan dan pemantauan proses kirim terima menggunakan VNC viewer dimana pengukuran dilakukan dengan memvariasikan nilai SF, Bandwidth, Panjang karakter serta frekuensi kerja yaitu dengan Spreading Factor 7, 9, dan 12, Bandwidth 125 KHz frekuensi 923 MHz, Panjang paket yang dikirim adalah 50, 100, dan

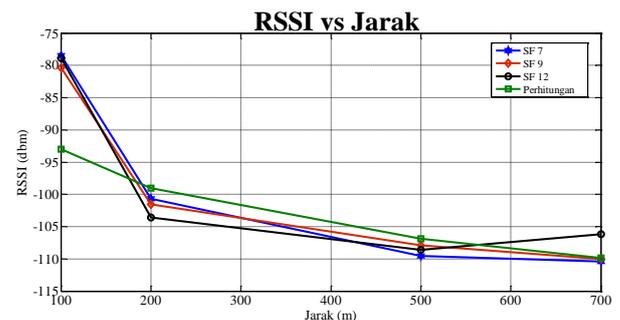
200 karakter dengan menggunakan daya transmit 10 dbm dan CR 4/5 kemudian data yang diterima akan disimpan pada database MySQL yang dapat diakses pada sisi penerima.

```
PyLora.init()
PyLora.set_frequency(923000000)
PyLora.set_tx_power(10)
PyLora.set_spreading_factor(12)
PyLora.set_preamble_length(8)
PyLora.set_bandwidth(125000)
PyLora.set_sync_word(0x12)
PyLora.set_coding_rate(1)
PyLora.enable_crc()
```

Gambar 2. Kode set-up pada Tx-Rx

HASIL DAN PEMBAHASAN

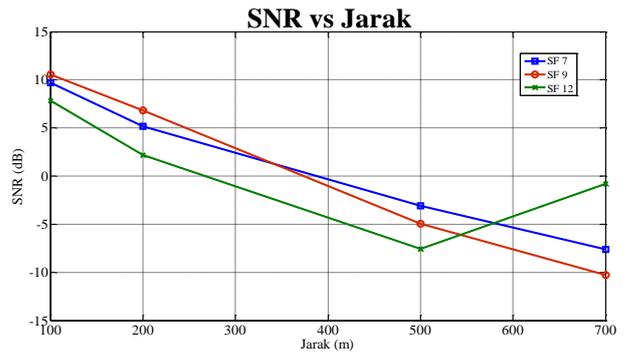
Berdasarkan hasil pengukuran yang tersimpan pada database maka data hasil pengukuran dihitung nilai rata-ratanya untuk memperoleh nilai RSSI, SNR, dan Time On Air.



Gambar 3. Grafik RSSI terhadap jarak dengan daya transmit 10 dbm

Nilai RSSI berdasarkan hasil pengukuran terlihat bahwa SF tidak terlalu mempengaruhi RSSI dan faktor yang paling mempengaruhi nilai RSSI adalah jarak antar pengirim dan penerima LoRa. Sementara perhitungan menggunakan persamaan (1) dengan nilai n adalah 2 menunjukkan bahwa pada pengukuran yang dilakukan nilai RSSI tidak lebih dari hasil perhitungan berdasarkan teori. Pada hasil pengukuran juga terlihat bahwa pada keadaan LoS dengan daya pengirim 10 dbm dan antenna pengirim dengan gain antenna 2 db sampai pada jarak 700 meter RSSI masih kategori nilai RSSI yang baik untuk teknologi LoRa yaitu tidak lebih kecil dari -127 dbm. Kemudian dilakukan perhitungan RSSI menggunakan persamaan (1) untuk mendapatkan jarak maksimum perangkat LoRa yang digunakan dan didapat hasil perhitungan bahwa perangkat LoRa ini dapat mencapai jarak 5 km pada keadaan LOS dengan RSSI pada jarak referensi adalah -53 dbm.

Pada hasil pengukuran pada jarak 100 m dan 200 m saat SF dinaikan dari SF 7 ke SF 9 nilai SNR semakin baik namun saat SF diubah dari SF 9 ke SF 12 mengalami penurunan nilai, pada jarak 500 meter saat SF dinaikan mengalami penurunan yang cukup besar hingga ke -3.09 dB dan saat SF dinaikan dari SF 7 ke SF 9 nilai SNR semakin kecil yaitu -4.96 dB namun saat SF diubah dari SF 9 ke SF 12 terjadi penurunan yang cukup besar pada nilai SNR hingga ke -7.56 dB, selanjutnya pada jarak 700 meter saat SF dinaikan dari SF 7 ke SF 9 nilai SNR semakin kecil yaitu -10.29 dB namun saat SF diubah dari SF 9 ke SF 12 terjadi kenaikan nilai SNR yang cukup besar atau terjadi penguatan sebesar 9



Gambar 4. Grafik SNR terhadap jarak dengan daya transmitter 10 dbm

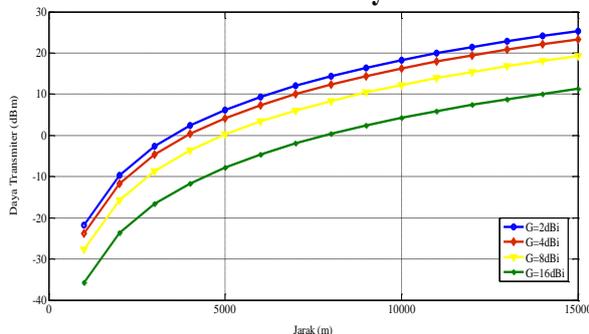
Tabel 2. Perhitungan Time On Air file gambar

Ukuran file gambar	Resolusi	Jumlah paket yang dibutuhkan	Time On Air
104 kb	504x500	468	7 min 46 sec
548 kb	1181x790	2462	40 min 53 sec
1.05 MB	1974x3412	4514	1 h 14 min 50 sec
1.50 MB	645x2362	6737	1 h 51 min 54 sec
2.06 MB	2088x3374	9010	2 h 29 min 40 sec
2.50 MB	2126x2778	11229	3 h 6 min 31 sec
3.12 MB	4500x1800	14013	3 h 52 min 46 sec

Kebutuhan antenna untuk transmisi jarak jauh menggunakan LoRa dapat dihitung menggunakan rumus Egli karena tidak memperhitungkan efek bangunan seperti pada Okumura Hatta [13]. Untuk perhitungan kebutuhan antenna untuk transmisi jarak jauh pada penelitian ini menggunakan rumus Egli sebagai berikut :

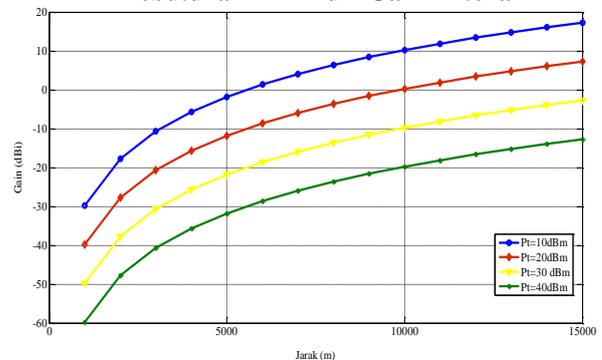
$$P_r = G_t \times G_r \times \left(\frac{h_t \times h_r}{d^2}\right)^2 \left(\frac{40}{f}\right)^2 P_t \quad (7)$$

Kebutuhan Minimum Daya Transmitter



Gambar 11. Grafik Kebutuhan minimum daya Transmitter

Kebutuhan Minimum Gain Antena



Gambar 12. Grafik Kebutuhan minimum gain antena

Berdasarkan perhitungan menggunakan rumus Egli maka didapat hasil perhitungan bahwa dengan sensitivitas receiver (daya yang diterima) -127 dbm maka agar jarak jangkauan LoRa sesuai dengan spesifikasi dari perangkat LoRa maka jika dikirim dengan gain antenna 2 dBi memerlukan daya transmitter sekitar 25 dbm, dengan gain antenna 4 dBi memerlukan daya sekitar 23 dbm, dengan gain antenna 8 dBi memerlukan daya sekitar 20 dbm dan dengan gain antenna 16 dB memerlukan daya sekitar 11 dbm. Kemudian penggunaan daya transmitter terhadap gain antenna yang digunakan seperti yang terlihat pada gambar 12

dimana dengan daya 10 dbm (0.01 watt) dengan tinggi antenna pengirim dan penerima 10 m maka untuk mencapai jarak 15 km maka diperlukan antenna dengan gain sekitar 17 dBi, dengan daya 20 dbm (0.1 watt) diperlukan antenna dengan gain sekitar 8 dBi, sedangkan dengan daya 30 dbm (1 watt) dan 40 dbm (10 watt) didapatkan gain negatif.

PENUTUP

Berdasarkan hasil pengukuran dan analisis dapat disimpulkan beberapa kondisi sebagai berikut :

1. Received Signal Strength Indicator (RSSI) menurun terhadap jarak dan Spreading Factor tidak terlalu mempengaruhi nilai RSSI dan faktor yang paling mempengaruhi nilai RSSI adalah jarak antar pengirim dan penerima LoRa.
2. Nilai Signal To Noise Ratio (SNR) dipengaruhi oleh jarak antara pengirim dan penerima LoRa dan juga Spreading Factor dimana ada perbedaan kecil untuk setiap penggunaan Spreading Factor.
3. Packet Delivery Ratio menurun ketika jarak bertambah tetapi dengan menggunakan SF 9 menunjukkan hasil yang lebih bagus dibandingkan dengan menggunakan SF 7 dimana pada jarak 700 m dengan SF 9 tingkat keberhasilan data terkirim adalah 76% sedangkan dengan SF 7 tingkat keberhasilan data terkirim adalah 44%.
4. Delay lebih dipengaruhi oleh panjang paket dan besar setting SF yang digunakan dimana dengan menggunakan SF 9 menghasilkan delay yang signifikan lebih besar yaitu 0.996 s sedangkan dengan menggunakan SF 7 menghasilkan delay 0.060 s.

DAFTAR PUSTAKA

[1] LoRa Alliance. What is LoraWAN. LoRa Alliance: Fremont, CA, USA, 2015.

[2] Kementerian Komunikasi dan Informatika. RANCANGAN PERATURAN DIREKTUR JENDERAL SUMBER DAYA DAN PERANGKAT POS DAN INFORMATIKA NOMOR TAHUN 2018 TENTANG PERSYARATAN TEKNIS DAN/ATAU PERANGKAT TELEKOMUNIKASI LOW POWER WIDE AREA. Republik Indonesia.

2018

[3] Mekki, Kais, Eddy Bajic, Frederic Chaxel, and Fernand Meyer. "A comparative study of LPWAN technologies for large-scale IoT deployment." *ICT express* 5, no. 1, pp 1-7, 2019

[4] the things network. LoRaWAN frequency plan [online]. Available : <https://www.thethingsnetwork.org/docs/lorawan>

[5] Semtech. A technical overview of loRa and LoRaWAN : Semtech Corporation. 2019

[6] Pella, S. I., & Lami, H. J. F. IDENTIFIKASI RADIUS SENSOR NODE -GATEWAY PADA SISTEM IOT BERBASIS PROTOKOL MQTT. *SAINSTEK*, 5(1), 261-269. 2021

[7] L. Lay, K. Rantelobo, and B. Manafe, "ANALISIS PROPAGASI PADA KAWASAN KAMPUS UNIVERSITAS NUSA CENDANA PENFUI KUPANG", *jme*, vol. 8, no. 1, pp. 7-14, Apr. 2019

[8] Goldoni, Emanuele, Alberto Savioli, Marco Risi, and Paolo Gamba. "Experimental analysis of RSSI-based indoor localization with IEEE 802.15. 4." In *2010 European Wireless Conference (EW)*, pp. 71-77. IEEE, 2010.

[9] Siswandari, Nur Adi, Okkie Puspitorini, and Agung Surya Jati. "Analisa Pathloss Exponent di Area Terbuka untuk Aplikasi Wireless Sensor Network." *Prosiding SNaPP: Sains, Teknologi* 2, no. 1 (2011): 401-408.

[10] Microelectronics HR. RFM95/96/97/98 (W)-Low Power Long Range Transceiver Module. v1. 0. 2006.

[11] John Price, Terry Goble, in *Telecommunications Engineer's Reference Book*, 1993

[12] Noreen Umer, Ahcène Bounceur, and Laurent Clavier. "A study of LoRa low power and wide area network technology." In *2017 International Conference on Advanced Technologies for Signal and Image Processing (ATSIP)*, pp. 1-6. IEEE, 2017

[13] Egli, John J. *Radio Propagation above 40 MC over Irregular Terrain*. Proceedings of the IRE. IEEE. 45 (10): 1383-1391. Oct 1957