

Pengaruh Spreading Factor Terhadap Packet Collision pada Sistem IoT yang Menggunakan LoRA

Matthew Brandon Dani¹, Tezard Almafazan Mulia², William Putra Pratama Wijaya³

^{1,2,3} Teknik Komputer, Universitas Multimedia Nusantara, Tangerang, Indonesia

¹ matthew.brandon@student.umn.ac.id, ² tezard.almafazan@student.umn.ac.id, ³ william.putra@student.umn.ac.id

Diterima 7 Desember 2021

Disetujui dd mmmmm yyyy

Abstract—Penggunaan protokol komunikasi wireless LoRa untuk kebutuhan sistem *IoT* akhir akhir ini semakin berkembang. Sistem *IoT* sendiri pun semakin meluas ke berbagai bidang dan kebutuhan. Namun dengan begitu sistem *IoT* membutuhkan protokol komunikasi dengan jangkauan luas namun juga harus dapat digunakan oleh banyak *device* secara bersamaan. Penelitian ini akan meneliti pengaruh spreading factor pada protokol komunikasi wireless LoRa terhadap packet collision yang ditemukan. Akhir pada penelitian ini akan disampaikan saran penggunaan protokol komunikasi wireless LoRa dengan konfigurasi spreading factor yang sesuai dengan kebutuhan setiap sistem *IoT*. Dimana jika semakin tinggi spreading factornya maka akan semakin luas jangkauan jaringannya namun semakin banyak packet collisionnya. Sebaliknya jika semakin rendah spreading factornya akan semakin sempit jangkauan jaringannya namun semakin sedikit packet collisionnya. Penelitian ini menggunakan software MatLab sebagai alat simulasi penggunaan protokol komunikasi wireless LoRa.

Index Terms—LoRa, IoT, LPWAN, Spreading Factor, Packet Collision, Wireless

I. PENDAHULUAN

Pada zaman sekarang, penggunaan teknologi *wireless* terus berkembang. Hal ini juga dirangsang dengan trend penggunaan sistem *IoT* dan *smart device* untuk berbagai bidang kebutuhan. *IoT* merupakan salah satu contoh dari *decentralized computing*, dimana memiliki beberapa *node* atau *controller* secara terpisah untuk sensor dan/atau aktuatornya. Dalam hal ini sistem *IoT* menggunakan teknologi *wireless* untuk komunikasi datanya. Karena dalam implementasinya akan banyak *node* yang terhubung pada sistem *IoT*-nya dan ditempatkan di berbagai tempat secara terpisah.

Karena sistem *IoT* terus berkembang dan penggunaannya meluas sampai berbagai bidang seperti industri, agraria, penambangan, dan lain lain. Yang membutuhkan skala sistem *IoT* yang besar dan harus bisa terus dibesarkan lagi. Oleh karena itu tidak bisa dipungkiri bahwa sistem *IoT* membutuhkan

teknologi protokol komunikasi data yang memiliki jangkauan jarak yang jauh dan reliabel jika banyak *device* yang terhubung pada protokol komunikasi wireless tersebut. Kebutuhan tersebut memunculkan teknologi yang bernama LPWAN.

Teknologi *wireless* LPWAN sendiri ada 3 protocol yaitu SigFox, LoRa, dan NB-IoT. Dari ketiganya memiliki spesifikasi *wireless* yang berbeda beda sehingga memiliki kelebihan dan kelemahannya sendiri sendiri. Dimana teknologi LPWAN ini berhasil untuk mewujudkan jaringan *wireless* yang mampu menyebar sampai sejauh 10 kilometer dengan efisiensi daya yang tinggi. Tak hanya jarak dan efisiensi daya namun juga jumlah *device* yang terhubung bisa mencapai 50 ribu *device* secara bersamaan dan ditambah dengan biaya implementasi yang murah. Oleh karena itu potensi penggunaan teknologi ini sangat tinggi mengingat pertumbuhan *smart city* yang mengharuskan sistem *IoT* dengan jarak yang jauh. Seperti pemantau cuaca, *smart parking*, *smart farming*, dan lain lain.

Namun penggunaan media komunikasi *wireless* tetap saja akan memiliki banyak tantangan dalam implementasinya. Karena suatu protokol *wireless* memiliki banyak faktor yang mempengaruhinya. Seperti *thermal noise*, *network interference*, dan *wireless propagation effect*. Namun satu hal adalah bahwa rentang radio frekuensi memiliki keterbatasan untuk menampung semua komunikasi agar tidak bertabrakan. Sehingga komunikasi *wireless* banyak yang menggunakan radio frekuensi yang sama dalam banyak *device*. Namun hal ini akan menimbulkan tabrakan komunikasi atau *Interference* karena *receiver* mendapatkan data yang tidak diinginkan dari *transmitter* lain namun dalam frekuensi yang sama. *Interference* menimbulkan degradasi performa jaringan komunikasi dan sampai membuat packet data tidak sampai ke penerimanya atau *packet collision*.

Oleh karena itu penelitian ini akan mensimulasikan pengaruh dari *spreading factor*

terhadap packet *collision* dari salah satu protokol LPWAN pada sistem *IoT* yang memiliki banyak *device*. Sehingga akhir dari penelitian ini akan menghasilkan kesimpulan tentang pengaturan *spreading factor* yang cocok untuk diimplementasikan pada sistem *IoT*.

II. LITERATURE REVIEW

Pada penelitian kali ini, kami akan mensimulasikan LoRa dengan menggunakan MatLab untuk *software* simulasinya. Simulasi ini akan dilakukan untuk menentukan pengaruh dari *spreading factor* (SF) pada LoRa terhadap *packet collision* pada sistem *IoT*.

LoRa merupakan protokol komunikasi yang termasuk kedalam golongan *low power wide area network* (LPWAN) untuk aplikasi *IoT* (*Internet of Things*). LPWAN sendiri adalah teknologi yang memungkinkan *large scale wireless sensor networks* (WSN). LPWAN memiliki efisiensi energi yang tinggi, harga yang terjangkau serta memiliki jangkauan yang luas. LoRa sendiri merupakan salah satu teknologi dari LPWAN yang berdasarkan teknik *spread spectrum* dengan pita yang lebih lebar [1]. LoRa menggunakan seluruh kanal *bandwidth* untuk *broadcast* sebuah sinyal sehingga membuatnya tahan terhadap *channel noise*, *doppler effect* dan *fading*.

Selain LoRa, ada juga LoRaWAN (*Long Range Wide Area Network*). LoRaWAN ini merupakan sebuah layer protokol *MAC* (*Media Access Control*) yang dibangun diatas modulasi LoRa. LoRaWAN ini merupakan *software layer* yang mendefinisikan bagaimana sebuah *device* menggunakan perangkat keras LoRa seperti saat perangkat itu mengirim data dan format dari pesan yang dikirim [4].

Spreading Factor (SF) merupakan sesuatu yang mengontrol *chirp rate* (simbol) dan mengontrol kecepatan dari transmisi data. SF pada LoRa memiliki *range* dari 7 sampai 12. Semakin besar SF, mengakibatkan *time on air* meningkat, meningkatkan konsumsi energi, mengurangi *data rate / chirp rate* dan meningkatkan jangkauan begitu pula sebaliknya. Untuk komunikasi yang sukses seperti yang ditentukan oleh SF, metode modulasi harus berkorespondensi antara sebuah pemancar dan sebuah penerima untuk sebuah packet. [3]

Tabel 1. Perbandingan *Spreading Factor* LoRa

Spreading Factor	Equivalent bit rate (kb/s)	Sensitivity (dBm)
12	0.293	-137

11	0.537	-134.5
10	0.976	-132
9	1.757	-129
8	3.125	-126
7	5.468	-123

Melihat dari tabel perbandingan *spreading factor*, dapat dipahami bahwa jika semakin tinggi *spreading factor*nya maka akan semakin luas jangkauan jaringannya, hal ini dilihat dari semakin kecil nilai sensitivitasnya. Namun semakin kecil *bitrate* yang bisa diperoleh. Sebaliknya jika semakin rendah *spreading factor*nya akan semakin sempit jangkauan jaringannya namun semakin besar *bitrate* yang bisa diperoleh [6].

Pada sebuah network, *packet collision* merupakan suatu kejadian saat dua atau lebih station / node mencoba untuk mengirimkan paket ke *network* dalam waktu bersamaan sehingga paket tersebut bertabrakan. hal ini biasanya terjadi pada *shared medium* seperti *ethernet*. Pada kebanyakan wireless LAN biasanya digunakan CSMA/CA (*Carrier Sense Multiple Access With Collision Avoidance*) untuk menangani *packet collision* ini. [2]

Untuk melakukan penelitian ini, kami menggunakan MATLAB (*MATrix LABoratory*). MATLAB merupakan sebuah platform programming yang didesain secara khusus untuk ilmuwan dan insinyur [5]. MATLAB menggunakan bahasa pemrograman MATLAB, yaitu bahasa berbasis matriks yang memungkinkan komputasi matematik yang natural. MATLAB juga memungkinkan untuk membuat simulasi dari jaringan, modeling, analisis data, serta plotting grafik yang digunakan untuk mensimulasikan LoRa pada penelitian ini.

Dari beberapa literatur yang kami baca dan peroleh, terdapat berbagai macam perangkat lunak yang bisa digunakan untuk mensimulasikan jaringan *nirkabel* seperti LoRa, WiFi atau 4G. Beberapa perangkat lunak tersebut adalah MATLAB, NS-3, GNS 3 dan masih banyak lagi. Kami menggunakan MATLAB karena memiliki *resource learning* yang banyak dan lebih praktis serta *straightforward* untuk mensimulasikan jaringan LoRa.

III. METODOLOGI

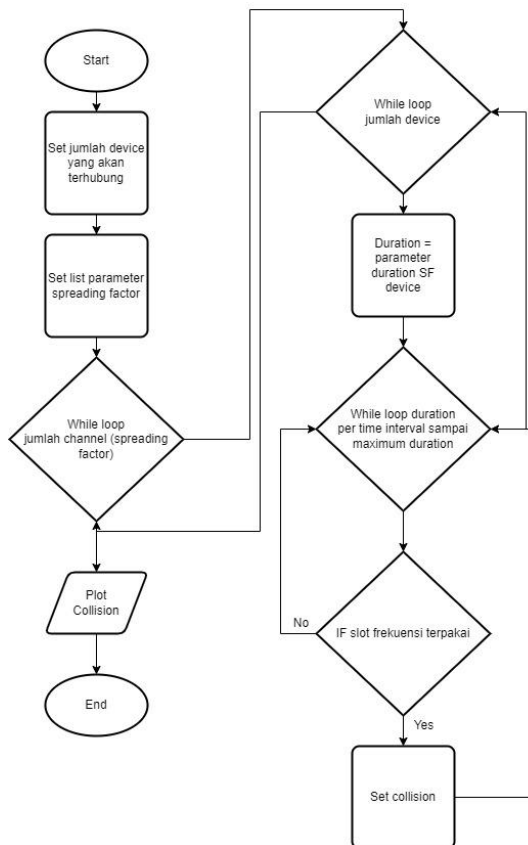
Proyek yang kami kerjakan adalah mensimulasikan pengaruh dari *spreading factor* (SF) terhadap *packet collision* dari salah satu protokol LPWAN yaitu LoRa pada sistem *IoT* yang memiliki banyak *device*. LoRa menggunakan modulasi yang

berbasis teknik *spread spectrum* dan variasi dari *chirp spread spectrum*. Untuk penelitian ini kami mensimulasikan beberapa device mengirimkan packet sebesar 25 byte. Parameter dari spreading factor yang kami pakai untuk arsitektur environment simulasi kami seperti berikut.

Tabel 2. Parameter *Spreading Factor* untuk arsitektur environment simulasi LoRa

Spreading Factor	Equivalent bit rate (b/s)	Duration per 25 bytes (ms)
12	293	682
11	547	365
10	976	204
9	1757	113
8	3125	64
7	5478	36

Untuk alur dari penelitian kami seperti berikut.



Gambar 1. flowchart deteksi *packet collision*

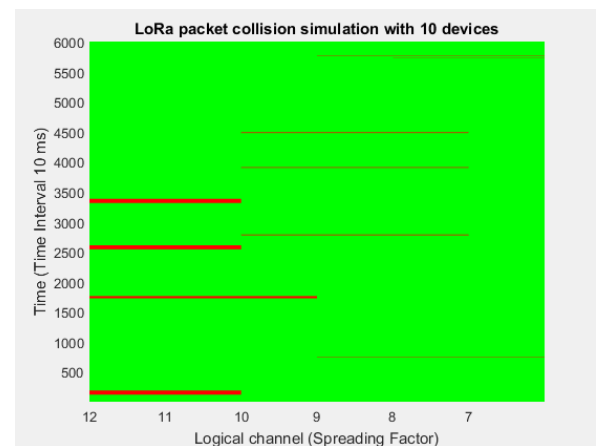
Hal yang pertama kali dilakukan dalam melakukan simulasi ini adalah menentukan jumlah perangkat *IoT*, jumlah channel, *frequency span & frequency interval*, *timespan*, jumlah packet dan durasi packet. Parameter yang ditentukan adalah 10, 100, dan 1000 perangkat, 6 channel, 125 KHz *frequency span*, 100 Hz *Frequency Interval*, jumlah packet 1, *timespan* sebesar 60 detik, dan time interval 10 ms.

Akan ada 2 simulasi yang dilakukan, simulasi pertama akan menghasilkan grafik dari jumlah transmisi yang berhasil dan gagal (*collision*) dalam SF yang sama dengan jumlah device yang ditentukan dan simulasi kedua akan menghasilkan grafik dari relasi antara jumlah *collision* saat mengirim pesan sebanyak 1000 packet per menit dengan SF yang dipilih.

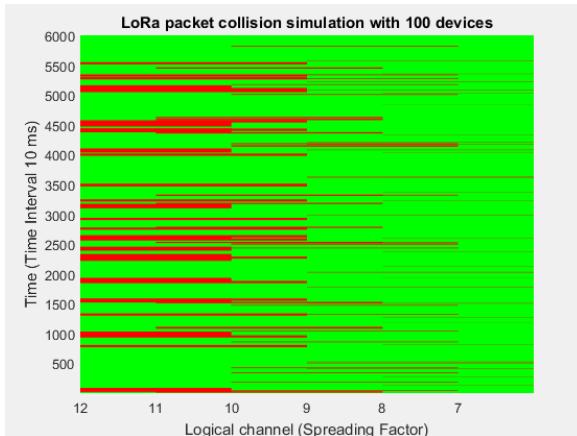
Jadi kami akan mensimulasikan beberapa perangkat untuk mengirim pesan random dimana setiap pesan hanya terdiri dari 25 byte (paket yang lebih panjang akan menghasilkan lebih banyak collisions). Perangkat yang dipakai untuk simulasi dapat memilih SF nya sendiri secara *random* (hal ini untuk mengoptimalkan penggunaan berbagai SF). Simulasi ini hanya mengkonsiderasikan perangkat yang berada berdekatan yang artinya perangkat perangkat tersebut bisa meniferensi satu sama lain.

IV. RESULT AND ANALYSIS

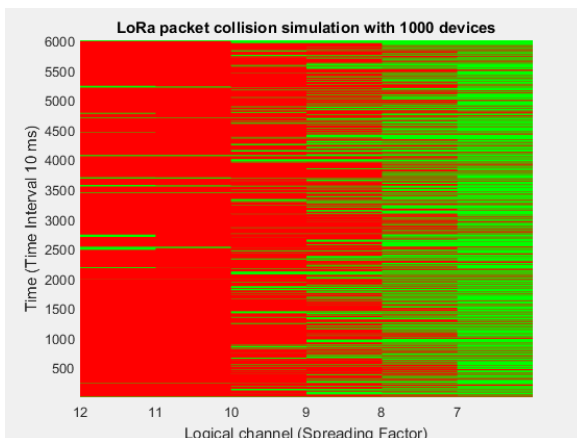
Hasil simulasi pertama yang mendapatkan grafik dari jumlah transmisi yang berhasil dan gagal (*collision*) dalam SF yang sama dengan jumlah *device* yang ditentukan seperti berikut.



Gambar 2. Hasil Simulasi 1 10 Device



Gambar 3. Hasil Simulasi 1 100 Device

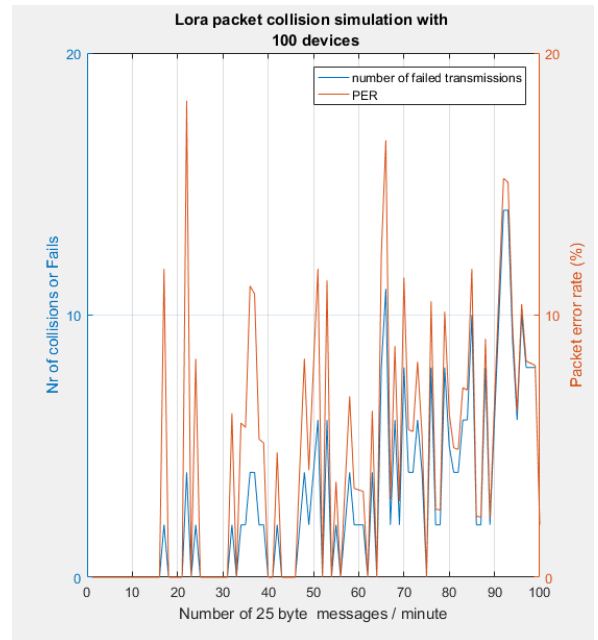


Gambar 4. Hasil Simulasi 1 1000 Device

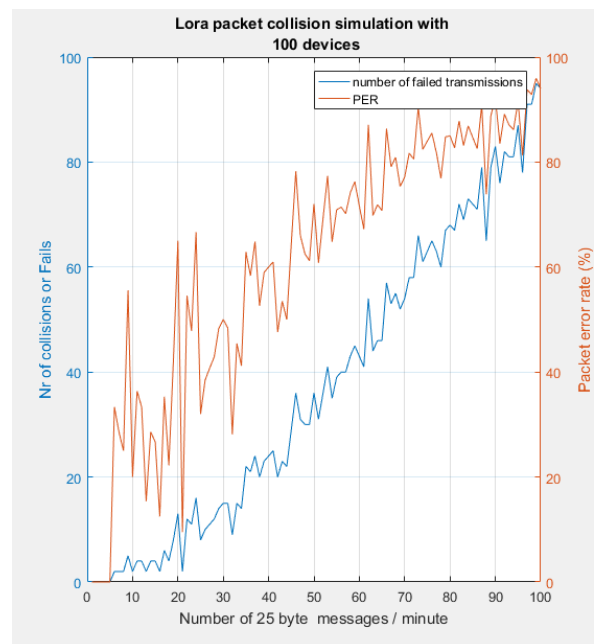
Pada hasil *plotting* simulasi 1, warna hijau mewakili sebuah transmisi yang berhasil, sedangkan warna merah berarti terjadinya *collision* dengan *spreading factor* (SF) yang sama dan dengan begitu penerimaan pesan tidak berhasil. Jadi Simulasi hanya memperhitungkan perangkat yang berada di sekitar satu sama lain, yang artinya akan saling mengganggu. Pilihan *spreading factor* (SF) yang dipilih secara acak akan berdampak pada waktu pengiriman pesan.

Hasil analisis pada simulasi 1 adalah jika semakin tinggi nilai *spreading factor* maka kemungkinan terjadinya *packet collision* akan semakin besar. Hal ini dikarenakan semakin besar SF maka semakin lama juga *time on air* dari packet sehingga lebih memungkinkan packet tersebut untuk terjadi *collision*. Selain itu, semakin banyak jumlah *device* juga dapat mengakibatkan *collision* lebih sering terjadi karena kemungkinan 2 atau lebih *device* mengirimkan *packet* secara bersamaan menjadi lebih besar, ditambah dengan semakin tinggi SF yang mengakibatkan *time on air* makin lama sehingga memperbesar kemungkinan *packet collision* karena pada jangka waktu packet saat *time on air* bisa saja

device lain mengirim *packet* lain pada SF yang sama yang mengakibatkan *collision*.



Gambar 5. Hasil Simulasi 2 *Spreading Factor 7*



Gambar 6. Hasil Simulasi 2 *Spreading Factor 12*

Pada hasil *plotting* simulasi 2 sumbu x merepresentasikan jumlah pesan yang dikirim dan sumbu y kiri merepresentasikan jumlah *collision* dan sumbu y kanan merepresentasikan *packet error rate*, garis warna biru merupakan jumlah transmisi yang gagal untuk jumlah message tertentu dan garis warna orange merupakan *Packet Error Rate* (PER). Untuk simulasi 2 ini akan digunakan SF 7 dan SF 12 karena

SF tersebut merupakan SF terendah dan tertinggi sehingga hasil yang didapat akan minimal dan maksimal sehingga dapat dibandingkan perbedaan dari PER dan *number of collision* dari SF terendah dan tertinggi. Dan untuk jumlah *message*, ketika ada pesan ditambah, akan dilakukan perhitungan dari awal lagi. Contoh pada pesan ke 90, akan dihitung dari 1-90 atau pesan dikirim 90 kali untuk menentukan *collision rate & number of collision*. Ketika pesan bertambah satu menjadi 91, maka akan dihitung dari 1-91 kembali atau pesan dikirim 91x, bukan hasil sebelumnya ditambah satu atau pesan ke 91.

Hasil analisis pada grafik tersebut, pada hasil simulasi untuk SF 7, dapat awalnya, jumlah *collision* dan *packet error rate* tidak ada. Semakin banyak pesan yang dikirim, mulai dari saat 15 pesan dikirim bersamaan, mulai terjadi *packet error rate* dan sejumlah *collision*. Pada 100 pesan, sekitar 8% pesan mengalami *collision* dengan *peak collision* ada pada saat 21 pesan dikirim. Begitu pula untuk SF 12, namun pada SF 12, mulai dari awal (5 pesan), pesan sudah mulai bertabrakan dan pada akhirnya semakin banyak pesan, semakin banyak *collision* yang terjadi dan pada 100 pesan dikirim, *collision rate* hampir mencapai 100 %.

SF 7 memiliki *collision rate* dan jumlah *collision* lebih kecil karena memiliki *time on air* lebih sedikit seperti pada simulasi pertama dimana pada SF kecil, terjadi sedikit *collision*. Sedangkan pada SF 12 semakin banyak pesan yang dikirim, semakin banyak *collision* bahkan hampir 100 % pada 100 pesan dikirim karena memiliki *time on air* yang lebih lama sehingga lebih memungkinkan adanya *collision* antar pesan yang dikirim.

V. SIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang didapat kita, dapat disimpulkan bahwa jika semakin tinggi *spreading factor* pada protokol komunikasi *wireless LoRa* maka akan semakin besar kemungkinan terjadi *packet collision*. Hal ini terjadi karena jika *packet time on air* semakin besar maka menyebabkan kemungkinan *collision* dengan packet lain semakin tinggi. Padahal *packet time on air* dipengaruhi oleh *bitrate* dari komunikasi tersebut, semakin lambat *bitratanya* semakin besar *packet time on airnya*. Hal ini lah yang menyebabkan *spreading factor* tinggi yang memiliki *bitrate* rendah akan cenderung banyak *packet collisionnya*. Walaupun begitu bukan berarti *spreading factor* yang kecil lebih baik untuk digunakan, kembali lagi jika *spreading factor* kecil memiliki sensitivitas yang besar dan membuat jangkauan semakin kecil. Di sisi lain *spreading factor* besar memiliki sensitivitas kecil yang membuat jangkauan semakin luas.

Oleh karena itu kami menyarankan untuk implementasi sistem *IoT* dengan protokol komunikasi nirkabel *LoRa* perlu mempertimbangkan pengaturan *spreading factor*nya juga. Pengaturan *spreading factor*nya harus menyesuaikan kebutuhan jumlah *device* yang terkoneksi dan luas area yang dibutuhkan. Dimana perlu mencari titik optimal dari nilai *spreading factor* kebutuhan sistem tersebut. Dan pastinya setiap sistem memiliki titik optimal yang berbeda beda. Kami harapkan dengan penelitian ini dapat bermanfaat dan merangsang perkembangan sistem *IoT* untuk berbagai kebutuhan dan pembaharuan protokol komunikasi *wireless* lainnya. Untuk penelitian kedepannya, kami sarankan untuk mengimplementasikan algoritma *collision avoidance* untuk protokol komunikasi *wireless LoRa*.

UCAPAN TERIMA KASIH

Dalam penyusunan laporan ini tidak terlepas dukungan dari berbagai pihak. Kami secara khusus mengucapkan terima kasih yang sebesar - besarnya kepada semua pihak yang telah membantu. Kami banyak menerima bimbingan, petunjuk, dan bantuan serta dorongan dari berbagai pihak terutama dari Bapak Ardiansyah, ST, M.Eng selaku dosen mata kuliah *Wireless* yang telah banyak sekali memberikan ilmunya. Semoga ilmu yang diberikan beliau dapat bermanfaat bagi kami dan semoga penelitian ini dapat bermanfaat bagi siapapun yang membacanya. Terima Kasih

DAFTAR PUSTAKA

- [1] (Noreen et al., 2020)Noreen, U., Ahcenebounceur, Univ-brestfr, E., & Clavier, L. (2020). 2020 International Conference on Advanced Technologies for Signal and Image Processing, ATSIIP 2020. 2020 International Conference on Advanced Technologies for Signal and Image Processing, ATSIIP 2020.
- [2] (Kim et al., 2020)Kim, S., Lee, H., & Jeon, S. (2020). An adaptive spreading factor selection scheme for a single channel lora modem. *Sensors (Switzerland)*, 20(4). <https://doi.org/10.3390/s20041008>
- [3] (Semtech, 2015)Semtech. (2015). LoRa Modulation Basics AN1200.22. *App Note*, May, 1–26. <http://www.semtech.com/images/datasheet/an1200.22.pdf>
- [4] (Ferré, 2017)Ferré, G. (2017). Collision and packet loss analysis in a LoRaWAN network. *25th European Signal Processing Conference, EUSIPCO 2017, 2017-January*, 2586–2590. <https://doi.org/10.23919/EUSIPCO.2017.8081678>
- [5] Wikimedia Foundation. (2021, November 12). *Collision domain*. Wikipedia. Retrieved December 7, 2021, from https://en.wikipedia.org/wiki/Collision_domain.

- [6] *What is MATLAB?* MATLAB & Simulink. (n.d.). Retrieved December 7, 2021, from <https://www.mathworks.com/discovery/what-is-matlab.html>.
- [7] *What are Lora and Lorawan?* The Things Network. (2021, April 29). Retrieved December 7, 2021, from <https://www.thethingsnetwork.org/docs/lorawan/what-is-lorawan/>.