

PERENCANAAN JARINGAN LONG RANGE (LORA) PADA FREKUENSI 920 MHz – 923 MHz DI KOTA BANDUNG

LONG RANGE (LORA) NETWORK PLANNING WITH FREQUENCY 920 MHz – 923 MHz IN BANDUNG CITY

Destalia sallyna¹, Uke Kurniawan Usman², Muhammad Ary Murti³

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

³Prodi S1 Teknik Elektro, Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom

¹destaliasallyna@student.telkomuniversity.ac.id, ²ukeusman@telkomuniversity.ac.id, ³arymurti@telkomuniversity.ac.id

Abstrak

Teknologi LoRa (*Long Range*) memiliki penggunaan konsumsi daya rendah dan memiliki jangkauan komunikasi luas lebih dari 2 km yang mendukung pengembangan Internet of Things (IoT) yang berkonsep WSN sehingga mengonsumsi daya tinggi.

Penulisan Tugas Akhir ini berdasarkan pada keputusan rapat hasil konsultasi publik RPM LPWA oleh ASIOTI telah menyepakati bahwa rentang frekuensi LPWA adalah 920 – 923 MHz.

Namun terdapat beberapa kendala untuk mengembangkan LoRa antara lain belum maraknya penggunaan teknologi LoRa pada kawasan yang memiliki karakteristik *urban*. Pita frekuensi operasional LoRa tidak berlisensi dan bergantung pada regulasi negara sehingga kemungkinan terjadi interferensi dengan frekuensi sejenis sangat besar. Teknologi LoRa juga memiliki keterbatasan dalam kecepatan transmisi data yaitu pada kisaran 0.3 -50 kbps. LoRa tidak dapat melakukan pengiriman data langsung ke server sehingga harus melalui *gateway* sehingga harus diadakan estimasi jumlah *gateway* untuk menunjang komunikasi device IoT.

Oleh karena itu, pada Tugas Akhir ini menganalisis dan melakukan simulasi perencanaan jaringan LoRa pada Kota Bandung berdasarkan spesifikasi perangkat *gateway* RAK831 sehingga cocok untuk dijadikan sample untuk perencanaan LoRa yang mendukung teknologi *Internet of Things* dengan menggunakan software perencanaan LPWA sehingga dapat menghasilkan 100 unit *gateway* dengan berdasarkan perhitungan *capacity planning* dan analisis parameter-parameter yang memiliki nilai *Spreading Factor* 7, *Coding Rate* 4/5, *Bandwidth* sebesar 125 kHz, dan *bit rate* tertinggi yang di dapat adalah sebesar 5,47 kbps.

Kata Kunci: LoRa, *spreading factor*, *coding rate*, *bit rate*, *capacity*, *coverage*.

Abstract

LoRa (Long-Range) technology has low power consumption and has broad communication access of more than 2 km that supports the development of the Internet of Things (IoT) which is based on WSN that consuming high power.

The consideration of writing this Final Project is based on the result from the meeting of public consultation LPPM RPM by ASIOTI has leased the agreement on the frequency range of LPWA in Indonesia is 920 - 923 MHz.

However, several challenges to develop LoRa, include the lack of widespread use of LoRa technology in areas that have urban characteristics. The LoRa operational frequency band does unlicensed and is dependent on regulation of the state, so probability of interference most likely can happen. LoRa technology also has limitations in data transmission speeds in the range of 0.3 -50 kbps. LoRa can not send data directly to the server, so it must go through a gateway. So we should build gateways for support IoT device communication.

Therefore, in this Final Project discusses the analysis and simulate LoRa network planning in Bandung based on RAK831 gateway device specifications, that is suitable to become a sample for LoRa planning that supports Internet of Things technology using LPWA planning software with the result 100 units gateway based on capacity planning calculations and analysis parameters with the value of Spreading Factor 7, Coding Rate 4/5, Bandwidth at 125 kHz, and the highest bit rate at 5,47 kbps.

Keywords: LoRa, *spreading factor*, *coding rate*, *bit rate*, *capacity*, *Coverage*.

1. Pendahuluan

Di zaman modernisasi seperti saat ini, banyak sekali permasalahan umum yang ditemukan, terutama pada daerah kota-kota besar di Indonesia. Permasalahan umum yang terjadi pada saat ini salah satunya adalah kebutuhan masyarakat mengenai internet. Internet adalah jaringan yang menghubungkan suatu perangkat komputer ke perangkat lain dengan ruang lingkup yang luas yaitu di seluruh dunia. Sejak penemuan internet, dunia seolah menjadi kecil dan siapapun dapat menjangkau belahan dunia lainnya dengan bantuan internet.

Semakin pesatnya perkembangan internet maka kebutuhan manusia semakin meningkat beserta perangkat yang menyertainya. Kini di era globalisasi, internet akan bersinergi dengan perangkat elektronik guna membantu aktivitas manusia. Hal ini dinamakan *Internet of Things* (IoT). IoT dikembangkan untuk menunjang aktivitas manusia agar lebih efektif dan efisien.

Pengembangan Internet of Things selalu didukung dengan konsep *Wireless Sensor Network* (WSN). Sebagian besar konsep WSN menggunakan konsumsi daya baterai, sehingga terdapat kebutuhan konstan untuk mengurangi kebutuhan energi. Teknologi LoRa (*Long Range*) memiliki penggunaan konsumsi daya rendah dan memiliki jangkauan komunikasi luas lebih dari 2 km. LoRa tidak dapat melakukan pengiriman data langsung ke server. Sehingga diperlukan sistem pengiriman data untuk menghubungkan antar perangkat di node sensor dengan server yang disebut *gateway*[1]. Jumlah total perangkat IoT selain komputer, tablet dan telepon genggam yang terhubung ke jaringan IP diproyeksikan pada tahun 2021 akan mencapai 27,1 milyar[2]. Saat ini, penggunaan LoRa belum marak diterapkan. Namun, kedepannya LoRa akan digunakan untuk kemajuan bidang teknologi, khususnya untuk *smart city*.

Pada Tugas Akhir ini dilakukan perencanaan untuk jaingan LoRa di daerah yang mempunyai karakteristik *urban* yaitu di Kota Bandung dengan menggunakan LPWA *planning software*. Tujuannya adalah memprediksi *capacity* dan *coverage* suatu wilayah yang akan dibangun jaringan untuk kebutuhan mengakses teknologi LoRa.

2. Dasar Teori

2.1 LoRa

LoRa adalah sistem telekomunikasi nirkabel jarak jauh yang memiliki daya rendah serta *bit-rate* rendah. Dirancang sebagai solusi infrastruktur untuk menunjang Internet of Things. *End-device* menggunakan satu hop LoRa nirkabel untuk berkomunikasi dengan gateway yang terhubung ke Internet dan server yang bertindak sebagai jembatan untuk menyampaikan pesan antara *end-device* dan network server pusat.

LoRa adalah salah satu protokol *Low Power Wide Area Network* (LPWAN). LoRa menargetkan penggunaan pada *end-device* yang memiliki energi yang terbatas (misalnya: bertenaga baterai), sehingga *end-device* tidak perlu mentransmisikan beberapa byte sekaligus.

2.2 Parameter

Parameter sangat berpengaruh terhadap kinerja dari LoRa. Parameter-parameter berikut yang menjadi acuan dalam penelitian ini, antara lain:

1. *Spreading Factor*

SF adalah rasio antara simbol rate dan chip rate. *Spreading Factor* yang lebih tinggi meningkatkan Signal to Noise Ratio (SNR), sensitivitas, dan jangkauan, tetapi juga meningkatkan airtime paket. Nilai *Spreading Factor* pada LoRa terdiri dari SF7 sampai dengan SF12, tiap nomer pada SF merepresentasikan chips yang dimodulasi per simbol. *Spreading Spectrum* menggunakan teknik *Code Division Multiple Access* (CDMA). CDMA digunakan sebagai solusi dalam menghindari kekurangan standardisasi LoRaWAN untuk jaringan LoRa dalam penghindaran tabrakan data. Ketika beberapa *device* mentransmisikan data pada saat yang sama, data bisa saja tidak bertabrakan karena menggunakan *spreading code* yang berbeda. *Spreading code* adalah suatu protokol yang memiliki kebijakan untuk memilih code yang akan digunakan sehingga dapat memberi informasi bahwa sebuah terminal memiliki paket yang harus dikirimkan. *Spreading code* juga dapat memantau terminal yang tersedia sehingga dapat dilalui oleh paket. Pengiriman paket dengan berdasarkan pada *spreading code* yang berbeda dapat mengirimkan informasi pada frekuensi, waktu, dan ruang yang sama tanpa tabrakan data[8].

2. *Bandwidth*

BW adalah lebar frekuensi dalam pita transmisi. BW yang lebih tinggi memberikan kecepatan data yang lebih tinggi (sehingga waktu lebih pendek pada proses transmisi), tetapi sensitivitasnya

lebih rendah (karena integrasi kebisingan tambahan). BW yang lebih rendah memiliki sensitivitas tinggi, tetapi kecepatan data lebih rendah. Data dikirim pada tingkat chip sama dengan *bandwidth*; *bandwidth* yang sesuai 125 kHz ke tingkat chip 125 kcps. Meskipun *bandwidth* bisa dipilih dalam kisaran 7,8 kHz hingga 500 kHz, sebuah LoRa beroperasi pada 500 kHz, 250 kHz atau 125 kHz (resp. BW500, BW250 dan BW125)[9].

3. Coding Rate

Coding Rate merujuk kepada jumlah bit yang memuat data atau informasi untuk ditransmisikan. Coding Rate diformulasikan untuk menangani Packet Error Rate (PER) akibat adanya interferensi. perlu disesuaikan sesuai dengan kondisi kanal yang digunakan untuk transmisi data. Jika ada terlalu banyak gangguan di kanal, maka disarankan untuk meningkatkan nilai CR. Namun, kenaikan nilai CR juga akan meningkatkan durasi untuk transmisi. Persamaan untuk Coding Rate adalah sebagai berikut:

$$CR = \frac{4}{4 + n} \quad (2.1)$$

dimana nilai adalah 1,2, 3, 4.

4. RSSI

Received Signal Strength Indicator (RSSI) merupakan parameter yang menunjukkan daya terima dari seluruh sinyal pada band frekuensi saluran yang digunakan. 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. Nilai dari RSSI bisa dibagi menjadi beberapa level seperti yang ditunjukkan pada tabel 2.1.

Tabel 2.1. Level sinyal RSSI[10].

RSSI (dBm)	Keterangan
-30 s/d -60	Sangat kuat. Jarak pemancar dan penerima sangat dekat.
-60 s/d -90	Sangat baik. Cakupan dekat.
-90 s/d -105	Baik. Terdapat beberapa data yang tidak diterima.
-105 s/d -115	Buruk. Dapat menerima tetapi sering drop-out
-115 s/d -120	Sangat buruk. Sinyal lemah data sering hilang

5. Signal Noise Ratio (SNR)

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

Tabel 2.2 SNR pada LoRa.

SF	SNR
7	-7,5 dB
8	-10 dB
9	-12,5 dB
10	-15 dB
11	-17,5 dB
12	-20 dB

Dari tabel 2.2 diketahui bahwa semakin bertambah nilai *spreading factor* maka nilai SNR akan bertambah sebesar 2,5 dB. Dari nilai SNR yang telah ditetapkan tersebut dapat dipergunakan untuk menghitung tingkat sensitivitas LoRa dengan persamaan sebagai berikut:

$$Sensitivitas = -174 + 10 \log BW + NF - SNR \quad (2.3)$$

6. Bit Rate

Bit rate merupakan satuan dasar informasi digital dan bersifat biner (1/0, high/low). *Bit rate* (R_b) adalah laju perubahan bit tiap satuan waktu[12]. Nilai bit rate dinyatakan dalam bps. Rumus untuk menentukan *bit rate* adalah sebagai berikut :

$$R_b = SF * \frac{1}{\left\lceil \frac{2SF}{BW} \right\rceil} * CR \text{ bits/sec} \quad (2.4)$$

2.2 Coverage Planning

Coverage planning merupakan metode yang digunakan untuk menentukan jumlah dari gateway yang akan di implementasikan yang dapat mencakup seluruh area yang telah direncanakan, berdasarkan perhitungan *link budget* dan model propagasi yang digunakan untuk perencanaan LoRa berdasarkan cakupan wilayah Kota Bandung.

2.2.1 Link Budget

Link budget yang bertujuan untuk menghitung nilai MAPL (Maximum Allowable Path Loss) atau nilai maksimum dari pelemahan sinyal yang diperbolehkan antara *End-Device* dengan Gateway. Tujuan dari link budget adalah menghitung MAPL dari sebuah skenario untuk mencari radius sel. Dari nilai MAPL yang didapat dipilih nilai MAPL terendah kemudian masing-masing dari skenario dihitung radius selnya dengan menggunakan rumus propagasi. Dari masing masing skenario kemudian dicari radius sel yang paling kecil untuk digunakan pada perencanaan pada *software radio planning*. [12] Persamaan yang digunakan untuk mendapatkan nilai MAPL adalah sebagai berikut:

$$\text{MAPL} = (\text{Tx Power} + \text{Tx Gain} + \text{Rx Gain}) - \text{RSSI} \quad (2.5)$$

2.2.2 Model Propagasi Okumura Hata

Model propagasi adalah cara untuk memprediksi rata-rata daya sinyal. Tiga mekanisme dominan dari propagasi pada sistem komunikasi bergerak (mobile) antara lain: pantulan (*reflection*), difraksi, dan hamburan (*scattering*).

Model Okumura Hata digunakan untuk memprediksi redaman propagasi di daerah urban, suburban, dan rural. Selain itu model propagasi ini digunakan untuk frekuensi 150 MHz - 1500 MHz, radius sel berkisar 1 – 20 km, tinggi antenna transmitter 30-200 m, dan ketinggian antenna terminal berkisar dari 1 – 10 m. Berikut merupakan bentuk rumus propagasi Okumura – Hata:

$$Pl = A + B \log(d) + C \quad (2.6)$$

dimana nilai A adalah

$$A = 69.55 + 26.16 \log(fc) - 13.82 \log(hb) - a(hm) \quad (2.7)$$

dan B adalah

$$B = 44.9 - 6.55 \log(hb), \quad (2.8)$$

dan C adalah nilai dari $a(hm)$ tergantung dari jenis atau tipe morfologi dari suatu daerah yang menjadi fokus penelitian. Pada penelitian ini menggunakan tipe morfologi urban.

3. Pembahasan

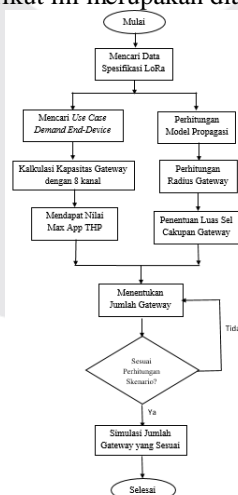
3.1. Informasi Kondisi Wilayah

Setiap wilayah tentunya memiliki karakteristik yang berbeda antara satu wilayah dengan lainnya. Pada penelitian ini, dilakukan pengambilan data terhadap wilayah Kota Bandung.

Kota Bandung terletak di wilayah Jawa Barat dan merupakan Ibukota Propinsi Daerah Tingkat I Jawa Barat. Kota Bandung terletak diantara 107° Bujur Timur dan $6^\circ 55'$ Lintang Selatan dengan luas 167,7 km persegi. Secara topografis Kota Bandung terletak pada ketinggian 768 meter di atas permukaan laut, titik tertinggi di daerah Utara dengan ketinggian 1.050 meter dan terendah di sebelah Selatan adalah 675 meter di atas permukaan laut. Di wilayah Kotamadya Bandung bagian Selatan permukaan tanah relatif datar, sedangkan di wilayah kota bagian Utara berbukit-bukit.

3.2 Diagram Alir

Perencanaan jaringan LoRa merupakan sebuah simulasi untuk memperkirakan *capacity* dan *coverage* suatu wilayah yang memungkinkan untuk membangun jaringan LoRa yang dapat diimplementasikan secara efektif. Berikut ini merupakan diagram alir perencanaan jaringan LoRa.



Gambar 3.1 Diagram Alir Perencanaan Jaringan LoRa.

3.3 Skenario Perancangan

Skenario perancangan ini ditinjau dari *coverage planning* dan *capacity planning* yang digunakan untuk meninjau perbedaan perencanaan jumlah gateway LoRa berdasarkan cakupan wilayah dan kapasitas dari gateway dalam *cover* device yang mengirimkan paket dalam satu hari.

3.4 Skenario Parameter

Skenario parameter ini digunakan di kedua skenario perancangan dengan meninjau beberapa data yang telah dikalkulasi. Hal ini dimaksudkan untuk mengetahui pengaruh parameter yang digunakan terhadap *bit rate*, MAPL, dan RSSI. Pada skenario ini menggunakan tiga parameter yaitu *bandwidth*, *code rate*, dan *spreading factor*. Ketiga parameter yang digunakan pada skenario ini merupakan parameter yang menjadi pengaruh terhadap jumlah gateway yang dapat ditentukan kemudian. Nilai dari setiap parameter dapat dilihat pada tabel.

Tabel 3.1 Skenario Parameter.

<i>Bandwidth</i>	<i>Spreading Factor</i>	<i>Code Rate</i>
125 kHz	7	4/5
	8	
	9	
	10	
	11	
	12	
125 kHz	7	4/6
	8	
	9	
	10	
	11	
	12	
125 kHz	7	4/7
	8	
	9	
	10	
	11	
	12	
125 kHz	7	4/8
	8	
	9	
	10	
	11	
	12	

3.5 Perencanaan Jaringan LoRa Berdasarkan Capacity

Perencanaan LoRa berdasarkan kapasitas bertujuan untuk mengestimasi jumlah *site* yang harus diimplementasikan untuk memenuhi kapasitas trafik suatu daerah.

3.5.1 Bit Rate

Perhitungan bit rate yang dilakukan dapat mempengaruhi pemilihan skenario parameter mana yang terbaik dalam hal mentransmisikan jumlah bit. Hasil perhitungan bit rate berdasarkan persamaan (2.3) dapat dihitung dan dilihat pada tabel 3.1 berikut:

$$R_b \text{ pada SF 7 CR } \frac{4}{5} = 7 * \frac{1}{\left[\frac{2^7}{125000} \right]} * \frac{4}{5} = 5,46875 \text{ kbps}$$

Tabel 3.2 Bit Rate berdasarkan *Spreading Factor* dan *Coding Rate*.

Coding Rate (CR)	Bit Rate (kbps)					
	SF7	SF8	SF9	SF10	SF11	SF12
CR=4/5	5,46875	3,125	1,757813	0,976563	0,537109	0,292969
CR=4/6	4,557292	2,604167	1,464844	0,813802	0,447591	0,244141
CR=4/7	3,90625	2,232143	1,25558	0,697545	0,38365	0,209263
CR=4/8	3,417969	1,953125	1,098633	0,610352	0,335693	0,183105

3.5.2 Single Gateway dengan 8 channel capacity (packet per hari).

Tabel 3.3 Kapasitas single gateway dengan 8 channel (paket/hari).

Spreading Factor (SF)	Kapasitas Single Gateway dengan 8 Channel (paket/hari)			
	CR=4/5	CR=4/6	CR=4/7	CR=4/8
SF7	142.857,14	145.945,95	145.945,95	145.945,95
SF8	78.034,68	78.034,68	79.881,70	79.881,66
SF9	41.925,47	41.925,47	42.993,63	42.993,63
SF10	22.058,82	22.691,01	22.691,01	22.651,01
SF11	10.748,41	10.748,41	11.029,41	11.029,41
SF12	5.662,75	5.818,97	5.818,97	5.818,97

Berdasarkan hasil perhitungan yang dipengaruhi oleh durasi paket, durasi preamble, preamble symbol, durasi payload, symbol rate, serta duty cycle 1% maka didapatkan hasil dari kapasitas satu gateway dengan 8 kanal yang terdapat pada tabel 3.3.

3.6 Perencanaan Jaringan LoRa berdasarkan Coverage

Tujuan dari perhitungan berdasarkan *coverage planning* pada penelitian ini ialah mendapatkan *radius cell*. Untuk mendapatkan nilai radius sel digunakan perhitungan *link budget* untuk mendapatkan nilai MAPL, penambahan nilai margin MAPL, dan serta penggunaan nilai MAPL pada perhitungan model propagasi.

3.6.1 Perhitungan Jumlah Gateway pada Coverage Planning

Hasil perhitungan *link budget* berdasarkan persamaan (2.6) secara keseluruhan dapat menghitung jumlah gateway yang dibutuhkan berdasarkan hasil bagi dari luas wilayah yang ditinjau dengan luas sel hasil perhitungan *link budget*. Jumlah gateway yang dibutuhkan di Kota Bandung berdasarkan spreading factornya dapat dilihat dari tabel 3.4 berikut ini:

Tabel 3.4 Perhitungan jumlah gateway pada *coverage planning*.

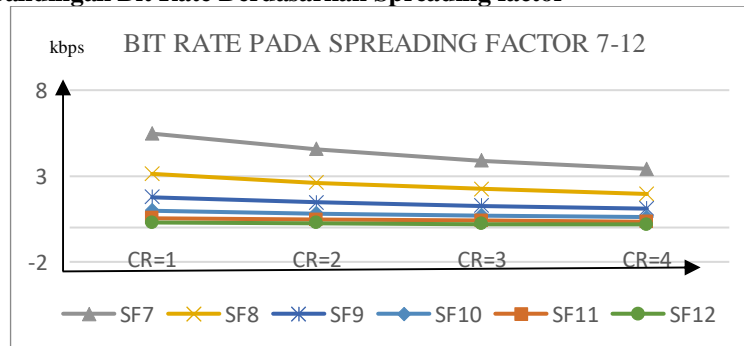
WILAYAH BANDUNG (URBAN)								
SF	RSSI (dBm)	MAPL (dB)	a (hR)	log (d)	d (km)	Luas Cell (km ²)	Luas Wilayah (km ²)	Jumlah Gateway (Unit)
SF7	-99,8	130,8	0,016741	0,146143	1,400048	5,092581	167,7	33
SF8	-103,2	134,2	0,016741	0,242666	1,748501	7,94298	167,7	22
SF9	-103,27	134,27	0,016741	0,244653	1,75652	8,016004	167,7	21
SF10	-100,24	131,24	0,016741	0,158634	1,440901	5,394116	167,7	32
SF11	-107,67	138,7	0,016741	0,369565	2,341881	14,24891	167,7	12
SF12	-100,76	131,76	0,016741	0,173397	1,490721	5,773576	167,7	30

4. Analisis Dan Simulasi Perencanaan Jaringan LoRa

4.1 Pendahuluan

Pada Bab ini penulis akan menganalisis hasil perhitungan yang telah dilakukan pada bab sebelumnya serta pada akhir bab ini akan didapat hasil rekapitulasi analisis perhitungan yang dapat disimulasikan pada *software* perancangan LPWA.

4.1.1 Perbandingan Bit Rate Berdasarkan Spreading factor

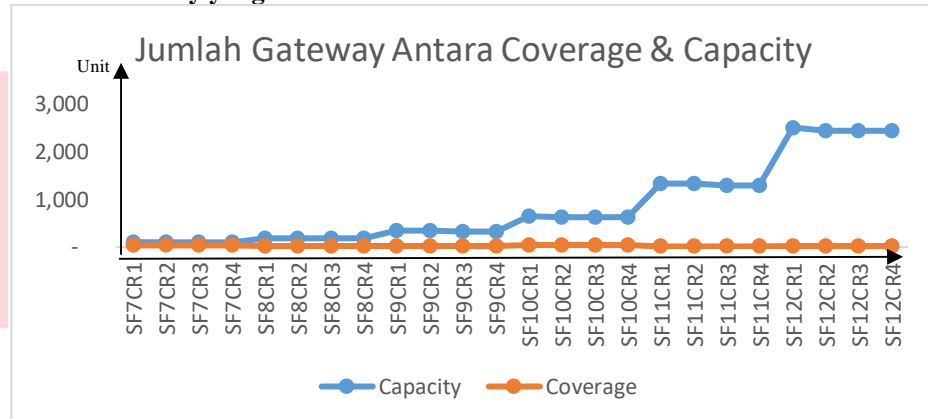


Gambar 4.1 Grafik bit rate pada *spreading factor* 7-12.

Pada gambar 4.1 diatas dapat dilihat hasil perhitungan yang dilakukan dengan nilai *coding rate* 4/5 sampai dengan *coding rate* 4/8 dan skenario nilai dari *spreading factor* 7 hingga *spreading factor* 12. Pada grafik pertama berwarna abu-abu yang dihasilkan diatas menunjukkan nilai *spreading factor* 7 yang memiliki nilai 5,47 kbps yang di dapat dari hasil perhitungan pada *coding*

rate 4/5. Hal ini menyebabkan *bit rate* pada *spreading factor* 7 di *coding rate* 4/5 menjadi *bit rate* dengan nilai tertinggi diantara semua *spreading factor* dan *coding rate* yang lain. Sedangkan pada grafik berwarna hijau dapat dilihat bahwa pada *spreading factor* di *coding rate* 4/8 memiliki nilai *bit rate* yang paling rendah diantara semua *spreading factor* dan *coding rate* yang ditentukan dengan nilai 0,18 kbps.

4.1.2 Jumlah Gateway yang Dibutuhkan



Gambar 4.2 Jumlah Gateway yang dibutuhkan pada *capacity planning* dan *coverage planning*.

Pada gambar 4.2 terlihat bahwa jumlah gateway pada perencanaan menurut kapasitas (*capacity planning*) jumlahnya selalu lebih banyak daripada jumlah gateway pada perencanaan menurut *coverage* (*coverage planning*). Hal ini terkait dengan perhitungan jumlah device yang memungkinkan mengakses satu gateway pada perencanaan menurut kapasitas (*capacity planning*). Sedangkan pada perencanaan menurut *coverage* (*coverage planning*) hanya meninjau berdasarkan radius sel, luas wilayah, luas sel, MAPL, dan RSSI tanpa memperkirakan jumlah device yang dapat mengakses tiap satu gateway.

4.2 Rekapitulasi Hasil Analisis Perhitungan

Tabel 4.1 Rekapitulasi Hasil Analisis Perhitungan.

Parameter	Nilai
Spreading Factor	7
Coding Rate	4/5
SNR	-7,5 dB
Bit Rate	5,46875 kbps
Bandwidth	125 kHz

Pada tabel 4.1 merupakan hasil yang terbaik menurut perhitungan yang telah dilakukan serta titik garis singgung pada gambar 4.2, maka untuk melakukan simulasi ke dalam *software* perencanaan LPWA untuk LoRa digunakan perhitungan dengan mengacu pada *spreading factor* 7 dan *coding rate* 4/5.

5. Kesimpulan dan Saran

5.1 Kesimpulan

Adapun kesimpulan yang didapatkan dari penelitian yang telah dilakukan adalah sebagai berikut:

1. Pada skenario berdasarkan *spreading factor* 7 sampai dengan *spreading factor* 12 didapatkan hasil sensitivitas yang paling baik pada scenario *spreading factor* 12 dikarenakan nilai SNR yang paling rendah diantara nilai *spreading factor* yang lain.
2. Pada skenario berdasarkan *spreading factor* 7 sampai dengan *spreading factor* 12 didapatkan hasil *bit rate* yang paling baik pada skenario *spreading factor* 7 di *coding rate* 4/5 dengan nilai 5,47 kbps dikarenakan nilai *coding rate* yang paling tinggi yaitu 0,8 dan nilai *spreading factor* paling rendah yaitu 7.
3. Pada skenario *capacity planning* didapatkan jumlah gateway yang semakin terus meningkat, dari yang terendah sebanyak 98 gateway dan yang terbanyak dengan 2.437 gateway. Hal ini berkaitan dengan semakin meningkatnya *spreading factor* maka semakin meningkat pula jumlah kebutuhan gateway yang dibutuhkan karena kapasitas gateway 8 kanal yang berbeda pada setiap *spreading factor*.
4. Pada skenario *coverage planning* didapatkan jumlah gateway yang fluktuatif dan tidak selalu meningkat. Contohnya pada *spreading factor* 11 memiliki jumlah gateway paling sedikit yaitu

12 gateway dan gateway terbanyak dihasilkan dari perhitungan spreading factor 7 yaitu 33 gateway. Hal ini disebabkan oleh faktor nilai RSSI yang nilainya di dapat dari percobaan langsung pada gateway LoRa eksisting RAK831.

5. Pada skenario *coverage* dan *capacity planning* dengan ditinjau dari garis singgung pada grafik perhitungan *coverage planning* dan *capacity planning* yang didapat berdasarkan parameter-parameter yang ditentukan maka jumlah gateway yang paling baik untuk direalisasikan adalah berdasarkan *spreading factor* 7 di *coding rate* 4/5.
6. Dari perbandingan jumlah gateway di *coverage* dan *capacity planning* pada *spreading factor* 7 dan *coding rate* 4/5 maka jumlah gateway yang paling banyak dihasilkan dari perhitungan *capacity planning* yaitu sebanyak 100 gateway.

5.2 Saran

Adapun saran yang bisa menjadi ide dan perbaikan untuk penelitian yang dilakukan dimasa yang akan datang adalah sebagai berikut:

1. Untuk penelitian selanjutnya sebaiknya melakukan percobaan dengan data gateway LoRa eksisting yang lain seperti dragino LoRa shield, dan lainnya, agar dapat dilakukan hasil mana yang paling baik dapat direalisasikan.
2. Sebaiknya pada penelitian selanjutnya dilakukan optimasi dan pengukuran secara real dari sisi device IoT terhadap gateway eksisting berdasarkan perhitungan yang telah dilakukan pada penelitian kali ini agar lebih jelas serta akurat hasil yang di dapat.
3. Saat melakukan pengukuran sebaiknya dilakukan dengan jumlah *device* yang sebenarnya tersebar di wilayah penelitian agar hasil yang didapat dapat sesuai dengan kebutuhan yang ada.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] H. Arijuddin, A. Bhawiyuga, and K. Amron, "Pengembangan Sistem Perantara Pengiriman Data Menggunakan Modul Komunikasi LoRa dan Protokol MQTT Pada Wireless Sensor Network," *J. Pengemb. Teknol. Inf. dan Ilmu Komput.*, vol. 3, no. 2, pp. 1655–1659, 2019.
- [2] E. Murdyantoro, I. Rosyadi, and H. Septian, "Studi Performansi Jarak Jangkauan Lora Olg01 Sebagai Infrastruktur Konektivitas Nirkabel," vol. 15, no. 1, pp. 47–56, 2019.
- [3] A. Augustin, J. Yi, T. Clausen, and W. M. Townsley, "A study of Lora: Long range & low power networks for the internet of things," *Sensors (Switzerland)*, vol. 16, no. 9, pp. 1–18, 2016.
- [4] S. S. I Putu Agus Eka Pratama, *Wireless Sensor Network*. Bandung: INFORMATIKA, 2015.
- [5] F. T. Elektro, U. Telkom, and P. Air, "PREDIKSI POLA PENCEMARAN AIR SUNGAI MENGGUNAKAN SIMPLE NEURAL NETWORK RIVER WATER POLLUTION PATTERN PREDICTION USING A SIMPLE NEURAL," vol. 6, no. 1, pp. 1590–1595, 2019.
- [6] T. M. Workgroup, "What is it? A technical overview of," *LoRa Alliance*, no. November, 2015.
- [7] SHENZHEN RAKWIRELESS TECHNOLOGY, "RAK831 Lora Gateway," vol. 1.3, 2017.
- [8] H. Hu and H. Yan, "Study on ALOHA Anti-Collision Algorithm Based on LoRa for Internet of Things," *Proc. - 2018 3rd Int. Conf. Smart City Syst. Eng. ICSCSE 2018*, pp. 652–654, 2018.
- [9] M. Bor and U. Roedig, "LoRa transmission parameter selection," *Proc. - 2017 13th Int. Conf. Distrib. Comput. Sens. Syst. DCOSS 2017*, vol. 2018-Janua, pp. 27–34, 2018.
- [10] M. I. Fitrianda, "Implementasi Wireless Sensor Network sebagai Pendeteksi Kebakaran Berbasis Lora," 2013.
- [11] P. Devi, D. Istianti, and N. Bogi, "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," vol. 6, no. 2, pp. 4471–4478, 2019.
- [12] P. Devi, D. Istianti, S. Y. Prawiro, N. Bogi, A. Karna, and I. A. Nursafa, "Analisis Performansi Teknologi Akses LPWAN LoRa Antares Untuk Komunikasi Data End Node," *Citee 2019*, pp. 24–25, 2019.