

## ANALISIS PERENCANAAN JARINGAN LONG RANGE (LORA) DENGAN FREKUENSI 920-923 MHZ UNTUK WILAYAH PALABUHANRATU

Delisya Nabilla Hendrawan<sup>1</sup>, Uke Kurniawan Usman<sup>2</sup>, Dr. Budi Prasetya Ir<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup> Universitas Telkom, Bandung  
nabilladelisya@telkomuniversity.ac.id<sup>1</sup>, ukeusman@telkomuniversity.ac.id<sup>2</sup>,  
budiprasetya@telkomuniversity.ac.id<sup>3</sup>

---

### Abstrak

Teknologi LoRa di Indonesia saat ini dalam tahap perkembangan untuk percepatan digitalisasi *smart utility* berbasis konektivitas yang murah dan handal. Palabuhanratu merupakan wilayah yang potensial untuk pembangunan infrastruktur jaringan LoRa dikarenakan kepadatan *end device* di Palabuhanratu yang menyebabkan proses pengiriman data pada sebuah jaringan menjadi terhambat. Parameter yang digunakan pada simulasi *software* LPWA diantaranya *Signal Level*, *Level Carrier Noise to Interference* dan *Link Budget*. Metode penelitian ini menganalisa hasil simulasi terhadap *Signal Level*, *Level Carrier Noise to Interference* dan *Link Budget* sebagai parameter untuk pembangunan infrastruktur jaringan LoRa pada frekuensi 920-923 MHz di Palabuhanratu. Penelitian yang dilakukan terbagi kedalam dua tahap perencanaan. Tahap perencanaan pertama yaitu perhitungan *capacity* dan Perhitungan *coverage*. Tahap perencanaan kedua yaitu simulasi menggunakan *software Atoll Low Power Wide Area*. Hasil analisa simulasi yang diperoleh pada penelitian ini yakni terdapat 10 *gateway capacity* dengan menggunakan *software* aplikasi *Atoll*. Nilai rata-rata yang dihasilkan oleh parameter simulasi diantaranya *Signal Level* yaitu -64.06 dBm dengan kategori "good" berdasarkan standarisasi KPI yaitu lebih dari -80 dBm dan parameter *Level Carrier Noise to Interference* sebesar 27,71 dB yang termasuk dengan kategori "excellent" yaitu lebih besar dari 12 dBm pada standarisasi KPI, serta *path loss* yang dihasilkan sebesar -107,74 dBm pada radius sel 1,261 km.

**Kata Kunci:** Jaringan LoRa, *Capacity Planning*, *Coverage Planning*, *Signal Level*, *Level Carrier Noise to Interference*, *Link Budget*

---

### Abstract

*LoRa technology in Indonesia is currently in the development stage to accelerate the digitization of smart utilities based on cheap and reliable connectivity. Palabuhanratu is a potential area for LoRa network infrastructure development due to the density of end devices in Palabuhanratu which causes the process of sending data on a network to be hampered. The parameters used in the LPWA software simulation include Signal Level, Noise to Interference Coverage Level and Link Budget. This research method analyzes the simulation results on Signal Level, Noise to Interference Coverage Level and Link Budget as parameters for LoRa network infrastructure development on the 920-923 frequency. MHz in Palabuhanratu. The research is divided into two planning stages. The first planning stage is the calculation of capacity and calculation of coverage. The second planning stage is a simulation using the Atoll Low Power Wide Area software. The results of the simulation analysis obtained in this study are that there are 10 gateway capacities using the Atoll application software. The average values generated by the simulation parameters include Signal Level, which is -64.06 dBm with the "good" category based on KPI standardization which is more than -80 dBm and the Noise to Interference Coverage Level parameter of 27.71 dB which is included in the "excellent" category, namely greater than 12 dBm in KPI standardization, and the resulting path loss is -107.74 dBm at a cell radius of 1.261 km*

**Key Words:** *LoRa Network*, *Capacity Planning*, *Coverage Planning*, *Signal Level*, *Level Carrier Noise to Interference*, *Link Budget*

---

## 1. Pendahuluan

Jaringan LoRa ini bekerja pada pita frekuensi 920 sampai 923 MHz sesuai dengan lisensi Kementerian Komunikasi dan Informatika di Indonesia. Modulasi yang digunakan untuk LoRa adalah modulasi *Chirp Spread Spectrum*[1]. Daya Baterai yang digunakan dalam Jaringan LoRa bersifat tahan lama dikarenakan daya yang dikonsumsi hanya berkisar dari 13 Ma hingga 15 Ma, sehingga baterai dapat bertahan hingga usia pakai 20 tahun [2].

Parameter modulasi LoRa diantaranya *Spreading Factor 7*, *coding Rate* sebesar 4/5, *bit rate* 5,48 kbps, *connector gateway kerlink wirnet station* dan *end node* LoRa (Rak 831 LoRaWAN). Parameter simulasi LoRa berdasarkan *capacity planning* diantaranya *Future Population*, *Gateway Capacity* dan *Gateway 8 kanal capacity*, sel *coverage* dan sel *radius*.

Berdasarkan *coverage planning* diantaranya perhitungan *Link Budget* SNR, EIRP, RSSI dan MAPL untuk *uplink* dan *downlink*, model propagasi Okumura Hatta, sel *radius* dan *gateway coverage*. Hasil analisa yang didapatkan berdasarkan simulasi diantaranya *signal level*, *level carrier interference noise ratio* dan *link budget*.

## 2. Dasar Teori

### 2.1 Jaringan LoRa

LoRa (*Long Range*) adalah format modulasi yang dibuat oleh *semtech*. Modulasi transmisi yang digunakan adalah *spread spectrum*[2]. LoRaWAN dirancang untuk jaringan komunikasi yang jarak jangkauannya jauh menggunakan *end device*[3]. Pada penelitian ini LoRaWAN digunakan sebagai media transmisi data dengan skenario sub urban *area* di Palabuhanratu.

LoRaWAN *gateway* sudah dilengkapi fitur *board concentrator* dengan jenis *Gateway Kerlink Wirnet Station* sehingga *gateway* tersebut mampu berkomunikasi antar berbagai *end node* secara bersamaan[6]. *End device* LoRa terdiri dari dua bagian utama yaitu modul radio dan sebuah mikroprosesor untuk memproses data[8]. LoRa *Gateway* menerima data dari *End Node* yang nantinya diklasifikasikan ke dalam kanal tertentu berdasarkan frekuensi yang dilewati.

### 2.2 Parameter Modulasi LoRaWAN

Penelitian ini menggunakan *bandwidth* sebesar 125 KHz, *bit rate* yang digunakan adalah sebesar 5,46875 kbps dengan *spreading factor 7* dan *coding rate 4/5*. Pada penelitian ini menggunakan SF 7 dengan *coding rate 4/5* dikarenakan LoRa membutuhkan *bit rate* yang tinggi untuk menangani PER (*Packet Error Rate*) akibat adanya interferensi agar dapat memperlancar proses transmisi data.

## 2.3 Perencanaan Jaringan LoRa Berdasarkan Kapasitas

### 2.3.1 Future Population

*Future Population* adalah estimasi pertumbuhan jumlah pelanggan dalam kebutuhan *user* atau pelanggan di masa depan.

$$Future\ Population = P_o (1 + GF)^n \quad (1)$$

### 2.3.2 Gateway Capacity 8 Kanal

*Gateway capacity* adalah metoda perhitungan untuk mendapatkan jumlah paket harian pada sebuah *gateway*.

$$Gcapacity = (S.GatewayCapacity) \times (DutyCycle) \times (8) \quad (2)$$

### 2.3.3 Single Gateway Throughput

SUT diperoleh berdasarkan kalkulasi jumlah *forecasting device IoT* dengan *bit rate*.

$$SGT = Total\ Forecasting\ Device\ IoT \times User\ per\ day\ (mbps) \quad (3)$$

## 2.4 Network Throughput

*Network throughput* bertujuan untuk mengetahui total *throughput* yang dibutuhkan untuk memenuhi kebutuhan seluruh pelanggan.

$$SUT = \frac{Total\ Forecasting\ Device\ IoT \times User\ per\ day}{Bit\ Rate\ pada\ SF} \ (mbps) \quad (4)$$

### 2.4.1 Jumlah Site

Jumlah *site* diperlukan untuk mendapat gambaran perencanaan *gateway* di Palabuhanratu.

$$Jumlahsite\ (DL/UL) = \frac{DL/UL\ Network\ Throughput}{Site\ Capacity} \ (unit) \quad (5)$$

### 2.4.2 Jumlah User per Site

Jumlah *user per site* merupakan estimasi *user* yang akan menggunakan layanan LoRa di Palabuhanratu sampai tahun 2025.

$$Jumlahuser\ per\ site \frac{DL}{UL} = \frac{Total\ Target\ User}{Number\ of\ Site} \ (user) \quad (6)$$

### 2.4.3 Sel Coverage

Sel *coverage* adalah metoda perhitungan untuk mengukur wilayah sel yang tercakup pada suatu wilayah.

$$Sel\ Coverage = \frac{Wide\ Area}{Gateway\ Capacity} \quad (7)$$

**2.4.4 Sel Radius**

Sel radius adalah metoda perhitungan untuk jari-jari yang dimiliki dari suatu luas wilayah pada suatu sel.

$$Sel\ Radius = \frac{S}{2,6} \frac{Sel\ Coverage}{2,6} \quad (8)$$

**2.4.5 Total Gateway Capacity**

Total gateway capacity ini adalah metoda perhitungan untuk pemetaan dan perencanaan jaringan LoRa.

$$T.\ gateway\ capacity = \frac{Total\ Packet}{Gateway\ Capacity\ 8\ Kanal} \quad (9)$$

**2.5 Perencanaan Jaringan LoRa Berdasarkan Cakupan**

**2.5.1 Link Budget**

Perhitungan link budget menentukan nilai akhir dari MAPL (Maximum Allowable Path Loss).

- Signal Noise Ratio  
 SNR merupakan perbandingan antara kekuatan sinyal dengan noise level[9].

**Tabel 1. SNR pada LoRa[10].**

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

- Received Signal Strength Indicator  
 RSSI merupakan penanda suatu indikator kekuatan sinyal yang direkap oleh receiver[9].

$$RSSI = 174 + 10 \log_{10}(BW) + Noise\ Figure + SNR \quad (10)$$

- Effective Isotropic Radiated Power  
 EIRP adalah nilai daya yang dipancarkan antena omnidirectional.

$$EIRP = Tx\ power + Antena\ Gain - Cable\ loss \quad (11)$$

- Maximum Allowable Path Loss Maximum Allowable Path Loss (MAPL) berperan dalam mengetahui pelemahan sinyal maksimum.

$$MAPL(U\ / \ D\ L) = EIRP - RSSI \quad (12)$$

**2.5.2 Model Propagasi Okumura Hatta**

Model Okumura Hata digunakan untuk memprediksi redaman. Model propagasi ini valid digunakan untuk frekuensi 150 MHz - 1500 MHz.

1. Daerah Sub Urban "

$$LSU = Lu - 2 \log \frac{fc}{28} - 5,4 \quad (13)$$

2. Daerah Rural

$$Lr = Lu - 4,78(\log fc)^2 - 18,33 \log fc - 40,94 \quad (14)$$

1. Untuk kota kecil dan menengah

$$a(hr) = (1.1 \log fc - 0.7) hms - (1.56 \log fc - 0.8) \quad (15)$$

2. Untuk kota besar

$$a(hr) = 8.29 (\log 1.54 hr) - 1.1 \text{ untuk } fc \leq 200\text{MHz} \quad (16)$$

$$a(hr) = 3.2 (\log 11.75 hre) - 4.97 \text{ untuk } fc \geq 400\text{MHz} \quad (17)$$

**2.5.3 Luas Sel**

Perhitungan Luas sel adalah metoda perhitungan untuk mengukur wilayah sel yang tercakup pada suatu wilayah.

$$Lsel = \frac{3 \sqrt{3} d^2}{2} \quad (18)$$

**2.5.4 Gateway Coverage**

Gateway coverage adalah metoda perhitungan terakhir pada pemetaan dan perencanaan jaringan LoRa.

$$Gateway\ Coverage = \frac{Wide\ Area}{Lsel} \quad (19)$$

**3. Perencanaan Sistem**

**3.1 Sistem Perancangan Jaringan LoRa**

Diagram alir untuk Perancangan jaringan LoRaWAN terdapat pada gambar 1. Studi literatur berperan untuk mendapatkan parameter dan spesifikasi Jaringan LoRa, Tahap perhitungan terdiri dari capacity planning dan coverage planning. Setelah dilakukan perhitungan pada setiap parameter coverage dan capacity didapatkan jumlah gateway berdasarkan spreading factor 7 sampai spreading factor 12. Hasil simulasi pada software LPWA diantaranya Signal Level sebesar -64,04 dBm dan Noise to Interference sebesar 27,71 dBm.

**3.2 Model dan Perancangan Jaringan LoRa**

Desain implementasi jaringan LoRa terdapat pada gambar 2. Tahapan perencanaan LoRa diawali oleh data dari device diterima oleh dua gateway LoRaWAN, tiap gateway melanjutkan pengiriman paket yang diterima oleh network server menggunakan paket data seluler maupun jaringan WiFi. Setelah proses monitoring data selesai, dilakukan pengiriman data dari server ke client melalui perangkat yang terhubung ke jaringan internet.

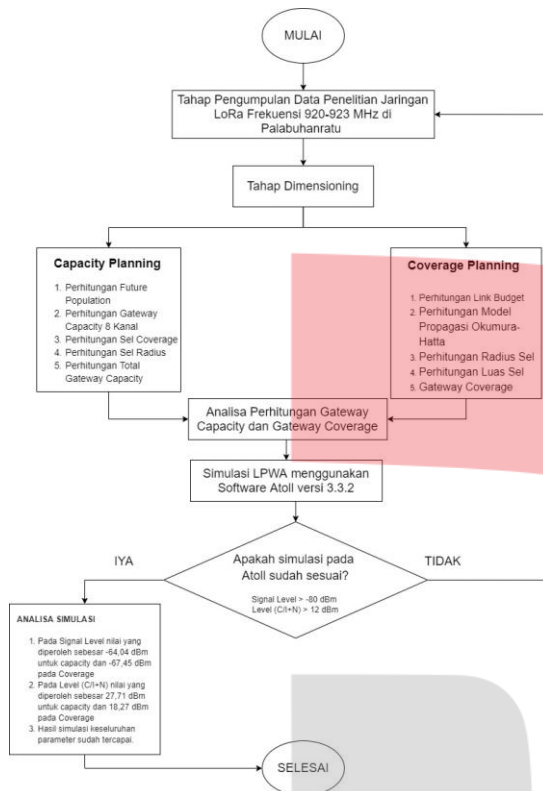
4. Hasil dan Analisis

4.1 Hasil Perhitungan Dimensioning Capacity

Hasil perhitungan pada *demand capacity planning* LoRa, ditunjukkan pada tabel 2 berikut ini.

Tabel 2. Kalkulasi *Capacity Planning*

Parameter	Hasil	Satuan
Symbol Rate	0,976	Symbol/Sec
Durasi Symbol	1,024	(ms)
Payload Symbol	35	
Durasi Payload	35,840	(ms)
Durasi Preamble	12,544	(ms)
Durasi Packet (ms)	48,384	(ms)
Gateway 8 Kanal	142.857,14	(packet/days)
Sel Coverage	4,135	km
Sel Radius	1,261	km
Total Gateway	10	unit



Gambar 1. Flowchart Perancangan Jaringan LoRa

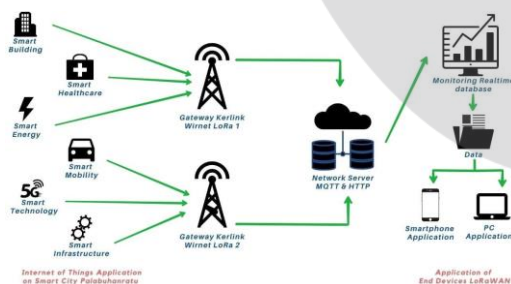
*Gateway throughput* LoRa ditentukan oleh spesifikasi perangkat RAK821 dengan *bandwidth* 125khz pada 8 kanal. Setelah mendapatkan jumlah *gateway* selanjutnya menghitung sel radius dan sel coverage untuk *gateway total capacity*.

4.2 Hasil Pehitungan Dimensioning Coverage

Hasil perhitungan pada *link budget*, ditunjukkan pada tabel 3 berikut ini.

Tabel 3. Kalkulasi *Link Budget*

SF	RSSI (dB)	EIRP Gateway (dB)	EIRP End Device (dB)	MAPL DL (dB)	MAPL UL (dB)
7	-121,531	18	9,67	139,031	131,201
8	-124,031	18	9,67	142,031	133,701
9	-126,531	18	9,67	144,531	136,201
10	-129,031	18	9,67	147,031	138,701
11	-131,531	18	9,67	149,531	141,201
12	-134,031	18	9,67	152,031	143,701



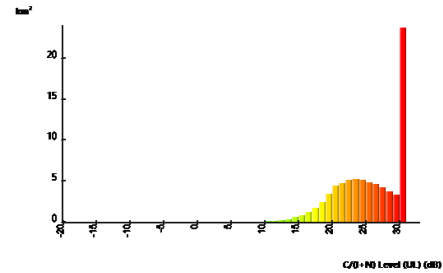
Gambar 2. Model dan Perancangan Jaringan LoRa

4.3 Analisa Gateway

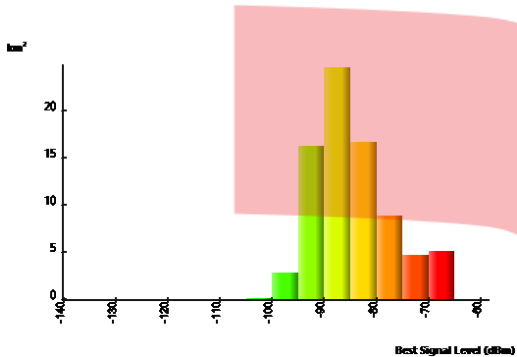
Perubahan pada *gateway capacity* dipengaruhi oleh *device* yang memungkinkan mengakses per 1 *gateway*, dikarenakan *gateway* yang dipakai berdasarkan kepada *forecasting user*.



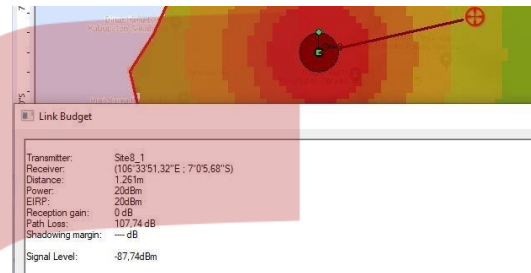
Gambar 3. Gateway Capacity dan Gateway Coverage



Gambar 5. Analisa Level Carrier Noise to Interference



Gambar 4. Analisa Signal Level



Gambar 6. Analisa Link Budget

Jumlah gateway coverage dipengaruhi oleh luas sel, luas wilayah, radius sel, MAPL dan RSSI tanpa memperhitungkan jumlah device yang dapat mengakses suatu gateway.

Pada gambar yang terdapat dalam gambar 3 ini gateway capacity adalah sebanyak 10 unit dan gateway coverage adalah sebanyak 3 unit. Pada penelitian ini menggunakan gateway capacity untuk disimulasikan pada software LPWA karena gateway yang dihasilkan paling besar berdasarkan SF 7.

#### 4.4 Simulasi Gateway menggunakan Software LPWA

#### 4.5 Analisa Signal Level

Berikut ini adalah gambar hasil analisa Signal Level Capacity yang ditunjukkan oleh gambar 5. rata-rata sebaran RSRP yang didapatkan dari simulasi sebesar -64,04 dBm. Berdasarkan standarisasi KPI, hasil signal level capacity termasuk kategori "good", dikarenakan rata-ratanya lebih dari -80 dBm.

Indikator pada signal level simulasi dibedakan menjadi 3 warna. Pertama warna merah adalah kondisi yang bagus dengan nilai -60 dBm hingga -75 dBm, warna kuning masuk kedalam kondisi normal dengan nilai -80 dBm hingga -90 dBm dan warna hijau masuk kedalam kondisi buruk dengan nilai -100 dBm hingga -90 dBm.

#### 4.6 Analisa Level Carrier Noise to Interference

Berikut ini adalah gambar hasil analisa Level Carrier Noise to Interference yang ditunjukkan oleh gambar 6. Nilai yang didapatkan sebesar 27,71 dBm dengan total noise pada jarak 15 km untuk LoRa. Berdasarkan standarisasi KPI, SNR yang didapatkan termasuk kategori "good" dikarenakan nilai rata-ratanya lebih besar dari 12 dBm.

#### 4.7 Analisa Link Budget

Berikut ini adalah gambar hasil analisa Link Budget yang ditunjukkan oleh gambar 7. Dapat disimpulkan bahwa nilai spreading factor 7 dan radius sel 1,261 terhadap signal level yang didapatkan sebesar -87,74 dBm dengan pathloss sebesar 107,74 dB untuk LoRa.

#### 4.8 Rekapitulasi Hasil Simulasi Software LPWA

Berikut ini adalah tabel rekapitulasi hasil simulasi dan perhitungan pada jaringan LoRa yang ditunjukkan oleh tabel 4.

Tabel 4. Rekapitulasi Hasil Simulasi Jaringan LoRa

Parameter	Capacity Planning	Coverage Planning
Gateway	10 unit	3 unit
Signal Level	-64,04 dBm	-67,45 dBm
Level (C/I+N)	27,71 dBm	18,27 dBm
Radius sel	1,261 km	2,376 km
Pathloss	107,74 dB	117,58 dB

Hasil rekapitulasi simulasi berdasarkan tabel 4 yaitu 10 unit gateway pada LoRa yang mencakupi keseluruhan

luas wilayah Palabuhanratu.

Nilai rata-rata yang didapatkan diantaranya *signal level* yaitu -64,04 dBm, *level sinyal coverage to noise interference* sebesar 27,71 dBm dan *link budget* seperti *path loss* sebesar 107,74 dB, radius sel sebesar 1,261 km, *reception gain* sebesar 0 dB, *EIRP power* sebesar 20 dBm dan *level* indikasi sinyal daya terima sebesar -87,78 dBm.

Sedangkan rekapitulasi hasil simulasi pada *coverage planning* mendapatkan sebesar 3 unit *gateway*, *signal level* yaitu -67,45 dBm, *level sinyal coverage to noise interference* sebesar 18,27 dBm dengan parameter *link budget* seperti *path loss* sebesar 117,58 dB, radius sel sebesar 2,376 km, *reception gain* sebesar 0 dB, *EIRP power* sebesar 20 dBm dan *level* indikasi sinyal daya terima sebesar -96,97 dBm.

Hasil analisa simulasi dan perhitungan keseluruhan yang telah dilakukan pada *capacity planning* memenuhi persyaratan untuk di wilayah Palabuhanratu sampai tahun 2025.

## 5. Kesimpulan

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

1. Hasil terbesar pada *gateway capacity* yaitu sebesar 258 *gateway* pada *spreading factor* 12 beserta *coding rate* 4/5 dan *gateway* terkecil adalah 10 *gateway* pada *spreading factor* 7 beserta *coding rate* 4/5.
2. Hasil terbesar pada *gateway coverage* yaitu sebesar 3 *gateway* pada *spreading factor* 7 beserta *coding rate* 4/5 dan *gateway* terkecil adalah 1 *gateway* pada *spreading factor* 7 beserta *coding rate* 4/5.
3. Hasil simulasi perhitungan *capacity* didapatkan nilai rata-rata *signal level* sebesar -64,04 dBm, sedangkan hasil simulasi perhitungan *coverage* didapatkan nilai rata-rata *signal level* sebesar -67,45 dBm. Maka sinyal level yang baik untuk diterapkan pada jaringan LoRa di Palabuhanratu adalah *capacity planning*.
4. Hasil simulasi perhitungan *capacity* didapatkan nilai rata-rata *level (C/I+N)* sebesar 27,71 dBm, sedangkan hasil simulasi perhitungan *coverage* didapatkan nilai rata-rata sebesar 18,27 dBm. Maka *level (C/I+N)* yang baik untuk diterapkan pada jaringan LoRa di Palabuhanratu adalah *capacity planning*.
5. Hasil simulasi perhitungan *capacity* didapatkan nilai rata-rata *link budget* seperti *path loss* 107,74 dB, *Tx Power* 20 dBm dan *EIRP* 20 dBm hingga dihasilkan nilai *RSSI* sebesar -87,74 dBm pada

jarak radius sel 1,261 km. Sedangkan hasil simulasi perhitungan *coverage* didapatkan nilai rata-rata *link budget* seperti *path loss* 117,58 dB, *Tx Power* 20 dBm dan *EIRP* 20 dBm hingga dihasilkan nilai *RSSI* sebesar -97,58 dBm pada jarak radius sel 2,285 km. Berdasarkan hasil dari simulasi *link budget* bahwa *capacity planning* sesuai dengan radius sel untuk daerah suburban seperti Palabuhanratu ini.

6. Berdasarkan analisa simulasi *capacity planning* yang telah dilakukan dengan menggunakan parameter *signal level*, *level (C/I+N)* dan *link budget* hasilnya memenuhi persyaratan KPI dengan kategori baik untuk diterapkan di Palabuhanratu sampai tahun 2025.

## REFERENSI

- [1] Alston Lloyed Emmanuel, Receive Power Calculation and LoRa Receiver Sensitivity "Optimization of Spreading Factor Distribution in High Density LoRa Networks," pp. 2-4, 2020.
- [2] J. Makadia, "What are differentiations between Bluetooth Beacon, LPWAN, NB-IoT and Zigbee?". Quora Company, 23 September 2019. [Online]. Available: <https://www.quora.com/Whatarethedifferentiation-between-BluetoothBeacon-LPWAN-NB-IoT-and-Zigbee>. [Accessed 16 Oktober 2020].
- [3] Sallyna. Destalia, "Parameter Spreading Factor sangat berpengaruh terhadap kinerja dari LoRa" Perancangan Jaringan Long Range (LoRa) pada frekuensi 920-92 di Kota Bandung, pp. 934-935.
- [4] Semtech, "What are LoRa and LoRaWAN Module?". [Online]. Available: <https://loradevelopers.semtech.com/library/tech-papers-and-guides/lora-and-lorawan/>. [Accessed 2020 Oktober 11].
- [5] Indonesia, Telkom. "LoRaWAN Downlink Tutorial". Antares, [Online]. Available: <https://antares.id/lora-downlink-tutorial.html>. [Accessed 11 Oktober 2020].
- [6] Haganta. Yeska, "Sejarah Internet of Things," Internet of Things (IoT), pp. 4-5.
- [7] Yunus. Muhammad, "LoRaWAN dan LoRa MAC Layers". Medium, 17 Juni 2018. [Online]. Available: <https://yunusmuhammad007.medium.com/3-lorawan-lora-mac-layer-bb2778244ba7>. [Accessed 7 Oktober 2020].

- [8] E. M. Shop, "Ori SNI RAK831 LoRa/LoRaWAN Gateway Module 433/470/868/923MHZ". Tokopedia, 25 Agustus 2020. [Online]. Available: <https://www.tokopedia.com/elektromurah.shop/origatewaymodule-433470-868-915mhz>. [Accessed 10 Oktober 2020].
- [9] N. B. A. Pinky Devi Dama Istianti, Sistem LoRa Antares "Analisis Performansi Jaringan Akses LPWAN LoRa Antares," p. 22023, 2020.
- [10] Setiawan. Perdana Irfan, "Parameter dalam modulasi LoRa" *Analisis Parameter LoRa dalam Lingkungan Indoor*, pp. 7-10.
- [11] M. D. R. M. I. M. Ir.Uke Kurniawan Usman, "Coverage Planning dan Capacity Planning" *Perancangan Coverage dan Capacity Jaringan Long Term Evolution (LTE) Frekuensi 700MHz Pada Tol Cipularang (Cikampek-PurwakartaPadalarang) Menggunakan Metode Physical Sell Identity (PCI)*, pp. 1-2, 2015.
- [12] M. E. S. Bengawan Alfaresi and F. Ardianto, "Model Propagasi Okumura-Hatta" *nalisa Model Propagasi Okumura-Hatta dan Cost-Hatta pada Komunikasi Jaringan Wireless 4G LTE*, vol. 1, pp. 33-34, 2020.
- [13] Forsk, "Atoll Modular Architecture". Forsk Company, [Online]. Available: <https://www.forsk.com/atoll-modular-architecture>. [Accessed 11 Oktober 2020].
- [14] D. M. Bambang Saeturahman and R. Rosmayanti, *Kecamatan Pelabuhanratu Dalam Angka 2020*. Sukabumi, Badan Pusat Statistik Kabupaten Sukabumi, 2020, pp. 1-17.
- [15] A. D. Irawan, "Effective Isotropic Radiated Power," *Analisis Kualitas Daya Pancar Antena Tongyu TDQ-182020DE-65F Pada BTS Flexi Multiradio (FMR) Nokia Siemens Network (NSN)*, pp. 5-7, 2013.
- [16] F. P. W. Dwi Giovanni and I. M. Ghani, *Perancangan Jaringan LTE Radio Link Budget*, Institut Teknologi Telkom Purwokerto.