



# ANALISIS PERENCANAAN SISTEM CERDAS DI KOTA CERDAS YOGYAKARTA

Marcia Rizky Hamdala <sup>1</sup>, Lia Hafiza <sup>2</sup>

<sup>1</sup> Universitas 17 Agustus 1945 Jakarta, Indonesia

<sup>2</sup> Telkom University Jakarta, Indonesia

<p><b>INFORMASI ARTIKEL</b></p>	<p><b>A B S T R A K</b></p>
<p>Received: August 12, 2024 Revised: March 10, 2025 Available online: March 25, 2025</p>	<p>Dalam mewujudkan Smart City di Kota Yogyakarta, pada tahun 2015 Pemerintah Kota Yogyakarta menerbitkan masterplan e-government yang tertuang dalam Peraturan Wali Kota Yogyakarta Nomor 15 Tahun 2015 tentang e-government. Peraturan tersebut dibuat untuk menjadi acuan bagi Kota Cerdas Yogyakarta. Tidak hanya peraturan tersebut, Pemerintah Kota Yogyakarta menerbitkan beberapa peraturan daerah maupun peraturan walikota, salah satunya adalah Peraturan Wali Kota Yogyakarta Nomor 21 Tahun 2024 tentang Peraturan Pelaksanaan Peraturan Daerah Kota Yogyakarta Nomor 10 Tahun 2021 tentang Pengelolaan dan Pemanfaatan Teknologi Informasi dan Komunikasi. Salah satu hasil e-government di Kota Yogyakarta adalah aplikasi Jogja Smart Service. Didalam aplikasi tersebut terdapat menu pengaduan yang dibuat khusus untuk warga Kota Yogyakarta melaporkan segala hal yang terjadi di Kota tersebut. Dari berbagai pengaduan yang ada, dipilih pengaduan terkait kerusakan penerangan jalan umum, sampah yang berserakan, pemantauan udara, air minum, dan listrik, yang setiap pengaduan tersebut akan dikonversi menjadi sistem cerdas. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menghadirkan solusi untuk permasalahan di Kota Yogyakarta yang menggabungkan konsep smart city. Berdasarkan permasalahan tersebut, akan diselesaikan dengan komunikasi jarak jauh untuk konektivitas IoT, yaitu Sigfox. Dengan menggunakan sigfox, konektivitas IoT dapat meng-cover 3.415.611 demand untuk Yogyakarta Smart City. Gateway sigfor yang dibutuhkan untuk mengcover 3.415.611 sebanyak 11 gateway</p> <p>Kata kunci— Kota Cerdas, Yogyakarta, Konektivitas IoT, Sigfox.</p>
<p><b>CORRESPONDENCE</b></p>	<p><b>A B S T R A C T</b></p>
<p>E-mail: <sup>1</sup>marcia@uta45jakarta.ac.id</p>	<p>In realizing Smart City in Yogyakarta City, in 2015 the Yogyakarta City Government issued an e-government masterplan as stated in the Yogyakarta Mayor Regulation Number 15 of 2015 concerning e-government. The regulation was made to be a reference for the Smart City of Yogyakarta. Not only this regulation, the Yogyakarta City Government issued several regional regulations and mayoral regulations, one of which is the Yogyakarta Mayor Regulation Number 21 of 2024 concerning the Implementation Regulation of the Yogyakarta City Regional Regulation Number 10 of 2021 concerning the Management and Utilization of Information and Communication Technology. One of the results of e-government in Yogyakarta City is the Jogja Smart Service application. In the application there is a complaint menu that is specifically created for Yogyakarta City residents to report everything that happens in the city. From the various complaints that exist, complaints related to damaged public street lighting, scattered garbage, air monitoring, drinking water, and electricity were selected, each of which will be converted into a smart system. The purpose of this study is to present a solution to problems in Yogyakarta City that combines the concept of a smart city. Based on these problems, they will be solved with long-distance communication for IoT connectivity, namely Sigfox. By using sigfox, IoT connectivity can cover 3,415,611 demands for Yogyakarta Smart City. The sigfox gateway needed to cover 3,415,611 is 11 gateways..</p> <p>Keywords— Smart City, Yogyakarta, IoT Connectivity, Sigfox.</p>

## I. PENDAHULUAN

Ibu kota Provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta, yaitu Kota Yogyakarta, memiliki jumlah penduduk 415.605 jiwa pada tahun 2024 dan luas wilayah 32,82 km<sup>2</sup>. Luas wilayah

Provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta adalah 1,02% atau Kota Yogyakarta dengan luas wilayah tersebut [1].

Sesuai dengan Peraturan Wali Kota Yogyakarta Nomor 15 Tahun 2015, Pemerintah Kota Yogyakarta telah mengeluarkan rencana induk e-government pada tahun 2015. Rencana tersebut diberi judul "Terwujudnya e-Government sebagai sarana sistem informasi tata kelola Kota Yogyakarta yang andal dalam mendukung pelayanan publik yang efektif." Rencana tersebut bertujuan untuk menjadikan Yogyakarta sebagai kota cerdas (smart city) dengan mewujudkan kota yang efisien, transparan, akuntabel, dan partisipatif [2].

Peraturan terbaru yang berkaitan dengan Peraturan Wali Kota Yogyakarta Nomor 21 Tahun 2024 tentang Peraturan Pelaksanaan Peraturan Daerah Kota Yogyakarta Nomor 10 Tahun 2021 tentang Pengelolaan dan Pemanfaatan Teknologi Informasi dan Komunikasi, yang membahas tentang pengelolaan dan pemanfaatan teknologi informasi dan komunikasi. Peraturan ini juga menjelaskan tugas dan tanggung jawab perangkat daerah terkait teknologi informasi dan komunikasi, serta petunjuk teknis untuk pengelolaan teknologi informasi dan komunikasi. Peraturan Pelaksanaan, juga dikenal sebagai Perwal, dibuat oleh wali kota untuk melaksanakan ketentuan yang tercantum dalam Perda tersebut [3]. Dengan adanya peraturan tersebut pengelolaan dan pemanfaatan teknologi informasi dapat mendukung Smart City di Kota Yogyakarta

Aplikasi Jogja Smart Service merupakan salah satu hasil dari inisiatif e-government di Yogyakarta. Pemerintah Kota Yogyakarta menggunakan Jogja Smart Service sebagai alat komunikasi untuk menyediakan layanan pemerintahan secara virtual [4]. Sebanyak 802 pengaduan masuk ke aplikasi Jogja Smart Services sepanjang Januari hingga Desember 2021, menurut data yang diperoleh dari aplikasi apabila merujuk kepada penelitian sebelumnya [5].

Elemen-elemen kota pintar dipecah menjadi enam kategori: mobilitas pintar; lingkungan pintar; orang pintar; kehidupan pintar; ekonomi pintar; dan pemerintahan pintar [6]. Sebagaimana dinyatakan dalam [7], "kota pintar" adalah kota yang mampu menggunakan solusi inovatif, terintegrasi, dan berkelanjutan untuk mengatasi berbagai kesulitan perkotaan dengan mengelola sumber dayanya yang beragam secara efektif dan efisien.

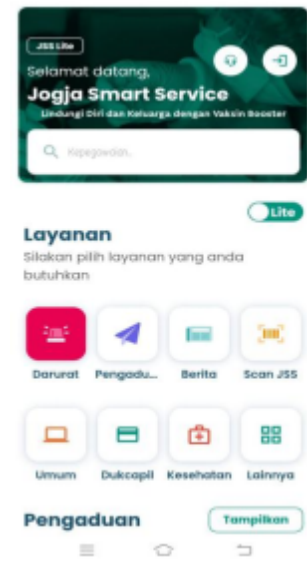
Interkonektivitas sistem pintar dibentuk oleh komunikasinya. IoT menggunakan teknologi komunikasi jarak dekat (RFID, Bluetooth, Zigbee, dan WiFi) dan jarak jauh (Long Range). Dalam studi kasus ini, teknologi komunikasi IoT jarak jauh digunakan untuk mencakup konektivitas di Yogyakarta, kota dengan luas wilayah 32,82 KM<sup>2</sup>. Berdasarkan luas wilayah tersebut, konektivitas IoT yang akan digunakan pada penelitian ini adalah konektivitas jangkauan jarak jauh. Konektivitas tersebut mencakup lebih dari 3 kilometer. Untuk jangkauan jauh, digunakan dua standar: standar non-3GPP (LoRaWAN, Sigfox, RPMA, Weightless) dan standar 3GPP (LTE-M, LTE, NB-IoT). [8].

Pada penelitian ini, penulis mengusulkan penggunaan Sigfox untuk mengcover keseluruhan demand yang dibutuhkan dalam membangun Smart City di Kota Yogyakarta. Hal tersebut dipilih dengan alasan dapat melakukan pengiriman daya jarak jauh namun dengan konsumsi daya yang cenderung rendah.

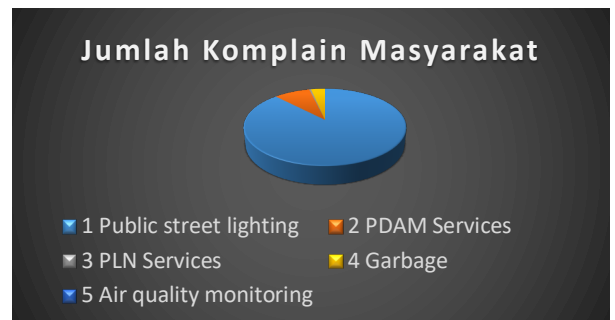
## II. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1. Aplikasi Yogya Smart Services

Pemerintah Kota Yogyakarta telah mengembangkan sebuah aplikasi bernama Jogja Smart Services [3] dengan tujuan untuk mempermudah warga Kota Yogyakarta dalam memperoleh informasi mengenai kota dan layanannya, termasuk transportasi, kesehatan, layanan kependudukan, pajak, dan retribusi. Aplikasi ini menyediakan fitur pengaduan khusus bagi warga Kota Yogyakarta. Berbagai permasalahan yang dihadapi Kota Yogyakarta dapat dilihat dari pengaduan-pengaduan tersebut [5].



Gambar 1. Aplikasi Jogja Smart Services



Gambar 2. Jumlah Komplain Masyarakat

Berdasarkan penelitian sebelumnya, penulis mengambil 5 permasalahan pada aplikasi Jogja Smart Service yaitu Penerangan Jalan Umum, Layanan PDAM, Layanan PLN, Sampah, dan AQMS. Sistem pintar yang terdapat pada pengaduan tersebut akan dianalisa untuk perencanaan smart city Yogyakarta [5].

Dari grafik terlihat bahwa aplikasi Jogja Smart Service memiliki jenis pengaduan yang beragam. Berikut ini adalah rincian 802 pengaduan yang telah masuk di Kota Yogyakarta [5]

## 2.2. Kota Pintar Indonesia

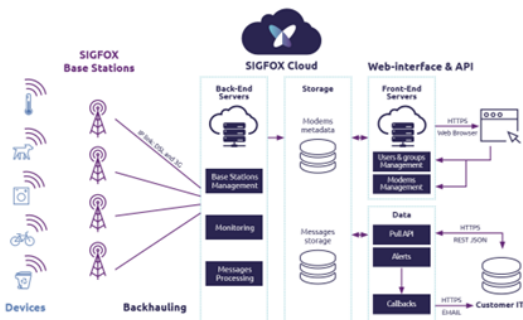
Jika hanya Pemerintah Pusat (Top to Down) yang terlibat, maka tidak akan cukup untuk mewujudkan Indonesia Cerdas. Terwujudnya Indonesia Cerdas memerlukan keterlibatan seluruh jenjang pemerintahan. Untuk mewujudkannya, diperlukan kerja sama antara Pemerintah Pusat, Pemerintah Daerah, dan Pemerintah Daerah. sebagaimana ditegaskan oleh Prof. Suhono [7]. Dalam hal ini, [7] mencontohkan Smart Province. Ia mengklaim bahwa melalui e-governance, Smart Province tahap pertama nantinya akan mampu membantu pengembangan kota cerdas di provinsi terkait. Membangun sistem informasi untuk mendukung integrasi manajerial dan data yang dapat mendukung pembuatan kebijakan merupakan tujuan dari terwujudnya tata kelola digital atau yang dikenal dengan e-governance. (7)

Penelitian yang dilakukan [2] mengacu pada sejumlah peraturan daerah yang telah berlaku sebelumnya di Yogyakarta, peraturan yang menjadi dasar untuk pembentukan Smart City di Kota Yogyakarta adalah Peraturan Wali Kota Yogyakarta Nomor 15 Tahun 2015 tentang e-Government yang menyatakan bahwa “Terwujudnya e-Government sebagai sarana sistem informasi manajemen Kota Yogyakarta yang handal dalam mendukung pelayanan publik yang efektif, efisien, transparan, dan akuntabel, serta partisipatif sehingga menjadi Yogyakarta Smart City” Dalam rangka pengembangan e-Government, Bappeda Kota Yogyakarta telah menyusun laporan pada tahun 2014.

## 2.3. Teknologi Sigfox

Topologi arsitektur jaringan bintang digunakan oleh Sigfox. Data dikirimkan oleh perangkat ke stasiun pangkalan sebagai pesan. Melalui konektivitas IP, stasiun pangkalan mengirimkan pesan ke server back-end, yang menyimpan dan meneruskan pesan ke penyimpanan. Anda dapat mengirim pesan ke Server Front-End dari penyimpanan sehingga mereka dapat menunjukkan hasil data mereka kepada pelanggan. [12]

Gambar 2. Jumlah Komplain Masyarakat



Gambar 3. Topologi Sigfox

Sigfox adalah LPWAN yang mengirimkan dan menerima data dalam pita 192 kHz menggunakan modulasi UNB. Menurut ETSI dan ARIB, pesan yang dikirim memiliki spektrum 100 Hz dengan laju bit 100 bps. FCC juga melaporkan bahwa pesan tersebut memiliki spektrum dengan lebar 600 Hz dan laju bit 600 bps [13]. Untuk memfasilitasi penerapan IoT dalam jarak jauh—lebih dari 20 km antara perangkat dan gateway—Sigfox

mengembangkan sistem komunikasi IoT UNB. Dengan 12 byte data uplink dan 8 byte data downlink, serta 26 byte overhead protokol, modulasi UNB menggunakan lebar pita saluran kurang dari 1 kHz.

Dalam sistem sigfox, yang merupakan sistem jaringan berbasis cloud, data berjalan melalui pelanggan portal langsung dan server backend sebelum dirutekan ke sistem pengguna melalui panggilan balik. Jaringan radio sigfox dalam sistem jaringan sigfox memungkinkan jaringan berbagai jenis perangkat sensor, seperti sensor pelacakan dan pengukuran. [14] [15]

## III. METODOLOGI PENELITIAN

### 3.1. Parameter Sigfox

Berbagai parameter Sigfox diperlukan untuk desain jaringan. Berikut ini adalah parameternya: [13] [16] [17] [18]:

- Waktu Transmisi: Ini adalah jumlah waktu yang dibutuhkan setiap paket untuk melakukan perjalanan pada kecepatan data maksimum Sigfox. Ada batas waktu maksimum harian untuk paket yang dikirim melalui Sigfox.

$$\text{Frame Length} = \text{Max Packet} \times \text{Data Rate} \quad (1)$$

$$\text{Transmit Time} = \text{Frame Length} \times 3 \quad (2)$$

- Paket Per Hari: Ini merujuk pada jumlah maksimum paket harian yang dimiliki sigfox.

$$\begin{aligned} \text{Packet Per Day} \\ = \text{Period in One Day} \times \text{Transmit Time} \end{aligned} \quad (3)$$

- Hitung Arus Pesan/Gateway: Hitung Arus Pesan/Gateway adalah jumlah pesan yang dapat dicakup oleh 1 gateway Sigfox

$$\begin{aligned} \text{Count Current of Message Per Gateway} \\ = \text{Bandwidth} \times \text{Message Length} \end{aligned} \quad (4)$$

- Total Pesan Sigfox: Total pesan sigfox adalah total semua pesan yang dapat melewati jaringan sigfox, setelah menghitung faktor tabrakan dan siklus kerja pada Sigfox.

$$\begin{aligned} \text{Message per Day} = \text{Packet per Day} \times \text{Count Current} \\ \text{of Message Per Gateway} \end{aligned} \quad (5)$$

$$\begin{aligned} \text{Message Per Day Gateway (with Collision)} \\ = \text{Message per Day} \times 12\% \end{aligned} \quad (6)$$

$$\begin{aligned} \text{Message Per Day Gateway (with Duty Cycle)} \\ = \text{Message per Day Gateway (with Collision)} \times 10\% \end{aligned} \quad (7)$$

### 3.2. Pathloss Sigfox

Pathloss, konvergensi paket, SNR, RSSI, dan tingkat kesalahan paket dari sejumlah besar perangkat pada frekuensi Sigfox yang ditentukan adalah metrik kinerja jaringan untuk Sigfox. Di antara metrik tersebut, persamaan berikut [19] dapat digunakan untuk menghitung path loss.

$$\begin{aligned} PL = |RSSI| + SNR + PTX + GRX \\ + 10n \log_{10}(d/d_0) \end{aligned} \quad (8)$$

Keterangan :

- $PL$  Path loss,
- $P_{TX}$  Daya Radiasi Isotropik Efektif
- $GRX$  Penguatan antena penerima
- $n$  Path loss eksponen
- $d$  Jarak antara node dan stasiun pangkalan
- $d_0$  Jarak referensi

### 3.3. Duty Cycle Sigfox

Duty Cycle adalah persentase yang memisahkan waktu pengiriman paket yang tersedia dari waktu pengiriman paket sigfox. Setiap negara memiliki aturan yang mengatur jumlah maksimum duty cycle. Indonesia membatasi duty cycle maksimum untuk sigfox sebesar 1% untuk uplink dan 10% untuk downlink karena penggunaan teknologi Narrow Band Ultra [19]

### 3.4. Propagasi Okumura-Hatta

Model berupa rumus empiris untuk menentukan loss propagasi yang terdapat dalam laporan Okumura adalah model propagasi Okumura-Hatta [20]. Dalam rumus empiris Okumura-Hatta terdapat dua klasifikasi yaitu secara khusus untuk menentukan loss propagasi di daerah suburban dan urban. Menurut [21], frekuensi antara 920 sampai dengan 923 MHz digunakan oleh LPWAN Non Seluler di Indonesia. Oleh karena itu, propagasi Okumura-Hatta merupakan model yang tepat.

Propagasi yang digunakan dalam menentukan coverage planning untuk Sigfox, Okumura-Hatta memiliki beberapa fitur, seperti:

- Rentang frekuensi 150-1500 MHz
- Rentang daya pancar 1-20 KM
- Tinggi antena base station 30-200 M
- Tinggi antena vehicle 1-10 M

Namun, penentuan nilai link budget merupakan langkah awal dalam penerapan rumus Okumura-Hatta. Nilai MAPL dapat ditentukan dengan menghitung link budget. Dimana MAPL merupakan nilai rentang radius sel yang dibutuhkan untuk perencanaan jaringan LPWAN.

$$MAPL = E_{iRP} - RSSI \tag{11}$$

Keterangan :

- MAPL = Pathloss (dB).
- $E_{iRP}$  = Effective Isotropic Radiated Power (dBm).
- RSSI = Sensitivity (dBm).

Setelah nilai MAPL ditentukan, rumus Okumura-Hatta dapat digunakan dengan mensubstitusikan hasil nilai MAPL. Rumus luas wilayah perkotaan (untuk studi kasus Kota Yogyakarta) adalah sebagai berikut, anda dapat menggunakan rumus berikut untuk mencari tinggi antena penerima:

$$a(h_r) = 0.8 + (1.1 \log(f_c) - 0.7)h_r - 1.56 \log(f_c) \tag{12}$$

Keterangan :

- $f_c$  = Frekuensi (MHz).
- $h_t$  = Tinggi antena pemancar (m).
- $h_r$  = Tinggi antena penerima (m).
- $R$  = Jarak antara pemancar dan penerima (km).

Jarak antara pemancar dan penerima ( $R$ ), yang dapat ditemukan menggunakan nilai  $R$ , diperoleh dengan menerapkan rumus Okumura-Hatta.

Langkah selanjutnya adalah menentukan jumlah minimum site yang diperlukan untuk meng-cover semua perangkat yang sedang digunakan, setelah rumus coverage area diterapkan. Yang termasuk dalam rumus tersebut adalah [22]:

$$\text{Required Site Number} = \frac{\text{Target Area}}{\text{Coverage Area Cell}} \tag{13}$$

## IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

$$MAPL_{urban}(dB) = 69.55 + 26.16 \times \log(f_c) - 13.82 \times \log(h_t) - a(h_r) + [44.9 - 6.55 \log(h_t)] \times \log(R) \tag{9}$$

### 4.1. Hasil Analisa Capacity Planning Sigfox

Banyak faktor yang mempengaruhi perhitungan perencanaan kapasitas pada sigfox. Ukuran paket maksimum 26 byte, frekuensi sigfox 192 kHz, dan siklus kerja sigfox 10% termasuk parameter yang didasarkan pada peraturan Indonesia [23]. Mengenai pencarian parameter tambahan dalam persamaan (1) hingga (7).

$$\text{Coverage Area Cell} = \frac{3}{2} \times \sqrt{3} \times R^2 \tag{10}$$

Tabel 1. Waktu Transmit Sigfox (1), (2)

Parameter	Nilai	
Paket Maksimum	26 bytes	208 bits
Kecepatan Data	600 bps	
Panjang Bingkai Maksimum * Kecepatan Data	= 208 bits / 600 bps = 0.35 s/frame	
Waktu Transmisi * 3	= 0.35 s/frame x 3 (1 Pesan= 3 frame) = 1.05 s/Pesan	

Tabel 2. Paket per Hari Sigfox (3)

Parameter	Nilai	
Periode dalam Satu Hari	24 Hours	86,400 Seconds
Paket per Hari = Periode dalam Satu Hari * Waktu Transmisi	= 86.400 Detik / 1.05 s/Pesan = 83,077 Pesan	

Tabel 3. Hitung Arus Pesan/Gateway untuk Sigfox (4)

Parameter	Nilai	
Bandwidth	192 kHz	192,000 Hz
Panjang Pesan	600 Hz	
Hitung Arus Pesan/Gateway = Bandwidth * Panjang Pesan	= 192.000 Hz / 600 Hz = 320 Pesan	

Tabel 4. Total Pesan per Hari Sigfox (5), (6), (7)

Parameter	Nilai
<b>Pesan Per Hari</b>	= 83.077 Pesan x 320 Pesan = 26,584,640 Pesan Per Hari
<b>Pesan per Hari dengan Faktor Tabrakan = Pesan Per Hari * 12%</b>	= 26,584,640 Pesan Per Hari x 12% = 3,159,783 Pesan Per Hari
<b>Total Pesan per Hari Sigfox = Pesan per Hari dengan Faktor Tabrakan * 10% (Siklus Tugas)</b>	= 3,159,783 x 10% = <b>315,979</b> Pesan Per Hari

Indonesia termasuk dalam zona radio sigfox RC 4, menurut [24]. Oleh karena itu, frekuensi yang diharapkan di Indonesia sudah termasuk sigfox. Dengan harapan sebanyak tiga kali, 12% pesan terkirim dan tabrakan dapat dihindari. Dengan demikian, gateway sigfox memiliki batas harian sebanyak 315.979 pesan terkirim. Sementara itu, Tabel 4.14 menunjukkan bahwa Kota Yogyakarta membutuhkan 1.825.117 pesan.

Tabel 5. Permintaan Sigfox untuk Perencanaan Kota Cerdas Yogyakarta

Permintaan Sigfox untuk Smart City Yogyakarta			
No	Kendala di Kota Yogyakarta	Tipe Sistem Cerdas	Permintaan Total
1	PLN	Smart Electricity	3.168.546
2	PDAM	Smart Water	
3	PJU	Smart Lighting	102.859
4	Garbage	SmartWasted Management	61.967
5	AQMS	Smart Air Monitoring	82.239
Total Message Needs for Capacity Planning			3.415.611

Mengenai permintaan keseluruhan dan pesan maksimum per hari gateway sigfox, jumlah situs yang dibutuhkan untuk perencanaan kapasitas adalah [25]:

$$\begin{aligned} \text{Site needs} &= \frac{\text{Message Needs for Capacity Planning}}{\text{Maks Message in 1 Gateway}} \\ &= \frac{3.415.611 \text{ message per day}}{315.979 \text{ message per day}} \\ &= 11 \text{ site (roundup)} \end{aligned}$$

**4.2. Hasil Analisa Coverage Planning Sigfox**

Tabel 6. Kalkulasi Sigfox Coverage Planning

<b>COVERAGE ANALISA</b>
-------------------------

Tipe Propagation	Okumura-Hata		
	Ketinggian Antena	Gateway	hT
	End Dev	hR	1,5 m
Frekuensi		f	922,3 MHz
Koreksi tinggi ant receiver		a(hR)	0,01684
Log(d)			0,88346
Jarak		D	7,64646 km
Luas Cell	Omnidirectional	LC	151,90524 km2
Luas Wilayah		LW	32,5 km2

Jumlah situs yang dibutuhkan dalam perencanaan kapasitas, jika mengacu pada total permintaan dan pesan maksimum per hari gateway, sigfox adalah:

- Untuk menemukan tinggi penerima, gunakan persamaan (8):

$$\begin{aligned} a(h_r) &= 0.8 + (1.1 \log(f_c) - 0.7)h_r - 1.56 \log(f_c) \\ a(h_r) &= 0.8 + (1.1 \log(922.3) - 0.7)1.5 - 1.56 \log(922.3) = 0.01684. \end{aligned}$$

- Selanjutnya, carilah nilai jari-jari R daerah perkotaan dengan menggunakan persamaan (9), (10) :

$$\begin{aligned} \text{MAPL}_{\text{urban}}(dB) &= 69.55 + 26.16 \times \log(f_c) - 13.82 \times \log(h_t) - \\ &a(h_r) + [44.9 - 6.55 \log(h_t)] \times \log(R). \end{aligned}$$

$$157.8 = 69.55 + 26.16 \times \log(922.3) - 13.82 \times \log(30) - 0.01684 + [44.9 - 6.55 \log(30)] \times \log(R).$$

$$\log(R) = 0.88346, \text{ so, cell radius } R = 7.464 \text{ km.}$$

- Nilai luas sel untuk wilayah perkotaan adalah (11):

$$\begin{aligned} \text{CoverageCell Area}_{\text{urban}} &= \frac{3}{2} \times \sqrt{3} \times R^2 = \frac{3}{2} \times \sqrt{3} \times 7.65^2 = \\ &151.905 \text{ km}^2. \end{aligned}$$

- Jadi, jumlah site yang dibutuhkan untuk perancangan cakupan sigfox (12) di Kota Yogyakarta adalah [26] [5].

$$\begin{aligned} \text{Number of Site} &= \frac{32,82 \text{ km}^2}{151,905 \text{ km}^2} \\ &= 1 \text{ site (roundup)} \end{aligned}$$

Tabel 7 Perbandingan Perencanaan Kapasitas dan Cakupan Sigfox

Coverage	Capacity	Perancangan
1	II	II



## V. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pada bab 4.3, demand yang dibutuhkan oleh Sigfox adalah sebesar 3.415.611. Hal ini dikarenakan nilai demand dipengaruhi oleh frekuensi, bandwidth, daya transmisi & gain, dan duty cycle yang dapat mempengaruhi hasil demand untuk masing-masing LPWAN. Sigfox memiliki duty cycle sebesar 10%.

Jika dilihat dari coverage area, Sigfox lebih unggul. Dengan menggunakan Okumura-Hatta, satu gateway Sigfox dapat meng-cover area hingga 151,91 KM<sup>2</sup>. Dengan demikian, kapasitas gateway Sigfox cenderung lebih rendah dibandingkan dengan volume pesan harian yang dibutuhkan untuk penelitian ini. Maka, dibutuhkan 11 gateway oleh Sigfox agar dapat memenuhi seluruh kebutuhan demand dalam sehari.

Saran untuk penelitian selanjutnya, peneliti dapat menambahkan perangkat pintar lain dalam menganalisis Smart City Yogyakarta, dan dapat menggunakan teknologi lain (selain Sigfox) agar dapat ditemukan perbedaan dan menjadi referensi/pilihan lain bagi Pemerintah Kota Yogyakarta.

## REFERENSI

- [1] S. M. Metev and V. P. Veiko, *Laser Assisted Microtechnology*, 2nd Central Statistics Agency. (2022) "Yogyakarta City in Figures 2022," Central Statistics Agency, Yogyakarta,.
- [2] Mayor of Yogyakarta. (2015) "Yogyakarta Mayor Regulation Number 15 of 2015 concerning E-Government," Yogyakarta,.
- [3] Regional People's Representative Council (DPRD). (2021). *Yogyakarta City Regional Regulation (PERDA) Number 10 of 2021*.
- [4] Yogyakarta City Government, "Jogja Smart Services," Yogyakarta City Government, [Online]. Available: <https://jss.jogjakota.go.id/v3> . [Accessed 17 July 2022]
- [5] MR Hamdala, D Perdana, IAT Hanurato (2022) "Capacity & Coverage Analysis for Planning Yogyakarta Smart City's Network (Use Case: LoRaWAN)", *IEEE Asia Pacific Conference on Wireless and Mobile (APWiMob)*, 1-6, Bandung
- [6] B. Cohen, (2012) "The top 10 smart cities on the planet," [Online]. Available: <https://www.fastcodesign.com/1679127/the-top-10-smart-cities-on-the-planet>. [Diakses 24 Mei 2021].
- [7] H. Supangkat. (2018). "Smart Province," Smart City & Community Innovation Center ITB, Bandung.
- [8] S. Tabbane. (2017). "ael.chungbuk.ac.kr," ITU, 28-30 June [Online]. Available: <http://ael.chungbuk.ac.kr/lectures/graduate/%EC%B4%88%EA%B3%A0%EC%A3%BC%ED%8C%8C%ED%86%B5%EC%8B%A0%EC%8B%9C%EC%8A%A4%ED%85%9C%EC%84%A4%EA%B3%84/2019-2/02-5G&IoT/5G-IoT.pdf#>. [Diakses 1 Agustus 2022].
- [9] Yogyakarta, City Environmental Service, "Yogyakarta City Government Environmental Service," 2019. [Online]. Available: <https://lingkunganhidup.jogjakota.go.id/page/index/kualitas-air-dan-udara>. [Diakses September 2022]
- [10] Yogyakarta, City Environmental Service, "Yogyakarta City Government Environmental Service 2020," [Online]. Available: <https://lingkunganhidup.jogjakota.go.id/page/index/kualitas-air-dan-udara>. [Diakses September 2022].
- [11] Yogyakarta, City Environmental Service, "Yogyakarta City Government Environmental Service" 2021. [Online]. Available: <https://lingkunganhidup.jogjakota.go.id/page/index/kualitas-air-dan-udara>. [Diakses September 2022]
- [12] Sigfox. (2017). "Sigfox Technical Overview," pp 1-25
- [13] H. Mroue, A. Nasser, S. Hamrioui, B. Parrein, E. Motta-Cruz dan G. Rouyer. (2018) "MAC Layer-based Evaluation of IoT Technologies: LoRa, SigFox and NB-IoT," dalam *IEEE Middle East North Africa Commun. Conf. MENACOMM 2018*, pp. 1-5.
- [14] N. I. Osman dan E. B. Abbas. (2019) "Simulation and Modelling of LoRa and Sigfox Low Power Wide Area Network Technologies," dalam *IEEE*.
- [15] Y. Chung, J. Y. Ahn dan J. D. Huh, (2018) "Experiments of A LPWAN Tracking(TR) Platform Based on Sigfox Test Network," dalam *IEEE*.
- [16] A. Purnama dan I. Nashiruddin, (2020) "SigFox-based Internet of Things Network Planning for Advanced Metering Infrastructure Services in Urban Scenario," dalam *IEEE*.
- [17] A. M. Hemjal, (2019) "SIGFOX BASED INTERNET OF THINGS: TECHNOLOGY, MEASUREMENTS AND DEVELOPMENT, Tampere University".
- [18] A. A. Purnama, (2021) "A COMPARATIVE FEASIBILITY STUDY OF THE INTERNET OF THINGS NETWORK DEPLOYMENT FOR ADVANCED METERING INFRASTRUCTURE SERVICE IN SURABAYA CITY", Telkom University.
- [19] M. Knoll, P. Breitegger dan A. Bergmann, (2018) "Low-Power Wide-Area Technologies as Building Block for Smart Sensors in Air Quality Measurement", *Elektrotechnik & Informationstechnik*, dalam <https://doi.org/10.1007/s00502-018-0639-y>.
- [20] M. Hata, "Empirical Formula for Propagation Loss in Land Mobile Radio Services," dalam *IEEE Trans. Veh. Technol.*, vol. 29, no. 3, pp. 317-325, 1980.
- [21] Director General of Post and Informatics Resources and Equipment, "Regulation of the Director General of Post and Informatics Resources and Equipment No. 3 of 2019," Jakarta, 2019.
- [22] A. Hidayati, Techno-Economic Analysis of LPWA-Based Internet of Things (IoT) Deployment (Use Case Smart Metering), Telkom University, 2019.
- [23] M. Hata, (1980) "Empirical Formula for Propagation Loss in Land Mobile Radio Services," dalam *IEEE Trans. Veh. Technol.*, vol. 29, no. 3, pp. 317-325.
- [24] Director General of Post and Informatics Resources and Equipment, (2019) "Regulation of the Director General of Post and Informatics Resources and Equipment No. 3 of 2019," Jakarta.
- [25] Sigfox, "Network Service & Information - Radio Configuration," [Online]. Available: <https://build.sigfox.com/sigfox-radio-configurations-rc#rc-technical-details>. [Diakses September 2022].
- [26] A. Hidayati. (2019) "Techno-Economic Analysis of LPWA-Based Internet of Things (IoT) Deployment (Use Case Smart Metering)", Telkom University