

# Identifikasi Autokorelasi Spasial pada Perencanaan Menara Telekomunikasi di Kota Sabang

Angga Satria Rachmadsyah<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup> IPB University

Korespondensi: \* [angga.satria89@gmail.com](mailto:angga.satria89@gmail.com)

 <https://doi.org/10.47266/bwp.v7i1.235> | halaman: 16-33

Dikirim: 21-11-2023 | Diterima: 31-05-2024 | Dipublikasikan: 31-05-2024

## Abstrak

Teknik analisis autokorelasi spasial Moran's I serta teknik Local Indicators of Spatial Association (LISA) merupakan teknik analisis yang memungkinkan untuk melakukan perencanaan menara telekomunikasi lebih akurat dengan cara mengidentifikasi pola spasial. Penelitian ini dilakukan dengan cara menghitung estimasi penduduk, pengguna dan trafik seluler yang kemudian dilakukan perhitungan estimasi kebutuhan menara telekomunikasi di seluruh gampong/desa di kota Sabang, lalu di analisis menggunakan autokorelasi spasial Moran's I dan LISA. Hasil indeks Moran's I yang diperoleh membuktikan bahwa terdapat autokorelasi negatif pada kondisi eksisting dan autokorelasi positif pada penambahan menara telekomunikasi pada periode 10 tahun dengan pola random. Hasil pengujian LISA pada kondisi eksisting membuktikan bahwa gampong/desa Paya Seunara dan Keunekai memerlukan penambahan menara telekomunikasi dan situasi periode 10 tahun membuktikan bahwa gampong/desa Kuta Timu memiliki autokorelasi yang tinggi karena berada di wilayah yang memiliki estimasi trafik dan pelanggan seluler tinggi.

**Kata kunci:** menara telekomunikasi; Moran's I; LISA.



## I. Pendahuluan

### 1.1. Latar Belakang

Teknologi telekomunikasi sudah menjadi bagian yang tidak dapat dipisahkan dari kehidupan manusia di masa ini. Kebutuhan akan teknologi telekomunikasi harus diimbangi dengan pembangunan menara telekomunikasi yang selaras dengan kebutuhan/permintaan seiring perkembangan zaman. Menara telekomunikasi dibutuhkan dalam jumlah yang cukup besar di berbagai lokasi, dari daerah perkotaan hingga pedesaan.

Kota Sabang merupakan pulau paling barat di Indonesia. Kota Sabang memiliki koordinat  $05^{\circ}46'28'' - 05^{\circ}54'28''$  Lintang Utara dan  $95^{\circ}13'02'' - 95^{\circ}22'36''$  Bujur Timur yang memiliki luas daratan sebesar  $153 \text{ km}^2$ . Secara administratif kota Sabang terdiri dari Kecamatan Sukakarya, Kecamatan Sukajaya dan Kecamatan Sukamakmue yang meliputi 18 gampong/desa. Berdasarkan data dari BPS pada tahun 2022, penduduk kota Sabang berjumlah 43.206 jiwa (BPS, 2022).

Berdasarkan data yang dihimpun dari Dinas Komunikasi, Informatika, Statistik dan Persandian Kota Sabang, pada tahun 2022 kota Sabang memiliki total 41 menara telekomunikasi yang tersebar di seluruh kota Sabang. Pada Rencana Tata Ruang Wilayah (RTRW) Kota Sabang tahun 2012 – 2032 khususnya Peta Rencana Pelayanan Telekomunikasi terdapat beberapa menara telekomunikasi yang sudah terbangun akan tetapi belum secara maksimal mendukung kegiatan penduduk/masyarakat kota Sabang seperti masyarakat yang berada di gampong/desa Aneuk Laot, Batee Shok dan Beurawang yang tidak memiliki menara telekomunikasi di wilayah administrasi gampong/desa tersebut.

Rentang waktu RTRW Kota Sabang selama 20 tahun memerlukan validasi ulang terkait perencanaan menara telekomunikasi agar dapat mendukung seluruh kegiatan masyarakat kota Sabang. Pengembangan perencanaan menara telekomunikasi, merupakan aspek kunci dalam memenuhi tuntutan masyarakat akan konektivitas yang lebih baik. Perencanaan dalam lingkup penelitian menara telekomunikasi kota Sabang dilakukan dengan cara menghitung estimasi penduduk, pengguna serta trafik seluler yang kemudian dilakukan perhitungan estimasi kebutuhan menara telekomunikasi di seluruh gampong/desa di kota Sabang lalu di analisis menggunakan teknik autokorelasi spasial Moran's Index dan metode Local Indicators of Spatial Association (LISA).

### 1.2. Tinjauan Pustaka

#### 1.2.1 Konsep Sistem Seluler

Sistem seluler diartikan sebagai suatu daerah layanan telekomunikasi yang terbagi di dalam beberapa daerah kecil yang disebut dengan sel. Pelanggan dapat bergerak dalam berkomunikasi tanpa terjadi gangguan dalam hubungan komunikasi. Dalam konteks keilmuan, sel biasanya digambarkan dalam bentuk heksagonal (atau bentuk lain) untuk mempermudah penggambaran pada tampilan perencanaan. Sel dapat diklasifikasikan sebagai suatu area cakupan (coverage area) dari sebuah radio base station. Menurut (Palilu dan Pratomo, 2014), berdasarkan luas cakupan areanya, sel dibagi menjadi tiga jenis yaitu Macro Cell (radius  $> 5 \text{ km}$ ), Micro Cell (radius  $3 \text{ km} \leq 5 \text{ km}$ ), dan Pico Cell (radius  $< 1 \text{ km}$ ).

#### 1.2.2 Traffic Concept

Trafik dalam telekomunikasi dapat dimaknai sebagai perpindahan informasi dari suatu tempat ke tempat lain melalui media telekomunikasi, dimana perpindahannya diukur dengan waktu. Nilai trafik pada suatu kanal yaitu penghitungan lama waktu pendudukan pada kanal tersebut.

Intensitas trafik merupakan jumlah waktu pendudukan per satuan waktu atau volume trafik dibagi dengan periode waktu pengamatan (Suwadi 2012).

$$A = \frac{V}{T} \quad (1)$$

Dimana:

A = Intensitas trafik

V = Volume trafik

T = Periode waktu pengamatan

### 1.2.3 Prediksi Jumlah Penduduk

Jumlah penduduk di masa depan sangat perlu untuk diketahui dalam perencanaan Zona baru sehingga perlu dilakukan prediksi. Prediksi dilakukan untuk perencanaan jangka panjang di suatu wilayah. Adapun prediksi jumlah penduduk dilakukan menggunakan rumus berikut (Suwadi 2012):

$$P_t = P_0 (1 + r)^t \quad (2)$$

Dimana:

$P_t$  = Jumlah penduduk tahun t

$P_0$  = Jumlah penduduk tahun awal

r = Tingkat pertumbuhan penduduk

t = Jumlah tahun dari 0 ke t

### 1.2.4 Prediksi Jumlah Pelanggan Seluler

Jumlah pelanggan seluler merupakan salah satu faktor penting dalam perencanaan jaringan seluler. Estimasi jumlah pengguna seluler dapat dihitung dengan menggunakan data persentase penduduk yang memiliki / menguasai telepon seluler yang dapat diakses pada situs BPS (BPS 2022). Dengan data tersebut maka dapat diperkirakan jumlah pelanggan seluler:

$$P = X\% \cdot P_t \quad (3)$$

Dimana:

P = Jumlah pengguna seluler

X% = Persentase penduduk yang memiliki telepon seluler

$P_t$  = Jumlah penduduk tahun t

### 1.2.5 Analisis Data Spasial

Data spasial merupakan data yang memuat informasi lokasi atau geografis dari suatu wilayah. Metode autokorelasi spasial merupakan salah satu analisis data spasial untuk mengetahui pola hubungan amatan antar lokasi. Metode ini memberikan informasi penting dalam menganalisis hubungan karakteristik objek antar wilayah. Metode dalam autokorelasi spasial dapat menggunakan Moran Index (Moran's I) dan Local Indicator of Spatial autocorrelation (LISA). Perhitungan pada masing-masing pengujian autokorelasi ini menggunakan matriks pembobot (Endang, 2021).

### 1.2.6 Moran's Index

Metode Moran's Index digunakan untuk menghitung autokorelasi spasial secara global.

Rumus Moran's Index ditulis sebagai berikut:

$$I = \frac{n \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n w_{ij} (x_i - \bar{x})(x_j - \bar{x})}{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} \quad (4)$$

Dimana:

- I = Moran's Index
- n = Banyaknya lokasi kejadian
- $x_i$  = Nilai pada lokasi ke i
- $x_j$  = Nilai pada lokasi ke j
- $\bar{x}$  = Nilai rata-rata
- $w_{ij}$  = Unsur pembobot

Rentang Moran's Index dengan matriks pembobot spasial terstandarisasi yaitu  $-1 \leq I \leq 1$ . Nilai  $-1 \leq I < 0$  artinya autokorelasi spasial negatif, dan nilai  $0 < I \leq 1$  menunjukkan adanya autokorelasi spasial positif, dan  $I = 0$  mengindikasikan tidak berkelompok. Selanjutnya untuk mengidentifikasi adanya autokorelasi spasial atau tidak, dilakukan uji signifikansi I. Uji hipotesis untuk Indeks Moran adalah sebagai berikut:

Hipotesis:

$H_0$  = Tidak ada autokorelasi spasial

$H_1$  = Terdapat autokorelasi spasial

Dengan tingkat signifikansi  $\alpha$  dan statistik uji:

$$Z(I) = \frac{I - E}{\sqrt{\text{var}(I)}} \text{ dengan } N(0,1) \quad (5)$$

$$\text{dengan } E = I_0 = -\frac{1}{n-1} \quad (6)$$

$$\text{var}(I) = \frac{n^2 - ns_2 + 3s_0^2}{(n^2 - 1)s_0^2} - E^2 \quad (7)$$

$$S_0 = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n w_{ij} \quad (8)$$

$$S_1 = \frac{1}{2} \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n (w_{ij} + w_{ji})^2 \quad (9)$$

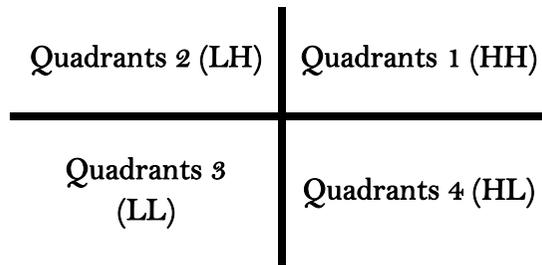
$$S_2 = \sum_{i=1}^n (\sum_{j=1}^n w_{ij} + \sum_{j=1}^n w_{ji})^2 \quad (10)$$

Kriteria uji:

Penolakan  $H_0$  yaitu jika  $|Z(1)| > |Z|(1) > Z_{1-\alpha}$  dengan  $1 - \alpha$  kuantil dari distribusi normal standar.

### 1.2.7 Moran's Scatterplot

Moran's Scatterplot merupakan diagram yang menunjukkan hubungan antara nilai amatan pada suatu lokasi yang distandarasi dengan rata-rata nilai amatan tetangganya. Scatterplot ini terdiri atas empat kuadran seperti ditunjukkan pada gambar 1, yaitu:



**Gambar 1.** Moran's Scatterplot Quadrants

Quadrant 1; High-High (HH), menunjukkan lokasi yang mempunyai nilai amatan tinggi dikelilingi oleh lokasi yang mempunyai nilai amatan tinggi.

Quadrant 2; Low-High (LH), menunjukkan lokasi yang mempunyai nilai amatan rendah dikelilingi oleh lokasi yang mempunyai nilai amatan tinggi.

Quadrant 3; Low-Low (LL), menunjukkan lokasi yang mempunyai nilai amatan rendah dikelilingi oleh lokasi yang mempunyai nilai amatan rendah.

Quadrant 4; High-Low (HL), menunjukkan lokasi yang mempunyai nilai amatan tinggi dikelilingi oleh lokasi yang mempunyai nilai amatan rendah.

### 1.2.8 Matriks Pembobot

Matriks pembobot atau matriks contiguity ( $W$ ) adalah matriks yang menggambarkan hubungan antar lokasi. unsur-unsur matriks contiguity bernilai 1 untuk lokasi pengamatan berbatasan langsung dengan lokasi tetangganya dan bernilai 0 untuk lokasi pengamatan tidak berbatasan langsung dengan lokasi tetangganya. Metode matriks pembobotan matriks  $W$  diantaranya metode Queen Contiguity, yaitu matriks pembobotan spasial berdasarkan matriks pembobotan standarisasi (Standardize Contiguity Matrix) diperoleh dengan cara memberi nilai atau bobot yang sama rata terhadap tetangga lokasi terdekat dan lokasi yang lainnya diberi bobot nol. Daerah pengamatan ditentukan berdasarkan sisi-sisi dan sudut yang saling bersinggungan.

### 1.2.9 Local Indicator of Spatial Autocorrelation (LISA)

LISA digunakan untuk mengidentifikasi autokorelasi secara lokal (Local Autocorrelation) atau korelasi spasial pada setiap daerah. LISA merupakan kelanjutan dari Moran's Index. Semakin tinggi nilai lokal Moran's' Index, memberikan informasi bahwa wilayah yang berdekatan memiliki nilai yang hampir sama atau membentuk suatu penyebaran yang mengelompok. LISA, dinyatakan dengan persamaan:

$$I_i = Z_i \sum_{j=1}^n W_{ij} Z_j \quad (11)$$

$$Z_i = \frac{x_i - \bar{x}}{\sigma} \text{ dan } Z_j = \frac{x_j - \bar{x}}{\sigma} \quad (12)$$

Dengan  $\sigma$  merupakan nilai standar deviasi peubah  $x$ .

Pengujian terhadap parameter  $I$ , dapat dilakukan sebagai berikut:

Hipotesis:

$H_0: I_i = 0$  (Tidak ada autokorelasi)

$H_1: I_i \neq 0$  (Ada autokorelasi)

Taraf signifikansi ( $\alpha$ ), dengan statistik uji:

$$Z = \frac{I-E}{\sqrt{\text{var}(I)}} \quad (13)$$

Dengan kriteria uji: tolak  $H_0$  jika:

$$|Z| > Z_{\alpha/2} \quad (14)$$

## II. Metode Penelitian

Metode penelitian yang digunakan merupakan metode kuantitatif dengan analisis statistik data spasial. Tahapan penelitian di mulai dari pengumpulan data dan analisisnya.

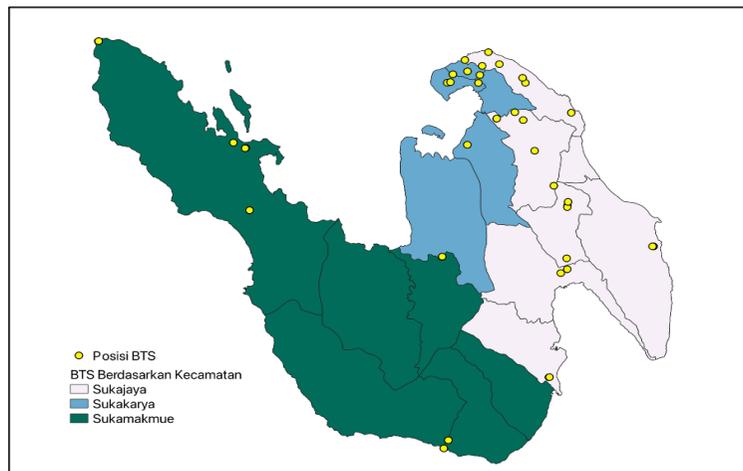
Data dalam penelitian ini merupakan data sekunder yaitu data sebaran menara telekomunikasi dan peta administrasi kota Sabang yang bersumber dari Dinas Komunikasi, Informatika, Statistik dan Persandian Kota Sabang.

Pengolahan data statistik menggunakan software Ms. Excel lalu peta administrasi menggunakan software Quantum GIS (QGIS) serta analisis spasial menggunakan software GeoDA.

### 2.1. Objek Penelitian

Daerah yang menjadi objek penelitian adalah kota Sabang yang terletak di antara  $95^{\circ} 13' 02''$  dan  $95^{\circ} 22' 36''$  Bujur Timur dan  $5^{\circ} 46' 28''$  dan  $5^{\circ} 54' 28''$  Lintang Utara, Kota Sabang sebelah utara dan timur berbatasan dengan Selat Malaka, di sebelah selatan berbatasan dengan Selat Benggala dan di sebelah barat dibatasi oleh Samudera Indonesia.

Saat ini kota Sabang memiliki 41 menara telekomunikasi yang tersebar di 15 gampong/desa (dari total 18 gampong/desa). Kota Sabang terdiri dari tiga kecamatan (Sukajaya, Sukakarya dan Sukamakmue) dengan jumlah penduduk mencapai 43.208 jiwa. Peta administrasi kota Sabang & sebaran menara telekomunikasi kota Sabang dapat dilihat pada Gambar 2 dan Tabel 1:



**Gambar 2.** Peta Sebaran Menara Telekomunikasi Kota Sabang

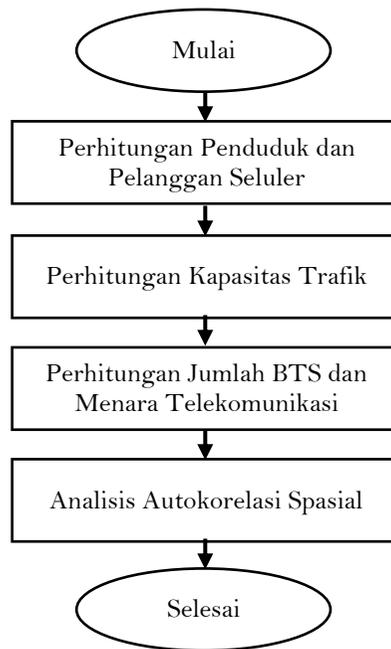
**Sumber:** Diskominfoitksa Kota Sabang

**Tabel 1.** Jumlah Menara Telekomunikasi Eksisting Kota Sabang

No	Batas Administrasi		Jumlah Menara
	Kecamatan	Desa	
1	Sukakarya	Krueng Raya	1
2	Sukakarya	Aneuk Laot	0
3	Sukakarya	Kuta Timu	1
4	Sukakarya	Kuta Barat	2
5	Sukakarya	Kuta Ateuh	5
6	Sukajaya	Ie Meulee	4
7	Sukajaya	Ujoeng Kareung	1
8	Sukajaya	Anoi Itam	2
9	Sukajaya	Cot Ba'U	9
10	Sukajaya	Cot Abeuk	1
11	Sukajaya	Balohan	3
12	Sukajaya	Jaboi	2
13	Sukamakmue	Iboih	5
14	Sukamakmue	Batee Shoek	0
15	Sukamakmue	Paya Seunara	2
16	Sukamakmue	Paya	1
17	Sukamakmue	Keunekai	2
18	Sukamakmue	Beurawang	0

**Sumber:** Diskominfotiksa Kota Sabang

## 2.2. Alur Penelitian



**Gambar 3.** Alur Rencana Penelitian

## 2.3. Perhitungan Penduduk dan Pelanggan Seluler

Jumlah pertumbuhan penduduk sangat dibutuhkan dalam penelitian ini. Estimasi pertumbuhan penduduk yang di hitung adalah jumlah penduduk 10 tahun dari penelitian. Proses ini nantinya berpengaruh terhadap jumlah pengguna seluler untuk menentukan perhitungan jumlah BTS dan menara telekomunikasi.

Data penduduk diambil dari BPS dan rumus pertumbuhan penduduk yang digunakan adalah rumus pertumbuhan geometri, yaitu angka pertumbuhan penduduk (rate of growth) sama untuk setiap tahunnya (Fauzi, 2013). Rumus pertumbuhan penduduk dapat diitung dari rumus (2).

Data jumlah penduduk kota Sabang diambil dari (BPS Kota Sabang 2023). Dengan tingkat pertumbuhan penduduk ( $r$ ) yaitu Kecamatan Sukakarya (0,0140), Kecamatan Sukajaya (0,0269) dan Kecamatan Sukamakmue (0,0340). Setelah jumlah pertumbuhan penduduk telah diketahui, selanjutnya adalah menghitung estimasi jumlah pengguna seluler yang nantinya akan berguna untuk menghitung kapasitas trafik dari BTS/Menara telekomunikasi.

Berdasarkan BPS, jumlah persentase pengguna seluler yang ada di Provinsi Aceh adalah 62,65 % yang artinya terdapat sekitar 62 sampai dengan 63 orang pengguna seluler untuk setiap penduduk di Provinsi Aceh. Dari data tersebut, maka jumlah pengguna seluler untuk kota Sabang dapat diketahui perkiraannya dengan rumus estimasi jumlah pelanggan seluler. Data estimasi pertumbuhan penduduk dan pengguna seluler dapat di lihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Jumlah Penduduk dan Pengguna Seluler

Gampong	Tahun 2022		Tahun 2032	
	Jumlah Penduduk	Pengguna Seluler	Jumlah Penduduk	Pengguna Seluler
Aneuk Laot	1.321	828	1.518	951
Anoi Itam	878	550	1.145	717
Balohan	3.807	2.385	4.964	3.110
Batee Shoek	1.705	1.068	2.382	1.492
Beurawang	417	261	583	365
Cot Abeuk	1.099	689	1.433	898
Cot Ba'U	8.097	5.073	10.559	6.615
Iboih	1.419	889	1.982	1.242
Ie Meulee	4.969	3.113	6.480	4.059
Jaboi	867	543	1.131	708
Keunekai	1.061	665	1.482	929
Krueng Raya	2.359	1.478	2.711	1.698
Kuta Ateuh	4.138	2.592	4.755	2.979
Kuta Barat	3.730	2.337	4.286	2.685
Kuta Timu	2.310	1.447	2.655	1.663
Paya	739	463	1.032	647

Gampong	Tahun 2022		Tahun 2032	
	Jumlah Penduduk	Pengguna Seluler	Jumlah Penduduk	Pengguna Seluler
Paya Seunara	3.419	2.142	4.776	2.992
Ujoeng Kareung	873	547	1.138	713

#### 2.4. Perhitungan Kapasitas Trafik

Perhitungan kapasitas trafik dilakukan dengan memperhatikan morfologi wilayah gampong/desa di kota Sabang. Kota Sabang terdiri dari dua morfologi wilayah yaitu sub-urban dan rural, rata-rata durasi aktifitas seluler di area sub-urban adalah 60 menit dan untuk area rural adalah 45 menit (Widyatmoko dan Achmad M, 2015).

a. Berdasarkan hal diatas, maka *offered traffic* dapat dihitung dengan cara:

- *Sub-urban*:  $\frac{60}{24.60} = 41,67 \text{ mErlang}$
- *Rural*:  $\frac{45}{24.60} = 31,2 \text{ mErlang}$

- b. *Grade of Service* (GOS) : 2 %
- c. Konfigurasi rata-rata BTS di kota Sabang:
- 1 sektor terdiri dari 3 TRX;
  - 1 TRX terdiri dari 8 timeslot;
  - 3 TRX = 3 x 8 = 24 timeslot.
- d. Setiap sektor membutuhkan 1 kanal *Broadcast Control Channel* (BCCH) dan 1 kanal *Standalone Dedicated Control Channel* (SDCCH) yang berguna untuk *broadcast* sinyal dan mengatur panggilan setiap pelanggan. Jadi 1 sektor yang terdiri dari 3 TRX mampu melayani  $24 - 2 = 22$  Kanal.
- e. Kapasitas 1 BTS yang terdiri dari 3 antena sektoral yang didukung oleh 3 TRX antena (dengan asumsi GOS 2%) adalah  $3 \times 14,90 = 44,7$  Erlang.

**Erlang B Traffic Table**

Maximum Offered Load Versus B and N

B is in %

N/B	0.01	0.05	0.1	0.5	1.0	2	5	10
1	.0001	.0005	.0010	.0050	.0101	.0204	.0526	.1111
2	.0142	.0321	.0458	.1054	.1526	.2235	.3813	.5954
3	.0868	.1517	.1938	.3490	.4555	.6022	.8994	1.271
4	.2347	.3624	.4393	.7012	.8694	1.092	1.525	2.045
5	.4520	.6486	.7621	1.132	1.361	1.657	2.219	2.881
21	8.319	9.501	10.11	11.86	12.84	14.04	16.19	18.65
22	8.946	10.18	10.81	12.64	13.65	14.90	17.13	19.69
23	9.583	10.87	11.52	13.42	14.47	15.76	18.08	20.74
24	10.23	11.56	12.24	14.20	15.30	16.63	19.03	21.78
25	10.88	12.26	12.97	15.00	16.13	17.51	19.99	22.83

**Gambar 4.** *Erlang B (Traffic Table)*

Sumber: sites.pitt.edu

### 2.5. Perhitungan Jumlah BTS dan Menara Telekomunikasi

Perhitungan jumlah BTS dan menara telekomunikasi erat kaitannya dengan kapasitas trafik pelanggan yang dilayani oleh suatu BTS atau menara telekomunikasi. Adapun rumus yang digunakan adalah:

$$B = \frac{T}{A} \quad (15)$$

Dimana:

- B = Jumlah kebutuhan BTS
- T = Total trafik pelanggan seluler
- A = Kapasitas 1 BTS

Sehingga didapatkan hasil perhitungan jumlah BTS dan menara telekomunikasi seperti pada Tabel 3 berikut ini:

**Tabel 3.** Estimasi Jumlah BTS dan Menara Telekomunikasi

Gampong	Tahun 2022		Tahun 2032	
	Kebutuhan BTS	Kebutuhan Menara	Kebutuhan BTS	Kebutuhan Menara
Aneuk Laot	1	1	1	1
Anoi Itam	0	0	1	1
Balohan	2	1	2	1
Batee Shoek	1	1	1	1
Beurawang	0	0	0	0
Cot Abeuk	0	0	1	1
Cot Ba'U	5	2	6	2
Iboih	1	1	1	1
Ie Meulee	3	1	4	2
Jaboi	0	0	0	0
Keunekai	0	0	1	1
Krueng Raya	1	1	1	1
Kuta Ateuh	2	1	3	1
Kuta Barat	2	1	3	1
Kuta Timu	1	1	2	1
Paya	0	0	0	0
Paya Seunara	1	1	2	1
Ujoeng Kareung	0	0	0	0

Bila diasumsikan 1 menara telekomunikasi terdiri dari 3 BTS, maka tambahan menara telekomunikasi ditentukan dengan cara 3 BTS tambahan dibagi 3. Jika hasilnya terdapat sisa pembagian maka akan dibulatkan ke nilai yang lebih besar.

Adapun jumlah total kebutuhan menara telekomunikasi setelah menara eksisting ditambah dengan estimasi kebutuhan menara selama 10 tahun dapat dilihat pada Tabel 4 berikut ini:

**Tabel 4.** Total Kebutuhan Menara Telekomunikasi Dalam 10 Tahun

Gampong	<i>Eksisting</i>	Penambahan	Total
	Jumlah Menara	Jumlah Menara	
Aneuk Laot	0	1	1
Anoi Itam	2	1	3
Balohan	3	1	4
Batee Shoek	0	1	1
Beurawang	0	0	0
Cot Abeuk	1	1	2
Cot Ba'U	9	2	11
Iboih	5	1	6
Ie Meulee	4	2	6
Jaboi	2	0	2
Keunekai	2	1	3
Krueng Raya	1	1	2
Kuta Ateuh	5	1	6
Kuta Barat	2	1	3
Kuta Timu	1	1	2
Paya	1	0	1
Paya Seunara	2	1	3
Ujoeng Kareung	1	0	1

## 2.6. Analisis Autokorelasi Spasial

Analisis autokorelasi spasial dilakukan dengan cara membuat matriks pembobot spasial berdasarkan standarize contiguity matrix  $W$  yang bertujuan untuk mengetahui jumlah ketetanggaan masing-masing gampong/ desa. Metode yang digunakan berupa Queen Contiguity yang diberikan bobot sama rata terhadap tetangga lokasi terdekat.

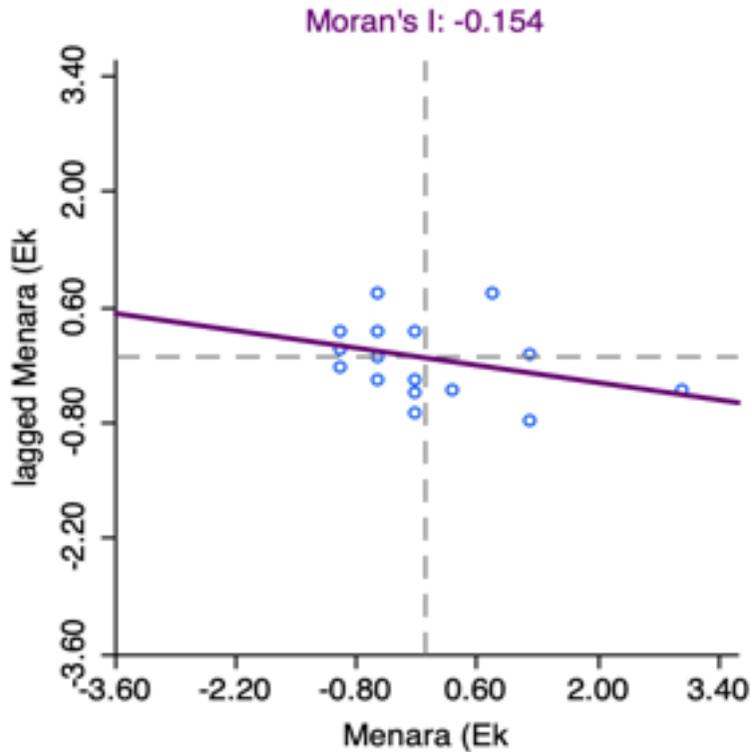
Analisis penyebaran menara telekomunikasi secara global dihitung dengan nilai Moran Index beserta scatterplot sedangkan penyebaran secara lokal menggunakan metode LISA.

## III. Pembahasan

### 3.1. Kondisi Menara Telekomunikasi Eksisting

Berdasarkan hasil analisis autokorelasi spasial dengan menggunakan GeoDA diperoleh nilai Moran  $I = -0,154$  dan  $Z\text{-Value} = -0,7252$ . Hal tersebut mengartikan bahwa posisi menara

telekomunikasi di kota Sabang memiliki pola penyebaran random dengan autokorelasi spasial negatif. Moran's I Scatterplot dapat dilihat pada Gambar 5 berikut ini:



**Gambar 5.** Moran's I Scatterplot (Kondisi Eksisting)

**Sumber:** Hasil Pengolahan Sendiri

Berdasarkan hasil analisis autokorelasi spasial dengan menggunakan GeoDA, diperoleh nilai Moran's  $I = -0,154$  dan  $Z\text{-Value} = -0,7252$ . Hal tersebut mengartikan bahwa posisi menara telekomunikasi di kota Sabang memiliki pola penyebaran random dengan autokorelasi spasial negatif.

Hasil Moran's I scatterplot, menara telekomunikasi per gampong/desa tersebar dalam kuadran I dan kuadran IV. Penyebaran menara telekomunikasi eksisting kota Sabang dapat dilihat pada Tabel 5 berikut:

**Tabel 5.** Moran's I Scatterplot (Kondisi Eksisting)

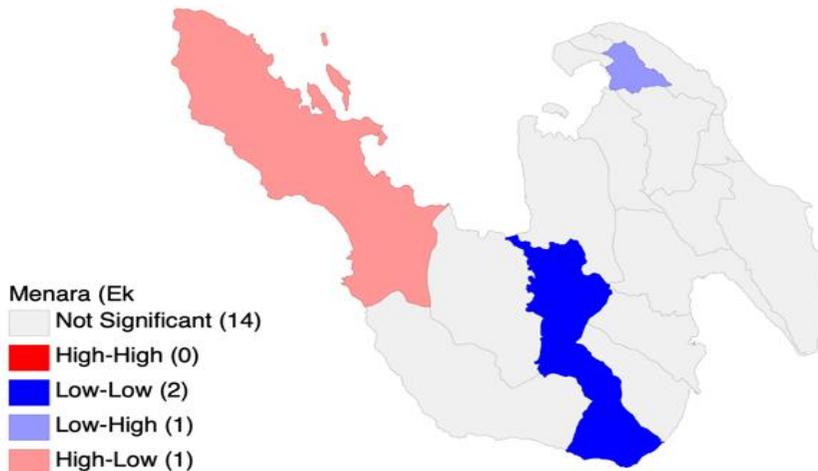
Kuadran I (HH)	Kuta Ateuh & Ie Meulee.
Kuadran II (LH)	Batee Shok, Aneuk Laot, Kuta Barat, Cot Abeuk Ujoeng Kareung & Kuta Timu.
Kuadran III (LL)	Anoi Itam, Krueng Raya, Jaboi, Paya Seunara, keunekai, Beurawang & Paya.
Kuadran IV (HL)	Iboih, Balohan & Cot Ba'U.

Agar dapat mengetahui hubungan autokorelasi secara lokal dapat menggunakan analisis Local Indicator of Spasial Autocorrelation (LISA).

Pada kondisi eksisting, diketahui bahwa gampong/desa Iboih memiliki autokorelasi HL (High-Low) yang menandakan bahwa terdapat banyak menara telekomunikasi di wilayah tersebut akan tetapi tetangga sekitar yaitu desa/gampong Batee Shoek dan Paya memiliki jumlah menara yang relatif sedikit bahkan tidak memiliki menara telekomunikasi sama sekali. Hal tersebut mengindikasikan bahwa menara telekomunikasi yang di bangun pada desa/gampong Iboih juga bertujuan untuk melayani penduduk/pelanggan seluler yang ada di desa/gampong Batee Shok dan Paya.

Gampong/desa Paya Seunara dan Keunekai merupakan wilayah yang memiliki autokorelasi LL (Low-Low) yang mengartikan bahwa pada wilayah tersebut memiliki jumlah menara telekomunikasi yang relatif lebih sedikit dengan kondisi tetangga terdekat juga memiliki menara telekomunikasi yang sedikit atau bahkan tidak ada sama sekali. Dengan kondisi tersebut maka sudah seharusnya gampong/desa Paya Seunara dan Keunekai mendapat tambahan menara telekomunikasi.

Wilayah yang memiliki autokorelasi LH (Low-High) adalah gampong/desa Kuta Timu yang berarti bahwa pada wilayah tersebut memiliki jumlah menara telekomunikasi yang sedikit, akan tetapi di dukung oleh tetangga terdekat yang memiliki jumlah menara yang relatif banyak. Gambar LISA pada kondisi eksisting dapat dilihat pada Gambar 6 berikut:



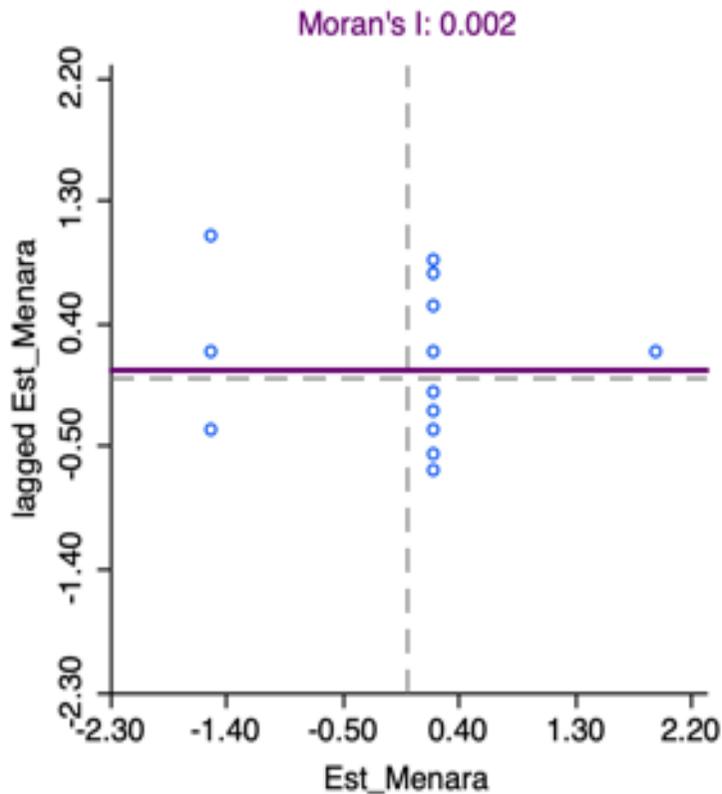
**Gambar 6.** Analisis LISA (Kondisi Eksisting)

**Sumber:** Hasil Pengolahan Sendiri

### 3.2. Kondisi Penambahan Menara Telekomunikasi Dalam 10 tahun

Pada perhitungan sebelumnya untuk menentukan jumlah menara telekomunikasi di dasari oleh jumlah estimasi trafik seluler dan pelanggan seluler berbasis gampong/desa yang kemudian di analisis secara autokorelasi spasial dengan menggunakan GeoDA. Dari hasil analisis tersebut maka didapatkan hasil nilai Moran's  $I=0,002$  dan  $Z\text{-Value} = -0,4791$  yang menandakan bahwa pola penyebarannya adalah random dengan autokorelasi spasial bergerak kearah positif. Moran's

I Scatterplot dapat dilihat pada Gambar 7 berikut ini:



**Gambar 5.** Moran's I Scatterplot

(Estimasi Penambahan Menara Telekomunikasi dalam 10 Tahun)

**Sumber:** Hasil Pengolahan Sendiri

Hasil Moran's I scatterplot, menara telekomunikasi per gampong/desa tersebar dalam kuadran I dan kuadran IV. Hasil lebih lanjut dapat dilihat pada Tabel 6 berikut:

**Tabel 6.** Moran's I Scatterplot

(Estimasi Penambahan Menara Telekomunikasi dalam 10 Tahun)

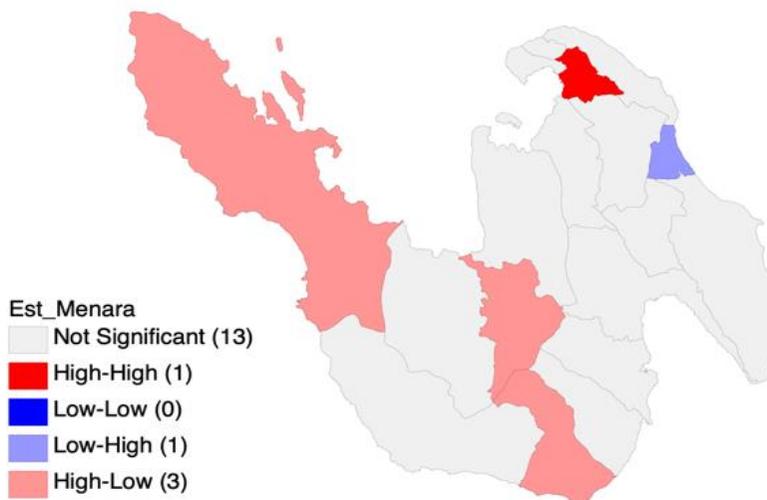
Kuadran I (HH)	Krueng Raya, Aneuk Laot, Cot Abeuk, Cot Ba'U, Ie Meulee, Kuta Timu, Kuta Ateuh & Kuta Barat.
Kuadran II (LH)	Paya & Ujoeng Kareung
Kuadran III (LL)	Jaboi & Beurawang
Kuadran IV (HL)	Iboih, Batee Shoek, Paya Seunara, Keunekai, Balohan & Anoi Itam.

Selanjutnya penambahan menara telekomunikasi selama 10 tahun di kota Sabang dilihat

hubungan lokal autokorelasinya. Hasil analisis diketahui bahwa gampong/desa Iboih, Paya Seunara dan Keunekai memiliki autokorelasi kuadran positif HL (High-Low) yang berarti bahwa telah terjadi penambahan menara telekomunikasi di wilayah tersebut, sekaligus mempertegas hasil analisis dari keadaan eksisting sebelumnya bahwa di daerah tersebut (khususnya Paya Seunara dan Keunekai) membutuhkan penambahan menara telekomunikasi untuk melayani trafik dari pelanggan seluler.

Selanjutnya gampong/desa Kuta Timu yang memiliki lokal autokorelasi HH (High-High) yang berarti di daerah tersebut terjadi penambahan menara telekomunikasi baik di wilayah maupun tetangga terdekat, gampong/desa Kuta Timu merupakan salah satu daerah yang memiliki estimasi trafik seluler yang tinggi dan apabila dikaitkan dengan kondisi eksisting di wilayah tersebut sudah seharusnya terdapat penambahan menara telekomunikasi.

Terakhir gampong/desa Ujoeng Kareung merupakan wilayah yang memiliki autokorelasi lokal LH (Low-High) yang berarti bahwa pada wilayah tersebut tidak ada penambahan menara telekomunikasi akan tetapi di dukung oleh tetangga terdekat yang memiliki penambahan menara telekomunikasi. Pada wilayah tersebut intensitas trafik seluler yang di estimasikan tidak tinggi dan dapat di support oleh wilayah tetangga. Gambar LISA pada kondisi eksisting dapat dilihat pada Gambar 8 berikut:



**Gambar 8.** Analisis LISA (Estimasi Penambahan Menara Telekomunikasi dalam 10 Tahun)

**Sumber:** Hasil Pengolahan Sendiri

## IV. Kesimpulan Dan Saran

### 4.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis dan pembahasan autokorelasi spasial menara telekomunikasi di kota Sabang, dapat disimpulkan bahwa:

1. Pada kondisi menara telekomunikasi eksisting, analisis menggunakan metode Moran's I terdapat autokorelasi parsial negatif dengan pola sebaran random;
2. Hasil pengujian LISA pada kondisi menara telekomunikasi eksisting menunjukkan bahwa

diperlukan penambahan menara telekomunikasi di gampong/desa Paya Seunara dan Keunekai;

3. Hasil autokorelasi spasial penambahan menara telekomunikasi dalam rentang waktu 10 tahun menggunakan metode Moran's I memperoleh hasil autokorelasi parsial positif dengan pola sebaran random;
4. Pengujian LISA pada penambahan menara telekomunikasi dalam rentang waktu 10 tahun membuktikan bahwa gampong/desa Kuta Timu memiliki autokorelasi yang tinggi karena berada di wilayah yang memiliki estimasi trafik dan pelanggan seluler yang tinggi serta gampong/desa Paya Seunara dan Keunekai menjadi daerah dengan lokasi pengamatan High-Low setelah terjadi penambahan menara telekomunikasi di wilayah tersebut.

#### 4.2. Rekomendasi

Penelitian lanjutan perlu dilakukan untuk menentukan titik lokasi menara telekomunikasi yang lebih akurat dengan mempertimbangkan indikator lain seperti daerah pariwisata yang ramai dikunjungi oleh wisatawan, mengingat kota Sabang merupakan salah satu destinasi wisata favorit bagi pengunjung lokal maupun mancanegara. Perlu juga untuk mempertimbangkan zona blankspot sinyal telekomunikasi yang masih ada di beberapa titik di kota Sabang.

#### Daftar Pustaka

- Adipura, S. H. (2013). Pendirian Base Transceiver Station (BTS) di Pemukiman Warga Dikaitkan Dengan Peraturan Daerah Kota Bandung Nomor 1 Tahun 2009 Tentang Penyelenggaraan dan Retribusi Menara Telekomunikasi Di Kota Bandung. Universitas Langlangbuana. Tersedia dari: <https://repositoryfisip.unla.ac.id/browse/previews/2057> [Diakses: 27 Oktober 2023]
- Anselin L. (1995). Local Indicators of Spatial Association-LISA. *Geographical Analysis*. 27: 93-115.
- Badan Pusat Statistik (BPS). (2023). <https://www.bps.go.id/indicator/2/395/1/persentase-penduduk-yang-memiliki-menguasai-telepon-seluler-menurut-provinsi-dan-klasifikasi-daerah>
- Badan Pusat Statistik (BPS). (2023). <https://sabangkota.bps.go.id/indicator/12/55/1/laju-pertumbuhan-penduduk-menurut-kecamatan>
- Elidawati Samosir, G. H. (2011). Studi Awal Perhitungan Jumlah Sel di Wilayah Kabupaten Deli Serdang dalam rangka penerapan kebijakan penggunaan menara bersama Telekomunikasi. ITS.
- Endang, H. (2021). Identifikasi Autokorelasi Spasial Pada Penyebaran Penyakit Demam Berdarah Dengue di Kota Bandung. *SIGMA-Mu*, 13 (1): 8 - 10.
- Fauzi, A. (2014). Perencanaan Kebutuhan Base Transceiver Station (BTS) dan Optimasi Penempatan Menara Bersama Telekomunikasi. *Jurnal Penelitian dan Pengembangan Komunikasi dan Informatika*, 4 (3): 151-158.
- Molisch, A. F. (2011). *Wireless Communication, Second Edition*. John Wiley and Sons.
- Palilu, A.G., dan Pratomo, I. (2014). Studi Awal Perencanaan Jumlah Kebutuhan BTS dalam Penerapan. Menara Bersama Telekomunikasi di Kota Palangka Raya. *Buletin Pos dan*

- Telekomunikasi, 12 (4): 269 – 278.
- Pravitasari, A.E., Saizen, I, Rustiadi, E. (2016). Towards resilience of Jabodetabek Megacity: developing local sustainability index with considering local spatial interdependency. *Journal Sustain.* 4(1): 27-43.
- Setiawan, D. (2003). *Teknologi Seluler CDMA dan GSM*. PT. Elex Media Komputindo.
- Suwadi. (2012). *Diktat Trafik*. Institut Teknologi Sepuluh Nopember. Surabaya, Indonesia.
- Templ, M, Filzmoser, P, Reimann, C. (2008). Cluster analysis applied to regional geochemical data: problems and possibilities. *Applied Geochemistry*.
- Widyatmoko, dan Mauludiyanto, A. (2015). Perencanaan Jumlah dan Lokasi Menara Base Transceiver Station (BTS) Baru pada Telekomunikasi Seluler di Kabupaten Lumajang Menggunakan Metode Analytical Hierarchy Process-TOPSIS (AHP-TOPSIS). *Jurnal Teknik ITS*, 4 (1).