



## ARTICLE

# Analisis Perencanaan Cakupan Jaringan 4G LTE Pada Frekuensi 1800 Mhz Di Wilayah Pekalongan Dengan Perbandingan MU-MIMO dan SU-MIMO

## *Analysis Of 4G LTE Network Coverage Planning At 1800 Mhz Frequency In Pekalongan Region With Comparison Of MU-MIMO and SU-MIMO*

Muhammad Faiq Sahal Fatah, Muhammad Abadias Safik, Krisolit Wahyu Kasih Rungsa, Surya Shaum Ahmad Jati, Richo Armando, dan dan Alfin Hikmaturokhman\*

Teknik Telekomunikasi, Fakultas Teknik Elektro, Telkom University Purwokerto, Indonesia

\*Penulis Korespondensi: [alfinh@telkomuniversity.ac.id](mailto:alfinh@telkomuniversity.ac.id)

(Disubmit 03-01-25; Diterima 08-03-25; Dipublikasikan online pada 20-06-25)

### Abstrak

Perkembangan teknologi telekomunikasi, khususnya dalam implementasi jaringan 4G LTE, menjadi vital untuk memenuhi kebutuhan komunikasi digital yang terus meningkat. Penelitian ini menganalisis perencanaan cakupan jaringan 4G LTE pada frekuensi 1800 MHz di wilayah Pekalongan, dengan fokus pada perbandingan antara teknologi Multi-User MIMO (MU-MIMO) dan Single User MIMO (SU-MIMO). Melalui metodologi yang mencakup studi literatur, perancangan jaringan, dan simulasi menggunakan perangkat lunak Atoll, penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi kinerja dua skenario MIMO dalam konteks kualitas sinyal, kapasitas, dan efisiensi jaringan. Hasil analisis menunjukkan bahwa SU-MIMO memberikan performa yang lebih baik dalam hal Signal-to-Interference-plus-Noise Ratio (SINR), Reference Signal Received Power (RSRP), dan throughput dibandingkan MU-MIMO. Skenario SU-MIMO menghasilkan rata-rata SINR sebesar 9,48 dBm dan throughput 34,947 Kbps, sedangkan MU-MIMO memiliki rata-rata SINR 6,07 dBm dengan throughput 24,271 Kbps. Temuan ini menunjukkan bahwa meskipun MU-MIMO unggul dalam melayani banyak pengguna secara bersamaan, SU-MIMO lebih efektif dalam menyediakan kualitas layanan yang lebih konsisten dan stabil dalam lingkungan jaringan yang padat. Penelitian ini memberikan wawasan penting untuk perencanaan jaringan LTE yang lebih efektif di Pekalongan dan daerah sekitarnya.

**Kata kunci:** Jaringan 4G LTE, MU-MIMO, SU-MIMO, Cakupan Jaringan, Pekalongan.

### Abstract

The development of telecommunication technology, especially in the implementation of 4G LTE networks, is vital to meet the increasing needs of digital communication. This study analyzes the planning of 4G LTE network coverage at 1800 MHz frequency in the Pekalongan area, focusing on the comparison between Multi-User MIMO (MU-MIMO) and Single User MIMO (SU-MIMO) technologies. Through a methodology that includes literature studies, network design, and simulation using Atoll software, this study aims to evaluate the performance of two MIMO scenarios in the context of signal quality, capacity, and network efficiency. The results of the analysis show that SU-MIMO provides better performance in terms of Signal-to-Interference-plus-Noise Ratio (SINR), Reference Signal Received Power (RSRP), and throughput compared to MU-MIMO. The SU-MIMO scenario produces an average SINR of 9.48 dBm and a throughput of 34.947 Kbps, while MU-MIMO has an average SINR of 6.07 dBm with a throughput of 24.271 Kbps. These findings show that while MU-MIMO excels in serving many users simultaneously, SU-MIMO is more effective in providing more consistent and stable quality of service in dense network environments. This study provides important insights for more effective LTE network planning

This is an Open Access article - copyright on authors, distributed under the terms of the Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International License (CC BY SA) (<http://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/>)

**How to Cite:** M. I. Alharits *et al.*, "Analisis Perencanaan Cakupan Jaringan 4G LTE Pada Frekuensi 1800 Mhz Di Wilayah Pekalongan Dengan Perbandingan MU-MIMO dan SU-MIMO", *JIKO (JURNAL INFORMATIKA DAN KOMPUTER)*, Volume: 9, No.2, Pages 311–323, Jani 2025, doi: 10.26798/jiko.v9i2.1672.

in Pekalongan and its surrounding areas.

**KeyWords:** 4G LTE Network, MU-MIMO, SU-MIMO, Network Coverage, Pekalongan.

## 1. Pendahuluan

Dengan perkembangan zaman, teknologi juga terus mengalami kemajuan, termasuk dalam bidang telekomunikasi yang kini telah mengarah pada teknologi *broadband wireless access*. Perkembangan ini menjadi kebutuhan bagi pengguna untuk memenuhi kebutuhan komunikasi dengan kecepatan data yang tinggi, kapasitas besar, jangkauan akses yang lebih luas, serta mobilitas tinggi, baik saat berada di dalam ruangan (*indoor*) maupun di luar ruangan (*outdoor*) [1]. LTE (*Long Term Evolution*) adalah standar akses data nirkabel yang dikembangkan oleh 3GPP, yang bertujuan untuk meningkatkan efisiensi, kualitas layanan, penggunaan spektrum yang efektif, dan integrasi yang lebih baik [2]. Salah satu keunggulan LTE dibandingkan pendahulunya adalah kemampuannya dalam transfer data, dengan kecepatan hingga 100 Mbps untuk downlink dan 50 Mbps untuk uplink [3].

Kota Pekalongan, yang dikenal sebagai pusat pertumbuhan ekonomi dan budaya di Jawa Tengah, dengan sektor perdagangan dan industri kreatif sebagai penopang utamanya. Seiring dengan meningkatnya aktivitas digital dan kebutuhan komunikasi masyarakat, perancangan jaringan 4G LTE yang andal menjadi hal yang sangat penting. Infrastruktur telekomunikasi yang baik tidak hanya mendukung aktivitas ekonomi dan sosial masyarakat tetapi juga dapat memperkuat daya saing kota dalam menghadapi tantangan era digital. Kondisi geografis dan distribusi populasi di Pekalongan membutuhkan pendekatan perencanaan yang efektif untuk memastikan cakupan sinyal yang merata, kualitas jaringan yang optimal, serta kapasitas yang memadai untuk memenuhi Keputusan pengguna [4].

Teknologi jaringan LTE telah menjadi kebutuhan utama dalam mendukung perkembangan digitalisasi, terutama di kota-kota yang mengalami pertumbuhan pengguna data yang signifikan seperti Kota Pekalongan. Dalam upaya menyediakan layanan data berkecepatan tinggi dengan bandwidth yang besar, implementasi teknologi antena seperti *Multiple Input Multiple Output (MIMO)* dan *Single User MIMO (SU-MIMO)* menjadi solusi penting untuk meningkatkan efisiensi dan kapasitas jaringan. MIMO memungkinkan transmisi data melalui beberapa jalur antena secara simultan, sehingga dapat meningkatkan kecepatan dan kapasitas jaringan tanpa memerlukan tambahan spektrum frekuensi [5].

SU-MIMO, sebagai salah satu varian dari MIMO, dirancang untuk memaksimalkan kapasitas data bagi satu pengguna dalam suatu waktu, sehingga sangat cocok untuk memenuhi kebutuhan pengguna individu yang memerlukan layanan data yang stabil dan cepat. Dengan memanfaatkan frekuensi 1800 MHz, teknologi ini memungkinkan perancangan jaringan yang lebih efektif dalam menjangkau area yang luas serta mengatasi tantangan peningkatan traffic pengguna di Kota Pekalongan [6]. Untuk mendukung pembangunan dan pemerataan layanan LTE di kota pekalongan, diperlukan sistem jaringan telekomunikasi yang mampu memenuhi kebutuhan data berkecepatan tinggi dengan bandwidth besar. Penelitian ini fokus pada perancangan jaringan LTE di frekuensi 1800 MHz dengan mempertimbangkan traffic pengguna dan *coverage planning*, menggunakan *software Atoll* sebagai alat analisis [7]. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi perancangan jaringan 4G LTE di Kota Pekalongan dengan mempertimbangkan aspek teknis seperti cakupan wilayah, kapasitas, dan kestabilan jaringan. Untuk itu, penelitian ini akan menggunakan teknologi MIMO dengan dua skenario, yaitu MU-MIMO dan SU-MIMO, untuk membandingkan dampaknya terhadap cakupan jaringan seluler di wilayah tersebut.

### 1.1 Jaringan 4G LTE

*Long Term Evolution (LTE)* adalah standar akses data nirkabel yang dikembangkan oleh 3GPP, yang bertujuan untuk meningkatkan efisiensi, kualitas layanan, penggunaan spektrum yang efektif, dan integrasi yang lebih baik. Kecepatan transfer data pada jaringan 4G LTE dapat mencapai rata-rata 100 Mbps untuk unduhan dan 50 Mbps untuk unggahan [7].

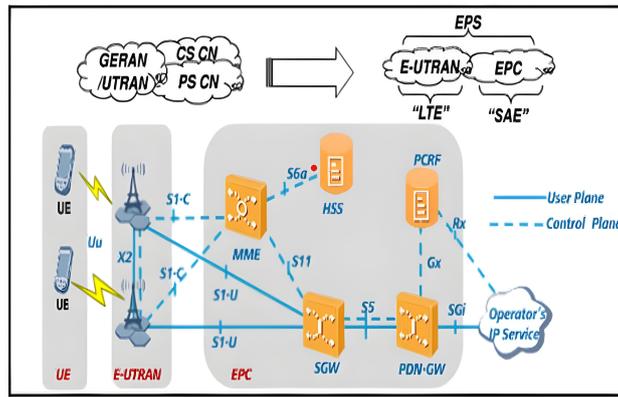


Figure 1. Arsitektur Jaringan 4G LTE [7]

1.2 WGS 84 Universal Transverse Mercator Zone

WGS 84 World Geodetic System 1984 merupakan referensi geodetik global yang digunakan untuk menentukan koordinat geografis di seluruh dunia. Salah satu metode proyeksi yang umum diterapkan adalah Universal Transverse Mercator (UTM), yang membagi permukaan bumi ke dalam 60 zona longitudinal untuk meminimalkan distorsi dalam pemetaan [8].

1.3 Model Propagasi COST-231

COST-231 Hata merupakan model propagasi radio yang digunakan untuk memperkirakan kerugian jalur (*path loss*) pada sistem komunikasi seluler. Model ini adalah pengembangan dari model Hata yang lebih sederhana dan dirancang khusus untuk digunakan pada frekuensi antara 1500 MHz hingga 2000 MHz. Model Propagasi Cost-231 European Co-operative for Scientific and Technical Research (EURO-COST) membentuk komite kerja COST-231 untuk membuat model Hata yang disempurnakan atau diperluas. COST-231 mengajukan suatu persamaan untuk menyempurnakan model Hata agar bisa dipakai pada frekuensi 2GHz. Model redaman lintasan yang diajukan oleh COST-231 ini memiliki bentuk persamaan (1) [9]:

$$PL(\text{dB}) = 46.3 + 33.9 \times \log(f_c) - 13.82 \times \log(h_t) - a(h_{rx}) + [44.9 - 6.55 \log(h_t)] \times \log(d) + C_M \quad (1)$$

1.4 Multi-User Multiple Input Multiple Output (MU-MIMO)

Multi-User Multiple Input Multiple Output (MU-MIMO) teknologi yang memungkinkan *base station* untuk mengirimkan data secara bersamaan ke beberapa pengguna dengan memanfaatkan antenna ganda. Dalam teknologi ini, antenna-antenna pada stasiun basis dapat mengirimkan data ke beberapa pengguna yang berbeda secara simultan. MU-MIMO dirancang untuk meningkatkan kapasitas dan kecepatan jaringan, terutama di area yang padat pengguna. Teknologi ini juga mendukung pemanfaatan spektrum frekuensi yang tersedia secara lebih efisien, sehingga kinerja jaringan menjadi lebih optimal meskipun terdapat banyak pengguna [10].

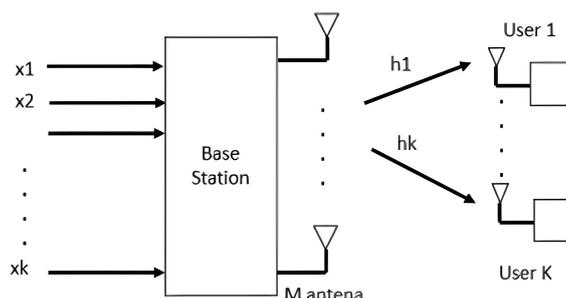


Figure 2. Blok diagram MU-MIMO [11]

### 1.5 Single User-Multiple Input Multiple Output (SU-MIMO)

SU-MIMO merupakan sebuah teknologi yang digunakan dalam komunikasi nirkabel, terutama dalam jaringan seluler seperti 4G LTE dan 5G. SU-MIMO memungkinkan pengiriman data secara simultan ke dan dari beberapa antena (*multiple-input*) pada perangkat pengguna tunggal (*single-user*) dan perangkat di stasiun basis. Teknologi ini memanfaatkan teknik antena ganda untuk mengoptimalkan penggunaan spektrum frekuensi, sehingga meningkatkan kecepatan transfer data dan kualitas sinyal dalam jaringan seluler seperti 4G LTE dan 5G [5].

## 2. Metode

### 2.1 Alur penelitian

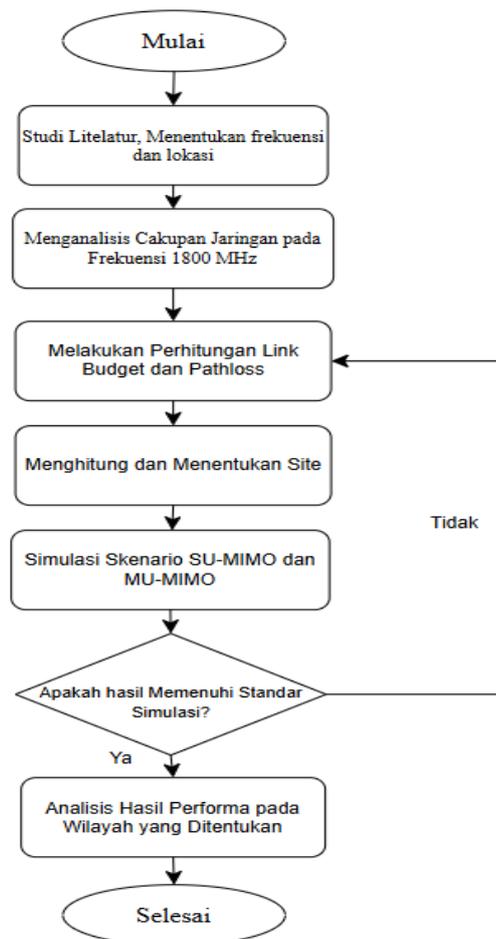


Figure 3. Alur Penelitian

Gambar 3 menggambarkan tahapan penelitian yang telah dilakukan. Berikut ini adalah metode yang digunakan.

#### 1. Studi Literatur

Melakukan studi literatur dari jurnal, buku, dan sumber internet untuk mengkaji perancangan jaringan 4G LTE, termasuk standar teknis dan kebijakan frekuensi 1800 MHz.

#### 2. Perancangan Jaringan

Mendesain jaringan dengan menentukan lokasi *base station* (BS) dan sel, serta parameter teknis lainnya seperti tilting, antena, dan daya transmisi.

#### 3. Perhitungan *Link Budget* dan *Pathloss*

Melakukan perhitungan parameter teknis, seperti link budget dan pathloss, untuk memahami kebutuhan jaringan.

#### 4. Penentuan Jumlah Site

Setelah melakukan perhitungan *Link Budget* dan *Pathloss*, selanjutnya menghitung jumlah site yang dibutuhkan untuk implementasi antena

#### 5. Simulasi Jaringan

Proses analisis dan optimasi dilakukan dengan memanfaatkan Atoll Planning Software. Penggunaan perangkat lunak Atoll dalam perencanaan dan optimasi jaringan seluler telah banyak diterapkan dan direkomendasikan oleh berbagai operator seluler untuk mendukung desain, perencanaan, dan optimasi jaringan.

### 2.2 Link Budget

Perhitungan *Link budget* dan Jumlah Site, dengan tujuan menyusun perhitungan teknis terkait kebutuhan daya dan jumlah Site yang diperlukan untuk mencakup area dengan kualitas sinyal yang optimal. Perhitungan link budget akan dilakukan untuk mengetahui daya yang diperlukan agar sinyal sampai ke perangkat dengan kualitas yang cukup. Berdasarkan perhitungan tersebut, jumlah Site (BTS) yang dibutuhkan untuk meng-cover seluruh area pengujian (Pekalongan, 45,6 km<sup>2</sup>) akan ditentukan, pada Tabel 1.

**Table 1.** Parameter Link Budget [5] [12]

Komponen link budget	Unit	Kalkulasi Downlink
ENB Tx Power ( $e_{nb_{tx}}$ )	watt	20
ENB Gain ( $e_{nb_g}$ )	dBi	17
Feeder Loss ( $f_{loss}$ )	dB	2
TMA Insertion Loss ( $TMA_{loss}$ )	dBm	0.5
UE Antenna Gain ( $A_g$ )	dBi	0
Body Loss ( $B_{d_{loss}}$ )	dBm	0
KTB	dBm	69.54
UE Noise Figure ( $N_{figure}$ )	dB	7
Target SINR	dB	6.285
Bandwidth	MHz	20
Penetration Loss ( $P_{loss}$ )	dB	3
Fading Margin ( $F_{mrq}$ )	dB	0
Interface Margin ( $I_{mrq}$ )	dB	-173.98
First Channel	MHz	1840
Last Channel	MHz	1850
Fdl - Low	MHz	1805
Offset - DL		1200
Fc	MHz	1800
Htx	m	40
Hrx	m	1.5
CM	dB	0
N		75
Cluster	Cell	3
ENB Tx Power	dBm	43

## 1. Perhitungan Link Budget

### A. MAPL

$$\begin{aligned} a(hr) &= (1.1 \log(1800) - 0.7) \cdot 1.5 - (1.56 \log(1800) - 0.8) \\ &= 4.32 - 4.38 \\ &= 0.04 \end{aligned}$$

$$Lp = P_{TX} + G_{TX} + R_{RX} - L_{Feeder} - L_{TMA} - L_{Body} - L_{penetration} - M_{Fading} \\ + 3.49 - SINR - M_{Interference} - kTB - NF$$

$$Lp = 43 + 17 + 0 - 2 - 0.5 - 3 - 0 + 3.49 - 6.285 - (-173.98) - 69.54 - 7$$

$$Lp = 149.15 \text{ dB}$$

$$PL(\text{dB}) = 46.3 + 33.9 \times \log(f_c) - 13.82 \times \log(h_t) - a(h_{rx}) + [44.9 - 6.55 \log(h_t)] \times \log(d) + C_m$$

$$PL(\text{dB}) = 46.3 + 33.9 \log(1800) - 13.82 \log(40) + 0.04 + [44.9 - 6.55 \log(40)] \log(d) + 0$$

$$149.15 = 134.51 - 0.04 + 34.4 \log(d)$$

$$14.68 = 34.4 \log(d)$$

$$0.426 = \log(d)$$

$$d = 10^{0.426} = 2.66 \text{ km}$$

$$R = \frac{2.66}{2} = 1.33 \text{ km}$$

### B. EARFCN

$$EARFCN = 10 \times (F - F_{DL-LOW}) + 0.1 \times N_{offs-DL}$$

$$EARFCN(\text{First Channel Number}) = 10 \times (1840 - 1805) + 0.1 \times 1200 = 1550$$

$$EARFCN(\text{Last Channel Number}) = 10 \times (1850 - 1805) + 0.1 \times 1200 = 1650$$

### C. Reuse Distance

$$D = R\sqrt{3 \times K} = 1.33\sqrt{3 \times 3} = 3.99 \text{ km}$$

### D. RSRP

$$\begin{aligned} RSSI &= P_{TX} + G_{TX} + R_{RX} - L_{Feeder} - L_{TMA} - L_{Body} - L_{penetration} - L_p \\ &= 43 + 17 + 0 - 2 - 0.5 - 0 - 3 - 148.284 = -94.645 \text{ dBm} \end{aligned}$$

$$RSRP = RSSI - 10 \log(12 \times N)$$

$$= -94.645 - 10 \log(12 \times 75) = -124.19 \text{ dBm}$$

### E. Total Site

$$\begin{aligned} L_{cell} &= 1.95 \times 2.6 \times d^2 \\ &= 1.95 \times 2.6 \times 2.66^2 = 35.87 \text{ km}^2 \end{aligned}$$

$$\Sigma_{cell} = \frac{L_{area}}{L_{cell}} = \frac{45.6}{35.87} = 1.27 \approx 2 \text{ Site}$$

Simulasi, dengan tujuan menggunakan perangkat lunak Atoll Versi 3.3 untuk mensimulasikan performa jaringan LTE dengan parameter yang telah ditentukan. Setelah parameter disusun, simulasi dilakukan di Atoll untuk memodelkan bagaimana jaringan LTE bekerja dalam kondisi yang ditentukan, seperti frekuensi, *bandwidth*, lokasi, dan penggunaan MIMO. Hasil simulasi akan memberikan gambaran mengenai kualitas *coverage*, *throughput*, dan sinyal di seluruh area pengujian.

### 2.3 Parameter Pengujian

Dalam pengujian simulasi jaringan LTE, terdapat sejumlah parameter utama yang menjadi dasar untuk mengevaluasi performa jaringan. Parameter ini mencakup *Throughput*, *Reference Signal Received Power* (RSRP), dan *Signal-to-Noise Ratio* (SNR), yang masing-masing memberikan gambaran mendalam mengenai kualitas layanan jaringan.

#### 2.3.1 Throughput

*Throughput* adalah laju data yang dikirim melalui jaringan, biasanya diekspresikan dalam satuan *bits per second* (bps) atau *byte per second* (Bps). *Throughput* merujuk pada besar data yang dibawa oleh trafik jaringan. *Throughput* diukur dengan cara menghitung *bytes* yang dikirim selama rentang waktu tertentu. Besarnya selang waktu pengukuran dapat mempengaruhi hasil gambaran perilaku jaringan [13].

Table 2. Parameter *Throughput* [14]

Signal Level	Warna	Keterangan
$\geq 40.000$		Sangat Baik
30.000; 40.000		Baik
20.000; 30.000		Cukup
10.000; 20.000		Buruk
0; 10.000		Sangat Buruk

#### 2.3.2 Reference Signal Received Power (RSRP)

*Reference Signal Received Power* merupakan parameter yang menunjukkan tingkat kekuatan sinyal yang diterima pengguna, yang mana sinyal ini diterima user dari eNodeB terdekat atau eNodeB yang mencakup wilayah tersebut [15]. Nilai RSRP akan semakin kecil seiring dengan bertambahnya jarak antara stasiun basis (*site*) dan pengguna. Hal ini karena RSRP mengukur kekuatan sinyal referensi di setiap titik cakupan jaringan. Pengguna yang berada di luar jangkauan cakupan jaringan tidak akan dapat menerima layanan LTE. Dengan kata lain, semakin jauh posisi pengguna dari stasiun basis, semakin buruk kualitas sinyal yang diterima. Jika jarak tersebut terlalu jauh, kualitas sinyal dapat menjadi sangat rendah hingga tidak memungkinkan koneksi ke jaringan LTE [16].

Table 3. Reference Signal Received Power [14]

Signal Level	Warna	Keterangan
$\geq -71\text{dBm}$		Sangat Baik
$> -71\text{dBm} ; \geq -81\text{dBm}$		Baik
$> -81\text{dBm} ; \geq -91\text{dBm}$		Cukup
$> -91\text{dBm} ; \geq -110\text{dBm}$		Buruk
$\leq -110\text{dBm}$		Sangat Buruk

#### 2.3.3 Signal-to-Noise Ratio (SNR)

SNR adalah merupakan rasio perbandingan antara sinyal utama yang dipancarkan dengan interferensi ditambah noise yang timbul [17]. Secara sederhana, SNR menunjukkan rasio antara daya rata-rata sinyal yang diterima dengan daya rata-rata interferensi dan kebisingan [16].

### 2.4 Skenario Penelitian

Terdapat dua skenario pengujian yang dilakukan, yaitu:

1. Skenario 1: Pengujian MU-MIMO pada jaringan LTE dengan frekuensi 1800 MHz pada Wilayah Peka-  
longan

**Table 4.** Parameter SNR [18]

Signal Level	Warna	Keterangan
16dB; 30dB		Sangat Baik
1dB; 15dB		Baik
-5dB; 0dB		Cukup
-11dB; -6dB		Buruk
-20dB; -12dB		Sangat Buruk

2. Skenario 1: Pengujian MU-MIMO pada jaringan LTE dengan frekuensi 1800 MHz pada Wilayah Pekalongan

## 2.5 Hasil dan Pembahasan

Pada Tabel 5 diperoleh hasil perhitungan link budget yang didasarkan pada parameter-parameter yang tercantum di Tabel 1. Jumlah site yang dibutuhkan dihitung menggunakan persamaan 9, dengan hasil akhir diperoleh melalui proses pembulatan. Berdasarkan hasil perencanaan jaringan LTE pada frekuensi 1800

**Table 5.** Penentuan Parameter [19]

Parameter	Unit	Kalkulasi
Pathloss (dB)	dB	149.15
a(hrx)	dB	0.04
Radius Cell (d)	km	2.66
Jari-jari (R/r)	km	1.33
RSSI	dBm	-94.65
RSRP	dBm	-124.19
Reuse Distance(D)	km	3.99
Luas Cell	Km <sup>2</sup>	35.87
Luas Area	Km <sup>2</sup>	45.6
Jumlah Site		1.27
Pembulatan Jumlah Site		2

MHz di Kota Pekalongan, terlihat bahwa cakupan jaringan di area seluas 45,6 km<sup>2</sup> ini dibagi menggunakan 2 site utama. Pada Gambar ??, kedua site ditunjukkan sebagai simbol antenna berwarna berbeda, masing-masing terletak di bagian utara dan selatan kota. Lokasi site tersebut dipilih strategis untuk memaksimalkan jangkauan sinyal dan mengakomodasi kebutuhan pengguna di area dengan kepadatan populasi berbeda.

Pada Gambar5a distribusi nilai SINR bervariasi dengan sebagian besar area memiliki performa yang cukup baik. Sebagian area Gambar5b menunjukkan distribusi nilai SINR pada rentang -20 dB hingga 23 dB, dengan dominasi nilai positif. Sebagian besar area memiliki SINR 0 dB hingga 10 dB (hijau), menunjukkan kualitas sinyal yang baik dan mendukung performa jaringan. Area dengan SINR lebih tinggi, 10 dB hingga 23 dB (kuning), memiliki performa sinyal sangat baik dengan interferensi rendah. Sementara itu, area dengan SINR di bawah 0 dB (biru) berada pada rentang -20 dB hingga -1 dB, menunjukkan kualitas sinyal buruk akibat interferensi tinggi, meskipun luas area ini sangat terbatas.

Pada Gambar??a distribusi kekuatan sinyal cukup merata di sekitar lokasi pemancar, namun beberapa wilayah di pinggir atau antara cakupan pemancar menunjukkan kekuatan RSSI yang lebih rendah. Dari Gambar6a terlihat bahwa sebagian besar area memiliki RSSI dalam rentang -105 dBm hingga -100 dBm dengan cakupan area seluas 8,03 km<sup>2</sup> (ditunjukkan dengan warna biru tua), yang mengindikasikan sinyal lemah. Dan sebagian kecil area, sekitar 0,493 km<sup>2</sup>, yang memiliki RSSI kuat dalam rentang -70 dBm hingga -65 dBm (warna merah), menunjukkan penerimaan sinyal optimal.

Pada Gambar7a menunjukkan bahwa meskipun sebagian besar wilayah memiliki cakupan sinyal yang



lemah, namun terdapat beberapa titik dengan kualitas sinyal yang baik. Berdasarkan Gambar7b, nilai rata-rata RSRP berkisar antara -118 dBm hingga -105 dBm, dengan puncak distribusi sinyal paling banyak berada di sekitar -110 dBm. Nilai ini menunjukkan bahwa kualitas sinyal masih dalam kategori sedang hingga kurang baik



Figure 7. Hasil Parameter RSRP MU-MIMO (a) pada Area Pekalongan (b) pada Histogram di Kota Pekalongan

Pada Gambar8a menunjukkan performa throughput yang cukup baik di area dekat site, tetapi kualitas menurun di area periferal yang jauh dari pusat pemancar. Lalu Gambar8b, menunjukkan nilai throughput untuk berbagai rentang, dengan throughput tertinggi sekitar 3,7 Mbps pada rentang 8.000-9.000 km. Hal ini mengindikasikan bahwa jaringan mampu menyediakan laju data yang baik di area-area tertentu



rentang sinyal tertinggi sekitar -60 dBm pada wilayah cakupan 5-10 km<sup>2</sup>, menunjukkan bahwa pada beberapa bagian wilayah, jaringan mampu memberikan kekuatan sinyal yang sangat baik. Namun, terdapat juga nilai sinyal yang lebih rendah pada rentang 10-15 km<sup>2</sup>, di mana RSSI turun hingga sekitar -80 dBm. Ini mengindikasikan adanya kemungkinan masalah cakupan atau propagasi di area pekalongan.





- [4] R. H. R. Amanulloh and A. A. Hadi, "Desain lanskap jalan gajah mada kota pekalongan untuk mendukung program pariwisata batik," *arsi*, vol. 19, no. 1, p. 127, Mei 2021.
- [5] H. B. Riswanto, I. E. D. P. Sati, M. Rizky, F. A. Rosyid, and A. Hikmaturokhman, "Dampak mu-mimo dan su-mimo pada perencanaan jaringan seluler 2300 mhz: Studi komprehensif di kota cilacap," *JRRE*, vol. 6, no. 1, p. 13, Jun 2024.
- [6] N. A. Isnaeni *et al.*, "4g network design and performance evaluation in kroya, cilacap: A comparative study of 700 mhz su-mimo and mu-mimo," vol. 8, no. 1, pp. 62–74, Jul 2024.
- [7] A. Akram, F. H. Melvandino, W. Y. Bragaswara, and H. Ramza, "Analisis kinerja jaringan 4g lte menggunakan metode drive test di kelurahan kampung rambutan, jakarta timur," *JITET*, vol. 11, no. 3, Agu 2023.
- [8] A. W. Wijaya *et al.*, "Analisis ekologi bentanglahan di taman nasional baluran dan sekitarnya," vol. 34, no. 1, Mar 2020.
- [9] D. W. Amalia, F. Imansyah, D. Suryadi, and J. H. H. Nawawi, "Analisis uji kuat sinyal terhadap jarak jangkau maksimal sistem penerimaan sinyal internet berbasis edimax hp-5101ack."
- [10] D. A. Putri, A. Hikmaturokhman, M. Najmi, D. A. Rinjani, D. Veranda, and D. A. Fauzan, "Perencanaan coverage jaringan seluler menggunakan frekuensi 1800 mhz di kawasan dermaga adipala cilacap dengan membandingkan skenario mu-mimo dan su-mimo," *J. Inf. dan Komp.*, vol. 8, no. 2, p. 340, Sep 2024.
- [11] I. F. Asdira, "Analisa performansi multiuser mimo ofdm zero forcing beamforming," 2019.
- [12] B. Alfaresi and M. V. E. Satya, "Analisa model propagasi okumura- hata dan cost-hata pada komunikasi jaringan wireless 4g lte," vol. 5, no. 1, 2020.
- [13] V. Andini, L. Sugiyanta, and B. Zaini, "Analisis kinerja parameter throughput dan delay akses inetrnet di smk karyaguna jakarta selatan," *pinter*, vol. 4, no. 2, pp. 41–44, Des 2020.
- [14] R. D. Ayuningtyas, M. P. K. Praja, and S. Romadhona, "Penerapan skema automatic cell planning (acp) untuk meningkatkan coverage area jaringan 4g-lte pada perumahan bukit kalibagor indah," *Journal Of Telecommunication, Electronics, And Control Engineering (JTECE)*, vol. 6, no. 1, pp. 13–28, 2024.
- [15] R. Ayubianto and M. Mulyono, "Analisis kualitas jaringan 4g lte studi kasus pt.ramayana sudirman pekanbaru," *remik*, vol. 7, no. 1, pp. 246–258, Jan 2023.
- [16] R. Daffa, R. R. Saedudin, and M. Fathinuddin, "Analisis performansi jaringan 4g lte dengan metode drive test pada gedung xyz," *jipi. jurnal. ilmiah. penelitian. dan. pembelajaran. informatika.*, vol. 9, no. 2, pp. 548–557, Mei 2024.
- [17] N. H. Herina, S. Dase, and Zaini, "Analisis pengukuran kinerja jaringan 4g lte berdasarkan hasil drive test," in *Prosiding Seminar Nasional Teknik Elektro dan Informatika (SNTEI)*, pp. 97–102.
- [18] A. Kirang, A. Hikmaturokhman, and K. Ni'amah, "5g nr network planning analysis using 700 mhz and 2.3 ghz frequency in the jababeka industrial area," *JITE*, vol. 6, no. 2, pp. 403–413, Jan 2023.
- [19] A. Hikmaturokhman, A. F. Isnawati, and U. Herlina, "Perancangan cakupan area long term evolution (lte) di daerah banyumas," *INFOTEL*, vol. 4, no. 2, p. 32, Nov 2012.