

ARTICLE

Perencanaan Coverage Jaringan Seluler Menggunakan Frekuensi 1800 Mhz di Kawasan Dermaga Adipala Cilacap Dengan Membandingkan Skenario MU-MIMO dan SU-MIMO

Cellular Network Planning Coverage Using 1800 Mhz Frequency in the Adipala Pier Area of Cilacap by Comparing MU-MIMO and SU-MIMO Scenarios

Dea Amelia Putri, Muhammad Najmi, Dewanda Amelia Rinjani, dan Alfin Hikmaturokhman *

Teknik Telekomunikasi, Fakultas Teknik Telekomunikasi dan Elektro, Institut Teknologi Telkom Purwokerto, Indonesia

*Penulis Korespondensi: alfin@ittelkom-pwt.ac.id

(Disubmit 24-01-07; Diterima 24-02-27; Dipublikasikan online pada 24-09-05)

Abstrak

Long Term Evolution (LTE) telah menjadi standar yang umum digunakan untuk teknologi jaringan berkecepatan tinggi. Frekuensi 1800 MHz sering digunakan dalam implementasi jaringan LTE karena karakteristik propagasinya yang sesuai untuk area perkotaan dan sub-urban. Pada Penelitian ini di kawasan Dermaga Adipala akan dilakukan perbandingan antara MU-MIMO dan SU-MIMO terhadap *coverage* jaringan seluler. Hasil yang didapat pada penelitian ini yaitu pada pengujian skenario 1 dengan MU-MIMO menunjukkan level sinyal yang baik (-75,19 dBm), tetapi RSRP dan RSRQ rendah (-101,23 dBm dan -17,3 dB). Namun, Throughput cukup baik (32.532 kbps). Skenario 2 dengan SU-MIMO memiliki hasil serupa pada level sinyal, tetapi RSRP dan RSRQ tetap rendah (-101,19 dBm dan -17,3 dB). Meski Throughput SU-MIMO cukup baik (28.114 kbps), MU-MIMO unggul dalam throughput. Dari penelitian dapat disimpulkan bahwa SU-MIMO cocok untuk area fokus dengan Throughput tinggi, sementara MU-MIMO efektif dalam mengatasi variasi kebutuhan Throughput yang bervariasi dari banyak perangkat pengguna aktif.

Kata kunci: LTE; MU-MIMO; RSRP; RSRQ; SU-MIMO

Abstract

Long Term Evolution (LTE) has become a commonly used standard for high-speed network technology. The 1800 MHz frequency is often used in the implementation of LTE networks because of its propagation characteristics that are suitable for urban and sub-urban areas. In this study in the Adipala Pier area will be a comparison between MU-MIMO and SU-MIMO on cellular network coverage. The results obtained in this study are in scenario 1 testing with MU-MIMO showing a good signal level (-75.19 dBm), but poor RSRP and RSRQ (-101.23 dBm and -17.3 dB). However, the Throughput is quite good (32,532 kbps). Scenario 2 with SU-MIMO has similar results on signal level, but RSRP and RSRQ remain poor (-101.19 dBm and -17.3 dB). Although the Throughput of SU-MIMO was quite good (28,114 kbps), MU-MIMO excelled in throughput. From the study it can be concluded that SU-MIMO is suitable for high-Throughput focal areas, while MU-MIMO is effective in coping with the varying Throughput requirements of many active user devices.

KeyWords: LTE; MU-MIMO; RSRP; RSRQ; SU-MIMO

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: D.A. Putri *et al.*, "Perencanaan Coverage Jaringan Seluler Menggunakan Frekuensi 1800 Mhz di Kawasan Dermaga Adipala Cilacap Dengan Membandingkan Skenario MU-MIMO dan SU-MIMO", *JIKO (JURNAL INFORMATIKA DAN KOMPUTER)*, Volume: 8, No.2, Pages 340–352, September 2024, doi: 10.26798/jiko.v8i2.1203.

1. Pendahuluan

Perkembangan teknologi jaringan seluler terus berkembang dengan pesat, dan ketersediaan akses internet yang cepat dan handal menjadi kebutuhan penting dalam kehidupan sehari-hari[1]. Kawasan Dermaga Adipala, sebagai daerah sub urban yang memiliki kegiatan transportasi dan pelayaran yang signifikan, dimana ketersediaan jaringan seluler yang andal dan berkualitas masih menjadi tantangan.

Long Term Evolution (LTE) telah menjadi standar yang umum digunakan untuk teknologi jaringan berkecepatan tinggi. Frekuensi 1800 MHz sering digunakan dalam implementasi jaringan LTE karena karakteristik propagasinya yang sesuai untuk area perkotaan dan sub-urban[2]. Dalam upaya meningkatkan kapasitas dan kualitas jaringan LTE, teknologi Multiple-Input Multiple-Output (MIMO) telah menjadi solusi yang efektif. Dua skenario MIMO yang umum digunakan yaitu Multi-User MIMO (MU-MIMO) yang memungkinkan penggunaan multiple antena di base station untuk memberikan akses simultan terhadap beberapa pengguna dan Single-User MIMO (SU-MIMO) yang menggunakan multiple antena di perangkat pengguna untuk meningkatkan kualitas sinyal[3].

Studi sebelumnya dengan pembahasan yang hampir serupa yaitu perencanaan coverage pada frekuensi 1800 MHz di daerah wisata, didapatkan kesimpulan nilai RSRP rata-rata untuk seluruh cakupannya sebesar -102,75 dBm dengan nilai standar deviasi sebesar 8,13 dBm dengan menggunakan MIMO 2×2, dari nilai tersebut maka nilai RSRP masuk dalam kategori baik, dan berdasar SINR sebesar 21,29 dB dengan standar deviasi 7,75 dB maka kebutuhan layanan jaringan akses di tempat tersebut berdasarkan hasil dapat terlayani dengan baik[4]. Studi lain dengan melakukan simulasi coverage area planning untuk frekuensi 1800 MHz di daerah Sukasari kota Bandung, dimana untuk meningkatkan kualitas jaringan di daerah tersebut dengan memprediksi jumlah eNodeB hingga tahun 2025. Berdasarkan hasil penelitian, jumlah eNodeB setiap dua tahun bertambah 1 eNodeB yang pertambahannya diikuti dengan perbaikan kualitas parameter RSRP, RSSI, dan RSRQ[5].

Berdasarkan dari studi tersebut, parameter yang diujikan pada simulasi tidak menggunakan dua skenario dari MIMO, sehingga penelitian ini akan menggunakan teknologi MIMO pada dua skenario untuk membandingkan hasil dari skenario MU-MIMO dan SU-MIMO terhadap coverage jaringan seluler yang dilakukan di kawasan Dermaga Adipala.

1.1 Long Term Evolution

Long Term Evolution (LTE) merupakan sebuah nama yang diberikan pada sebuah proyek dari Third Generation Partnership Project (3GPP) untuk memperbaiki standar mobile phone generasi ke-3 (3G) yaitu UMTS WCDMA. Kemampuan LTE dalam hal pengiriman data dapat mencapai 100 Mbps pada sisi downlink dan 50 Mbps pada sisi uplink[6]. Kemampuan dan keunggulan dari Long Term Evolution (LTE) terhadap teknologi sebelumnya selain dari kecepatannya dalam pengiriman data, tetapi juga karena LTE dapat memberikan coverage dan kapasitas dari layanan yang lebih besar, mengurangi biaya dalam operasional, mendukung penggunaan multiple-antenna, fleksibel dalam penggunaan bandwidth operasinya, dan juga dapat terhubung atau terintegrasi dengan teknologi yang sudah ada[7].

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

Multi User- Multiple Input Multiple Output (MU-MIMO) merupakan teknologi yang memungkinkan stasiun basis atau akses poin untuk mentransmisikan data kepada beberapa pengguna secara bersamaan, menggunakan multiple-antenna. Dalam MU-MIMO, antena-antena pada stasiun basis dapat mentransmisikan data secara simultan kepada beberapa pengguna yang berbeda. Teknologi ini efektif dalam mengatasi masalah kapasitas dan kecepatan dalam jaringan yang padat pengguna. MU-MIMO memungkinkan penggunaan spektrum frekuensi yang tersedia dengan lebih efisien dan dapat memberikan kinerja jaringan yang lebih baik dalam lingkungan dengan banyak pengguna[8].

1.3 Single User- Multiple Input Multiple Output (SU-MIMO)

Single User- Multiple Input Multiple Output (SU-MIMO) merupakan teknologi yang digunakan dalam sistem MIMO di mana satu pengguna atau perangkat menggunakan beberapa antena untuk mentransmisikan dan menerima data. Antena-antena SU-MIMO yang ada pada stasiun basis atau akses poin dapat

secara terpisah mengirim data kepada satu pengguna tunggal pada saat yang bersamaan. SU-MIMO dapat meningkatkan kecepatan dan kualitas sinyal dengan memanfaatkan multiple-antenna untuk mengurangi interferensi dan memperbaiki Throughput (jumlah data yang dapat ditransmisikan dalam satu waktu)[8].

1.4 Coverage

Fokus utama dalam cakupan jaringan adalah luas jangkauan sinyal yang harus diperhatikan dengan seksama. Semakin luas cakupan jaringan, semakin banyak pelanggan yang dapat dijangkau. Namun, penting juga untuk memperhatikan Throughput, yaitu kecepatan data yang diterima oleh setiap pengguna. Karena Throughput akan dibagi di antara pengguna, maka nilai Throughput harus tinggi agar setiap pengguna mendapatkan pengalaman yang baik[9]. Selain itu, parameter RSRP dan RSRQ juga harus diperhatikan dalam hal cakupan jaringan. RSRP mengukur kekuatan sinyal acuan yang diterima oleh pengguna. Semakin dekat pengguna dengan pemancar, nilai RSRP akan semakin tinggi. Sementara itu, RSRQ mengukur kualitas sinyal acuan yang diterima dan juga membantu RSRP dalam menentukan handover antar sel. Dalam rangka meningkatkan cakupan jaringan, penting untuk memperhatikan luas area yang terjangkau oleh sinyal. Namun, perlu diingat bahwa nilai Throughput harus tinggi agar pengguna dapat mengakses data dengan cepat. Selain itu, parameter RSRP dan RSRQ harus dipantau untuk memastikan kualitas sinyal yang baik dan memfasilitasi proses handover yang efektif[9].

1.5 WGS 84 Universal Transverse Mercator Zone

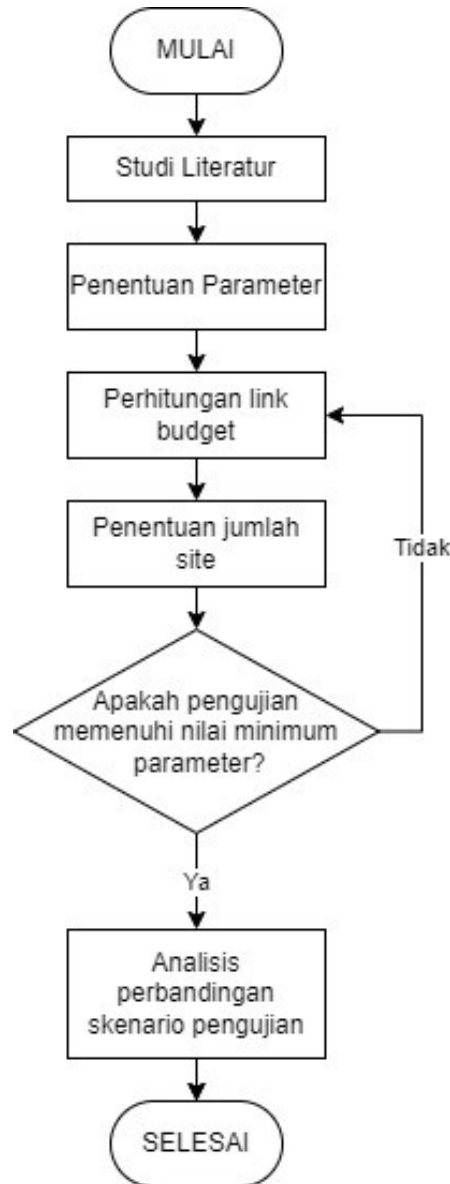
WGS 84 (Universal Transverse Mercator) UTM Zone merupakan sistem koordinat geografis yang digunakan untuk memetakan dan menggambarkan lokasi di permukaan Bumi. Sistem ini didasarkan pada World Geodetic System 1984 (WGS 84), yaitu sistem referensi geodetik global yang umum digunakan di seluruh dunia. UTM merupakan proyeksi kartografi yang membagi permukaan Bumi menjadi 60 zona transversal, masing-masing memiliki lebar 6 derajat bujur. Setiap zona diberi label dengan angka yang berkisar dari 1 hingga 60, dimulai dari 180 derajat bujur barat di zona 1 dan berakhir di 180 derajat bujur timur di zona 60[8].

1.6 Regulasi UTM Indonesia

Regulasi Universal Transverse Mercator (UTM) di Indonesia mengatur pembagian wilayah menjadi 9 zona di utara (North) dan 9 zona di selatan (South). Setiap zona diberi nomor mulai dari 46 hingga 54. Untuk membedakan zona di wilayah utara dan selatan, biasanya ditambahkan huruf "N" untuk daerah utara dan "S" untuk daerah selatan setelah nomor zona[10].

2. Metode

2.1 Alur Penelitian



Gambar 1. Flowchart Penelitian

Gambar 1 menunjukkan alur dari penelitian yang dilakukan. Berikut merupakan penjelasan secara detail mengenai alur penelitian yang dilakukan.

1. Studi Literatur

Studi literatur merupakan kegiatan untuk memahami fokus penelitian dengan mempelajari sumber-sumber referensi seperti jurnal, buku, dan penelitian lain yang berkaitan dengan performansi SU-MIMO dan MU-MIMO pada jaringan LTE. Fokus materi yang ditinjau adalah LTE, MU-MIMO, SU-MIMO, WGS 84 UTM Zone, Regulasi UTM Indonesia.

2. Penentuan Parameter

Penentuan parameter digunakan untuk menentukan apa saja komponen dan ketentuan yang akan diberlakukan pada saat melakukan pengujian penelitian. Parameter yang ditentukan antara lain adalah lokasi pengujian, dilihat dari tipe daerah sub-urban, urban, ataupun metropolitan. Lokasi yang dipilih adalah kawasan Dermaga PLTU Adipala Cilacap dengan luas pengujian sekitar 15 km². Lokasi pengujian digolongkan sebagai tipe sub-urban to urban dengan pertimbangan kepadatan pada sekitar dermaga dan lokasi geografis dermaga. Selanjutnya adalah frekuensi kerja dan bandwidth yang akan digunakan. Frekuensi kerja yang digunakan adalah 1800 MHz pada sisi Downlink. Pengujian hanya dilakukan pada sisi Downlink. Band yang digunakan adalah Band 3 dengan Bandwidth 20 MHz. Terakhir adalah penentuan

parameter pengujian seperti RSRP, RSRQ, Signal Level, dll

3. Perhitungan Link Budget

Tahap ketiga adalah perhitungan link budget yang digunakan untuk menentukan skenario pengujian. Perhitungan link budget dimaksudkan untuk mengetahui beberapa ketentuan dalam skenario pengujian seperti radius cell, MAPL, dll. Selain itu, perhitungan link budget digunakan sebagai checkpoint, di mana jika pengujian menghasilkan output yang kurang baik, maka penelitian akan diulang kembali dari proses ini.

4. Penentuan Jumlah Site

Tahap keempat adalah penentuan jumlah site. Penentuan ini dilakukan sekaligus pada saat melakukan simulasi pada perangkat yang digunakan. Penentuan jumlah site penting untuk menimbang biaya operasi perancangan jaringan, karena site yang terlalu sedikit membuat kualitas jaringan rendah, dan site yang terlalu banyak membuat biaya operasi menjadi terlalu tinggi.

5. Analisis Perbandingan Skenario Pengujian

Analisis penelitian dilakukan dengan membandingkan hasil pengujian 2 skenario pada penelitian. Hasil pengujian difokuskan pada 4 parameter acuan yang dihasilkan dari prediksi perencanaan oleh Software. Analisis ini dilakukan untuk melihat sejauh mana performansi antara 2 skenario dan menentukan skenario mana yang menunjukkan performansi lebih baik pada parameter yang diujikan.

2.2 Link Budget

Tabel 1. Parameter Link Budget [11][12]

Komponen Link Budget	Unit	Kalkulasi Downlink
ENB Tx Power (enb_{Tx})	Watt	20
ENB Gain (enb_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 (Bd_{loss})	dB	0
KTB	dBm	-100.8196966
UE Noise Figure (N_{figure})	dB	7
Target SINR	dB	6.285
Bandwidth	MHz	20
Penetration Loss (P_{loss})	dB	3
Fading Margin (Fn_{mrg})	dB	0
Interface Margin (l_{mrg})	dB	4
First Channel	Mhz	1805
Last Channel	Mhz	1825
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

Link Budget adalah perhitungan perencanaan yang digunakan untuk menentukan nilai Maximum Allowed Path Loss (MAPL) dan beberapa parameter lainnya. Perhitungan pathloss (PL) didapatkan dari persamaan[13]:

$$PL = \frac{10 \log_{10} enb_{Tx}}{1000} + enb_g + A_g - f_{loss} + TMA_{loss} - Bd_{loss} - P_{loss} - Fn_{mrg} + 3.49 - SINR - l_{mrg} - KTB - N_{figure} \quad (1)$$

Parameter enb_{Tx} adalah daya pada antenna transmitter, enb_g adalah gain pada antenna transmitter, A_g adalah gain pada antenna receiver, f_{loss} adalah loss pada kabel feeder, TMA_{loss} adalah loss pada TMA, Bd_{loss} adalah

Body Loss, P_{loss} adalah *Penetration Loss*, $F_{n_{mrg}}$ adalah *fading margin*, SINR adalah Target SINR, I_{mrg} adalah *Interference Margin*, dan N_{figure} adalah *noise figure*.

KTB adalah perhitungan *thermal noise* menggunakan parameter K = Konstanta Boltzmann, T = *Temperature* (dalam Kelvin), dan B = *Bandwidth*. Nilai KTB (Watt) dapat dihitung menggunakan persamaan:

$$P = K \times T \times B \tag{2}$$

di mana K = Konstanta Boltzmann = $1,38 \times 10^{-23}$ j/K. Pada penelitian ini, temperatur yang digunakan sebesar $300\text{ K} = 26,85^\circ\text{C}$. Dalam satuan dBm, persamaan KTB menjadi [14]:

$$P(\text{dBm}) = 10\log_{10}(1000 \times K \times T \times B) \tag{3}$$

Penentuan *First Channel* dan *Last Channel* dilakukan dengan memilih rentang frekuensi sebesar 20 MHz (*Bandwidth*) pada frekuensi (DL) yang digunakan pada perencanaan. Pada perencanaan ini, frequency band yang digunakan adalah n3 (band 3) 20 MHz dengan rentang frekuensi DL 1805 – 1880 MHz. Adapun frekuensi yang dipilih untuk *First Channel* adalah 1805 MHz, dan 1825 MHz untuk *Last Channel*. Parameter ini digunakan untuk menentukan nilai EARFCN (*E-UTRA Absolute Radio Frequency Channel Number*) dengan menggunakan perhitungan dari [15].

Model propagasi yang digunakan pada perencanaan ini adalah perbaikand dari model Hata yaitu COST 231. Model COST 231 dinilai cocok untuk perencanaan yang dilakukan, di mana model ini sendiri di desain untuk Frekuensi Carrier 1500 – 2000 MHz. Model propagasi ini juga digunakan untuk mengetahui radius cell yang dirancang. Model COST 231 dapat dituliskan dengan [16].

$$PL = 46,3 + 33,9\log_{10}(f_c) - 13,28\log_{10}(h_t) - a(h_{rx}) + (44,9 - 6,55\log_{10}(h_t)\log_{10}d + C_M) \tag{4}$$

di mana f_c adalah frequency carrier, h_t adalah ketinggian antenna pengirim, d adalah radius cell, C_M adalah 0 dB untuk medium city atau sub-urban to urban dan 3 dB untuk metropolitas (Kawasan padat pengguna), h_{rx} adalah tinggi penerima, dan $a(h_{rx})$ adalah faktor koreksi untuk antenna penerima (*mobile site*) berdasarkan ukuran cakupannya. Adapun persamaan untuk mencari nilai $a(h_{rx})$ dengan cakupan *medium city* adalah sebagai berikut:

$$a(h_{rx}) = (1,1\log_{10}(f_c) - 0,7)h_{rx} - (1,56\log_{10}(f_c) - 0,8) \tag{5}$$

Dengan menggunakan persamaan 4, jumlah site yang diperlukan untuk sebuah perencanaan jaringan dengan 3 *sector* dalam 1 *site* pada radius d dapat ditentukan dengan menggunakan rumus [17]:

$$\text{Luas Site} = 1,95 \times 2,6 \times r^2 \tag{6}$$




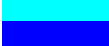

$$\text{Jumlah Site} = \frac{\text{Luas Wilayah}}{\text{Luas Site}} \tag{7}$$

Dengan r adalah jari-jari *site* atau $\frac{d}{2}$ dalam km^2 [18].

2.3 Parameter Pengujian






Parameter *Signal Level* mengacu pada tingkat kekuatan sinyal yang diterima di *downlink* (DL) oleh perangkat pengguna (UE). *Signal Level* sering diukur dalam satuan desibel milliwatt (dBm). Cakupan oleh *Signal Level* memberikan informasi tentang sejauh mana area tertentu mendapatkan cakupan sinyal yang memadai [19]. Semakin tinggi nilai *Signal Level*, semakin kuat sinyal yang diterima oleh perangkat, dan ini menandakan adanya cakupan yang baik. Tabel 2 menunjukkan parameter acuan untuk nilai Level Sinyal yang dibagi menjadi 5 data kualitatif.

Tabel 2. Parameter signal Level[20]

Signal Level (dBm)	Legend	Keterangan
≥ -70		Sangat Baik
$\geq -77; \leq -71$		Baik
$\geq -84; \leq -78$		Cukup
$\geq -91; \leq -85$		Rendah
≤ -98		Sangat Rendah





Parameter *Reference Signal Received Quality* (RSRQ) mengukur kualitas sinyal dan tingkat interferensi dan noise di lingkungan. RSRQ diekspresikan dalam satuan desibel (dB) dan memberikan informasi tentang rasio antara sinyal referensi dan interferensi plus noise. Cakupan oleh RSRQ memberikan gambaran tentang kualitas sinyal yang diterima di berbagai lokasi dalam jaringan. Nilai RSRQ yang tinggi menunjukkan adanya sinyal yang kuat dan minim interferensi serta noise[?]

Tabel 3. Parameter RSRQ

Signal Level (dBm)	Legend	Keterangan
$\geq -7,5$		Sangat Baik
$\geq -10,5; \leq -7,6$		Baik
$\geq -13,5; \leq -10,6$		Cukup
$\geq -16,5; \leq -13,6$		Rendah
$\leq -19,5$		Sangat Rendah




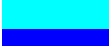

Parameter *Reference Signal Received Power* (RSRP) mengukur kekuatan sinyal referensi yang diterima oleh perangkat pengguna. RSRP diukur dalam dBm dan memberikan informasi tentang kekuatan sinyal utama di downlink. Analisis efektif sinyal (Effective Signal Analysis) dengan menggunakan RSRP membantu dalam memahami kekuatan sinyal yang efektif di lokasi tertentu. Semakin tinggi nilai RSRP, semakin kuat sinyal yang diterima oleh perangkat, dan ini menunjukkan adanya kekuatan sinyal yang baik[21].

Tabel 4. Parameter RSRP

Signal Level (dBm)	Legend	Keterangan
≥ -89		Sangat Baik
$\geq -99; \leq -90$		Cukup
$\geq -109; \leq -100$		Rendah
≤ -119		Sangat Rendah

Parameter *coverage by Throughput* berkaitan dengan Throughput atau laju transfer data di *downlink* (DL) yang dapat dicapai oleh perangkat pengguna. *Throughput* diukur dalam kilobit per detik (kbps) dan mencerminkan kapasitas saluran radio dan jaringan. Cakupan oleh *Throughput* memberikan informasi tentang sejauh mana suatu wilayah dapat mencapai *Throughput* yang tinggi[19].

Tabel 5. Parameter Coverage By Throughput

Signal Level (dBm)	Legend	Keterangan
≥ 50.000		Sangat Baik
$\geq 40.000; < 50.000$		Baik
$\geq 30.000; < 40.000$		Cukup
$\geq 20.000; < 30.000$		Rendah
≤ 10.000		Sangat Rendah

2.4 Skenario Penelitian

Terdapat 2 skenario pengujian yang digunakan yaitu:

1. Skenario 1: Pengujian MU-MIMO pada jaringan LTE menggunakan frekuensi 1800 MHz dan bandwidth 20 MHz.
2. Skenario 2: Pengujian SU-MIMO pada jaringan LTE menggunakan frekuensi 1800 MHz dan bandwidth 20 MHz.

3. Hasil dan Pembahasan

Tabel 6 merupakan hasil perhitungan link budget untuk kedua skenario. Hasil Pathloss di dapatkan dengan melakukan perhitungan menggunakan persamaan 1. First Channel dan Last Channel adalah nilai EARFCN untuk first channel dan last channel yang digunakan pada Tabel 1.

Tabel 6. Hasil Perhitungan Link Budget

Parameter	Unit	Kalkulasi
Pathloss (dB)	dB	141.53
First Channel		1200.00
Last Channel		1400.00
a(hrx)	dB	0.04
Radius Cell (d)	km	1.60
Jari-jari (d/2)	km	0.80
Reuse Distance (D)	km	2.41

Dengan nilai-nilai yang didapatkan pada Tabel 1 serta menggunakan persamaan 4 dan 5, *radius cell* pada perencanaan ini adalah:

$$141,53 = 46,3 + 33,9 \log_{10}(1800) - 13,82 \log_{10} 40 - 0,04 + (44,9 - 6,55 \log_{10}(40)) \log_{10} d$$

$$\log_{10} d = \frac{141,53 - (46,3 + 110,35 - 22,14 - 0,04)}{34,4} = 0,205$$

$$d = 10^{0,205} = 1,60 \text{ km}^2$$

Dengan menggunakan persamaan 6 dan 7, jumlah site yang digunakan para perencanaan ini adalah:

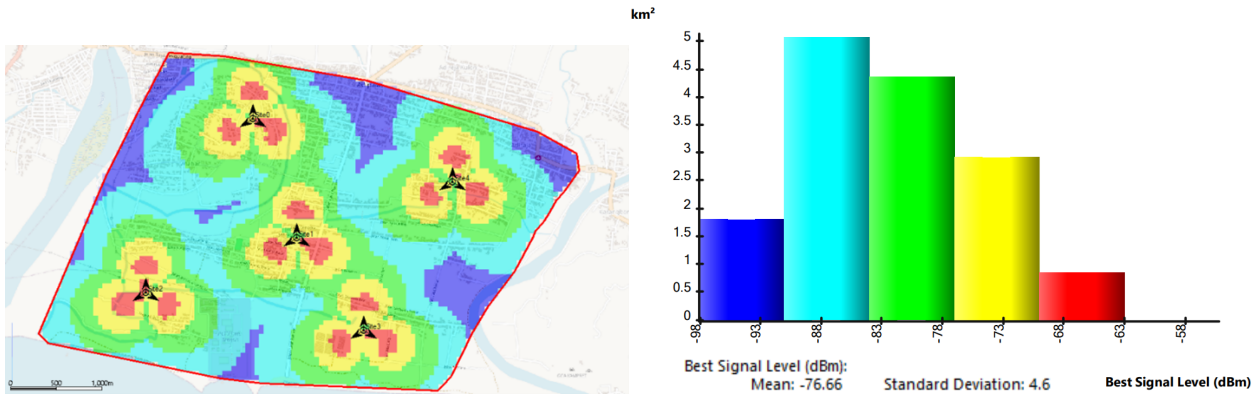
$$\text{Luas Site} = 1.95 * 2,6 * \left(\frac{1,6}{2}\right)^2 = 3,26 \text{ km}^2$$

$$\text{umlah Site} = \frac{15 \text{ km}^2}{3,26 \text{ km}^2} = 4,59 \approx 5 \text{ site}$$

Jumlah *site* dapat mempengaruhi hasil perencanaan. Pada sisi biaya, *site* yang terlalu banyak akan mengakibatkan pembengkakan biaya dan penggunaan sumber daya yang sia-sia. Sebaliknya, jika *site* terlalu sedikit, maka hasil jaringan yang dibuat menjadi rendah dan mengurangi nilai *Quality of Service* (QoS) yaitu parameter untuk menetapkan sistem beroperasi sesuai dengan yang diharapkan.

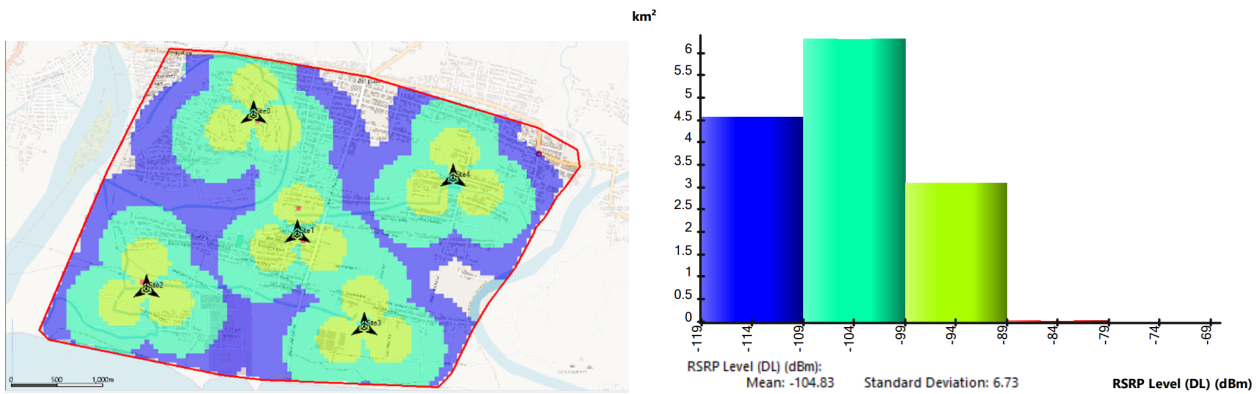
Penetapan luas wilayah perencanaan dilakukan dengan mempertimbangkan daerah Kawasan Dermaga Adipala yang dikelilingi pemukiman. Wilayah perencanaan dibentuk mengelilingi Dermaga dan mencakup Kawasan pemukiman hingga melintasi Jl. A. Yani Adipala dan Jl. Srandil. Adapun hasil dari simulasi *coverage planning* pada kawasan Dermaga Adipala Cilacap seluas 15 km² pada software Atoll 3.3 ditunjukkan pada gambar dan penjelasan di bawah ini.

Gambar 2 merupakan hasil parameter signal level pada skenario 1 yaitu MU-MIMO. Pada Gambar 2(a), setiap site menampilkan hasil dengan variasi nilai sangat baik hingga rendah. Ditemukan wilayah yang



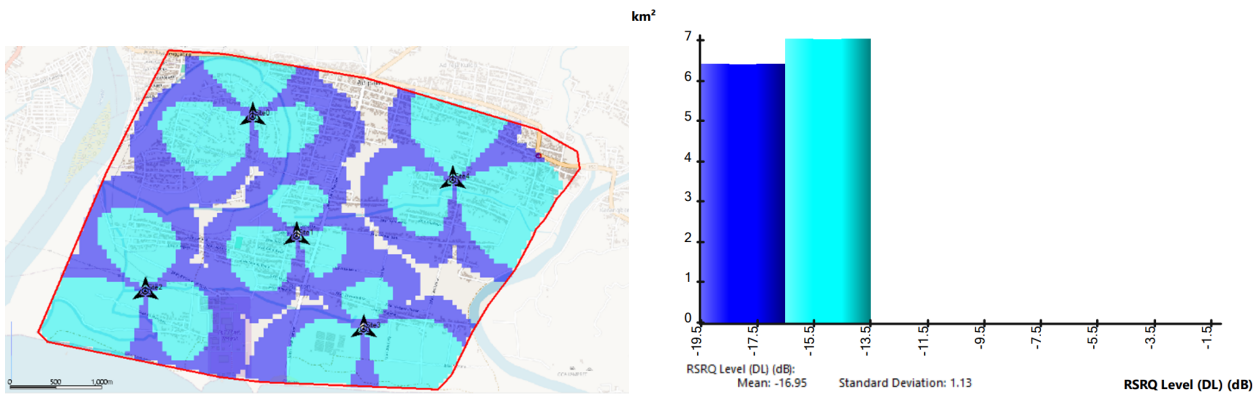
Gambar 2. Hasil Parameter Level Sinyal MU-MIMO (a) pada Kawasan Perencanaan (b) pada Histogram Perencanaan

mendapatkan nilai sangat rendah dengan warna legend biru tua yang mana merupakan jarak cakupan terjauh dari site. Sesuai dengan data pada Gambar 2(b) signal level, rata-rata level sinyal yang didapatkan adalah -76,66 dBm yang mana pengujian perencanaan skenario 1 untuk pada parameter signal level terbilang baik.



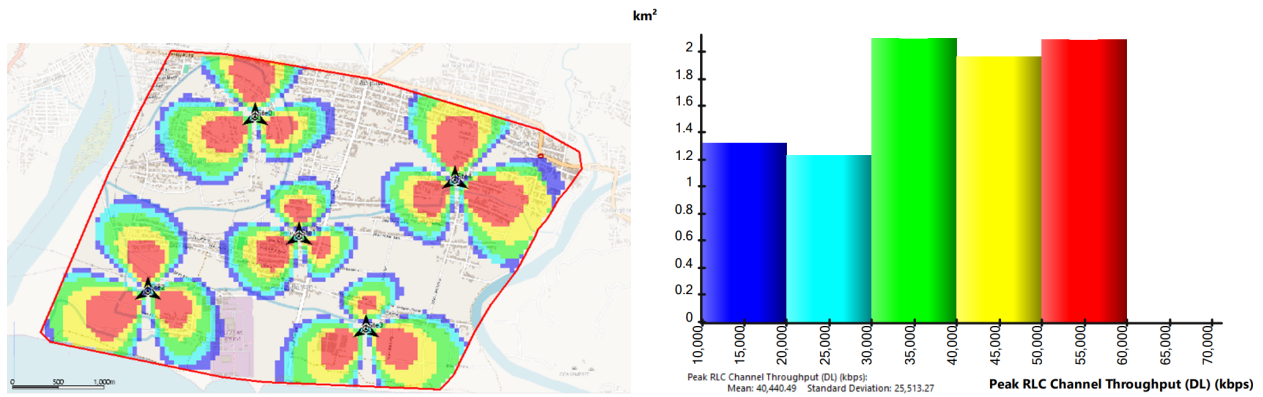
Gambar 3. Hasil Parameter RSRP MU-MIMO (a) pada Kawasan Perencanaan (b) pada Histogram Perencanaan

Gambar 3 menunjukkan hasil parameter RSRP pada skenario 1. Gambar 3(a) memperlihatkan hasil planning RSRP yang rendah dengan rata-rata warna legend biru muda – biru tua. Hal ini dapat disebabkan karena kondisi geografis dari wilayah perencanaan. Histogram pengujian RSRP pada Gambar 3(b) menunjukkan rata-rata nilai RSRP pengujian -104,83 dBm. Sesuai dengan parameter acuan pada Tabel 4, nilai tersebut menunjukkan bahwa perencanaan skenario 1 untuk parameter RSRP terbilang rendah.



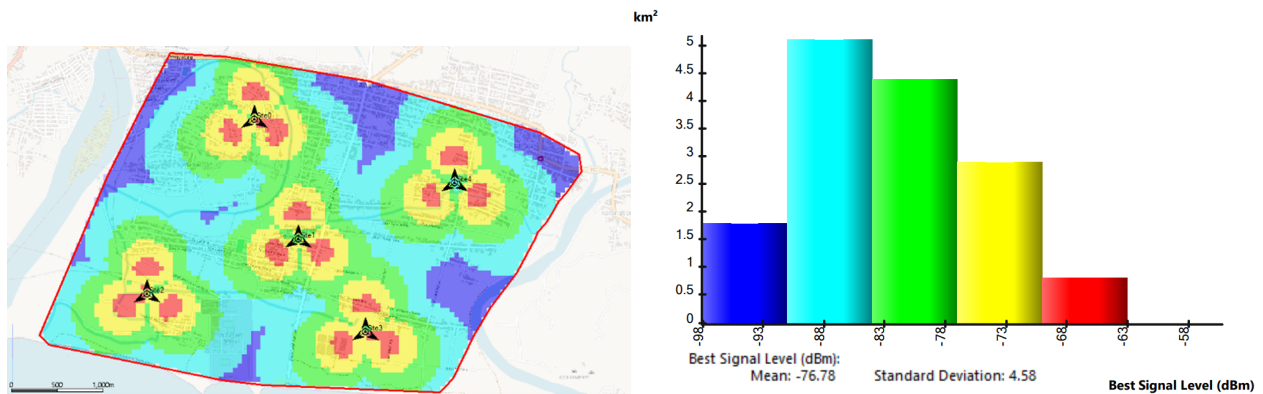
Gambar 4. Hasil Parameter RSRQ MU-MIMO (a) pada Kawasan Perencanaan (b) pada Histogram Perencanaan

Gambar 4 menunjukkan hasil parameter RSRQ untuk skenario 1. Gambar 4(a) menunjukkan hasil RSRQ yang rendah, dengan rata-rata warna legend dari biru muda – biru tua. Nilai RSRQ yang rendah disebabkan oleh faktor kondisi jauh dari site. Histogram pengujian RSRQ pada Gambar 4(b) menunjukkan hasil rata-rata RSRQ sebesar -16,95 dB yang mana artinya terbilang rendah.



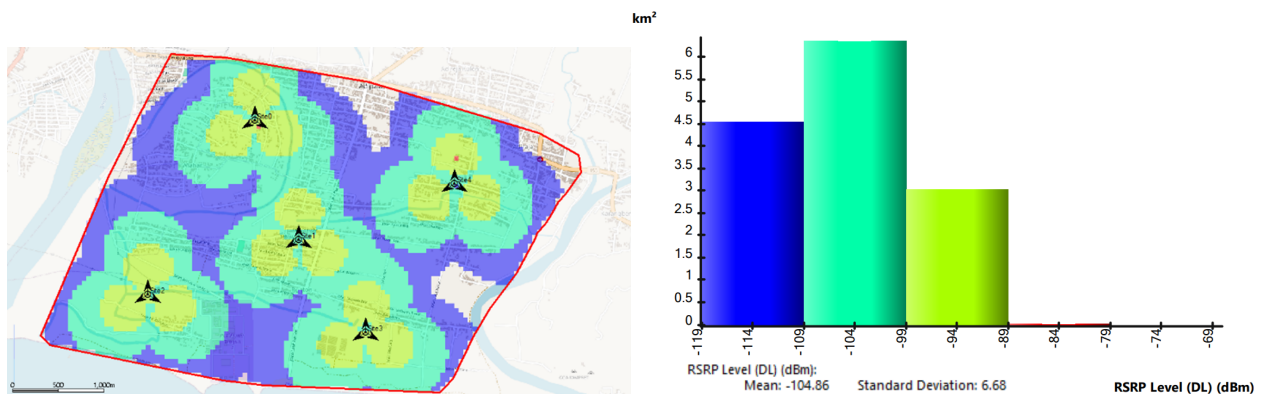
Gambar 5. Hasil Parameter Throughput MU-MIMO (a) pada Kawasan Perencanaan (b) pada Histogram Perencanaan

Gambar 5 menunjukkan hasil parameter *Throughput* pada skenario 1. Gambar 5(a) menunjukkan hasil *Throughput* yang sangat bervariasi, dari sangat baik hingga sangat rendah. Histogram pengujian *Throughput* pada Gambar 5(b) menunjukkan hasil rata-rata sebesar 40.440 kbps yang mana terbilang cukup.



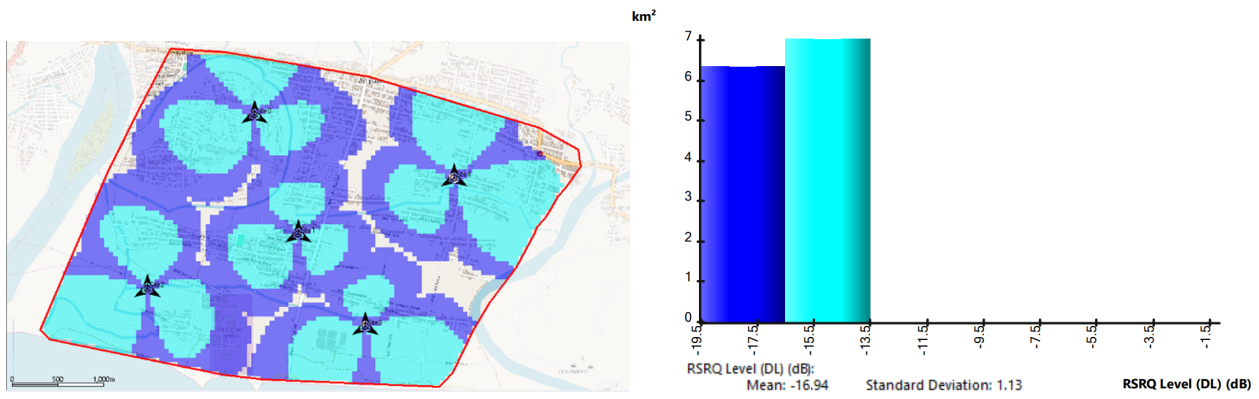
Gambar 6. Hasil Parameter Level Sinyal SU-MIMO (a) pada Kawasan Perencanaan (b) pada Histogram Perencanaan

Gambar 6 merupakan hasil parameter signal level pada skenario 2 yaitu SU-MIMO. Sama seperti pada skenario MU-MIMO, level sinyal pada Gambar 6(a) terlihat bervariasi dan mencakup semua wilayah. Sesuai dengan data pada Gambar 6(b) signal level, rata-rata level sinyal yang didapatkan adalah -76,78 dBm, tidak jauh berbeda dari skenario 1. Pengujian level sinyal skenario 2 pada parameter signal level ini terbilang baik.



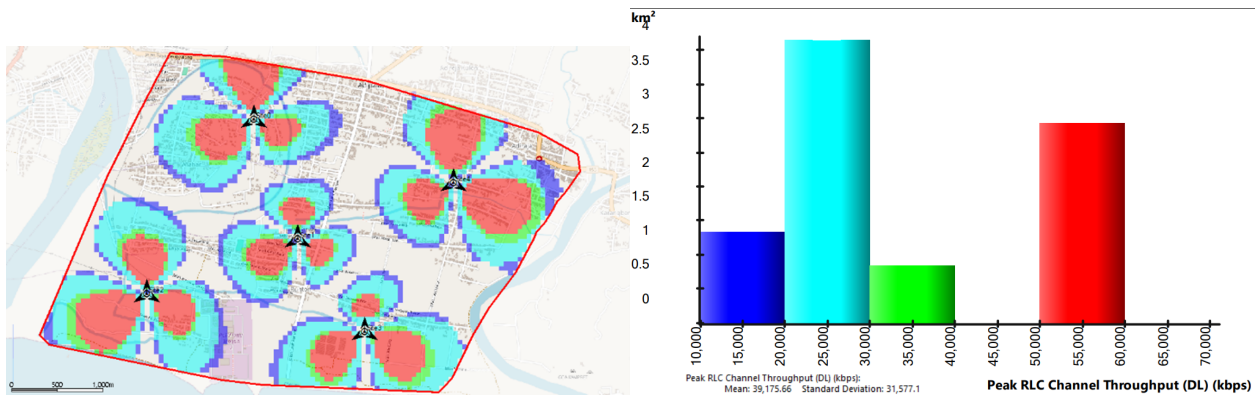
Gambar 7. Hasil Parameter RSRP SU-MIMO (a) pada Kawasan Perencanaan (b) pada Histogram Perencanaan

Gambar 7 menunjukkan hasil parameter RSRP pada skenario 2. Gambar 7(a) menunjukkan hampir seluruh wilayah mendapatkan nilai RSRP yang rendah dengan rentang warna legend biru muda – biru tua. Histogram pengujian RSRP pada Gambar 7(b) menunjukkan rata-rata nilai RSRP pengujian sebesar -104,86 dBm. Nilai tersebut menunjukkan bahwa perencanaan skenario 2 untuk parameter RSRP terbilang rendah.



Gambar 8. Hasil Parameter RSRQ SU-MIMO (a) pada Kawasan Perencanaan (b) pada Histogram Perencanaan

Gambar 8 menunjukkan hasil parameter RSRQ untuk skenario 2. Histogram pengujian RSRQ pada Gambar 8(b) menunjukkan hasil rata-rata RSRQ sebesar -16,94 dB yang mana artinya terbilang rendah. Nilai parameter ini juga tidak jauh berbeda pada skenario 1. Gambar 9 menunjukkan hasil parameter Thro-



Gambar 9. Hasil Parameter Throughput SU-MIMO (a) pada Kawasan Perencanaan (b) pada Histogram Perencanaan

ughput pada skenario 2. Histogram pengujian Throughput pada Gambar 9(b) menunjukkan hasil hasil rata-rata sebesar 39.175 kbps yang mana terbilang cukup. Gambar 9(a) menunjukkan hasil throughput kurang bervariasi jika dibandingkan dengan hasil throughput pada skenario MU-MIMO (Gambar 5(a)).

Tabel 7. Perbandingan hasil prediksi antara skenario MU-MIMO dan SU-MIMO

No.	Parameter	MU-MIMO		SU-MIMO	
		Rata-rata	Standar Deviasi	Rata-rata	Standar Deviasi
1	Signal Level	-76,66 dBm	4,6	-76,78 dBm	4.58
2	RSRP	-104,83 dBm	6,73	-104,86 dBm	6.68
3	RSRQ	-16,95 dB	1,13	-16,94 dB	1.13
4	Throughput	40.440 kbps	25.513	39.175 kbps	31.577

Tabel 7 di atas menunjukkan perbandingan antara skenario 1 MU-MIMO dan skenario 2 SU-MIMO. Pada parameter signal level, RSRP, dan RSRQ, nilai yang dihasilkan terbilang tidak jauh berbeda. Namun, perbedaan signifikan ditemukan pada hasil Throughput dari masing-masing skenario. Pada Gambar 9, menunjukkan hasil rata-rata Throughput MU-MIMO lebih tinggi dari pada SU-MIMO.

Pada Gambar 5(a), warna yang terlihat dari hasil prediksi sangat bervariasi. Hal ini didukung pada Tabel 7, yang menunjukkan nilai standar deviasi Throughput MU-MIMO lebih besar dibanding SU-MIMO. Walaupun nilai rata-rata Throughput MU-MIMO lebih tinggi dari pada SU-MIMO, Gambar 5(b) menunjukkan bahwa skenario MU-MIMO hanya bisa mempertahankan Throughput terbaiknya dalam cakupan < 2 km dari site. Selain itu, Throughput akan divariasikan berdasarkan jarak dan jumlah user.

Pada SU-MIMO, walaupun nilai rata-rata Throughput yang dihasilkan sedikit lebih rendah dibandingkan

MU-MIMO, skenario SU-MIMO lebih unggul dalam memfokuskan Throughput tinggi pada cakupan tertentu. Hal ini ditunjukkan pada Gambar 9(b), dimana nilai Throughput terbaiknya (60.000 – 50.000 kbps) dapat mencakup sejauh 2 km lebih. Setelah itu, nilai *Throughput* menurun drastis pada jarak yang lebih jauh. Hal ini menunjukkan bahwa SU-MIMO cocok untuk situasi dimana hanya satu fokus kawasan yang memerlukan *Throughput* tinggi.

4. Simpulan

Hasil penelitian menunjukkan bahwa MU-MIMO memiliki kinerja Throughput lebih unggul, terutama pada jarak yang lebih jauh, meskipun parameter RSRP dan RSRQ tergolong rendah. Di sisi lain, SU-MIMO memberikan Throughput yang cukup baik untuk mengatasi kebutuhan Throughput tinggi pada area yang terfokus, walaupun parameter sinyal menunjukkan hasil yang rendah pada RSRP dan RSRQ. Pemilihan antara metode MU-MIMO dan SU-MIMO bergantung pada kebutuhan spesifik suatu area. Pada penelitian selanjutnya, pengujian dapat dilakukan pada tipe lokasi yang bervariasi seperti rural dan metropolitan untuk melihat skenario terbaik yang dapat digunakan pada kedua teknologi. Pengujian pada variasi lokasi yang berbeda melibatkan beberapa perubahan seperti loss parameter dan modulasi yang digunakan. Selain itu, pengujian disarankan dapat dilakukan pada teknologi seluler yang lebih maju seperti 5G.

Pustaka

- [1] Y. S. Pratama, U. K. Usman, and D. P. Setiawan, "Analisa perancangan cakupan daerah layanan lte di telkom university landmark tower menggunakan lambsite," *e-Proceeding Engineering Telkom University*, vol. 8, no. 6, pp. 11 485–11 491, 2021.
- [2] D. Agustin and A. W. Arohman, "Analisis perancangan lte 3 kecamatan di kota depok berdasarkan metode capacity dan coverage," *Jurnal Teknologi dan Manajemen*, vol. 19, no. 2, pp. 117–124, 2021.
- [3] L. Malviya, R. K. Panigrahi, and M. V. Kartikeyan, *5G Massive MIMO Technology*, 1st ed. Boca Raton: CRC Press, 2020.
- [4] Y. Chairiani, R. P. Astuti, and U. K. Usman, "Analisis perencanaan jaringan akses dan backhaul lte untuk analysis of lte access and backhaul network planning for coverage," *e-Proceeding Engineering Telkom University*, vol. 6, no. 1, pp. 331–338, 2019.
- [5] D. Wirawangsa, A. H. S. Budi, and F. N. Sabri, "Perencanaan jaringan seluler gsm 1800 mhz pada tahun 2025 menggunakan software atoll untuk daerah sukasari kota bandung," *Indonesian Journal of Industrial Quality Engineering*, vol. 8, no. 1, pp. 11–24, 2020.
- [6] O. Yufiansa, P. Maria, and S. Yusnita, "Peningkatan performansi jaringan 4g lte berdasarkan pengecekan sinyal di kecamatan bukit sundi kabupaten solok," *Elektron Journal Ilmiah*, vol. 11, no. 2, pp. 49–55, 2019.
- [7] S. I. Rezkika, S. Novalianda, and A. Ramadhan, "Analisis kebutuhan parameter jaringan lte dengan sistem refarming frekuensi pada daerah urban metropolitan centre," *Semnastek UISU*, vol. 4, no. 2, pp. 31–36, 2019.
- [8] E. Biglieri, R. Calderbank, A. Constantinides, A. Goldsmith, A. Paulraj, and H. V. Poor, *MIMO Wireless Communications*. New York: Cambridge University Press, 2007.
- [9] M. F. Aliansyah, U. K. Usman, and D. P. Setiawan, "Analisis pengukuran layanan lte di jalan daan mogot dari kota tangerang sampai kota jakarta barat dan perbaikannya," *Avitec*, vol. 5, no. 1, pp. 13–21, 2023.
- [10] E. D. T. Astuti, L. Sabri, and M. Awaluddin, "Analsis penentuan batas pengelolaan wilayah laut provinsi berciri kepulauan dari citrs sentinel-1a (studi kasus: Provinsi kep. bangka belitung)," *Jurnal Geodesi Universitas Diponegoro*, vol. 10, no. 2, pp. 69–77, 2021.
- [11] A. Hikmaturokhman, A. Wardana, L. Fernando, G. Mahardhika, and S. Dharmanto, *4G Handbook Edisi Bahasa Indonesia Jilid 2*. Jakarta: Penerbit Nulis Buku, 2015.

- [12] A. Hikmaturokhman, A. F. Isnawati, and U. Herlina, "Perancangan cakupan area long term evolution (lte) di daerah banyumas," *Jurnal INFOTEL - Informatika Telekomunikasi Elektronika*, vol. 4, no. 2, p. 32, 2012.
- [13] I. Kiram, U. K. Usman, and L. Meylani, "Perencanaan daerah cakupan enodeb jaringan long term evolution (lte) frekuensi 1800 mhz di kota bogor," *e-Proceeding Engineering Telkom University*, vol. 2, no. 2, pp. 2505–2512, 2015.
- [14] L. Song and J. Shen, *Evolved Cellular Network Planning and Optimization for UMTS and LTE*. New York: CRC Press, 2010.
- [15] I. Ahmad, A. Hikmaturokhman, and D. H. Putri, "Automatic cell planning method for radio network optimization," *JOIV: International Journal on Informatics Visualization*, vol. 8, no. 1, 2024.
- [16] A. Goldsmith, *Wireless Communications*. New York: Cambridge University Press, 2005.
- [17] A. R. Mishra, *Fundamentals of Cellular Network Planning and Optimisation 2G/2.5G/3G...Evolution to 4G*. Chichester: John Wiley and Sons, Ltd, 2004.
- [18] R. R. Yusuf, U. K. Usman, and Y. S. Rohmah, "Analisa perencanaan perluasan coverage area lte di kabupaten garut," *TEKTRIKA*, vol. 3, no. 2, pp. 64–73, 2018.
- [19] R. Kreher and K. Gaenger, *LTE Signaling Troubleshooting and Performance Measurement*, 2nd ed. Chennai: Wiley, 2016.
- [20] M. A. Amanaf, A. Hikmaturokhman, and A. F. Septian, "Calibrating the standard propagation model (spm) for suburban environments using 4g lte field measurement study case in indonesia," *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, vol. 982, no. 1, 2020.
- [21] M. Hafidh, U. K. Usman, and H. Vidyaningtyas, "Analisa dan optimasi bad coverage pada jaringan 4g lte 1800 mhz (studi kasus daerah pengamatan tanjakan mauk tangerang selatan)," *e-Proceeding Engineering Telkom University*, vol. 6, no. 1, pp. 208–216, 2019.