

Dampak MU-MIMO dan SU-MIMO pada Perencanaan Jaringan Seluler 2300 MHz: Studi Komprehensif di Kota Cilacap

Impact of MU-MIMO and SU-MIMO on 2300 MHz Cellular Network Planning: A Comprehensive Study in Cilacap's City

Hegya Biwana Riswanto¹, Ilham Erlangga Dwi Putra Sati², Muhammad Rizky³,
Figa Aghani Rosyid⁴, Alfin Hikmaturokhman⁵

^{1,2,3,4,5} Program Studi S1 Teknik Telekomunikasi, Fakultas Teknik Telekomunikasi dan Elektro,
Institut Teknologi Telkom Purwokerto

Jl. DI Panjaitan N0. 128, Purwokerto Selatan, Kabupaten Banyumas, Jawa Tengah 53147, (0281) 641629

Informasi Makalah

Dikirim, 20 Januari 2024

Diterima, 6 Mei 2024

Diterbitkan, 28 Juni 2024

Kata Kunci:

*Cellular Network Planning,
2300 Mhz Frequency, MU-
MIMO, SU-MIMO, Cell
Coverage Optimization*

Keyword:

*Cellular Network Planning,
2300 Mhz Frequency, MU-
MIMO, SU-MIMO, Cell
Coverage Optimization*

INTISARI

Penelitian ini berfokus pada perencanaan cakupan jaringan seluler di Kota Cilacap dengan frekuensi 2300 Mhz, membandingkan dua skenario utama, yaitu MU-MIMO dan SU-MIMO. Frekuensi 2300 Mhz dipilih untuk kapasitas tinggi, meskipun menghadapi tantangan urban. Hasil penelitian menunjukkan bahwa MU-MIMO meningkatkan efisiensi spektral pengguna rata-rata, sedangkan penggunaan eksklusif SU-MIMO mungkin mengurangi efisiensi di tepi sel. Namun, berdasarkan hasil pengujian, SU-MIMO menunjukkan keunggulan dalam jangkauan sinyal dengan rata-rata -90,54 dan rasio sinyal terhadap gangguan (C/(I+N)) dengan rata-rata 4,31. Sementara itu, MU-MIMO menunjukkan nilai rata-rata yang lebih tinggi dalam analisis sinyal efektif dengan rata-rata -117,29. Dalam hal *throughput*, kedua teknologi menunjukkan nilai rata-rata yang sebanding, yaitu 3.318,58 untuk MU-MIMO dan 3.688,24 untuk SU-MIMO. Kota Cilacap, sebagai pusat pertumbuhan urban, dengan lebih dari 750.000 jiwa pada tahun 2023, menghadapi peningkatan kepadatan penduduk. Simulasi penelitian melibatkan luas wilayah, *link budget*, dan perhitungan cakupan penduduk, dengan tujuan memaksimalkan penyebaran jaringan di setiap sudut Kota Cilacap, memberikan kontribusi strategis dalam pengembangan infrastruktur telekomunikasi yang mengikuti dinamika perkembangan perkotaan.

ABSTRACT

This research focuses on the planning of cellular network coverage in Cilacap City using a frequency of 2300 Mhz, comparing two main scenarios, namely MU-MIMO and SU-MIMO. The 2300 Mhz frequency was chosen for its high capacity, despite urban challenges. The results show that MU-MIMO improves the average user's spectral efficiency, while exclusive use of SU-MIMO may reduce efficiency at the cell edge. However, based on the test results, SU-MIMO shows superiority in signal range with an average of -90,54 and a signal-to-interference ratio (C/(I+N)) with an average of 4,31. Meanwhile, MU-MIMO shows a higher average value in Effective Signal Analysis with an average of -117,29. In terms of throughput, both technologies show comparable average values, namely 3.318,58 for MU-MIMO and 3.688,24 for SU-MIMO. Cilacap city, as an urban growth center, with more than 750,000 people in 2023, faces an increase in population density. The research simulation involves the area's size, link budget, and population coverage calculation, aiming to maximize network deployment in every corner of Cilacap city, providing a strategic contribution to the development of telecommunications infrastructure that follows the dynamics of urban development.

Korespondensi Penulis:

Alfin Hikmaturokhman

Institut Teknologi Telkom Purwokerto

Jl. DI Panjaitan N0. 128, Purwokerto Selatan, Kabupaten Banyumas, Jawa Tengah 53147, (0281) 641629

Email : alfin@itttelkom-pwt.ac.id

1. PENDAHULUAN

Pertumbuhan pesat penggunaan layanan seluler di wilayah perkotaan, seperti Kota Cilacap, menimbulkan kebutuhan mendesak untuk meningkatkan perencanaan dan cakupan jaringan seluler. Penelitian ini secara khusus difokuskan pada perencanaan *coverage* menggunakan frekuensi 2300 MHz di wilayah tersebut, dengan alasan bahwa frekuensi tersebut memiliki potensi untuk memberikan kapasitas tinggi, walaupun tantangan tertentu terkait karakteristik urban perlu dipertimbangkan. Perencanaan *coverage* menjadi faktor krusial dalam memastikan ketersediaan dan kualitas layanan telekomunikasi. Fokus penelitian ini tertuju pada kawasan yang menunjukkan kompleksitas tersendiri, di mana dinamika urban dan kebutuhan konektivitas yang terus berkembang memerlukan pendekatan perencanaan yang terukur.

Terdapat beberapa penelitian yang mendukung penelitian ini, Diantaranya terdapat penelitian terkait cakupan area jaringan LTE pada teknologi FDD dan TDD pada tahun 2020 menunjukkan pengukuran jarak pada kedua teknologi dilakukan dengan mengukur jarak dari BTS ke jarak terjauh yang dapat dicapai pada PCI. Pengukuran area cakupan untuk setiap sektor 1,2 dan 3 pada teknologi FDD, masing-masing adalah 789,1m, 342,2m, dan 1040 m, tetapi pada teknologi TDD, yaitu 633,3m, 338,7m dan 922,8m. Penggunaan frekuensi pada teknologi FDD, yaitu 1800 MHz, memiliki area cakupan yang lebih luas, karena frekuensi teknologi TDD, yaitu 2300 MHz, memiliki ukuran sel yang lebih kecil dan jumlah pengguna dalam satu sel BTS lebih banyak daripada frekuensi 1800 MHz. Penggunaan frekuensi 1800 MHz lebih baik untuk area cakupan, sementara penggunaan frekuensi 2300 MHz lebih baik untuk meningkatkan layanan data dan kapasitas [1].

Selain penelitian tersebut, terdapat juga penelitian sebelumnya yang membahas perancangan jaringan 4G LTE menggunakan frekuensi 2300 MHz pada tahun 2019 menunjukkan bahwa dengan perancangan dengan bandwidth 10 MHz pada peta berkontur di Kabupaten Rokan Hulu, *best signal di level good* dengan *cover area* 76,43% dan di *level very good* dengan *cover area* 60,92% didaerah rural. Dengan perancangan dengan bandwidth 5 MHz pada peta berkontur di Kabupaten Rokan Hulu, *best signal di level good* dengan *cover area* 71,2% dan di *level very good* dengan *cover area* 54,45% didaerah rural [2].

Pada penelitian selanjutnya, yaitu membahas tentang perancangan jaringan 4G LTE menggunakan frekuensi 1800 MHz pada tahun 2022 menunjukkan bahwa jumlah site yang digunakan adalah jumlah *site* terbanyak berdasarkan dari *coverage planning* yaitu 16 *site* di Kecamatan Pemenang dan 21 *site* di Kecamatan Tanjung. Pengambilan site berdasarkan *coverage planning* mempertimbangkan perfromansi jaringan yang lebih baik, dimana distribusi nilai RSRP, SINR dan *Throughput* pada perencanaan ini sudah tergolong baik, karena sudah melebihi syarat minimum dari standar parameter yang digunakan. Hasil simulasi dari perencanaan jaringan LTE di Kecamatan Pemenang diperoleh nilai rata-rata RSRP sebesar -86,54 dBm, nilai rata-rata SINR sebesar 12,47dB dan rata-rata nilai *Throughput* sebesar 39 Mbps. Sedangkan pada Kecamatan Tanjung diperoleh nilai rata-rata RSRP sebesar -89,24 dBm, nilai rata-rata SINR sebesar 10,52 dB dan rata-rata nilai *Throughput* sebesar 36,709 Mbps. Penentuan letak *site* eNodeB dalam penelitian ini berdasarkan efisiensi area yang tercakup site dan tetap mempertimbangkan penyebaran penduduk dan memperhatikan kepadatan penduduk yang terlihat pada peta wilayah yang berada pada wilayah Kecamatan Pemenang dan Tanjung [3].

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan sebelumnya terkait perancangan jaringan 4G LTE belum ada penelitian yang menggunakan frekuensi 2300 MHz di wilayah kota Cilacap. Untuk perencanaan *coverage* terlebih dahulu menentukan jumlah site yang diperlukan pada frekuensi 2300 MHz di kota Cilacap lalu melakukan pengujian pada parameter *Coverage by Signal Level*, *Coverage C(I+N)*, *Coverage by Throughput*, dan *Effective Signal* menggunakan *software* Atoll 3.4.0. Perancangan ini diharapkan menjadi gambaran awal untuk melakukan pembangunan *coverage* jaringan LTE di wilayah padat kota Cilacap.

1.1. Multi User-Multiple Input Multiple Output (MU-MIMO)

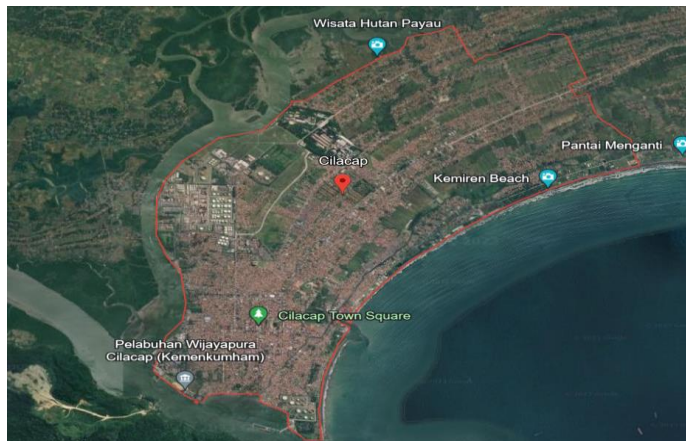
MU-MIMO adalah singkatan dari *Multi User, Multiple input, Multiple Output*. MU-MIMO ini memiliki kemampuan lebih yang signifikan bila dibandingkan dengan generasi sebelumnya yaitu SU-MIMO (*Single User, Multiple input, Multiple Output*) yang mulai kita jumpai pada protokol 802.11n di sekitar tahun 2007. Pada MU-MIMO sendiri protokol yang digunakan adalah 802.11ac tapi tidak semua chipset Wi-Fi yang mendukung protokol 802.11ac juga mendukung fitur MU-MIMO [4]. MU-MIMO membuat *router* atau *access point* bisa berkomunikasi dengan beberapa perangkat/pengguna dalam satuan waktu dengan beberapa jalur yang berbeda [5] [6].

1.2. Single User-Multiple Input Multiple Output (SU-MIMO)

SU-MIMO adalah 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 [7]. Dalam SU-MIMO, stasiun basis menggunakan *multiple-input multiple-output* (MIMO) untuk mengirimkan sinyal ke perangkat pengguna dengan menggunakan beberapa antena. Perangkat pengguna juga dapat memiliki beberapa antena untuk menerima sinyal yang dikirimkan secara simultan dari stasiun basis. Dengan menggunakan teknik beamforming dan pemrosesan sinyal yang canggih, SU-MIMO memungkinkan peningkatan kecepatan dan kapasitas komunikasi nirkabel [8] [9].

2. METODE PENELITIAN

Metode yang digunakan pada penelitian ini yaitu simulasi menggunakan *software* Atoll versi 3.4.0 untuk melakukan perancangan *coverage* area jaringan seluler menggunakan frekuensi 2300 Mhz [10] pada area kota Cilacap, dengan *software* Atoll yang sudah termasuk Map pulau Jawa dengan membandingkan 2 skenario yang akan digunakan untuk melakukan perbandingan yaitu SU-MIMO dan MU-MIMO [11]. Sebelum melakukan simulasi, diperlukan data seperti luas wilayah penelitian, *link budget* serta perhitungan cakupan penduduk yang akan dilakukan *coverage* jaringan dengan tujuan memaksimalkan penyebaran jaringan ke setiap sudut wilayah.

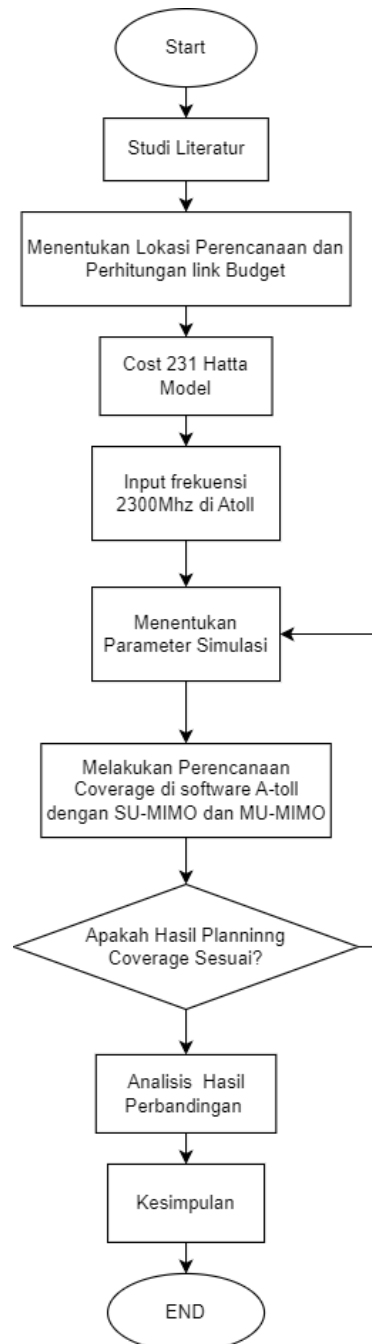


Gambar 1. Peta Wilayah Kota Cilacap

Kabupaten Cilacap terletak di Provinsi Jawa Tengah dengan luas wilayah 2.253 Km² dan memiliki topografi yang beragam serta kondisi rata-rata merupakan dataran rendah. Jumlah penduduk Kabupaten Cilacap mencapai 1,9 juta jiwa dengan usia produktif sebanyak 1,3 juta jiwa (69%). Kabupaten Cilacap terdiri dari 24 kecamatan dan terbagi menjadi 269 desa dan 15 kelurahan [12]. Kemudian untuk *coverage* area yang dilakukan tepatnya berada di kota Cilacap dengan luas area berdasarkan sumber dari *software* Atoll yakni 34,816 Km².

2.1. Alur Penelitian

Diagram alur pada penelitian ini memberikan representasi mengenai langkah-langkah proses, atau alur dari penelitian.



Gambar 2. Alur Penelitian

a. Studi Literatur

Langkah awal melibatkan kajian literatur guna menghimpun informasi yang relevan mengenai perencanaan jaringan seluler pada frekuensi 2300 MHz, MU-MIMO, SU-MIMO, dan topik terkait dalam penelitian lain.

b. Pemilihan Lokasi

Tahap berikutnya adalah menentukan lokasi perencanaan di Kota Cilacap, sambil melakukan perhitungan anggaran *link*. Keputusan ini memiliki signifikansi penting dalam mempertimbangkan biaya operasional perancangan jaringan, karena lokasi *site* akan berpengaruh pada kualitas jaringan.

c. Pemilihan Model

Untuk tahap ini menggunakan Model *Cost Hata 231* Fungsi utama dari pemodelan *Cost Hata 231* adalah untuk memperkirakan kekuatan sinyal yang diterima oleh perangkat penerima. Dengan mengetahui kekuatan sinyal yang diterima, maka dapat ditentukan kualitas komunikasi seluler yang akan diterima.

d. Frekuensi

Selanjutnya menginput Frekuensi 2300Mhz untuk *coverage* area pada kota Cilacap dikarenakan akan dilakukan *coverage* 4G LTE.

e. Penentuan Parameter

Parameter disini ditentukan untuk mencapai goals yang dicapai serta dijadikan acuan sebagai tujuan suatu project, ada 4 parameter yang akan dilakukan analisis *coverage* area 2300 Mhz.

f. *Planning*

Selanjutnya melakukan *planning* untuk perencanaan di Atoll dengan menghitung *link budget* yang akan diterapkan, kemudian meratakan sinyal yang di *coverage* pada area yang akan dijangkau.

g. Rencana Cakupan dengan Atoll

Pada tahap ketiga, dilakukan perencanaan cakupan menggunakan perangkat lunak Atoll versi 3.4.0 dengan skenario SU-MIMO dan MU-MIMO dari lokasi yang telah ditetapkan. Hal ini bertujuan untuk mengetahui sejauh mana cakupan frekuensi 2300 MHz dapat dicapai dalam masing-masing skenario.

h. Analisis Perbandingan Uji MU-MIMO dengan SU-MIMO

Pada langkah keempat, dilakukan analisis hasil perbandingan antara skenario SU-MIMO dan MU-MIMO. Fokusnya adalah bagaimana pemanfaatan spektrum frekuensi 2300 MHz dalam perencanaan area dapat dioptimalkan dengan menggunakan SU-MIMO atau MU-MIMO. Tahap ini bertujuan untuk menilai performa terbaik di antara kedua skenario yang digunakan.

i. Kesimpulan

Langkah terakhir melibatkan penyimpulan dari hasil analisis perbandingan skenario SU-MIMO dan MU-MIMO untuk perencanaan cakupan jaringan seluler pada frekuensi 2300 MHz di area perencanaan. Kesimpulan ini juga mencakup ringkasan temuan utama selama analisis, membantu dalam mengevaluasi kondisi dan situasi di mana SU-MIMO lebih unggul daripada MU-MIMO atau sebaliknya.

2.2. *Maximum Allowed Path Loss (MAPL)*

Maximum Allowable Path Loss (MAPL) adalah istilah yang digunakan dalam industri telekomunikasi untuk menggambarkan jumlah redaman maksimum [13] yang dapat dialami sinyal radio sebelum menjadi tidak dapat digunakan [14]. Dengan kata lain, ini adalah jumlah maksimum kehilangan sinyal yang dapat terjadi selama transmisi dengan tetap mempertahankan tingkat kualitas sinyal yang dapat diterima [15] [16]. Rumus perhitungan EIRP adalah sebagai berikut:

$$EIRP = Tx\ Power + Gain\ Antenna\ Tx - Cable\ Loss \quad (1)$$

Sehingga dapat dihitung menjadi:

$$EIRP = 45 + 15 - 2 = 58\ dBm \quad (2)$$

Cara menghitung *thermal noise* adalah sebagai berikut:

$$Thermal\ Noise = -174\ dBm / Hz + 10\ log(20 \times 1000 \times 12 \times 100) = -101,45 \quad (3)$$

Untuk menghitung MAPL diperlukan nilai *sensitivity* dengan rumus sebagai berikut:

$$Sensitivity\ Receiver = UE\ Noise\ Figure + Thermal\ Noise + SINR \quad (4)$$

Sehingga didapatkan sebagai berikut:

$$Sensitivity\ Receiver = 7 + (-100,19) + 3,69 = -89,5\ dBm \quad (5)$$

Rumus MAPL adalah sebagai berikut:

$$MAPL = EIRP - Sensitivity\ Receiver - Interference\ Margin - Control\ Channel\ Overhead + Rx\ Antenna\ Gain - Body\ Loss \quad (6)$$

Sehingga didapatkan yaitu sebagai berikut:

$$MAPL = 58 - (-89,5) - 4 - 1 + 0 - 0 = 142,5\ dB \quad (7)$$

2.3. Perhitungan Matematis dan *Link Budget*

Tabel 1. *Link Budget* [10]

<i>Link Budget</i>		
<i>Comments Parameter</i>	Unit	DL Calculation
<i>Tx Power Frekuensi 2300 Mhz(20MHz)</i>	dBm	45
<i>Tx Antena Gain</i>	dB	15
<i>Cable Loss</i>	dB	2
EIRP	dBm	58
<i>UE Noise Figure</i>	dB	7
<i>Thermal Noise</i>	dBm	-101,45
<i>SINR</i>	dB	2,4
<i>Bandwidth System</i>	MHz	20
<i>Sensitivity Receiver</i>	dBm	-89,5
<i>Interference Margin</i>	dB	4
<i>Control Channel Overhead</i>	dB	1
<i>Rx Antenna Gain</i>	dB	0
<i>Body Loss</i>	dB	0
MAPL	dB	142,5
<i>Hb</i>	m	30
<i>Hm</i>	m	1,5
<i>G</i>	dB	0
<i>Fc</i>	MHz	2300
<i>Luas Area</i>	Km ²	34,816

2.4. Model Propagasi *Cost 231 Hatta*

Propagasi adalah rambatan gelombang *microwave* melalui udara dari antena pemancar ke antena penerima yang jaraknya bisa mencapai ribuan kilometer. Dalam melakukan perencanaan jaringan, pemilihan model propagasi didasarkan pada tipe daerah, ketinggian antena, frekuensi yang digunakan dan beberapa parameter lainnya. Pada penelitian ini digunakan model propagasi yaitu model propagasi model propagasi *Cost 231* [17]

Rumus *Pathloss* model propagasi *Cost 231 Hatta* adalah sebagai berikut:

$$Ldb = F + B \log_{10} R - E + G \quad (8)$$

Keterangan:

G yang digunakan adalah 0dB

Mencari nilai F

$$F = 46,3 + 33,9 \log_{10} 2300 - 13,82 \log_{10} 30 = 139,84 \quad (9)$$

Mencari nilai B

$$B = 44,9 - 6,55 \log_{10} 30 = 35,22 \quad (10)$$

Mencari nilai E

$$E = ((1.1 \log_{10} 2300 - 0.75) \times 1.5) - (1.56 \log_{10} 2300 - 0.8) = 0,05 \quad (11)$$

Mencari nilai R

$$\log R = \frac{MAPL - F + E}{B} = \frac{142,5 - 139,84 + 0,05}{35,22} = 0,07 \quad (12)$$

$$R = 1,17 \text{ Km}$$

Mencari nilai Luas hex





$$Lhex = 2,6 \times 1,17^2 = 3.55 \text{ Km}^2 \quad (14)$$

Mencari total *site*

$$\sum \text{site} = \frac{Larea}{Lhex} = \frac{34,816}{3.55} = 9,8 \approx 10 \text{ sites} \quad (15)$$






2.5. Parameter Pengujian

Tabel 2. Parameter *Signal Level* [6], [18], [19]

<i>Signal Level</i>	<i>Legend</i>	Keterangan
≥ -70		Sangat Baik
$\geq -77 ; \leq -71$		Baik
$\geq -70 ; \leq -78$		Cukup
$\geq -70 ; \leq -85$		Buruk
≤ -98		Sangat Buruk





Parameter *signal level* mengacu pada kekuatan sinyal yang diterima oleh perangkat pengguna dalam arah *downlink*. Tingkat sinyal umumnya diukur menggunakan satuan desibel milliwatt. Tingkat sinyal ini memberikan informasi tentang sejauh mana suatu area menerima cakupan sinyal yang memadai.

Tabel 3. Parameter (*Reference Signal Received Quality*) RSRQ [18]

<i>Signal Level</i>	<i>Legend</i>	Keterangan
$\geq -7,5$		Sangat Baik
$\geq -10,5 ; \leq -7,6$		Baik
$\geq -13,5 ; \leq -10,6$		Cukup
$\geq -16,5 ; \leq -13,6$		Buruk
$\leq -19,5$		Sangat Buruk






Parameter RSRQ mengukur kualitas sinyal dan tingkat interferensi dan noise di lingkungan. RSRQ diekspresikan dalam satuan desibel 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.

Tabel 4. Parameter (*Reference Signal Received Power*) RSRP [18]

<i>Signal Level</i>	<i>Legend</i>	Keterangan
≥ -89		Sangat Baik
$\geq -99 ; \leq -90$		Cukup
$\geq -109 ; \leq -100$		Buruk
$\geq -119 ; \leq -100$		Sangat Buruk

Parameter RSRP mengukur kekuatan sinyal referensi yang diterima oleh pengguna. RSRP diukur dalam satuan dBm dan memberikan informasi tentang kekuatan sinyal utama di *downlink*. Analisis efektif sinyal (*effective signal Analysis*) dengan menggunakan RSRP membantu memahami kekuatan sinyal yang efektif di lokasi tertentu.

Tabel 5. Parameter *Coverage by Throughput* [18]

<i>Signal Level</i>	<i>Legend</i>	<i>Keterangan</i>
≥ 50.000		Sangat Baik
$\geq 40.000 \leq 50.000$		Baik
$\geq 30.000 \leq 40.000$		Cukup
$\geq 20.000 \leq 30.000$		Buruk
≤ 10.000		Sangat Buruk

Parameter *coverage by throughput* berkaitan dengan laju transfer data di *downlink* yang dapat dicapai oleh perangkat pengguna *throughput* diukur dalam kilobit per detik dan mencerminkan kapasitas saluran radio dan jaringan cakupan oleh *throughput* memberikan informasi tentang sejauh mana suatu wilayah dapat mencapai *throughput* yang tinggi

2.5 Skenario Pengujian

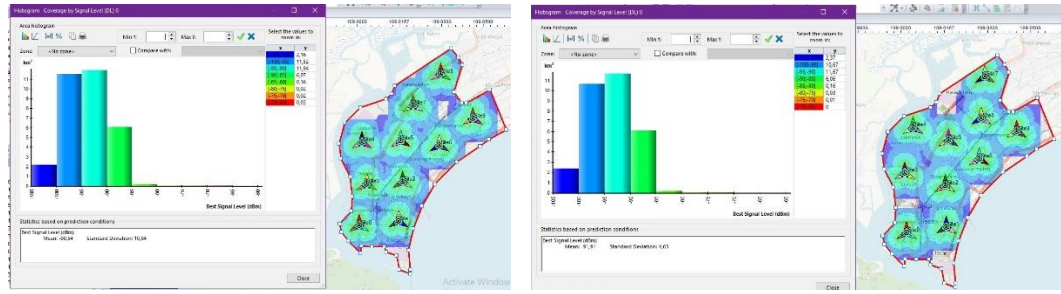
Pengujian MU-MIMO pada jaringan LTE menggunakan frekuensi 2300 MHz sedangkan Pengujian SU-MIMO pada jaringan LTE menggunakan frekuensi 2300 MHz

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada bagian hasil dan pembahasan akan membandingkan 2 skenario yaitu SU-MIMO (*Single User Multiple Input Multiple Output*) dan MU-MIMO (*Multiple User Multiple Input Multiple Output*). Daerah yang akan di *coverage* adalah kawasan kota Cilacap. Masing-masing skenario akan diuji 4 parameter, yaitu *Coverage by Signal Analysis*, *Coverage by C/(I+N)*, *Effective Signal*, dan *Coverage by Throughput*. Pada Gambar 3 merupakan lokasi yang akan dilakukan *planning* jaringan 4G. Lokasi tersebut memiliki luas 34,816 Km². Sesuai dengan perhitungan *link budget* dari perhitungan menggunakan model *Cost Hata* dengan besar frekuensi yang digunakan 2300 MHz.

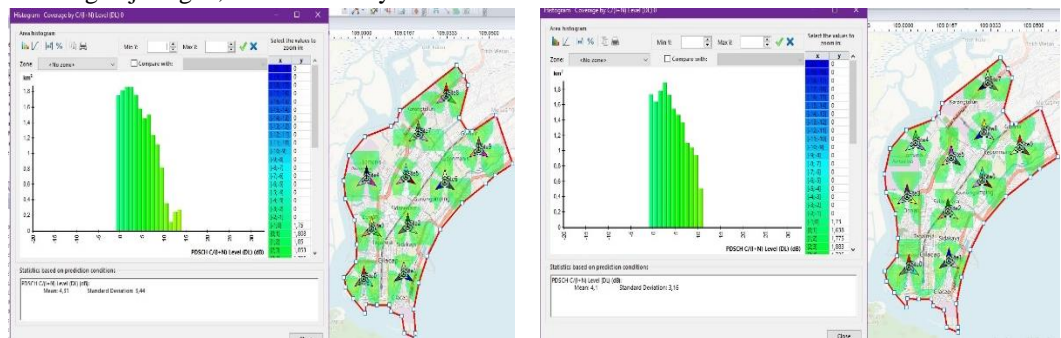


Gambar 3. Denah Kota Cilacap



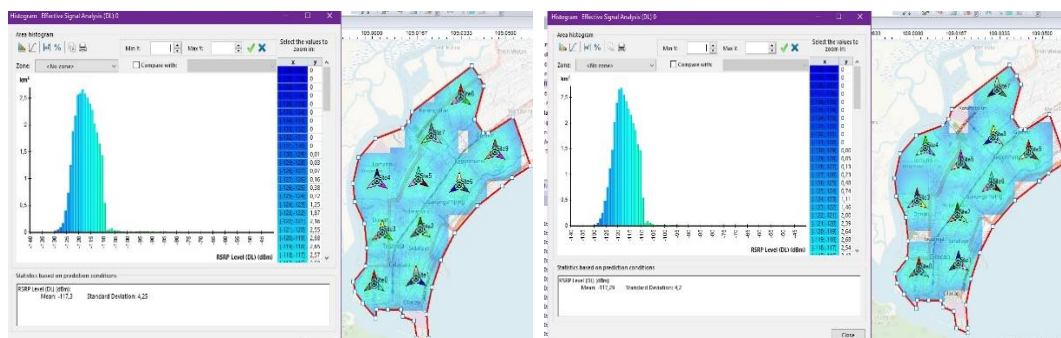
(A) (B)
Gambar 4. Coverage by Signal Level SU-MIMO (A) dan MU-MIMO (B)

Pada Gambar 4 menunjukkan parameter hasil Coverage by Signal Level untuk skenario SU-MIMO dan MU-MIMO. Pada Gambar 4 (A) merupakan Coverage by Signal Level untuk skenario SU-MIMO, parameter ini merujuk pada tingkat sinyal yang diterima atau dikirim oleh suatu sistem komunikasi nirkabel di suatu area tertentu. Dari hasil tersebut menunjukkan bahwa rata-rata nilai sinyal level yang didapatkan adalah -90,54 dBm yang mana berarti parameter sinyal level dalam status buruk. Jadi area penerimaan cakupan sinyal buruk atau tidak memadai. Sama halnya dengan skenario MU-MIMO, Gambar 4 (B) menunjukkan bahwa rata-rata nilai sinyal level yang didapatkan adalah -91,91 dBm yang mana berarti parameter sinyal level dalam status buruk. Nilai yang didapatkan kurang maksimal dikarenakan oleh beberapa faktor semisal pada daerah tersebut kurang memadai jika memakai model propagasi tersebut, disertai banyaknya gedung-gedung bertingkat pada wilayah perancangan jaringan, dan lain-lainnya.



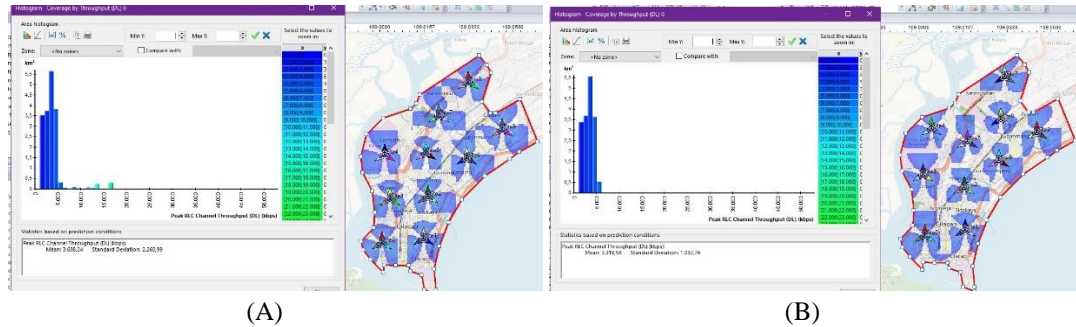
(A) (B)
Gambar 5. Coverage C(I+N) SU-MIMO (A) dan MU-MIMO (B)

Pada Gambar 5 menunjukkan parameter hasil Coverage C(I+N) untuk skenario SU-MIMO dan MU-MIMO. Parameter RSRQ digunakan untuk mengukur kualitas sinyal dan tingkat interferensi dan noise di lingkungan. Pada Gambar 5 (A) menunjukkan hasil histogram dari nilai rata-rata RSRQ level sebesar 4,31 dBm. Jika berdasarkan tabel parameter RSRQ, nilai tersebut dalam status sangat baik, mirip dengan skenario MU-MIMO mendapatkan nilai rata-rata RSRQ sebesar 4,1 dBm.



(A) (B)
Gambar 6. Effective Signal Analysis SU-MIMO (A) dan MU-MIMO (B)

Pada Gambar 6 menunjukkan parameter hasil *Effective Signal Analysis* untuk skenario SU-MIMO dan MU-MIMO. Parameter RSRP digunakan untuk mengukur kekuatan sinyal referensi yang diterima oleh pengguna. Pada Gambar 6 (A), parameter pengujian menunjukkan nilai rata-rata RSRP sebesar -117,3 dBm dalam status efektivitas buruk. Sedangkan skenario yang dihasilkan oleh MU-MIMO dimana memiliki nilai rata-rata RSRP yang dihasilkan sebesar -117.29 dBm yang memiliki efektivitas yang juga buruk.



Gambar 7. *Throughput* SU-MIMO (A) dan MU-MIMO (B)

Pada Gambar 7 menunjukkan nilai *throughput* atau menjadi parameter pengujian terakhir pada kedua skenario. Parameter *coverage by throughput* berkaitan dengan laju transfer data di *downlink* yang dapat dicapai oleh perangkat pengguna. Gambar 7 (A) menunjukkan hasil rata-rata 3.688,24 kbps yang mana menunjukkan nilai yang buruk untuk kecepatan transfer data yang dihasilkan. Sedangkan pada gambar 7 (B) menunjukkan hasil rata-rata 3.318,58 kbps yang juga menunjukkan nilai yang sangat buruk untuk kecepatan yang dihasilkan.

Tabel 5. Perbandingan Parameter Skema SU-MIMO & MU-MIMO

Parameter Output	SU-MIMO	MU-MIMO
<i>Signal Level</i> (dBm)	<i>Mean</i> : -90,54	<i>Mean</i> : -91,91
	<i>S Deviation</i> : 10,84	<i>S Deviation</i> : 4,63
PDSCH C(I+N) Level (dB)	<i>Mean</i> : 4,31	<i>Mean</i> : 4,1
	<i>S Deviation</i> : 3,44	<i>S Deviation</i> : 3,16
RSRP Level (dBm)	<i>Mean</i> : -117,3	<i>Mean</i> : -117.29
	<i>S Deviation</i> : 4,25	<i>S Deviation</i> : 4.2
<i>Throughput</i> (kbps)	<i>Mean</i> : 3.688,24	<i>Mean</i> : 3.318,58
	<i>S Deviation</i> : 2.260,99	<i>S Deviation</i> : 1.032,76

4. KESIMPULAN

Perencanaan jaringan merujuk pada proses merancang dan menentukan cara untuk mengimplementasikan atau mengelola suatu jaringan komunikasi. Pada penelitian ini perancangan jaringan dilakukan dengan 2 skenario yang berbeda yaitu membandingkan antara skenario SU-MIMO dan MU-MIMO pada frekuensi 2300 dengan menggunakan model propagasi Cost Hata. Dari hasil yang sudah dilakukan menunjukkan bahwa semua parameter pengujian berdasarkan nilai rata-rata *Coverage by Signal Level*, *Coverage C(I+N)*, *Coverage by Throughput*, dan *Effective Signal* menghasilkan nilai yang masih dibawah kata bagus. Namun jika membandingkan kedua skenario tersebut, skenario MU-MIMO merupakan skenario yang lebih baik pada perancangan jaringan ini.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih diberikan kepada teman-teman kelompok atas seluruh bantuan, *support* dan kerjasamanya dalam mensukseskan penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] D. Chandra, S. Yusnita, D. B. Sitepu, A. Mursydan, and D. Meidelfi, "LTE Network Area Coverage on FDD and TDD Technology," *International Journal of Advanced Science Computing and Engineering*, vol. 2, no. 1, 2020, doi: 10.30630/ijasce.2.1.47.Mika, Patras, L. S., & Lisi, F. (2019). "Perancangan Pendeteksi Partial Discharge Pada Isolasi Padat," *Jurnal Teknik Elektro dan Komputer* Vol.8 No.3, 161-170.
- [2] Muhammad Gunawan and Linna Oktaviana Sari, "Optimalisasi Perancangan Jaringan 4G LTE Pada Frekuensi 2300 Mhz Berbasis TDD Di Kabupaten Rokan Hulu," *FTEKNIK*, 2019.
- [3] B. S. V. Kurnia, U. K. Usman, and G. B. Satria, "Perancangan Jaringan Long Term Evolution (LTE) Dikecamatan Pemenang Dan Tanjung Kabupaten Lombok Utara Pada Frekuensi 1800 Mhz," *e-Proceeding of Engineering*, vol. 8, no. 6, 2022.
- [4] M. Ihsan, A. Hikmaturokhman, S. Laras, and S. Alam, "Design of 5G MIMO 2x2 Broadband Antenna At 26 GHz Frequency Using Double U-Slot Method and Defected Ground Structure," *Jurnal Ecotipe (Electronic, Control, Telecommunication, Information, and Power Engineering)*, vol. 10, no. 2, pp. 247–257, Oct. 2023, doi: 10.33019/jurnalecotipe.v10i2.4409.
- [5] Y. Daldoul, D. E. Meddour, and A. Ksentini, "Performance evaluation of OFDMA and MU-MIMO in 802.11ax networks," *Computer Networks*, vol. 182, 2020, doi: 10.1016/j.comnet.2020.107477.
- [6] A. Hikmaturokhman, L. S. Palupi, N. Amalia, A. R. Danisya, and T. A. Nugraha, "4G LTE evolved packet core planning with call switch fallback technology," *Journal of Telecommunication, Electronic and Computer Engineering*, vol. 10, no. 1–6, 2018.
- [7] S. Pramono, M. D. Ariyanto, L. Alvionita, and M. E. Sulisty, "Analysis and optimization of 4G long term evolution (LTE) network in urban area with carrier aggregation technique on 1800 MHz and 2100 MHz frequencies," in *AIP Conference Proceedings*, American Institute of Physics Inc., Apr. 2020. doi: 10.1063/5.0000731.
- [8] S. Aerts *et al.*, "In situ assessment of 5g nr massive mimo base station exposure in a commercial network in bern, switzerland," *Applied Sciences (Switzerland)*, vol. 11, no. 8, Apr. 2021, doi: 10.3390/app11083592.
- [9] F. W. Murti, R. F. Siregar, and S. Y. Shin, "SU-MIMO based uplink non-orthogonal multiple access for 5G," *Network and Computer Applications*, vol. 110, 2018, doi: 10.1016/j.jnca.2018.03.009.
- [10] A. Hikmaturokhman, K. Ni'amah, and E. Setya Nugraha, "Perancangan Jaringan Indoor 4G LTE TDD 2300 Mhz Menggunakan Radiowave Propagation Simulator," in *Prosiding Seminar Nasional IPTEK Terapan (SENIT) 2016 Pengembangan Sumber Daya Lokal Berbasis IPTEK*, 2016. [Online]. Available: <http://ejournal.poltektegal.ac.id/index.php/prosiding/article/viewFile/349/336>
- [11] Cahyani R. and Perdana D., "A Feasibility Analysis of the Use of IEEE 802.11 ah to extend 4G Network Coverage," *Buletin Pos*, 2020.
- [12] N. Hanifah and I. Buchori, "Peran Sektor Ekonomi dan Kependudukan Dalam Pembangunan Wilayah Kabupaten Cilacap," *Pembangunan Wilayah dan Perencanaan Partisipatif*, vol. 18, no. 1, 2023, doi: 10.20961/region.v18i1.60013.
- [13] H. Getahun and S. Rajkumar, "Performance analysis of mmWave radio propagations in an indoor environment for 5G networks," *Engineering Research Express*, vol. 5, no. 2, Jun. 2023, doi: 10.1088/2631-8695/ac5be7.
- [14] A. Irawan, A. Hikmaturokhman, and D. Pranindito, "Analisis Tekno Ekonomi Perancangan 4g Lte Di Kabupaten Banyumas," *Jurnal ECOTIPE*, vol. 5, no. 1, 2018.
- [15] H. M. T. Al-Hilfi and A. S. Daghal, "Effects of Varying LTE Link Budget Parameters on MAPL and Cell Range," *Communications*, vol. 15, no. 7, 2020, doi: 10.12720/jcm.15.7.583-587.
- [16] M. Lauridsen, I. Kovács, P. E. Mogensen, M. Sørensen, and S. Holst, "Coverage and Capacity Analysis of LTE-M and NB-IoT in a Rural Area," *Vehicular Technology Conference, 2016 Ieee 84th*, 2016.
- [17] F. Hidayat and D. Faiza, "Analisis Pathloss Sinyal LTE Dengan Model Cost 231-Hatta Di Kota Padang," *Voteteknika (Vocational Teknik Elektronika dan Informatika)*, vol. 7, no. 3, 2019, doi: 10.24036/voteteknika.v7i3.105539.
- [18] 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," in *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 2020. doi: 10.1088/1757-899X/982/1/012029.
- [19] A. Hikmaturokhman, V. Lutfita, and A. R. Danisya, "4G-LTE 1800 Mhz coverage and capacity network planning using Frequency Reuse 1 model for rural area in Indonesia," in *ACM International Conference Proceeding Series*, 2017. doi: 10.1145/3056662.3056675.

