

PENGARUH POLARISASI DIVERSITY TERHADAP BITRATE PADA OPENLTE SISTEM

Levy Olivia Nur¹, Aisha Aulia Karimafikri², Saidhatul Munawaroh Sitorus³, Salwa Nurhaliza⁴
1, 2, 3, 4 Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom, Bandung

¹levyolivia@telkomuniversity.ac.id, ²aishaaulia@student.telkomuniversity.ac.id,
³munashaa@student.telkomuniversity.ac.id, ⁴salwanurhaliza@student.telkomuniversity.ac.id

Diterima pada 11 Januari 2024; disetujui pada 24 Januari 2024; dan diterbitkan pada 30 Juni 2024.

Abstrak

Tantangan utama bagi operator nirkabel seluler adalah memastikan pengguna terus mendapatkan layanan yang lancar dan dapat diandalkan. Salah satu komponen yang terpenting dalam pengembangan teknologi nirkabel ialah antenna. Tujuan Penelitian ini adalah untuk mengetahui bagaimana pengaruh polarisasi diversity terhadap bitrate pada OpenLTE sistem. Sistem antenna Multiple Input Multiple Output (MIMO) dapat meningkatkan kapasitas dan kecepatan transmisi dalam sistem komunikasi. Terdapat beberapa fitur utama dari OpenLTE, seperti eNodeB dengan Evolved Packet Core sederhana yang terintegrasi, alat untuk memindai dan merekam sinyal LTE berdasarkan GNU Radio. Dalam hal ini dilakukan analisis mengenai dampak dari susunan polarisasi antenna MIMO mengguakan konfigurasi Co-Polarization dan Cross-Polarization. Dari penelitian ini menunjukkan bahwa susunan konfigurasi antenna sangat berpengaruh pada jumlah bitrate dan SNR yang di hasilkan. Susunan konfigurasi Cross-Polarization dapat menghasilkan bitrate yang cukup tinggi saat melakukan aktifitas layanan yaitu senilai 38 Mbps, dibandingkan dengan Co-Polarization yang hanya menghasilkan 28 Mbps pada jumlah bitrate nya.

Kata Kunci: antenna, OpenLTE, bitrate

Abstract

The main challenge for mobile wireless operators is to ensure that users consistently receive smooth and reliable services. One of the crucial components in the development of wireless technology is the antenna. The aim of this research is to understand the impact of polarization diversity on bitrate in the OpenLTE system. Multiple Input Multiple Output (MIMO) antenna system can enhance capacity and transmission speed in communication systems. OpenLTE features include a simple eNodeB with integrated Evolved Packet Core, tools for scanning and recording LTE signals based on GNU Radio. In this study, an analysis is conducted on the effects of MIMO antenna polarization arrangements using Co-Polarization and Cross-Polarization configurations. The research indicates that the antenna configuration significantly influences the amount of bitrate and Signal to Noise Ratio (SNR) produced. The Cross-Polarization configuration can achieve a relatively high bitrate of 38 Mbps during service activities, compared to Co-Polarization, which only yields 28 Mbps in terms of bitrate.

Key Words: antenna, OpenLTE, bitrate

1. Pendahuluan

Dengan berkembangnya perangkat pintar nirkabel, permintaan untuk bandwidth juga meningkat. Tantangan utama bagi operator nirkabel seluler adalah memastikan pengguna terus mendapatkan layanan yang lancar dan dapat diandalkan [1]. Salah satu komponen yang terpenting dalam pengembangan teknologi nirkabel ialah antenna. Ada berbagai jenis antenna salah satunya adalah antenna mikrostrip yang mana antenna tersebut dapat beroperasi pada frekuensi yang tinggi dan ukurannya yang tipis sehingga cocok diimplementasikan

pada teknologi nirkabel [2].

Sistem antenna Multiple Input Multiple Output (MIMO) dapat meningkatkan kapasitas dan kecepatan transmisi dalam sistem komunikasi [2]. Sistem komunikasi nirkabel berkecepatan tinggi memerlukan penggunaan antenna MIMO untuk mengatasi fenomena fading multipath yang terjadi karena pelemahan sinyal yang disebabkan oleh banyak jalur sinyal dengan fase yang berbeda akibat mobilitas pengguna dan pantulan objek di sekitar [3]. Dalam konteks ini, antenna MIMO berfungsi untuk mengurangi dampak fading dengan

menggunakan beberapa elemen antenna yang berperan sebagai transmitter (Tx) dan receiver (Rx) [3]. Efektivitas antenna MIMO dalam mengurangi fading sangat tergantung pada jumlah antenna yang digunakan. Semakin banyak kombinasi antenna MIMO yang diterapkan, maka peningkatan kinerjanya juga akan semakin signifikan [4]. Dengan menggunakan beberapa elemen antenna sebagai pengirim dan penerima, sistem MIMO mampu meningkatkan kualitas dan kestabilan komunikasi nirkabel, terutama dalam menghadapi tantangan fading multipath [4].

Metode truncated edge ditambahkan dalam penelitian ini guna mengubah polarisasi linier yang umumnya dimiliki oleh antenna mikrostrip menjadi polarisasi sirkular [5]. Sistem antenna mikrostrip MIMO memerlukan penentuan susunan polarisasi yang tepat untuk menghasilkan kinerja yang optimal. Dalam hal ini dilakukan analisis mengenai dampak dari susunan polarisasi antenna MIMO menggunakan konfigurasi Co-Polarization dan Cross-Polarization [6].

Berdasarkan konteks tersebut, penelitian ini berfokus pada analisis kapasitas kanal, bitrate, dan SNR (Signal to Noise Ratio) dari sistem MIMO 8 elemen. Penelitian ini melibatkan Co-Polarization dengan konfigurasi pada susunan pertama RHCP-RHCP pada 8 elemen antenna, dan susunan kedua LHCP-LHCP pada 8 elemen antenna. Serta skenario Cross-Polarization dengan konfigurasi pada susunan pertama RHCP-LHCP-RHCP-LHCP-RHCP pada elemen atas kemudian LHCP-RHCP-LHCP-RHCP pada elemen bawah, untuk susunan kedua menggunakan konfigurasi LHCP-RHCP-LHCP-RHCP pada elemen atas, dan RHCP-LHCP-RHCP-LHCP pada elemen bawah [7].

2. Perancangan

Perancangan sistem untuk menentukan spesifikasi antenna. Spesifikasi antenna akan melibatkan langkah seperti menetapkan dimensi antenna dan melakukan simulasi. Kemudian perancangan sistem akan menggunakan srsRAN yang terdiri dari tiga bagian penting yaitu srsEPC, srsENB, dan srsUE. Untuk menghubungkan Antena dengan srsRAN digunakan USRP sebagai pemancar dan penerima sinyal wireless. Pada penelitian ini dibutuhkan dua USRP dan dua PC sebagai mesin. Antena yang sudah di fabrikasi sesuai spesifikasi kemudian di lakukan integrasi dengan menghubungkan antenna dan USRP menggunakan power divider sebagai pembagi tegangan, kemudian antenna satu dihubungkan dengan USRP dan PC1, begitu juga antenna dua dihubungkan dengan USRP dan PC2.

2.1 Spesifikasi Antena

Menetapkan spesifikasi antenna merupakan tahap yang harus dilakukan sebagai landasan dalam perancangan dan simulasi antenna [8]. Antena yang akan

Tabel 1. Spesifikasi Antena

Parameter	Specification
Frekuensi	3,5 GHz
Bentuk Patch	Rectangular
Polarisasi	Circular
VSWR	1-2
Return Loss	≤-10dB
Bandwith	>50 MHz
Gain	3 dBi
Axial ratio	≤3 dB

dirancang adalah antenna MIMO 8x8 dengan spesifikasi yang sesuai dengan parameter antenna yang optimal. Polarisasi yang digunakan adalah sirkular dengan jenis Right Hand Circular Polarization (RHCP) dan Left Hand Circular Polarization (LHCP) yang berfungsi untuk mengurangi efek fading yang disebabkan oleh polarisasi sinyal yang tidak sejajar dengan polarisasi antenna [9]. Spesifikasi antenna dapat dilihat pada Tabel 1.

2.2 Dimensi Antena

Secara umum perhitungan dimensi antenna akan bergantung pada frekuensi kerja serta jenis bahan yang digunakan [10]. Perhitungan dimensi antenna dilakukan secara matematis menggunakan rumus antenna pada persamaan 1-11 [11].

1. Patch dimension calculation

a. Patch Width

$$W_p = \frac{c}{2fc} \sqrt{\frac{2}{\epsilon_r + 1}} \quad (1)$$

C = speed of light in free space

Fc = antenna working frequency

b. Patch Length

$$L_p = L_{eff} - 2\Delta L \quad (2)$$

$$L_{eff} = \frac{c}{2f\sqrt{\epsilon_{eff}}} \quad (3)$$

$$\Delta L = 0,412h \frac{(\epsilon_{eff} + 0,3) \left(\frac{w_p}{h} + 0,264\right)}{(\epsilon_{eff} - 0,258) \left(\frac{w_p}{h} + 0,8\right)} \quad (4)$$

$$\epsilon_{eff} = \frac{\epsilon_r + 1}{2} + \frac{\epsilon_r - 1}{2} \left[1 + 12 \frac{h}{w_p}\right]^{-\frac{1}{2}} \quad (5)$$

ϵ_{eff} = relative permittivity

2. Groundplane dimension calculation

a. Groundplane Width

Tabel 2. Nilai Antena Sebelum Dan Sesudah Dioptimasi

Parameter Antena	Variabel	Nilai sebelum optimasi	Nilai setelah optimasi
Lebar patch	Wp	26	19.1
Panjang patch	Lp	11,346	19.9
Lebar groundplane	Wg	35,6	24,64
Panjang groundplane	Lg	20,946	124,8
Jarak radius luar antena	s	2,725	3
Panjang gelombang	λ	0.085	85
Tebal patch	t	0.035	0.035
Tebal substrate	h	1.6	16
Feedline	x	-	6
Lubang port	o	-	2

$$W_g = 6h + W_p \quad (6)$$

b. Groundplane Length

$$L_g = 6h + L_p \quad (7)$$

3. Calculation of distance between MIMO 8x8 elements

$$\lambda = \frac{c}{f} \quad (8)$$

$$d = \frac{\lambda}{2} \quad (9)$$

d = distance between antennas

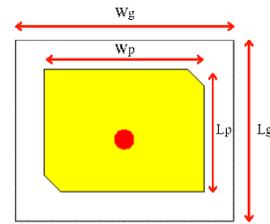
4. Calculation of antenna patch tip angle

$$Q = \frac{f_0}{BW_n} \quad (10)$$

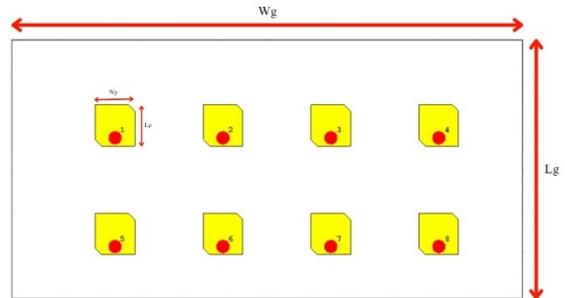
$$S = \sqrt{\frac{W}{Q}} \quad (11)$$

Setelah dilakukan pengukuran dimensi antena, kemudian antena akan dioptimasi sebaik mungkin hingga antena sesuai dengan nilai spesifikasi yang sudah ditentukan. Tabel 2 merupakan nilai parameter antena sebelum dan sesudah dioptimasi dalam satuan milimeter (mm).

Antena yang telah dioptimasi kemudian akan disimulasikan pada software 3D modeler. Patch antena yang sudah dioptimasi kemudian diatur menjadi 8 patch dengan jarak yang sudah ditentukan sesuai hasil optimasi agar menghindari efek mutual coupling. Teknik



Gambar 1. Ilustrasi dimensi antena sebelum dioptimasi



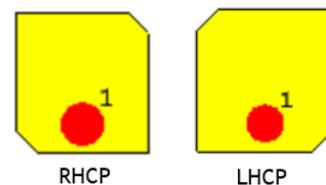
Gambar 2. Ilustrasi dimensi antena setelah dioptimasi

pencatutan dilakukan pada semua patch yang ada diantena yang dirancang dengan tujuan meningkatkan kecepatan transfer data, kapasitas, dan cakupan jaringan seluler pada area indoor small cell tanpa mengandalkan bandwidth atau daya transmisi yang tinggi [12]. Gambar 2-6 adalah daftar Gambar perancangan antena MIMO 8x8 dengan empat pola yang berbeda.

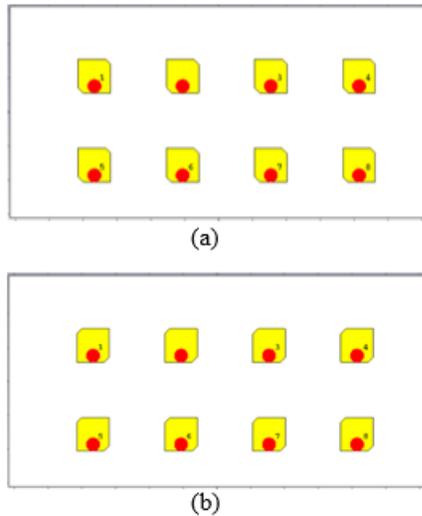
2.3 MIMO antena dengan konfigurasi Co dan Cross-Polarization

Rancangan antena ini terdiri dari 8 elemen patch antena dengan jarak antara elemen di tentukan dengan $d = \lambda/2$ di mana, $\lambda = c/f$. Hal ini ditentukan agar memperoleh spesifikasi yang diinginkan. Penelitian ini berfokus pada dua tipe konfigurasi polarisasi pada antena MIMO. Pada Gambar 2 terlihat jelas perbedaan antara kedua konfigurasi yaitu RHCP dan LHCP.

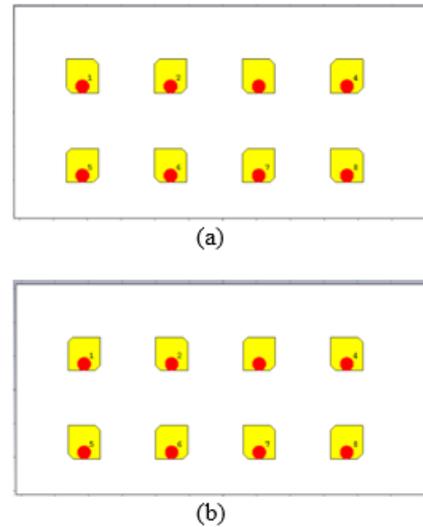
Konfigurasi pertama melibatkan penyusunan delapan elemen patch antena dengan polarisasi sejajar



Gambar 3. Bentuk antena RHCP dan LHCP



Gambar 4. MIMO Co-Polarization Antena (a) RHCP (b)LHCP



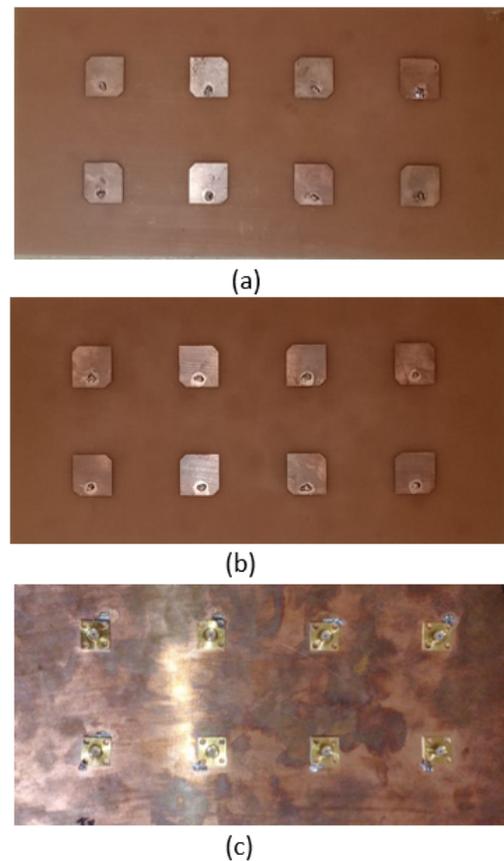
Gambar 5. MIMO Cross-Polarization Antena (a)RLRL (b)LRLR

(Co-Polarization) artinya elemen antena yang dilibatkan hanya satu macam polarisasi saja yaitu RHCP dan LHCP, sementara konfigurasi yang kedua melibatkan penyusunan antena dengan polarisasi silang (Cross-Polarization) artinya menggunakan kombinasi dari kedua polarisasi yaitu RLRL dan LRLR. Kedua jenis konfigurasi polarisasi antena MIMO dapat dilihat pada Gambar 4-6 . Pada Gambar 4-5 merupakan Gambar dari software 3D. Sedangkan Gambar 6 merupakan gambar antena setelah difabrikasi dan direalisasikan.

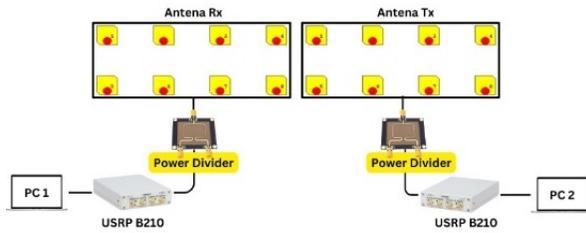
Antena yang telah dioptimasi kemudian akan difabrikasi dan direalisasi lalu antena akan diukur menggunakan VNA untuk mengetahui kinerja pada antena tersebut.

2.4 Rancangan Sistem

Pada Gambar 7 diagram blok perangkat keras dari sistem telekomunikasi modular MIMO yang menggunakan USRP B210. Sistem ini memerlukan dua PC yang telah dikonfigurasi dengan srsRAN, dan dua USRP B210 sebagai mini base station. Pada PC pertama berperan sebagai EPC dan eNB yang terhubung ke USRP pertama, sementara PC kedua berperan sebagai UE yang juga terhubung ke USRP kedua. Prosesnya dimulai dengan menghubungkan PC pertama ke USRP pertama kemudian USRP juga dihubungkan dengan antena MIMO menggunakan bantuan 6 power divider agar semua port dapat teruji. Begitu juga dengan PC kedua yang berperan sebagai UE dihubungkan ke USRP B210, selanjutnya USRP dihubungkan ke antena MIMO menggunakan bantuan power divider.



Gambar 6. Hasil Realisasi Tampak Depan (a) Cross-Polarization; (b) Co-Polarization MIMO; (c) Hasil Realisasi Tampak Belakang Antena MIMO



Gambar 7. Diagram blok hardware

2.5 OpenLTE

OpenLTE merupakan penerapan open source dari spesifikasi 3GPP LTE. Terdapat beberapa fitur utama dari OpenLTE, seperti eNodeB dengan Evolved Packet Core sederhana yang terintegrasi, alat untuk memindai dan merekam sinyal LTE berdasarkan GNU Radio. Pada penelitian kali ini, OpenLTE yang digunakan adalah srsRAN.

2.5.1 srsEPC

srsEPC adalah implementasi dari LTE core network (EPC). srsEPC dijalankan sebagai satu file biner tunggal tetapi menyediakan komponen-komponen kunci EPC yaitu Home Subscriber Service (HSS), Mobility Management Entity (MME), Service Gateway (S-GW), dan Packet Data Network Gate (P-GW) [13].

2.5.2 srsENB

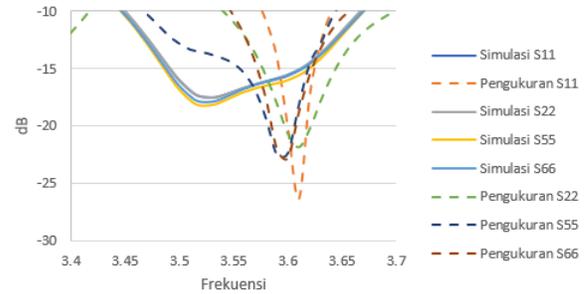
srsENB merupakan base station LTE eNodeB yang sepenuhnya diimplementasikan dalam bentuk perangkat lunak. Berfungsi sebagai aplikasi pada sistem operasi Linux standar, srsENB terkoneksi dengan jaringan inti LTE (EPC) untuk membentuk sel LTE lokal. Untuk melakukan transmisi dan penerimaan sinyal radio melalui udara, srsENB memerlukan perangkat keras software defined radio. Perangkat ini juga memiliki kemampuan sebagai prototipe 5G NR [14].

2.5.3 srsUE

srsUE adalah modem 4G LTE UE dengan fitur prototipe 5G NR yang diimplementasikan sepenuhnya dalam perangkat lunak. Beroperasi sebagai aplikasi di atas sistem operasi standar berbasis Linux, srsUE dapat terhubung ke berbagai jaringan LTE dan menyajikan antarmuka jaringan standar, memberikan konektivitas seluler berkecepatan tinggi [14].

3. Analisis

Analisis dilakukan berdasarkan nilai return loss, SNR dan bitrate. Dengan cara membandingkan nilai return loss antara simulasi dan pengukuran setiap konfigurasi antenna. Nilai SNR dan bitrate didapatkan dari integrasi antara antenna yang sudah di rancang dengan OpenLTE sebagai sistemnya.



Gambar 8. Perbandingan Return loss Hasil Simulasi dan Pengukuran Co-Polarization

Tabel 3. S-Parameter Perbandingan Hasil Simulasi dan Pengukuran untuk Co-Polarization Konfigurasi

Parameter Antena	Simulasi (dB)	Pengukuran (dB)
S11	-15,9984	-20,17
S22	-15,919	-20,64
S55	-16,813	-22,31
S66	-16,489	-22,77

3.1 Analisis Kinerja Antena

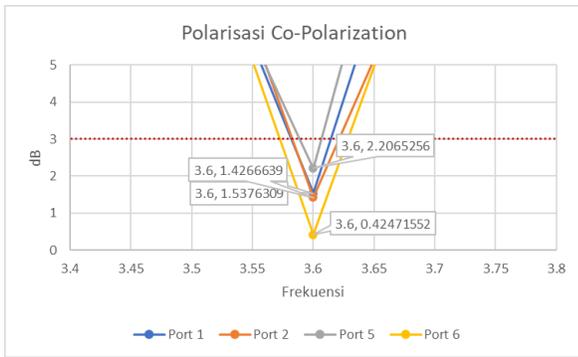
Data pengukuran dilakukan untuk memvalidasi hasil yang diperoleh sebelumnya. MIMO antenna dengan berbagai macam konfigurasi digambarkan pada Gambar 4 dan Gambar 5. Perancangan antenna dalam penelitian ini harus menganalisis beberapa parameter diantaranya return loss, polarisasi, dan mutual coupling.

3.1.1 Co-Polarization

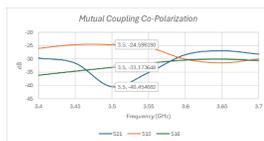
Dalam simulasi Co-Polarization, terdapat dua skenario. Pertama, elemen disusun dengan R-R-R-R pada bagian atas dan R-R-R-R pada bagian bawah. Sedangkan pada skenario kedua, elemen disusun dengan pola L-L-L-L pada bagian atas dan L-L-L-L pada bagian bawah. Pada kedua skenario tersebut, arah polarisasi disusun dengan jenis yang sama [15].

Perbandingan S-Parameter antara simulasi dan hasil pengukuran untuk konfigurasi Co-Polarization di tunjukkan pada Gambar 8. Dari hasil ini, terlihat sedikit perbedaan antara simulasi dan pengukuran yang disebabkan oleh ketidakpresisian dalam fabrikasi. Tabel 3 merangkum hasil perbandingan ini, nilai S-Parameter dari hasil simulasi lebih rendah pada frekuensi 3,5GHz sedangkan hasil pengukuran lebih tinggi pada frekuensi tersebut. Plot S-Parameter pada Gambar 8 menunjukkan pergeseran frekuensi kearah kanan ketika membandingkan hasil simulasi dengan hasil pengukuran. Evaluasi perbedaan hasil simulasi S-Parameter dan pengukuran telah dilakukan pada titik frekuensi 3,6 GHz.

Polarisasi adalah suatu karakteristik yang



Gambar 9. Nilai Polarisasi Simulasi Co-Polarization



Gambar 10. Mutual coupling Co-Polarization

menunjukkan arah getaran atau orientasi gelombang elektromagnetik yang dipancarkan oleh antenna [16]. Polarisasi sirkular terjadi saat kedua komponen amplitudo memiliki magnitudo yang sama dan terpisah oleh perbedaan fase sebesar 90°. Representasi dari polarisasi sirkular juga dapat dijelaskan melalui parameter yang disebut axial ratio (AR), dimana untuk mencapaikan polarisasi sirkular, nilai axial ratio harus ≤ 3 dB [17].

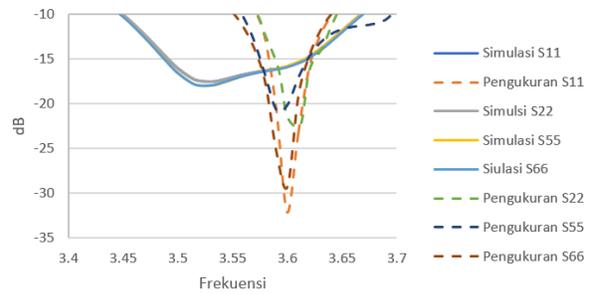
Nilai polarisasi hasil simulasi ditunjukkan pada Gambar 9. Dalam hal ini port 1, 2, 5, dan 6 mewakili ke 8 elemen antenna, nilai yang didapatkan sudah menggambarkan polarisasi sirkular.

Nilai pengukuran polarisasi dapat dihitung dengan Axial ratio menggunakan persamaan 12:

$$AxialRatio = \sqrt{\frac{P_{wattminor} \times 377}{P_{wattminor} \times 377}} \quad (12)$$

Dari hasil perhitungan didapat nilai axial ratio 1, maka dari itu baik simulasi maupun pengukuran membentuk polarisasi sirkular. Mutual coupling merujuk pada transfer energi dari antenna lain yang berada dalam jarak dekat, menyebabkan antenna yang seharusnya tidak ditunjukan kepadanya menerima energi yang dipancarkan. Efek mutual coupling dapat mengakibatkan penurunan kinerja sistem antenna MIMO [18]. Harapannya, nilai mutual coupling dapat bernilai ≤ 20 dB [16].

Pada Gambar 10 nilai mutual coupling antara antenna dua terhadap antenna satu adalah -24 dB, artinya nilai ini sudah masuk kedalam nilai mutual coupling yang diharapkan, begitu juga antara antenna lima dengan antenna satu memiliki nilai -33 dB, dan antenna enam terhadap antenna satu memiliki nilai -40 dB. Dari Gambar 9 dapat dipahami bahwa semakin jauh jarak antar patch



Gambar 11. Perbandingan Return loss Hasil Simulasi dan Pengukuran Cross-Polarization

Tabel 4. Perbandingan S-Parameter Hasil Simulasi dan Hasil Pengukuran Cross-Polarization Konfigurasi

Parameter Antena	Simulasi (dB)	Pengukuran (dB)
S11	-16,057	-32,14
S22	-15,990	-21,50
S55	-16,558	-20,10
S66	-16,604	-29,26

antenna maka nilai mutual coupling akan semakin rendah, maka kinerja antenna juga akan semakin maksimal.

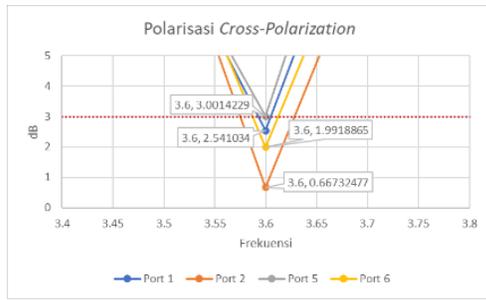
3.1.2 Cross-Polarization

Dalam simulasi Cross-Polarization, terdapat dua skenario yang dianalisis. Pada skenario pertama, elmen disusun dengan pola R-L-R-L pada bagian atas dan L-R-L-R pada bagian bawah. Kemudian, pada skenario kedua, elmen disusun dengan konfigurasi L-R-L-R pada bagian atas, dan R-L-R-L pada bagian bawah. Dalam kedua skenario tersebut, arah polarisasi disusun dengan jenis yang sama [15].

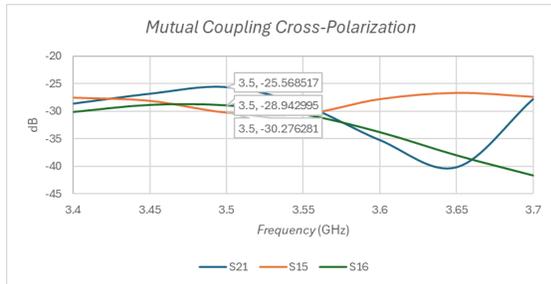
Perbandingan hasil simulasi dan pengukuran S-Parameter dari konfigurasi Cross-Polarization ditunjukkan pada Gambar 7. Dari hasil tersebut terlihat sedikit perbedaan antara simulasi dan pengukuran karena ketidakakuratan pada proses fabrikasi. Pada Tabel 4 juga dirangkum hasil perbandingan antara analisis dan pengukuran.

Terdapat perbedaan nilai return loss antara hasil simulasi dan hasil pengukuran antenna. Hal ini disebabkan pergeseran frekuensi yang terjadi selama proses pengukuran. Serta perbedaan titik hasil simulasi dan fabrikasi, namun nilai rata-rata menunjukkan hasil yang lebih baik pada data simulasi dan pengukuran.

Berdasarkan Tabel 4, dapat dilihat bahwa pada konfigurasi antenna Cross-Polarization menunjukkan sedikit perbedaan dengan Tabel 3 konfigurasi antenna Co-Polarization, rata - rata grafik return loss



Gambar 12. Nilai Simulasi Cross-Polarization



Gambar 13. Mutual coupling Cross-Polarization

menunjukkan hasil Cross-Polarization lebih baik. Namun, meskipun Cross-Polarization lebih baik dari pada Co-Polarization, pengamatan dalam segi bitrate dan SNR juga harus dilakukan agar mengetahui susunan konfigurasi yang paling baik dari sisi pengiriman data.

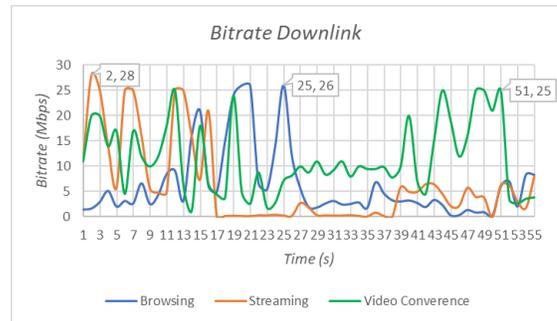
Pada konfigurasi Cross-Polarization polarisasi yang digunakan adalah polarisasi sirkular. Nilai simulasi dari polarisasi sirkular dapat dilihat pada Gambar 12.

Nilai pengukuran dapat dihitung menggunakan persamaan 12. Dari persamaan tersebut di dapat nilai axial ratio 1,322 dB. Nilai ini menunjukkan bahwa baik simulasi ataupun pengukuran merupakan polarisasi sirkular.

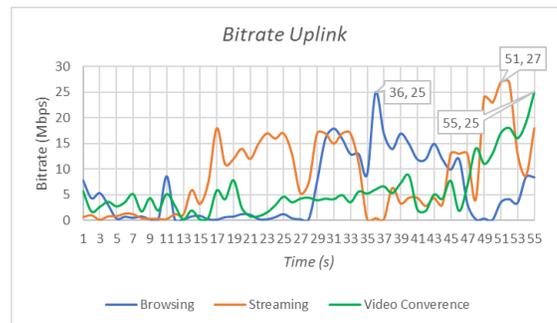
Pembahasan mutual coupling juga dilakukan pada Cross-Polarization. Pada Gambar 13 menunjukkan nilai mutual coupling antar elemen antenna. Antena satu terhadap antenna dua memiliki nilai mutual coupling -25,568 dB. Antena lima terhadap antenna satu memiliki nilai mutual coupling -28,942 dB. Dan antenna enam terhadap antenna satu adalah -30 dB.

3.2 Analisis Hasil Pengujian

Penggunaan polarisasi pada antenna dapat mempengaruhi nilai bitrate, SNR, dan kapasitas kanal yang didapatkan. Antena akan diukur dengan basis layanan internet. Nilai bitrate, SNR (Signal to Noise Ratio), dan kapasitas kanal didapatkan dari hasil pengujian pada masing-masing antenna. Data bitrate diambil dari sisi eNB sebagai pengirim ketika pengguna melakukan aktifitas browsing, streaming video, dan panggilan video.



Gambar 14. Bitrate Downlink Co-Polarization



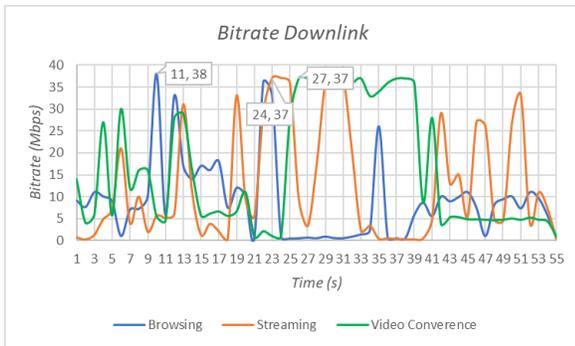
Gambar 15. Bitrate Uplink Co-Polarization

3.2.1 Bitrate

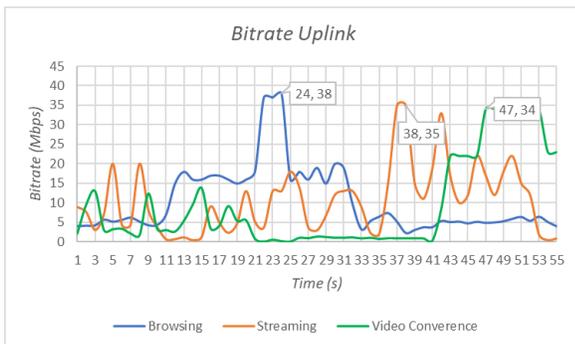
Bitrate merupakan kecepatan laju data ketika antenna digunakan [2]. Setelah antenna konfigurasi di fabrikasi kemudian dilakukan integrasi dengan OpenLTE sebagai sistemnya. Bitrate dapat dilihat dari sisi downlink dan uplink. Grafik nilai bitrate Co-Polarization bagian downlink dapat dilihat pada Gambar 14 dan pada bagian uplink dapat dilihat pada Gambar 15. Melalui grafik ini dapat dilihat bitrate yang dihasilkan cukup tinggi untuk akses layanan selama 55 detik waktu pengujian.

Konfigurasi Cross-Polarization juga dilakukan integrasi dengan sistem OpenLTE, hal ini dilakukan guna membandingkan antara masing-masing konfigurasi antenna. Grafik nilai bitrate Cross-Polarization bagian downlink dapat dilihat pada Gambar 16 dan bagian uplink dapat dilihat Gambar 17.

Dari grafik bitrate Co-Polarization dan Cross-Polarization terlihat bahwa bitrate Cross-polarization lebih tinggi yaitu pada downlink mencapai 38 Mbps dan pada sisi uplink mencapai 38 Mbps dibandingkan dengan Co-Polarization yang hanya menghasilkan downlink 28 Mbps dan sisi uplink 27 Mbps. Dengan demikian, penggunaan susunan polarisasi dan jumlah antenna mampu meningkatkan jumlah bitrate, semakin tinggi nilai bitrate yang dihasilkan kualitas media nya juga akan semakin bagus. Selain itu, ukuran dari media tersebut juga akan semakin besar [19].



Gambar 16. Bitrate Downlink Cross-Polarization

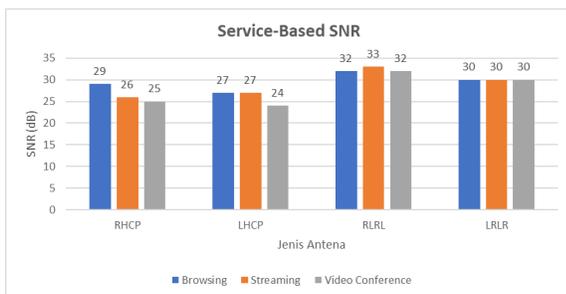


Gambar 17. Bitrate Uplink Cross-Polarization

3.2.2 SNR (Signal to Noise Ratio)

SNR (Signal to Noise Ratio) merupakan ukuran yang digunakan untuk membandingkan kekuatan sinyal yang diharapkan dengan tingkat noise yang tidak diinginkan. SNR diukur dalam satuan decible (dB) [20]. Gambar 18 menunjukkan perbandingan nilai SNR dari masing-masing konfigurasi.

Nilai SNR melebihi 0 dB, menunjukkan bahwa level sinyal lebih tinggi dari pada tingkat noise. Semakin tinggi nilai SNR, semakin tinggi kualitas sinyal yang diperoleh. Pada Gambar 18 didapatkan nilai SNR



Gambar 18. Perbandingan SNR Co-Polarization (RHCP dan LHCP) dan Cross-Polarization (RLRL dan LRLR)

tertinggi dari Co-Polarization sebesar 29 dB, dan Cross-Polarization 33 dB. Diantara konfigurasi antena tersebut, tidak banyak terlihat perbedaan yang signifikan, namun SNR dari Cross-Polarization terlihat lebih besar sehingga dapat memberikan layanan jaringan yang lebih baik dari pada Co-Polarization. Peningkatan nilai SNR pada Cross-Polarization juga disebabkan rendahnya nilai return loss dan mutual coupling yang di dapat dibandingkan dengan Co-Polarization.

3.2.3 Kapasitas Kanal

Kapasitas kanal merujuk pada tingkat maksimum kecepatan pengiriman data dengan tingkat probabilitas kesalahan yang rendah [21]. Dalam konteks penilaian kapasitas kanal, efisiensi spektral adalah jumlah dari banyak efisiensi pengiriman data di dalam satu sel dalam jaringan seluler [22]. Perhitungan kapasitas kanal secara teori dapat dihitung menggunakan hukum Shannon pada persamaan 13:

$$C = n.B \log_2.(1 + SNR) \quad (13)$$

Kapasitas kanal sangat bergantung pada nilai SNR, bandwidth, dan jumlah antena yang digunakan. Bandwidth pada perangkat USRP yang digunakan adalah 10 MHz. Setelah menghitung nilai kapasitas kanal pada persamaan (13) maka di dapat hasil kapasitas kanal antara Co-Polarization dan Cross-Polarization pada Tabel 5.

Kapasitas kanal diuji berdasarkan akses layanan, seperti browsing, streaming video, dan video conference. Tabel 5 menunjukkan nilai kapasitas kanal tertinggi diperoleh pada saat mengakses layanan browsing dan streaming video menggunakan konfigurasi Cross-Polarization. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penerapan konsep antena MIMO yang melibatkan lebih dari satu jalur transmisi dapat meningkatkan efisiensi penggunaan bandwidth dan kapasitas kanal.

4. Kesimpulan

Dalam penelitian ini, diberikan penjelasan mengenai pengaruh polarisasi diversity terhadap bitrate pada openLTE sistem. Dari penelitian ini menunjukkan bahwa jumlah elemen antena sangat berpengaruh pada jumlah bitrate, SNR, dan kapasitas kanal yang dihasilkan. Dalam hal ini penggunaan MIMO dapat efektif meningkatkan kinerja antena dan kualitas sinyal. Susunan polarisasi antena dengan 8 elemen antena menggunakan konfigurasi Cross - polarization dapat menghasilkan bitrate yang cukup tinggi saat melakukan aktifitas layanan yaitu mencapai 38 Mbps dibandingkan dengan Co-polarization yang hanya menghasilkan 28 Mbps pada jumlah bitrte nya. Cross-polarization memiliki nilai yang lebih tinggi dari Cross-polarization dikarenakan nilai mutual coupling dan return loss pada konfigurasi ini sudah di pertimbangkan serendah

Tabel 5. Hasil Kapasitas Kanal antara Co-Polarization dan Cross-Polarization

Jenis Antena	Layanan Internet	Kapasitas Kanal (Mbps)
Co-polarization	Browsing	752,496
	Streaming video	619,505
	Video conference	616,620
Cross-polarization	Browsing	826,343
	Streaming video	826,343
	Video conference	817,653

mungkin. Sedangkan disisi SNR Cross-polarization juga menghasilkan nilai yang cukup untuk akses layanan sebesar 33 dB, pada Co-polarization nilai SNR yang dihasilkan sebesar 29 dB. Cross-Polarization juga mampu meningkatkan kapasitas kanal dengan nilai 826.343 Mbps pada akses layanan browsing dan streaming video. Maka dari itu, untuk meningkatkan kapasitas sistem MIMO susunan polarisasi sangat diperhatikan.

Daftar Pustaka

- [1] G. Salami, S. Burley, O. Durowoju, and C. Kellett, "LTE indoor small cell capacity and coverage comparison," *IEEE International Symposium on Personal, Indoor and Mobile Radio Communications, PIMRC*, pp. 66–70, 2013, doi: 10.1109/PIMRCW.2013.6707838.
- [2] D. ARYANTA, "Analisis Kinerja Single User Troughput 5G NR pada Sel Indoor dengan Antena MIMO," *ELKOMIKA: Jurnal Teknik Energi Elektrik, Teknik Telekomunikasi, & Teknik Elektronika*, vol. 10, no. 3, p. 500, Jul. 2022, doi: 10.26760/elkomika.v10i3.500.
- [3] A. T. Hasani and T. Yuwono, "Desain Antena Lte Mimo 4x4 Pifa (Plannar Inverted-F Antena) Pada Frekuensi 2.3 GHz.", Tugas Akhir, Fakultas Teknik Elektro, Universitas Islam Indonesia, 2018
- [4] A. S. Ruswanditya, H. Wijanto, and Y. Wahyu, "Antena Microstrip Mimo 8x8 Array 2 Patch Rectangular H-Slot Untuk Radio Akses 5G Frekuensi 15 GHz.", *Teknika*, vol 2, no 1, 2017
- [5] P. Uetomo, B. Sumajudin, and T. Yunita, "Analisis Antena MIMO 2x2 Berdasarkan Diversitas Polarisasi," vol. 8, no. 6, pp. 11492–11501, 2021.
- [6] R. P. Astuti, E. L. Wijaya, T. Yunita, and H. H. Ryanu, "Optimum Polarization Configuration of Planar Circular Patch MIMO Antena," *JURNAL INFOTEL*, vol. 14, no. 1, pp. 20–29, Feb. 2022, doi: 10.20895/infotel.v14i1.748.
- [7] M. B. Simanjuntak et al., "Analisis Pengaruh Mutual Coupling Terhadap Kapasitas Sistem Mimo Yang Menggunakan Antena Berpolarisasi Sirkular," vol. 8, no. 6, pp. 2668–2676, 2022.
- [8] S. Gamawati, E. Lestari, H. Wijanto, and Y. Wahyu, "Perancangan Dan Realisasi Antena Mikrostrip Bentuk E Modifikasi Dengan Elemen Parasit Untuk Radio Altimeter Pada Frekuensi 4 . 2 – 4 . 4 Ghz," *Jurnal Universitas Sumatera Utara*, vol. 2, no. 2, pp. 2498–2504, 2015.
- [9] R. P. Astuti, T. Yunita, and L. Meylani, "Konfigurasi Optimum pada Susunan Linear Antena MIMO Mikrostrip Polarisasi Sirkular," *ELKOMIKA: Jurnal Teknik Energi Elektrik, Teknik Telekomunikasi, & Teknik Elektronika*, vol. 10, no. 1, p. 118, 2022, doi: 10.26760/elkomika.v10i1.118.
- [10] D. Paragya and H. Siswono, "3.5 GHz Rectangular Patch Microstrip Antena with Defected Ground Structure for 5G," *ELKOMIKA: Jurnal Teknik Energi Elektrik, Teknik Telekomunikasi, & Teknik Elektronika*, vol. 8, no. 1, p. 31, Jan. 2020, doi: 10.26760/elkomika.v8i1.31.
- [11] M. R. Sumpena, "Desain dan Realisasi Antena Mikrostrip Rectangular Patch 4x2 Untuk Aplikasi 5G," pp. 26–27, 2020.
- [12] D. H. Junico, R. P. Astuti, and T. Yunita, "Analisis Performansi Kanal Mimo Menggunakan Teknik Diversitas Polarisasi Antena Mimo Channel Performance Analysis Using Antena Polarization Diversity Techniques," *e-Proceeding of Engineering*, vol. 9, no. 2, pp. 351–361, 2022, [Online]. Available: <https://openlibrarypublications.telkomuniversity.ac.id/index.php/engineering/article/view/17576/17321>
- [13] E. Cau et al., "Efficient exploitation of mobile edge computing for virtualized 5G in EPC architectures," *Proceedings - 2016 4th IEEE International Conference on Mobile Cloud Computing, Services, and Engineering, MobileCloud 2016*, no. December, pp. 100–109, 2016, doi: 10.1109/MobileCloud.2016.24.
- [14] srsRAN, "srsRAN 4G Documentation," 2023.
- [15] A. Kurniadi et al., "Pengaruh Penggunaan Isolation Wall pada Sistem Antena MIMO dengan Polarisasi Circular Terhadap Penurunan Mutual Coupling The Effect of The Use of Isolation Wall on MIMO Antena

- Systems With Circular Polarization on The Decrease of Mutual Coupling,” vol. 10, no. 3, pp. 2207–2210, 2023.
- [16] G. D. Shahputra, B. Sumajudin, F. T. Elektro, and U. Telkom, “Nilai S-Parameter Pada Sistem Antenamimo 4x4 Patch Circular Analysis Of The Effect Of Polarization Arrangementon The Value Of S-Parameters On A Circular Mimo 4x4patch Antena System”, Tugas Akhir, Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom, 2023
- [17] G. Dewangga, L. O. Nur, and B. Syihabbudin, “Antena Mikrostrip Single Feed Dual Band Frekuensi15 GHz dan 28 GHz Polarisasi Sirkular Patch Persegi dengan Slot Silang pada Jaringan 5G,” vol. 6, no. 2, pp. 3601–3608, 2020.
- [18] J. Syahputra, “Perancangan Dan Realisasi Antena Mimo 2x2 Patch Circular Menggunakan Metode Defected Ground Structure (DGS) Untuk Meningkatkan Gain Dan Memperkecil Mutual Coupling”, Tugas Akhir, Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom, 2023
- [19] E. Ghayoula, A. Bouallegue, R. Ghayoula, and J.-Y. Chouinard, “Engineering Science and Technology Review Capacity and Performance of MIMO systems for Wireless Communications,” 2014. [Online]. Available: www.jestr.org
- [20] A. D. Haq, I. Santoso, and Z. A. A. Macrina, “Estimasi Signal To Noise Ratio (SNR) Menggunakan Metode Korelasi,” *Transient*, vol. 1, no. 4, pp. 1–8, 2012.
- [21] A. Rizki, A. A. Pramudita, and T. Yunita, “Pengaruh Penyusunan Polarisasi Pada Sistem Antena Mimo Terhadap Kapasitas Kanal,” *TEKTRIKA - Jurnal Penelitian dan Pengembangan Telekomunikasi, Kendali, Komputer, Elektrik, dan Elektronika*, vol. 5, no. 1, p. 13, 2020, doi: 10.25124/tektrika.v5i1.3240.
- [22] X. Liu and M. E. Bialkowski, “Effect of antenna mutual coupling on MIMO channel estimation and capacity,” *Int J Antenas Propag*, vol. 2010, 2010, doi: 10.1155/2010/306173.