

ANALISIS PERFORMANSI PENYUSUNAN POLARISASI *CIRCULAR* PADA SISTEM ANTENA MIMO 4X4 *PATCH RECTANGULAR* *PERFORMANCE ANALYSIS OF CIRCULAR POLARIZATION ARRANGEMENT ON THE RECTANGULAR PATCH 4X4 MIMO ANTENNA SYSTEM*

Ahmad Rizaldy Rahman¹, Bambang Sumajudin², Trasma Yunita.³

^{1,3}Prodi S1 Teknik Telekomunikasi, Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom

¹ahmadrizaldy@telkomuniversity.ac.id, ²sumajudin@telkomuniversity.ac.id,

³trasmayunita@telkomuniversity.ac.id

Abstrak

Teknologi *Fifth Generation* (5G) memberikan layanan *live streaming* dengan *latency* kurang dari 1ms. Untuk memenuhi kebutuhan pengguna, teknologi 5G mengadopsi penggunaan sistem *Multiple Input Multiple Output* (MIMO) dengan memperhatikan aspek *mutual coupling* yang rendah agar daya yang dipancarkan tidak diterima oleh antena lainnya. Menteri Komunikasi dan Informatika (Menkominfo) menyiapkan spektrum frekuensi 3,5 GHz untuk pengaplikasian 5G di Indonesia. Tugas akhir ini dilakukan kajian terhadap pengaruh penyusunan polarisasi *circular* pada sistem antena MIMO 4x4 dengan melihat *return loss*, *mutual coupling*, dan *bandwidth*. Menggunakan spesifikasi antena MIMO mikrostrip *patch rectangular* yang bekerja pada frekuensi 3,5 GHz sesuai dengan frekuensi yang akan digunakan di Indonesia dan menggunakan metode *truncated*. Selain itu penelitian ini bertujuan untuk melihat sejauh mana pengaruh dari penyusunan polarisasi *circular* pada sistem antena MIMO 4x4 *patch rectangular*. Pengaturan polarisasi pada elemen patch sirkular untuk antena MIMO pada konfigurasi polarisasi *cross-polarization* dapat meningkatkan nilai *return loss* pada elemen antena. Selain itu, Hasil *mutual coupling* yang didapatkan pada simulasi antena MIMO 4x4 *co-polarization* dan *cross-polarization* tidak memiliki perbedaan nilai yang begitu signifikan. Berdasarkan pengaturan polarisasi konfigurasi *cross-polarization* (RHCP-LHCP) dan *co polarization* (LHCP dan RHCP) pada antena MIMO, konfigurasi *cross-polarization* memiliki nilai *mutual coupling* yang dihasilkan lebih rendah dengan nilai tertinggi -21,821 dB pada MC8,12 dan -20,620 dB pada MC6,11 untuk konfigurasi *co-polarization* (LHCP dan RHCP).

Kata kunci : antena, MIMO, *return loss*, *mutual coupling*, *bandwidth*, polarisasi

Abstract

Fifth Generation (5G) technology provides *live streaming* services with a *latency* of less than 1ms. To meet the needs of users, 5G technology adopts the use of a *Multiple Input Multiple Output* (MIMO) system with low interconnected aspect so that the emitted power is not received by other antennas. The Minister of Communication and Informatics (Menkominfo) prepares a 3.5 GHz frequency spectrum for 5G application in Indonesia. Therefore, this final project studies the effect of circular polarization on the MIMO 4x4 antenna system by looking at *return loss*, *mutual coupling*, and *bandwidth*. Using MIMO antenna specification rectangular microstrip patch that works at a frequency of 3.5 GHz in accordance with the frequencies to be used in Indonesia and using truncated method. In addition, this study aims to see the effect of circular polarization on the 4x4 MIMO antenna system. Polarizing the circular patch element for MIMO antennas in *cross-polarization* polarization configurations can increase the *return loss* value of antenna elements. In addition, the *mutual coupling* results obtained in mimo antenna simulation 4x4 *co-polarization* and *cross-polarization* did not have significant value differences. Based on the *cross-polarization* (RHCP-LHCP) and *co polarization* (LHCP and RHCP) configuration settings on mimo antennas, *Cross-polarization* configurations have lower resulting *mutual coupling* values with the highest values of -21,821 dB at MC8,12 and -20,620 dB at MC6,11 for *co-polarization* (LHCP and RHCP).

Keywords : antenna, MIMO, *return loss*, *mutual coupling*, *bandwidth*, polarization

1. Pendahuluan

Teknologi *Fifth Generation* (5G) memberikan layanan *live streaming* dengan *latency* kurang dari 1ms serta kecepatan transfer data tinggi untuk memenuhi kebutuhan pengguna [1][2]. Penggunaan spektrum secara global diatur oleh *International Telecommunication Union* for

Radiocommunication (ITU-R) [3]. Penggunaan spektrum 5G terbagi dalam tiga rentang frekuensi diantaranya: Sub-1 GHz, 1-6 GHz dan di atas 6 GHz. Frekuensi Sub-1-6 GHz memberikan layanan berupa cakupan dan kapasitas yang baik. Dalam hal ini, spektrum 3,3-3,8 GHz diharapkan menjadi dasar dari layanan 5G [4]. Menteri Komunikasi dan Informatika (Menkominfo) menyiapkan spektrum frekuensi 3,5 GHz untuk pengaplikasian 5G di Indonesia [5].

Oleh sebab itu, teknologi 5G mengadopsi penggunaan sistem *Multiple Input Multiple Output* (MIMO). Sistem MIMO adalah sistem penggunaan lebih dari satu elemen antenna pada sisi *transmitter* dan *receiver* yang bertujuan meningkatkan kapasitas *throughput* serta link *range* tanpa meningkatkan *bandwidth* [6]. Penelitian sebelumnya [7][8][9] menunjukkan bahwa dalam perancangan sistem antenna MIMO tidak hanya dipengaruhi oleh jumlah antenna, tetapi juga dipengaruhi oleh karakteristik antenna serta penyusunannya. Selain itu mensyaratkan aspek *mutual coupling* yang rendah agar daya yang dipancarkan tidak diterima oleh antenna lainnya. Dalam mengurangi tingkat *mutual coupling* ada beberapa cara yang bisa digunakan. Orientasi polarisasi silang cenderung menghasilkan penurunan faktor kehilangan polarisasi dan berkurangnya tingkat kopling. Konfigurasi elemen antenna dengan polarisasi yang berbeda melingkar ke arah kanan (RHCP) dan kiri (LHCP) telah dianggap sebagai upaya untuk mengurangi tingkat kopling antar elemen dalam sistem MIMO [10].

Berdasarkan latar belakang tersebut, Tugas Akhir ini menggunakan antenna MIMO *mikrostrip patch rectangular* yang bekerja pada frekuensi 3,5 GHz sesuai dengan frekuensi yang akan digunakan di Indonesia. Selain itu menggunakan teknik *corner truncated* untuk mendapatkan polarisasi *circular*. Polarisasi *circular* terdiri dari *co-polarization* dengan konfigurasi LHCP dan RHCP, sedangkan *cross-polarization* dengan konfigurasi RHCP-LHCP. Tugas Akhir ini melakukan analisis performansi penyusunan polarisasi *circular* pada sistem antenna MIMO 4x4 *patch rectangular*.

2. Dasar Teori

2.1. Fifth Generation (5G)

Teknologi *Fifth Generation* (5G) saat ini masih terus berlangsung dalam tahap penelitian salah satunya memberikan layanan *live streaming* dengan *latency* kurang dari 1ms serta kecepatan transfer data tinggi untuk memenuhi kebutuhan pengguna [1] [2]. *International Telecommunication Union for Radiocommunication* (ITU-R) mengusulkan bahwa jaringan 5G harus memenuhi persyaratan seperti pada Tabel 1.1 [11]. Penggunaan spektrum 5G terbagi dalam tiga rentang frekuensi diantaranya: Sub 1 GHz, 1 – 6 GHz dan di atas 6 GHz. Frekuensi Sub 1 – 6 GHz memberikan layanan berupa cakupan dan kapasitas yang baik. Dalam hal ini, spektrum 3,3 – 3,8 GHz diharapkan menjadi dasar dari layanan 5G [4]. Untuk penggunaan spektrum frekuensi di Indonesia adalah 3,5 GHz sesuai dengan pernyataan dari Menteri Komunikasi dan Informatika (Menkominfo) [5].

2.2. Antena

2.2.1. Antena Mikrostrip

Antena mikrostrip terdiri dari tiga lapisan penyusunan yaitu lapisan teratas adalah *patch* yang berfungsi sebagai pemancar gelombang elektromagnetik ke udara. Lapisan tengah adalah *substrat* yang berfungsi sebagai media penghantar gelombang elektromagnetik dari sistem pencatutan dan lapisan terbawah adalah *groundplane* yang berfungsi sebagai reflektor sinyal yang tidak diinginkan [12]. Antena mikrostrip *patch rectangular* adalah salah satu jenis antenna mikrostrip yang sering digunakan karena memiliki kemudahan dalam perancangan, analisis serta bentuk yang sederhana hanya membutuhkan variabel lebar (W), panjang (L), tebal dielektrik (h), konstanta dielektrik substrat (ϵ_r), dan tebal konduktor (t) [11]. Untuk menghitung dimensi antenna, digunakan persamaan sebagai berikut [11]:

- a. Lebar *patch* (W)

$$W = \frac{c}{2f_r \sqrt{\frac{\epsilon_r + 1}{2}}}, \quad (2.1)$$

W adalah lebar konduktor, f_r adalah frekuensi kerja antenna, ϵ_r adalah panjang gelombang diudara dan c adalah kecepatan cahaya ($3 \times 10^8 \text{ m/s}$).

- b. Panjang *patch* (L)

$$\epsilon_{\text{reff}} = \frac{\epsilon_r + 1}{2} + \frac{\epsilon_r - 1}{2} \left(\frac{1}{\sqrt{1 + \frac{12h}{w}}} \right), \quad (2.2)$$

$$L_{\text{eff}} = \frac{c}{2f_r \sqrt{\epsilon_{\text{reff}}}}, \quad (2.3)$$

$$\Delta L = 0,412h \frac{(\epsilon_{\text{reff}} + 0,3) \left(\frac{w}{h} + 0,264 \right)}{(\epsilon_{\text{reff}} - 0,258) \left(\frac{w}{h} + 0,8 \right)}, \quad (2.4)$$

$$L = L_{\text{eff}} - 2\Delta L. \quad (2.5)$$

c. Dimensi Substrat dan Groundplane antenna

Perhitungan substrat dan groundplane antenna dengan menggunakan rumus [11]:

$$L_s = 6h + L_{\text{patch}}, \quad (2.6)$$

$$W_s = 6h + W_{\text{patch}}. \quad (2.7)$$

2.3. Multiple Input Multiple Output (MIMO)

Multiple Input Multiple Output (MIMO) adalah sistem penyusunan dimana jumlah antenna pada transmitter maupun receiver lebih dari satu antenna yang mempunyai penyusunan lebih dari satu antenna, dimana sinyal receiver dipengaruhi oleh antenna satu dengan yang lainnya. Maka dari itu dalam perancangan suatu antenna dengan sistem MIMO perlu memperhatikan korelasi antara antenna satu dengan yang lainnya.

2.4. Scattering Parameter

2.4.1. Return Loss

Return loss adalah parameter yang digunakan untuk mengetahui banyaknya daya yang hilang pada beban. *Return loss* terjadi ketika impedansi saluran transmisi dan antenna *mismatched* didefinisikan:

$$RL = -20 \log |\Gamma|. \quad (2.11)$$

Γ adalah nilai koefisien pantul. Apabila nilai $\Gamma = 0$ maka nilai *return loss* tidak ada daya yang dipantulkan. Apabila nilai $\Gamma = 1$ maka semua daya dipantulkan [13].

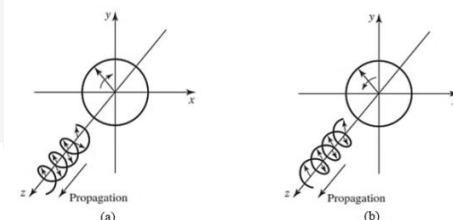
2.4.2. Mutual Coupling

Dalam perancangan antenna MIMO mempertimbangkan aspek *mutual coupling* yang rendah agar daya pancar tidak diterima oleh antenna lainnya. Efek *mutual coupling* dapat mempengaruhi performansi sistem MIMO. Maka dari itu diperlukan teknik untuk mengatur *mutual coupling* dengan mengatur jarak antar antenna dan *mutual coupling* yang diharapkan bernilai $\leq -20 \text{ dB}$ [14]. Sebagai contoh menghitung *coupling* dengan menggunakan S_{21} [13]:

$$MC = -10 \log_{10} |S_{21}|^2. \quad (2.12)$$

2.5. Polarisasi Circular

Polarisasi adalah arah getaran dari gelombang elektromagnetik yang dipancarkan antenna. Polarisasi terdiri dari *linear*, *circular* dan *elliptical* [11]. Polarisasi *circular* adalah polarisasi yang arah gelombangnya terpolarisasi pada arah dan titik memutar *clockwise* dan *counter clockwise* sehingga membuat pola lingkaran dan memiliki nilai *axial ratio* $0 < AR \leq 3 \text{ dB}$.

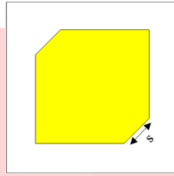


Gambar 1 Polarisasi circular (a) LHCP; (b) RHCP.

Pada gambar 2.1 (a) rotasi polarisasi bergerak *clockwise* maka polarisasinya *Left Hand Circular Polarization* (LHCP), sedangkan pada gambar 2.3 (b) rotasi polarisasi bergerak *counter clockwise* maka polarisasinya *Right Hand Circular Polarization* (RHCP) [16].

2.6. Metode *Truncated*

Metode *truncated* adalah teknik yang digunakan untuk mengubah orientasi polarisasi antenna menjadi *circular* [13]. Teknik tersebut dilakukan dengan cara memotong kedua ujung *patch* pada antenna mikrostrip [16] seperti Gambar 2.



Gambar 2 Polarisasi *circular* (a) LHCP; (b) RHCP.

Perpotongan ujung *patch* membentuk segitiga siku-siku dengan panjang dari kedua sisi segitiga adalah sama. Menggunakan persamaan seperti [15]:

$$s = \sqrt{\Delta S}, \quad (2.13)$$

ΔS adalah luas perpotongan sudut antenna yang didapat dari [15]:

$$\frac{\Delta S}{W} = \frac{1}{2Q}, \quad (2.14)$$

W menyatakan luas *patch* antenna, sedangkan Q menyatakan faktor kualitas *patch* antenna yang didapatkan dari [15]:

$$Q = \frac{f_0}{BW_n}. \quad (2.15)$$

f_0 adalah frekuensi tengah antenna sebelum *truncation*, dan BW_n adalah *bandwidth* dari antenna.

3. Perancangan

3.1. Desain Sistem

Dalam perancangan desain antenna yang digunakan pada Tugas Akhir ini adalah antenna mikrostrip MIMO *patch rectangular* dengan menggunakan teknik *corner truncated* pada *patch* untuk mendapatkan polarisasi *circular* yang bekerja pada frekuensi 3,5GHz. Tugas Akhir ini difokuskan pada analisis performansi pengaruh dari penyusunan polarisasi *circular* pada sistem antenna MIMO. Polarisasi *circular* dipilih karena posisi dari *Left Hand Circular Polarization* (LHCP) dan *Right Hand Circular Polarization* (RHCP) yang *orthogonal* dan dari penyusunan polarisasi dapat mengurangi *coupling* antar elemen antenna *Multiple Input Multiple Output* (MIMO).

Tabel 1 Spesifikasi antenna.

Spesifikasi	Deskripsi
Jenis Antena	Antena MIMO
Bentuk Antena	<i>Rectangular</i>
Frekuensi Kerja	3,5 GHz
<i>Return loss</i>	≤ -10 dB
<i>Mutual Coupling</i>	≤ -20 dB
Polarisasi	LHCP/RHCP (AR ≤ 3 dB)
<i>Bandwidth</i>	100 MHz

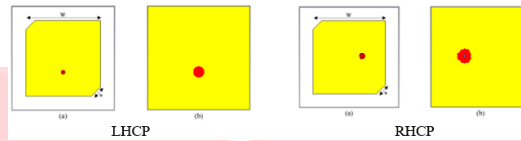
3.2. Simulasi Antena

Tugas Akhir ini mendesain antenna satu elemen secara sistematis menggunakan persamaan (2.1) s.d (2.7) untuk mendapatkan dimensi antenna. Setelah mendapatkan dimensi antenna, perhitungan dilanjutkan dengan menghitung *corner truncated* pada *patch* dengan menggunakan persamaan (2.13) s.d (2.15). Setelah spesifikasi dari antenna satu elemen didapatkan maka penelitian dilanjutkan dengan mendesain antenna MIMO 4×4 yang terdiri dari *co-polarization* konfigurasi LHCP dan RHCP, dan *cross-polarization* konfigurasi RHCP-LHCP. Optimasi dilakukan hingga spesifikasi antenna tercapai. Tabel 2 merupakan ukuran dimensi antenna yang telah dirancang.

Tabel 2 Dimensi antenna.

Parameter	Nilai (mm)	Keterangan
W	22,679	Dimensi <i>patch</i>
Ws	30,809	Dimensi <i>substrat</i> dan <i>groundplane</i>
a	2,35	<i>Corner truncated</i>
f	5,7	Letak catuan
h	0,813	Tebal <i>substrat</i>
t	0,035	Tebal <i>copper</i>

Gambar 3 desain antenna tampak depan dan belakang dengan menggunakan metode *truncated* konfigurasi LHCP dan RHCP. Simulasi antenna satu elemen menggunakan spesifikasi pada Tabel 2.



Gambar 3 Antena satu elemen dengan metode *truncated* (a) tampak depan; (b) tampak belakang.

Perancangan awal antenna menggunakan konfigurasi LHCP dan RHCP, dimensi yang telah dihitung kemudian didesain menggunakan *software* sehingga mendapatkan hasil sesuai pada tabel 1. Peletakan catuan pada simulasi diletakkan pada koordinat X dan Y. Konfigurasi LHCP diletakkan pada koordinat Y negatif, dan konfigurasi RHCP diletakkan pada koordinat X positif. Hasil *return loss*, *bandwith* dan *axial ratio* yang didapatkan pada simulasi antenna satu elemen memenuhi target dari spesifikasi antenna yang ditunjukkan pada Tabel 3.

Tabel 3 Hasil simulasi antenna satu elemen

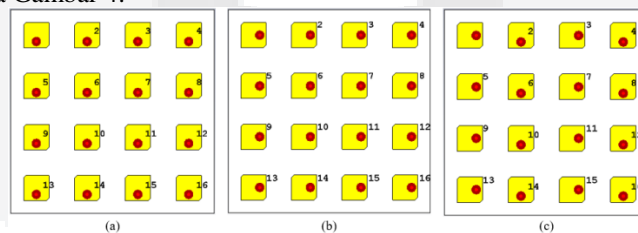
Parameter	LHCP	RHCP
<i>Return Loss</i>	-17,298 dB	-17,367 dB
<i>Axial Ratio</i>	1,335 dB	1,374 dB
<i>Bandwith</i>	101,9 MHz	101,7 MHz

Setelah mendapatkan antenna satu elemen, simulasi berlanjut pada antenna MIMO 4×4 yang terdiri dari *co-polarization* konfigurasi LHCP dan RHCP, dan *cross-polarization* konfigurasi RHCP-LHCP. Dilakukan penambahan parameter dimensi substrat (x) saat mendesain antenna MIMO dikarenakan dalam mendesain antenna MIMO perlu memperhatikan jarak antar *patch* antenna. Hal ini untuk menghindari korelasi antar *patch* antenna yang berdampak terhadap performansi keseluruhan *patch* antenna [9]. Optimasi dilakukan kembali hingga spesifikasi antenna MIMO 4×4 tercapai. Tabel 4 menunjukkan parameter simulasi antenna MIMO 4×4 .

Tabel 4 Parameter simulasi antenna MIMO 4×4

Parameter	Nilai (mm)	Keterangan
<i>W</i>	22,679	Dimensi <i>patch</i>
<i>Ws</i>	30,809	Dimensi <i>groundplane</i>
<i>a</i>	2,35	Corner <i>truncated</i>
<i>f</i>	5,7	Letak catuan
<i>h</i>	0,813	Tebal <i>substrat</i>
<i>t</i>	0,035	Tebal <i>copper</i>
<i>x</i>	45,5	Dimensi <i>substrat</i>

Setelah mendapatkan hasil simulasi dari antenna MIMO 4×4 *co-polarization* dan *cross-polarization*, penelitian dilanjutkan dengan analisis hasil simulasi yang telah dilakukan dan desain antenna seperti pada Gambar 4.



Gambar 4 Desain antenna MIMO 4×4 *co-polarization* LHCP (a), RHCP (b) dan *cross-polarization* RHCP-LHCP (c)

4. Analisis

4.1. Return Loss

Perbandingan dari hasil nilai *return loss* konfigurasi *co-polarization* dan *cross-polarization* terdapat pada Tabel 5

Tabel 5 Perbandingan *return loss co-polarization* dan *cross-polarization* pada frekuensi 3,5 GHz.

Return loss	Co-polarization		Cross-polarization
	LHCP	RHCP	RHCP-LHCP
RL _{1,1}	-22,843	-22,878	-24,500
RL _{2,2}	-21,983	-25,146	-16,043
RL _{3,3}	-21,623	-25,097	-27,715
RL _{4,4}	-23,882	-23,886	-18,072
RL _{5,5}	-25,106	-21,954	-23,618
RL _{6,6}	-22,650	-22,648	-16,471
RL _{7,7}	-22,261	-22,289	-25,726
RL _{8,8}	-25,075	-21,689	-17,782
RL _{9,9}	-25,100	-21,689	-23,581
RL _{10,10}	-22,312	-22,280	-16,434
RL _{11,11}	-22,643	-22,642	-26,100
RL _{12,12}	-25,142	-21,995	-17,557
RL _{13,13}	-23,901	-23,981	-25,640
RL _{14,14}	-21,688	-25,115	-16,337
RL _{15,15}	-21,999	-25,144	-28,162
RL _{16,16}	-22,903	-22,939	-16,520
Rata-rata	-23,194	-23,211	-21,266

Dari hasil tabel tersebut dapat dilihat bahwa konfigurasi *co-polarization* memiliki nilai yang hampir sama. Hal ini dikarenakan *co-polarization* memiliki peletakkan catuan sama pada tiap elemen antenanya dan yang membedakan hanya orientasi polarisasinya (LHCP dan RHCP). Sedangkan *cross-polarization* memiliki orientasi RHCP-LHCP. Hasil dari simulasi tersebut menunjukkan bahwa semua nilai *return loss* konfigurasi *co-polarization* dan *cross-polarization* memenuhi spesifikasi yang diharapkan. Selain itu dari hasil *return loss* antenna MIMO konfigurasi *co-polarization* dan *cross-polarization*, dapat dilihat nilai *bandwidth* dari masing-masing elemen *patch* antenna. Nilai *bandwidth* didapat dari $f_{upper} - f_{lower}$ pada rentang frekuensi kerja. Dari grafik *return loss* dapat melihat lebar *bandwidth* dari masing-masing *patch* konfigurasi *co-polarization* dan *cross-polarization*. Tabel 6 Dari grafik *return loss* dapat melihat lebar *bandwidth* dari masing-masing *patch* konfigurasi *co-polarization* dan *cross-polarization*.

Tabel 6 Nilai *bandwidth* konfigurasi *co-polarization* dan *cross-polarization* pada frekuensi 3,5 GHz

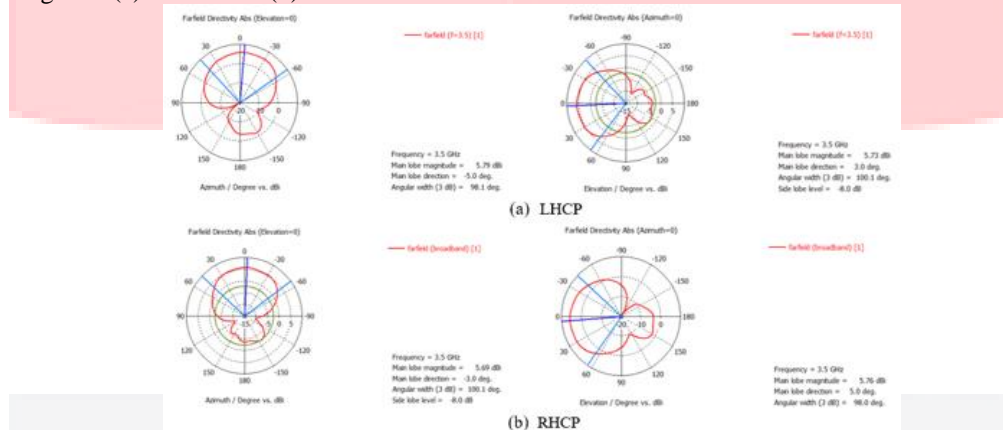
Bandwidth	Co-polarization		Cross-polarization
	LHCP	RHCP	RHCP-LHCP
Bw _{1,1}	93,6 MHz	93,4 MHz	93,8 MHz
Bw _{2,2}	92,7 MHz	96,5 MHz	94,1 MHz
Bw _{3,3}	92,4 MHz	96,4 MHz	97 MHz
Bw _{4,4}	94,2 MHz	94,3 MHz	96,6 MHz
Bw _{5,5}	96,5 MHz	92,6 MHz	92,9 MHz
Bw _{6,6}	95,3 MHz	95,3 MHz	100 MHz
Bw _{7,7}	94,9 MHz	95 MHz	96,3 MHz
Bw _{8,8}	96,3 MHz	92,4 MHz	99,8 MHz
Bw _{9,9}	96,4 MHz	92,2 MHz	92,8 MHz
Bw _{10,10}	95,0 MHz	94,9 MHz	99,8 MHz
Bw _{11,11}	95,3 MHz	95,3 MHz	96,7 MHz
Bw _{12,12}	96,4 MHz	92,6 MHz	99,5 MHz
Bw _{13,13}	94,3 MHz	94,2 MHz	94,4 MHz
Bw _{14,14}	92,5 MHz	96,3 MHz	94,5 MHz
Bw _{15,15}	92,6 MHz	96,4 MHz	96,7 MHz
Bw _{16,16}	93,6 MHz	93,4 MHz	94,5 MHz
Rata-rata	94,5 MHz	94,45 MHz	96,2125 MHz

4.2. Mutual Coupling

Hasil simulasi *mutual coupling* didapatkan dari nilai S-Parameter dengan acuan nilai dari *mutual coupling* ≤ -20 dB. Berdasarkan hasil simulasi, menunjukkan bahwa pengaruh penyusunan dari setiap elemen antenna yang dirancang tidak menyebabkan nilai *mutual coupling* berada diatas -20 dB. Hal ini disebabkan oleh dimensi *substrat*. Merujuk pada penelitian sebelumnya [17] dengan mendesain antenna yang memiliki *substrat* yang lebar. Lebarnya *substrat* membuat jarak dari masing-masing elemen *patch* semakin jauh yang berdampak pada level *coupling* antar elemen *patch* menjadi rendah (merujuk perancangan antenna MIMO mempertimbangkan *mutual coupling* yang rendah antar elemen *patch* agar daya yang dipancarkan tidak diterima oleh antenna sebelahnya). Dari hasil *mutual coupling* yang didapatkan merujuk pada teori dan penelitian [10] yang menyatakan bahwa penyusunan polarisasi mengarah pada *coupling* yang rendah dengan menunjukkan bahwa *mutual coupling* dari *cross-polarization* lebih rendah daripada *co-polarization* dikarenakan antenna MIMO konfigurasi *cross-polarization* menghasilkan polarisasi yang saling *orthogonal* yang mengakibatkan *Polarization Loss Factor* (PLF) sama dengan nol dan tidak ada daya yang diterima antar elemen.

4.3. Pola Radiasi

Perbandingan pola radiasi bertujuan untuk mengetahui perbedaan dari penyusunan polarisasi pada antenna konfigurasi LHCP dan RHCP yang digunakan untuk memudahkan visualisasi tiga dimensi. Pola radiasi terbagi menjadi dua bidang yaitu azimuth dan elevasi. Azimuth menggambarkan daya radiasi antenna dengan sumbu horizontal, sedangkan elevasi menggambarkan daya radiasi antenna dengan sumbu vertikal. Gambar 5 adalah pola radiasi azimuth dan elevasi konfigurasi (a) LHCP dan (b) RHCP.

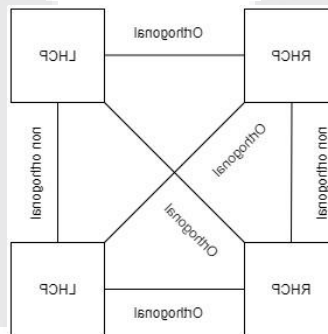


Gambar 5 Pola radiasi azimuth dan elevasi konfigurasi (a) LHCP dan (b) RHCP

Hasil simulasi menunjukkan bahwa pola radiasi antenna *unidirectional* (bentuk *beam* mengarah pada satu arah pancar yang sama dan terdapat sedikit *back lobe*)., selain itu penyusunan polarisasi tidak mempengaruhi pola radiasi yang dihasilkan baik LHCP dan RHCP. Hal ini dikarenakan desain yang dirancang menghadap pada arah bidang yang sama (sumbu z positif).

4.4. Polarisasi

Selain metode *truncated* yang digunakan untuk mendapatkan polarisasi *circular*, peletakan catuan port juga digunakan untuk menentukan orientasi polarisasi *circular*. Konfigurasi polarisasi yang dilakukan pada antenna MIMO dalam penelitian ini menghasilkan pengaruh pada nilai *mutual coupling*. Hal ini disebabkan polarisasi antar antenna yang saling mempengaruhi, dapat dilihat pada Gambar 6 konfigurasi *cross polarization* (RHCP-LHCP) memiliki polarisasi sirkular yang saling *orthogonal* yang mengakibatkan *Polarization Loss Factor* (PLF) sama dengan nol dan tidak ada daya yang diterima antar elemen. Sedangkan antenna konfigurasi *co-polarization* (LHCP dan RHCP) bersifat sebaliknya.



Gambar 6 Konfigurasi polarisasi (a) LHCP dan (b) RHCP.

4.5. Gain

Pada penelitian ini, dilihat bagaimana hasil dari gain pada simulasi antenna yang bekerja pada frekuensi 3,5 GHz. Nilai gain yang didapatkan dari antenna satu elemen yaitu 4,994 dB, nilai gain berpengaruh pada tiap elemen yang dihasilkan saat simulasi antenna MIMO, walaupun nilai gain

yang dihasilkan tidak memiliki pengaruh yang signifikan. Pada antenna MIMO konfigurasi cross-polarization memiliki peningkatan nilai gain dengan nilai gain tertinggi yang dihasilkan sebesar 6,028 dB.

5. Kesimpulan

Terkait dengan Tugas Akhir yang dilakukan, dapat disimpulkan bahwa:

Pengaturan polarisasi pada elemen patch sirkular untuk antenna MIMO pada konfigurasi polarisasi cross-polarization dapat meningkatkan nilai return loss pada elemen antenna. Berdasarkan pengaturan polarisasi konfigurasi *cross-polarization* (RHCP-LHCP) dan *co polarization* (LHCP dan RHCP) pada antenna MIMO, konfigurasi *cross-polarization* memiliki nilai mutual coupling yang dihasilkan lebih rendah dengan nilai tertinggi $-21,821\text{ dB}$ pada $MC_{8,12}$ dan $-20,620\text{ dB}$ pada $MC_{6,11}$ untuk konfigurasi *co-polarization* (LHCP dan RHCP). Pola radiasi yang dihasilkan LHCP maupun RHCP tidak memiliki perbedaan yang signifikan dan memiliki pola radiasi yang dipancarkan mendekati *unidirectional*

Referensi

- [1] N. Tuan, "Small Cell Networks and The Evolution," 2017. [Online] Available: <https://www.qorvo.com/design-hub/blog/small-cell-networks-and-the-evolution-of-5g>
- [2] G. S. A. White, P. Input, and H. Copyright, "5G-Oriented Indoor Digitalization Solution White Paper," no. November, 2017
- [3] H. Yoon, W. Chung, H. Jo, J. Lim, J. Yook, and H. Park, "Spectrum Requirements for the Future Development of IMT-2000 and Systems Beyond IMT-2000," vol. 8, no. 2, pp. 169–174, 2020
- [4] GSMA, "5G Spectrum," Public Policy Position, 2016
- [5] D. Hutabarat, "Menkominfo Siapkan Dua Spektrum 5G, Begini Skemanya," 2018. [Online]. Available: https://kominform.go.id/content/detail/4286/pengguna-internet-indonesia-nomor-enam-dunia/0/sorotan_media
- [6] F. S. Admaja, "Kajian Awal 5G Indonesia (5G Indonesia Early Preview)," Bul. Pos dan Telekomun., vol. 13, no. 2, pp. 97, 2015
- [7] X. Liu, M. Bialkowski and F. Wang, "Investigation into the Effects of Spatial Correlation on MIMO Channel Estimation and Capacity," 2008 4th International Conference on Wireless Communications, Networking and Mobile Computing, Dalian, 2008, pp. 1-4
- [8] J. W. Wallace and M. A. Jensen, "Mutual coupling in MIMO wireless systems: a rigorous network theory analysis," in IEEE Transactions on Wireless Communications, vol. 3, no. 4, pp. 1317-1325, July 2004
- [9] Xin Li and Zai-Ping Nie, "Mutual coupling effects on the performance of MIMO wireless channels," in IEEE Antennas and Wireless Propagation Letters, vol. 3, no. 1, pp. 344-347, Dec. 2004
- [10] E. Susanti, A. A. Pramudita, M. M. Rose, and others, "MIMO antenna with cross polarisation printed yagi elements for MIMO router," in Wireless and Telematics (ICWT), 2017 3rd International Conference on, 2017, pp. 65–69
- [11] C. A. Balanis, Antenna Theory Analysis and Design Third Edition, New York: John Wiley & Sons, Inc, 2005
- [12] A. Budiawan, H. Wijanto and Y. Wahyu, "Perancangan dan Realisasi Antena MIMO 4x4 Mikrostrip Patch Persegi Panjang 5.2 GHz untuk WiFi 802.11n," e-Proceeding of Engineering : vol.3, no.1, pp. 233, April 2016
- [13] D. M. Pozar, Microwave Engineering, United States of America: John Wiley & Sons, Inc, 2012
- [14] I. Ammar, "Perancangan dan Realisasi Plannar Inverted-F Antena untuk FDD pada Frekuensi 850 MHz, 1800 MHz dan TDD pada Frekuensi 2300 MHz," 2017
- [15] R. A. Sainati, CAD of Microstrip Antenna for Wireless Aplication, Norwood, United States: Artech House Inc, 1996
- [16] M. Shakeeb, Circularly Polarized Microstrip Antenna, Canada: Concordia University, 2010

- [17] R.S.Bhadade and S.P.Mahajan, "Circularly polarized 4x4 MIMO antenna for WLAN applications," *Electromagnetics*, vol.39, no.5, pp.325-342, 2019

