

PERANCANGAN DAN REALISASI ANTENA MIKROSTRIP ARRAY BERBENTUK PATCH SEGIENAM UNTUK MIMO 4X4 PADA FREKUENSI 15 GHZ

DESIGN AND REALIZATION OF HEXAGONAL PATCH MICROSTRIP ARRAY ANTENNA FOR MIMO 4X4 IN 15 GHZ APPLICATION

Alvian Raharjo Aji¹, Levy Olivia Nur², Budi Syihabuddin³

^{1,2,3} Prodi S1 Teknik Telekomunikasi, Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom

¹alvianra@student.telkomuniversity.ac.id, ²levyolivia@telkomuniversity.ac.id,

³budisyihab@telkomuniversity.ac.id

Abstrak

Frekuensi 15 GHz menjadi kandidat untuk penerapan teknologi 5G. Namun, konsekuensi dari penggunaan frekuensi tinggi ini adalah panjang gelombang yang ditransmisikan menjadi pendek dan rentan terhadap cuaca maupun *obstacles*. Selain itu juga mobilitas pengguna yang tinggi menyebabkan terjadinya banyak lintasan acak yang disebut *multipath fading*. Untuk itu diperlukan antenna dengan sistem MIMO (*Multiple Input Multiple Output*) yang menggunakan lebih dari satu antenna pada sisi pengirim maupun penerima.

Pada penelitian sebelumnya, telah dilakukan perancangan dan realisasi antenna MIMO 4 elemen *rectangular patch* dan slot berbentuk U dengan catuan *inset feed* untuk frekuensi 15 GHz. Pada tugas akhir ini dilakukan perancangan dan realisasi antenna MIMO 4 elemen dengan *hexagonal patch*, menggunakan substrat Rogers Duroid 5880 serta teknik catuan *proximity coupled* yang bekerja pada frekuensi 15 GHz.

Pada tugas akhir ini terealisasi antenna MIMO 4X4 *patch* segienam pada frekuensi 15 GHz dengan nilai S-Parameter rata-rata dibawah -15 dB pada rentang frekuensi 14,44 GHz - 15,74 GHz untuk antenna 1 dan antenna 2, sedangkan antenna 3 pada rentang frekuensi 14,42 GHz – 15,74 GHz dan antenna 4 pada rentang frekuensi 14,42 GHz – 15,76 GHz. Dengan rentang frekuensi tersebut setiap antenna memiliki *bandwidth* ≥ 1 GHz. *Gain* antenna 1,2,3, dan 4 masing-masing sebesar 9,051 dB, 9,126 dB, 9,140 dB, dan 9,106 dB. pola radiasi unidireksional, dan polarisasi elips.

Kata kunci : antenna mikrostrip hexagonal, mimo, 15 ghz, proximity coupled

Abstract

The 15 GHz frequency becomes a candidate for the application of 5G technology. However, the consequence of using this high frequency is the wavelength that is transmitted to be short and vulnerable to weather and obstacles. High user mobility leads to many random paths called *multipath fading*. For that we need an antenna with MIMO system (*Multiple Input Multiple Output*) which uses more than one antenna on the transmitter and receiver side.

In a previous research, design and realization was done with MIMO antenna *rectangular patch* 4 element, U-shaped slot, using *inset feed* technique for 15 GHz frequency. In this final project, the design and realization MIMO antenna *hexagonal patch* 4 element has been done, using the Rogers Duroid 5880 substrate, and *proximity coupled* techniques that work at 15 GHz frequencies.

In this final project realized a MIMO 4x4 array *hexagonal patch* at 15 GHz with average S-Parameter value below -15 dB in the frequency range 14.44 GHz - 15.74 GHz for antennas 1 and antenna 2, while antennas 3 in the frequency range 14.42 GHz - 15.74 GHz and 4 antennas in the frequency range 14.42 GHz - 15.76 GHz. The frequency range of each antenna has a *bandwidth* of ≥ 1 GHz. *Gain* antennas 1,2,3, and 4 are 9,051 dB, 9,126 dB, 9,140 dB, and 9,106 dB. The radiation pattern is unidirectional and polarization is ellipse.

Keyword : microstrip antenna hexagonal, mimo, 15 GHz, proximity coupled

1. Pendahuluan

Saat ini teknologi generasi kelima atau yang sering disebut 5G terus dikembangkan. Berbagai penelitian dan inovasi ditawarkan untuk dapat memenuhi spesifikasi dari teknologi komunikasi 5G. Salah satu arah pengembangan dari teknologi tersebut adalah menggunakan frekuensi yang bekerja diatas 6 GHz atau milimeter wave. Berbagai alokasi frekuensi telah dilakukan penelitian, salah satu kandidat frekuensi utama komunikasi 5G adalah 15 GHz.

NTT DoCoMo dan Ericson telah melakukan pengujian rancangan komunikasi 5G dengan frekuensi 15 GHz [2]. Beberapa keunggulan dari 15 GHz adalah redaman yang disebabkan hujan dan redaman udaranya cenderung lebih kecil dibandingkan dengan frekuensi yang lebih besar. Salah satu konsekuensi dari penggunaan frekuensi tinggi pada komunikasi 5G adalah semakin rapat panjang gelombang yang dipancarkan dan kerugian propagasi sinyal yang relatif tinggi. Selain itu mobilitas dari pengguna yang tinggi akan mengakibatkan multipath fading yang tinggi. Oleh karena itu salah satu teknik untuk mengatasi multipath fading dengan menggunakan sistem sistem antenna MIMO (Multiple Input Multiple Output) yang menggunakan lebih dari satu antenna baik disisi pengirim maupun penerima.

Penelitian sebelumnya telah dilakukan perancangan antenna MIMO 4×4 array dengan menggunakan *patch rectangular* dengan U-slot yang menghasilkan nilai *bandwidth* 1 GHz dengan *gain* ≥ 9 db [2]. Selain itu juga telah dilakukan perancangan antenna *massive* MIMO dengan jumlah 64 elemen dengan teknik *proximity coupled* yang bekerja pada frekuensi 28 GHz dengan polarisasi linier [3]. Pada penelitian kali ini akan dilakukan perancangan dan realisasi antenna mikrostrip array *patch* segienam MIMO 4×4 yang bekerja pada frekuensi 15 GHz untuk pengaplikasian teknologi 5G. Penggunaan antenna *patch* segienam dikarenakan jenis antenna ini memiliki *band* frekuensi yang lebar serta perancangan dan optimasinya relatif mudah, bentuk yang sederhana serta menghasilkan nilai parameter yang lebih baik dibandingkan *patch* berbentuk *circular* dan *rectangular* [4] [5]. Penggunaan teknik *array* pada antenna yang akan dirancang bertujuan untuk meningkatkan nilai *gain* serta direktivitas dari antenna. Karakteristik dasar dari antenna yang dirancang yaitu memiliki *bandwidth* 1000 MHz, *gain* > 9 dBi, *VSWR* ≤ 2, pola radiasi unidireksional dan nilai *mutual coupling* < -20 dB yang bekerja pada frekuensi 15 GHz.

2. Antena Mikrostrip

Antena merupakan perangkat yang mampu mengubah arus listrik catuan menjadi gelombang elektromagnetik yang kemudian diradiasikan ke udara, serta mampu berperan sebaliknya sebagai penerima gelombang elektromagnetik untuk kemudian ditransformasi ke arus listrik. Antena memiliki berbagai macam dan bentuk, ada yang berupa *cavity* seperti yagi, horn, helix, dll serta ada juga antenna cetak seperti mikrostrip. Antena mikrostrip merupakan salah satu jenis antenna yang memiliki ukuran kecil serta mampu bekerja pada frekuensi tinggi. Antena mikrostrip terdiri *patch* yang meradiasikan gelombang elektromagnetik, *groundplane* berfungsi untuk meradiasikan kembali gelombang yang diradiasikan *patch* ke arah yang tidak diinginkan dan substrat dielektrik berfungsi sebagai tempat catuan dan nantinya menentukan ukuran dari *patch* [3]. Teknik pencatuan yang digunakan adalah *proximity coupled*.

Untuk menentukan dimensi pada antenna mikrostrip digunakan beberapa persamaan sebagai berikut [3] :

$$F = \frac{8.791 \times 10^9}{f_r \sqrt{\epsilon_r}} \quad (1)$$

$$a = \frac{F}{\left\{1 + \frac{2h}{\pi \epsilon_r F} \left[\ln \left(\frac{\pi F}{2h} \right) \right] + 1.7726 \right\}^{\frac{1}{2}}} \quad (2)$$

$$a_e = a \left\{ 1 + \frac{2h}{\pi \epsilon_r F} \left[\ln \left(\frac{\pi a}{2a} \right) + 1.7726 \right] \right\}^{\frac{1}{2}} \quad (3)$$

$$w_f = \frac{2h}{\pi} \left(B - 1 - \ln(2B - 1) + \frac{\epsilon_r - 1}{2\epsilon_r} \right) \ln(B - 1) + 0.39 - \frac{0.61}{\epsilon_r} \quad (4)$$

$$B = \frac{377\pi}{Z_0 \sqrt{\epsilon_r}} ; Z_0 = 50\Omega \text{ (impedansi beban)} \quad (5)$$

$$l = \frac{\lambda_g}{4}$$

$$\lambda_g = \frac{\lambda_0}{\sqrt{\epsilon_{r \text{ relatif}}}}$$

$$L_{gp} = W_{gp} = 6(h) + wp \quad (6)$$

Keterangan :

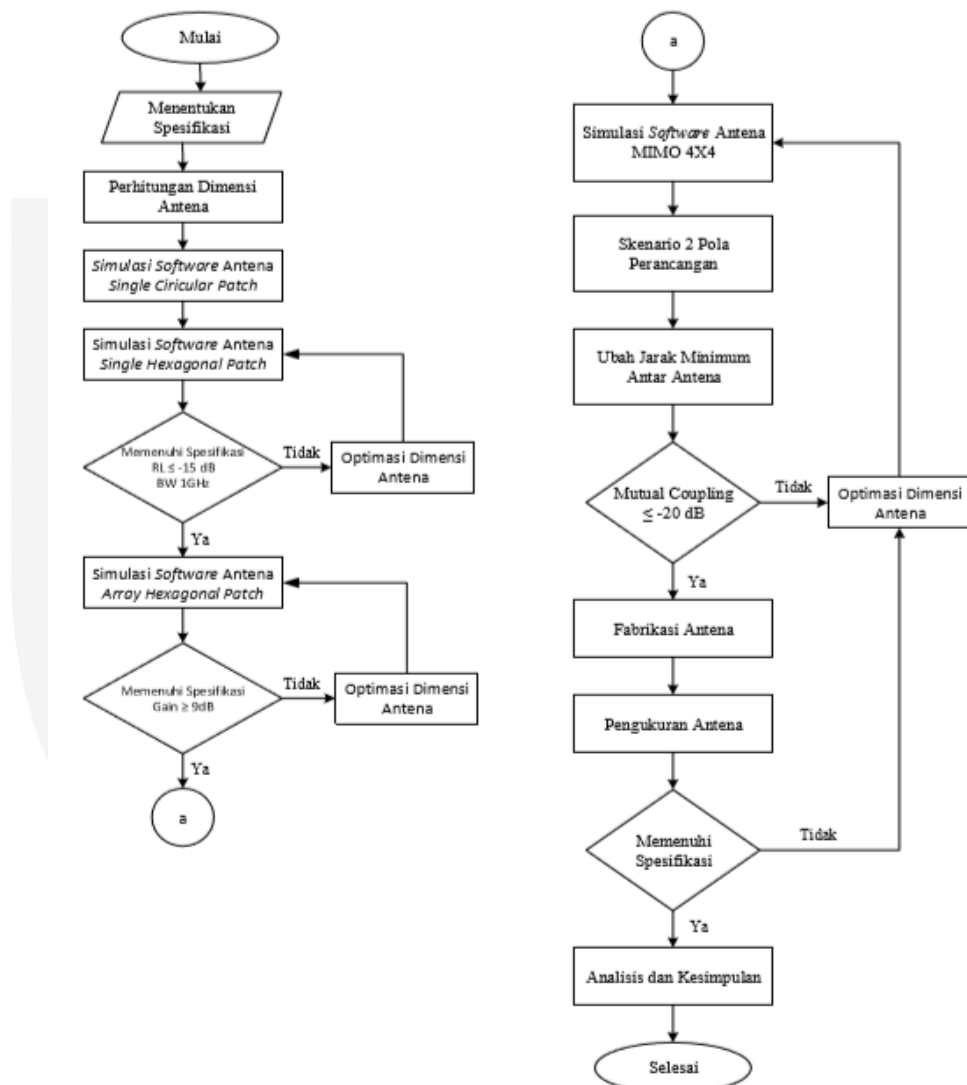
f_r = frekuensi resonansi = 15×10^9 Hz

ϵ_r = nilai epsilon bahan substrat = 2.2

h = tinggi substrat = 1.57 mm

a_e = jari – jari efektif

3. Diagram Alir



Gambar 1 Diagram Alir Perancangan

Seperti yang terlihat pada Gambar 3.1 proses perancangan dibagi menjadi tiga tahap yaitu perancangan dan optimasi antena satu elemen, pembuatan antena array 1×2, kemudian pembuatan antena MIMO empat elemen. Langkah pengerjaan dimulai dengan penentuan spesifikasi antena yang akan dibuat. Setelah spesifikasi ditentukan, selanjutnya dilakukan perhitungan dimensi antena. Hasil perhitungan kemudian disimulasikan dengan

perangkat lunak 3D. Proses simulasi dilakukan sampai mendapatkan hasil yang sesuai dengan spesifikasi yang telah ditentukan. Jika hasil simulasi belum sesuai spesifikasi maka dilakukan proses optimasi dengan merubah beberapa parameter dimensi dari antenna. Setelah mendapatkan hasil simulasi yang sesuai dengan spesifikasi langkah selanjutnya adalah proses realisasi. Antena yang telah direalisasi kemudian diukur parameternya untuk memverifikasi hasil simulasi dengan hasil realisasi. Hasil pengukuran di tahap realisasi kemudian dibandingkan dengan hasil simulasi. Hasil perbandingan dan pengujian akhir kemudian dianalisis dan diambil kesimpulan.

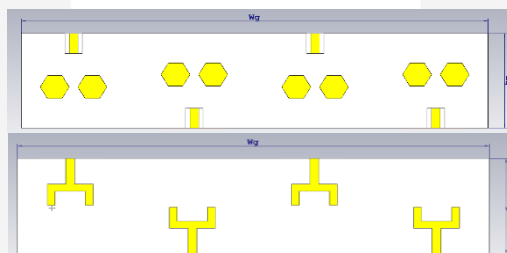
4. Spesifikasi Perancangan

Penentuan spesifikasi ini didasarkan pada tujuan perancangan, yaitu membuat antenna mikrostrip MIMO 4×4 untuk aplikasi komunikasi 5G Adapun spesifikasi yang diharapkan dapat dicapai oleh antenna yang akan dirancang adalah sebagai berikut :

Tabel 3.1 Spesifikasi Antena [2]

Parameter	Nilai
Frekuensi Kerja	14,4 – 15,4 GHz
Frekuensi Tengah	14,9 GHz
Return Loss	≤ -15 dB
Gain	≥ 9 dB
Pola Radiasi	Unidireksional
Polarisasi	Linear
Mutual coupling	≤ 20 dB

Bahan yang digunakan dalam antenna mikrostrip ini adalah tembaga pada patch dan groundplane dengan ketebalan 0,035 mm. Untuk bahan pada substrat digunakan Duroid 5880. Duroid 5880 memiliki permitivitas (ϵ_r) sebesar 2.2 dan tebal yang digunakan adalah 1.575 mm.

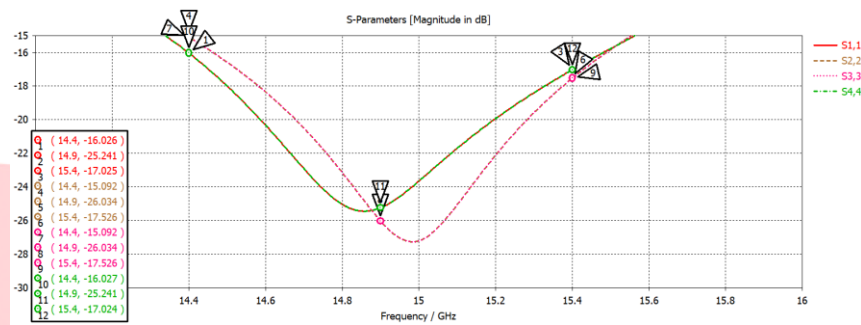


Gambar 2 Desain MIMO 4X4

Tabel 2 Dimensi Antena MIMO 4X4

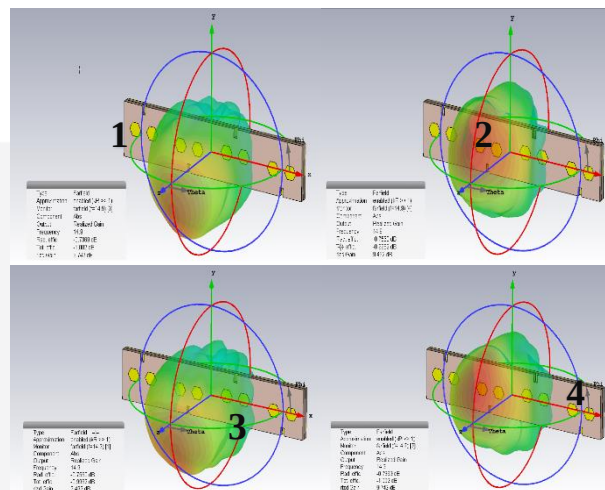
Parameter	Dimensi (mm)	Keterangan
R	2,7	Jari-jari <i>patch</i>
Wf1	1,6	Lebar <i>feed</i> 50Ω
Lf1	5,1	Panjang <i>feed</i> 50Ω
Wf2	1,5	Lebar <i>feed</i> 100Ω
Lf2	3,7	Panjang <i>feed</i> 100Ω
Wjunction	8,5	Lebar T-junction
Lg	19	Panjang <i>groundplane</i> total
Wg	85	Lebar <i>groundplane</i> total
S	3	Jarak antar elemen antenna
G	0,1	Jarak <i>air gap</i>

5. Hasil Simulasi



Gambar 4 Return Loss

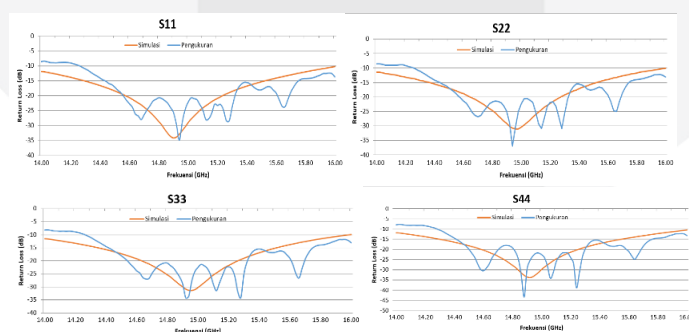
Berdasarkan Gambar 4, dapat diketahui nilai S-Parameter rata-rata dibawah -15 dB pada rentang frekuensi 14,4 GHz - 15,4 GHz. Dengan nilai return loss di frekuensi tengah 14,9 GHz sebesar -25,241 dB pada antenna 1 dan 4, sedangkan untuk antenna 3 dan antenna 4 sebesar -26,034 dB. Dari analisa tersebut, setiap antenna telah memberikan *bandwidth* yang sesuai spesifikasi yaitu lebih dari 1 GHz dan rentang frekuensi kerja kerja telah memiliki nilai *return loss* yang baik.



Gambar 5 Gain dan Pola Radiasi Antena

Berdasarkan Gambar 5 didapatkan nilai *gain* antenna 1, antenna 2, antenna 3, dan antenna 4 masing – masing adalah 9,49 dB, 9,74 dB, 9,74 dB, dan 9,49 dB. Dari hasil tersebut maka dapat disimpulkan bahwa nilai *gain* antenna 1, 2, 3, dan 4 telah memenuhi spesifikasi yaitu *gain* ≥ 9 dB. Setiap antenna memiliki pola radiasi unidireksional.

6. Analisis Hasil Pengukuran



Gambar 6 Perbandingan Return Loss Antena Hasil Simulasi dan Realisasi

Berdasarkan grafik Gambar 6 dapat diketahui bahwa terjadi pergeseran frekuensi sehingga pada frekuensi bawah yaitu 14,4 GHz memiliki nilai return loss diatas -15 dB. Perbedaan disebabkan karena pemasangan konektor dengan timah yang kurang baik, pemilihan konektor, dan tingkat ketelitian alat yang digunakan.

Nilai *bandwidth* yang didapat berdasarkan rentang frekuensi yang bernilai return loss ≤ -15 dB. Berikut *bandwidth* antenna dapat dilihat pada tabel 2 :

Tabel 2 Perbandingan *Bandwidth* Hasil Simulasi dan Realisasi

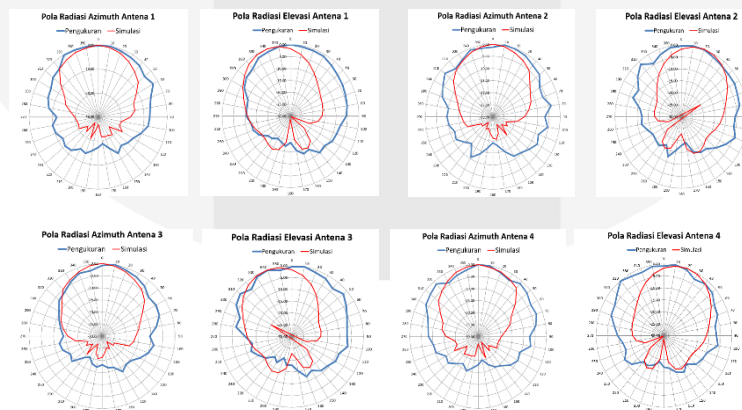
Antena	<i>Bandwidth</i> Simulasi (GHz)	<i>Bandwidth</i> Realisasi (GHz)
1	1,236 (14,282-15,518)	1,3 (14,44-15,74)
2	1,165 (14,354-15,519)	1,3 (14,44-15,74)
3	1,166 (14,339-15,505)	1,32 (14,42-15,74)
4	1,237 (14,297-15,534)	1,34 (14,42-15,76)

Nilai *mutual coupling* rata-rata lebih rendah dari -20 dB sehingga masing-masing antenna telah memenuhi spesifikasi *mutual coupling*. Hasil pengujian dan perbandingan dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3 Perbandingan *Mutual coupling* Hasil Simulasi dan Pengukuran

<i>Mutual coupling</i>	Simulasi	Realisasi
S21	-28,958	-22,257
S31	-39,088	-26,335
S41	-43,27	-32,069
S12	-29,089	-21,878
S32	-30,127	-24,727
S42	-39,08	-26,535
S13	-39,153	-26,323
S23	-30,128	-21,845
S43	-29,094	-25,098
S14	-43,276	-33,747
S24	-39,014	-28,923
S34	-28,962	-25,564

Berikut ini merupakan hasil pengukuran antenna MIMO yang telah dilakukan pada posisi azimuth maupun elevasi:



Gambar 6 Perbandingan Pola Radiasi Antena Hasil Simulasi dan Realisasi

Berdasarkan hasil pengukuran dapat dianalisis bahwa antenna tersebut memiliki bentuk pola radiasi unidirectional dengan mainlobe yang mengarah pada satu sisi antenna. Dari hasil tersebut menunjukkan hasil pengukuran memiliki kesamaan dengan hasil simulasi.

Tabel 4 Perbandingan Parameter Spesifikasi, Simulasi, dan Realisasi

Parameter	Spesifikasi	Simulasi	Realisasi
<i>Return Loss</i> (Freq=14,4 GHz)	≤ -15 dB	-16,61 dB	Antena 1 : -14,09 dB Antena 2 : -14,14 dB Antena 3 : -14,58 dB Antena 4 : -14,46 dB
<i>Return Loss</i> (Freq=14,9 GHz)	≤ -15 dB	-34,19 dB	Antena 1 : -25,59 dB Antena 2 : -24,84 dB Antena 3 : -28,91 dB Antena 4 : -29,52 dB
<i>Return Loss</i> (Freq=15,4 GHz)	≤ -15 dB	-16,78 dB	Antena 1 : -15,56 dB Antena 2 : -15,49 dB Antena 3 : -15,52 dB Antena 4 : -15,75 dB
<i>Mutual coupling</i>	≤ 20 dB	≤ 20 dB	≤ 20 dB
<i>Bandwidth</i>	1 GHz	1,2 GHz	1,3 GHz
Pola Radiasi	Unidireksional	Unidireksional	Unidireksional
Polarisasi	Linear	Linear	Elips
<i>Gain</i>	≥ 9 dB	Antena 1 : 9,49 dB Antena 2 : 9,74 dB Antena 3 : 9,74 dB Antena 4 : 9,49 dB	Antena 1 : 9,05 dB Antena 2 : 9,12 dB Antena 3 : 9,14 dB Antena 4 : 9,10 dB

7. Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan dalam proses perancangan dan realisasi antenna mikrostrip *array* berbentuk patch segienam untuk mimo 4×4 pada frekuensi 15 ghz, maka didapatkan kesimpulan sebagai berikut:

1. Antena MIMO 4×4 dengan patch berbentuk segienam yang sudah difabrikasi dapat bekerja pada frekuensi 14,4 GHz – 15,4 GHz. Nilai return loss terbaik pada -36,60 dB dengan *bandwidth* masing-masing antenna diatas 1 GHz pada return loss ≤ -15 dB dan hasil *mutual coupling* ≤ -20 dB. Nilai *gain* tertinggi 9,14 dB dengan pola radiasi unidireksional. Axial ratio yang didapat sebesar $3 \text{ dB} \leq \text{AR} \leq 40 \text{ dB}$ sehingga antenna berpolarisasi elips.
2. *Air gap* antar *layer* pada teknik pencatutan proximity coupled menyebabkan pergeseran frekuensi kerja kearah frekuensi yang lebih tinggi.
3. Posisi *port* antar elemen antenna akan mempengaruhi nilai *mutual coupling* yang dihasilkan.
4. Jarak antar elemen mempengaruhi nilai mutual coupling antar antenna. Semakin dekat jarak antar elemen antenna nilai mutual coupling-nya akan semakin besar, jika jarak antar elemen antenna semakin jauh maka nilai mutual coupling-nya semakin kecil.
5. Antena yang disusun 1×2 dapat meningkatkan nilai *gain* sebesar 4,8 dB

7. Refrensi

- [1] K. e. a. Tateishi, "Field Experiments on 5G Radio Access Using 15 GHz Band in Outdoor Small Cell Enviroment," *IEEE PIMRC*, vol. 26, pp. 851-855, 2015.
- [2] K. J. A, PERANCANGAN DAN REALISASI ANTENA MIMO 4×4 ARRAY RECTANGULAR PATCH DENGAN U-SLOT UNTUK APLIKASI 15 GHZ, Bandung: Universitas Telkom, 2017.

- [3] R. Santoso, PERANCANGAN DAN ANALISIS ANTENA MASSIVE MIMO MIKROSTRIP DENGAN PENCATUAN PROXIMITY FEED BERPOLARISASI CROSS LINIER UNTUK KOMUNIKASI 5G (28 GHz), Bandung: Universitas Telkom, 2017.
- [4] D. M. G. Vinita Marthur, "Comparison of Performance Characteristics of Rectangular, Square and Hexagonal Microstrip Patch Antennas," in *Proceedings of 3rd International Conference on Reliability, Infocom Technologies and Optimization*, Noida, 2014.
- [5] P. Okvist, "15 GHz Propagation Properties Assessed with 5G Radio," Ericsson Research, 2016.
- [6] B. C.A, Antenna Theory Analysis and Design 3rd Edition, Arizona, 2005.
- [7] K. Binesh and P. Shabin, "Hexagon Shaped UWB Coplanar Antenna Using SRR," in *Radio and Antenna Days of the Indian Ocean (RADIO)*, Mauritius, 2015.
- [8] F. K. Hadist, Antena Mikrostrip MIMO 4X4 Bowtie 2,4 GHz, Bandung: Universitas Telkom, 2017.
- [9] H. Sulistiyo, PERANCANGAN DAN REALISASI ANTENA CETAK LOG PERIODIK DIPOLE ARRAY PADA FREKUENSI S-BAND UNTUK ESM (ELECTRONIC SUPPORT MEASURE), Bandung: Universitas Telkom, 2017.