

## Perancangan Antena Ultra Wideband Multiple-Input Multiple-Output 4x4 Dengan Polarization Diversity

Afrizal Yuhane<sup>1</sup>, Firdaus Nursal<sup>2</sup>, Trianti Indra Saputri<sup>3</sup>

<sup>1)2)3)</sup> Program Studi Teknik Telekomunikasi, Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Padang  
Kampus Politeknik Negeri Padang, Limau Manis, Kota Padang, Sumatera Barat 25164, Indonesia  
Email: 1) afrizal@pnp.ac.id, 2) firdaus@pnp.ac.id, 3) triantiindrasaputri12@gmail.com

### ABSTRAK

Antena UWB-MIMO menjadi solusi yang potensial dalam menghadirkan komunikasi nirkabel yang unggul. Antena UWB MIMO merupakan antena yang dapat menyediakan kapasitas bandwidth yang luas, kecepatan data yang tinggi, dan kualitas kanal transmisi yang optimal. Dalam komunikasi nirkabel, sifat-sifat antena yang diperlukan meliputi ukuran yang lebih kecil, pola radiasi omnidirectional, dan kemampuan untuk berintegrasi dengan perangkat lain. Oleh karena itu, tantangan utama dalam merancang antena UWB MIMO adalah bagaimana mencapai desain antena yang lebih kecil dan mewujudkan pola radiasi omnidirectional untuk setiap elemen antena UWB-MIMO. Pada penelitian ini dirancang antena UWB MIMO modifikasi dengan bahan FR-4 memiliki ukuran yang sangat kecil yaitu 39 mm x 39 mm x 1,6 mm. Antena dibuat dengan bentuk ground parsial dan masing-masing elemen saling tegak lurus dengan Polarization Diversity. Antena ini memperoleh bandwidth yang luas yaitu 2,1-12,7 GHz, VSWR < 2, rentangan gain pada 2,3-3,5 dBi, isolasi yang optimal -15 dB, envelop correlation coefficient (ECC < 0,007) dan pola radiasi omnidirectional di setiap element antena.

**Kata Kunci : UWB, MIMO, Antena UWB-MIMO, Omnidirectional**

### ABSTRACT

UWB-MIMO antennas stand as a potential solution for delivering superior wireless communications. UWB MIMO antennas can provide wide bandwidth capacity, high data rates, and optimal transmission channel quality. The required antenna properties in wireless communications include smaller size, omnidirectional radiation pattern, and the ability to integrate with other devices. Therefore, the main challenges in designing UWB-MIMO antennas are achieving smaller antenna designs and realising omnidirectional radiation patterns for each UWB-MIMO antenna element. In this research, a modified UWB MIMO antenna with FR-4 material is designed to have a very small size of 39 mm x 39 mm x 1.6 mm. The antenna is made with a partial ground shape, and each element is perpendicular to each other with Polarization Diversity. This antenna obtained a wide bandwidth of 2.1-12.7 GHz, VSWR < 2, gain range at 2.3-3.5 dBi, optimal isolation of -15 dB, envelop correlation coefficient (ECC < 0.007) and omnidirectional radiation pattern in each antenna element.

**Keywords : UWB, MIMO, UWB-MIMO Antenna, Omnidirectional**

### 1. PENDAHULUAN

Teknologi komunikasi nirkabel telah mengalami perkembangan pesat seiring dengan tuntutan akan konektivitas yang semakin meningkat [1]. Salah satu inovasi terbaru adalah pengembangan antena dengan karakteristik *Ultra Wideband* (UWB), [2] yang mampu bekerja dalam rentang frekuensi yang lebar [3]. Keunggulan UWB dalam mentransmisikan data dengan kecepatan tinggi dalam waktu yang singkat menjadikannya solusi yang menarik untuk berbagai aplikasi, mulai dari komunikasi nirkabel hingga pemantauan jarak pendek dan lokalisasi dalam ruangan [4].

Konsep *Multiple-Input Multiple-Output* (MIMO) juga telah membuktikan potensinya untuk

meningkatkan kinerja sistem komunikasi nirkabel [5]. Menggabungkan beberapa elemen antena pemancar dan penerima dalam suatu sistem memungkinkan peningkatan *throughput*, keandalan, dan kapasitas komunikasi [6]. Dengan menerapkan *polarization diversity* pada antena MIMO, [7] elemen-elemen antena memiliki orientasi polarisasi yang berbeda-beda sehingga dapat membantu mengatasi efek *multipath* dan *fading* yang sering terjadi dalam saluran transmisi [8].

Berdasarkan teorema Shanon [9], semakin besar *bandwidth* maka semakin besar kecepatan transfer data. Dengan sistem UWB, kecepatan transfer data dari sistem akan meningkat. Tetapi karena pembatasan daya pada sistem UWB maka akan

membatasi kecepatan tranfer data [9]. Dengan menggabungkan sistem UWB dengan Sistem MIMO, maka kekurangan karena pembatasan daya ini dapat diatasi [10]. Teknologi *diversity* digunakan pada sistem MIMO agar data dapat dikirimkan secara efektif pada lingkungan *multipath fading* dan meningkatkan kapasitas kanal [11]. Dengan menggabungkan teknologi UWB dan MIMO maka sistem komunikasi dengan kecepatan transfer data yang sangat tinggi, bisa diwujudkan [12].

Komunikasi nirkabel membutuhkan sifat antena yang ukurannya lebih kecil [13], pola radiasi *omnidirectional* dan kompatibel dengan perangkat lainnya [14]. Sehingga tantangan dalam desain antena UWB MIMO adalah bagaimana mendapatkan desain antena yang lebih kecil dan mendapatkan pola radiasi *omnidirectional* untuk setiap elemen antena UWB-MIMO. Pada penelitian yang dilakukan oleh Firdaus *et al* [15] telah dibuat antena UWB-MIMO 4 elemen dengan ukuran yang cukup kecil 39 mm x 39 mm x 1,6 mm yang dioperasikan pada frekuensi 2-14 GHz.

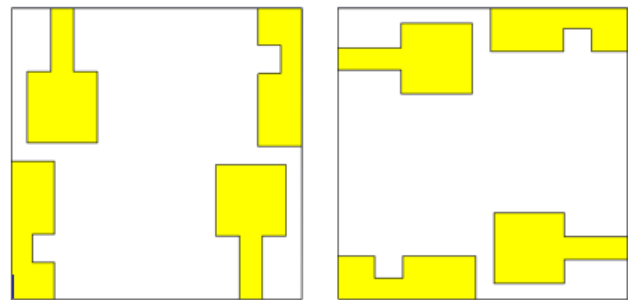
Oleh karena itu, pada penelitian ini dilakukan Perancangan Antena UWB MIMO 4x4 dengan Polarization Diversity. Antena ini *didesain dengan ukuran yang sangat kecil yaitu 39 mm x 39 mm x 1,6 mm*. Elemen antena dibuat saling tegak lurus dengan Polarization Diversity. Desain antena dioptimalisasikan dengan mengubah ukuran antena menggunakan studi parametrik sehingga didapatkan parameter-parameter antena yang lebih baik untuk pengaplikasian komunikasi nirkabel.

## 2. METODOLOGI

### 2.1 Desain dan Spesifikasi Antena

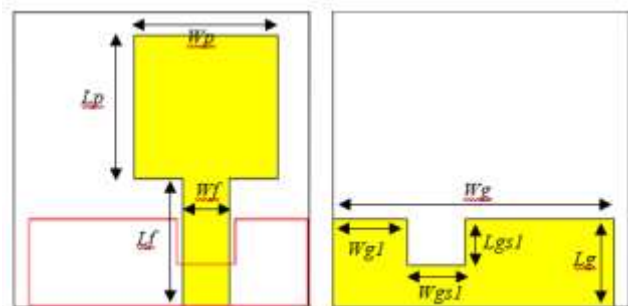
Perancangan desain antena UWB MIMO ini tidak didapat dengan menggunakan rumus melainkan dari referensi [4] yang dimodifikasi serta dilakukan studi parametrik untuk mendapatkan hasil yang optimal sesuai dengan spesifikasi.

Struktur geometri dan tata letak beserta parameter dari antena ditampilkan dalam Gambar 1. Perancangan antena yang diusulkan dilakukan dengan menggunakan analisis parameter dan optimasi dalam CST STUDIO SUITE.



Gambar 1. Struktur geometri dan tata letak antena referensi tampak depan dan belakang

Adapun parameter antena dapat dilihat pada Gambar 2 dan nilai parameter dimensi antena yang dirancang ditunjukkan pada Tabel 1 berikut.



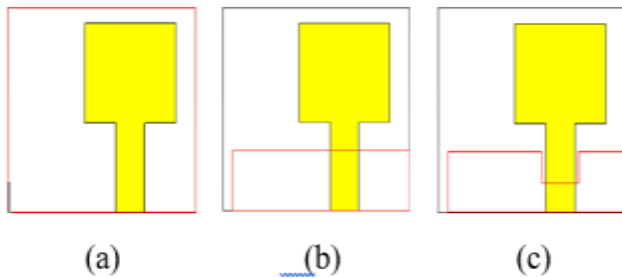
Gambar 2. Parameter antena

Tabel 1. Nilai parameter dimensi antena referensi

Parameter	Nilai (mm)	Keterangan
Wp	9,5	Lebar <i>patch</i>
Lp	9,5	Panjang <i>patch</i>
Wf	3	Lebar <i>feedline</i>
Lf	8,5	Panjang <i>feedline</i>
Wg	18,5	Lebar <i>groundplane</i>
Lg	5,8	Panjang <i>groundplane</i>
Wgs	4,9	Jarak slot <i>groundplane</i>
Wgs1	3,8	Lebar slot <i>groundplane</i>
Lgs1	3	Panjang slot <i>groundplane</i>

Langkah-langkah desain antena, termasuk antena (a), (b), dan (c), ditampilkan pada Gambar 3. Awalnya, antena terdiri dari *patch* persegi, *feedline* dan *groundplane* seperti yang diilustrasikan dalam Gambar 3(a). Untuk memperluas *bandwidth* antena pada pita frekuensi yang lebih tinggi, dilakukan pemotongan pada *ground* sehingga terbentuk *partial groundplane* berbentuk persegi panjang, sebagaimana yang dapat dilihat pada gambar 3(b).

Selanjutnya, untuk memperbaiki impedansi antena dibuat slot berbentuk persegi panjang kecil dibagian *groundplane* dengan proses cutting dapat dilihat pada Gambar 2(c).

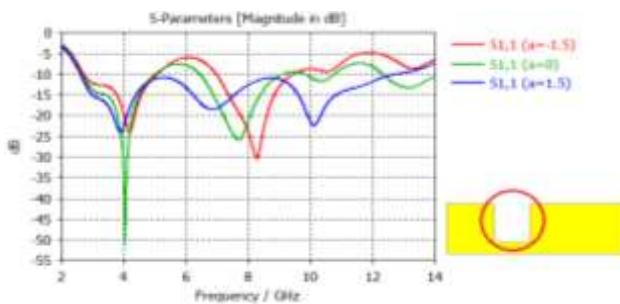


Gambar 3. Langkah-langkah perancangan antena

## 2.2 Studi Parametrik

Studi parametrik dilakukan untuk mengetahui pengaruh perubahan ukuran dimensi antena terhadap parameter yang ada. Studi parametrik dilakukan dengan cara mengubah ukuran pada beberapa bagian antena seperti *patch*, *feedline*, *groundplane* dan *slot*. Mengubah ukuran pada beberapa bagian antena dilakukan dengan cara mengurangi atau menambahkan ukuran desain antena agar mendapatkan nilai yang diinginkan namun tetap menjaga parameter sebelumnya. Perubahan ini dapat dilihat dari hasil simulasi.

Untuk mendapatkan penyesuaian impedansi yang lebih baik, dilakukan optimasi pada bagian slot pada *groundplane*, pengaruh dari perubahan ukuran tersebut dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Pengaruh ukuran panjang slot pada *groundplane* ( $W_{gs1}$ )

Berdasarkan hasil simulasi, dapat dianalisis bahwa penambahan dan pengurangan panjang slot memiliki pengaruh signifikan. Pengurangan panjang slot sebesar 1,5 mm menyebabkan impedansi memburuk dan *return loss* menjadi tidak optimal, yakni di atas -10 dB dan lebar *bandwidth* semakin menyempit yaitu 2,7 hingga 9,4 GHz. Sementara itu, penambahan panjang slot sebesar 1,5 mm menghasilkan impedansi membaik dan *return loss*

yang optimal yaitu  $\leq -10$  dB dan menyebabkan lebar *bandwidth* semakin melebar menjadi 2,7 hingga 11 GHz. Oleh karena itu, hasil yang optimal dapat dicapai dengan melakukan penambahan panjang slot pada bagian *groundplane* sebesar 1,5 mm. Hasil dan desain akhir parameter antena berdasarkan optimasi ditunjukkan pada Gambar 5 dan Tabel 2.



Gambar 5. Desain akhir antena

Tabel 2. Nilai akhir optimasi antena

Parameter	Nilai (mm)	Keterangan
$W_p$	9,5	Lebar <i>patch</i>
$L_p$	9,5	Panjang <i>patch</i>
$W_f$	3	Lebar <i>feedline</i>
$L_f$	8,5	Panjang <i>feedline</i>
$W_g$	18,5	Lebar <i>groundplane</i>
$L_g$	5,8	Panjang <i>groundplane</i>
$W_{gs}$	4,9	Jarak <i>slot groundplane</i>
$W_{gs1}$	3,8	Lebar <i>slot groundplane</i>
$L_{gs1}$	3	Panjang <i>slot groundplane</i>

## 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

### 3.1 Analisa perbandingan simulasi antena modifikasi dengan simulasi antena referensi

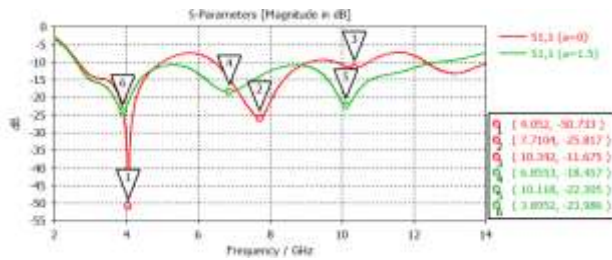
Setelah menyelesaikan proses simulasi rancangan antena dengan cara optimalisasi pada ukuran dimensi antena, maka diperoleh parameter-parameter yang baru meliputi *return loss*, *bandwidth*, VSWR, *gain*, pola radiasi, isolasi, dan ECC

#### A. Perbandingan return loss

*Return loss* adalah salah satu parameter yang digunakan untuk membandingkan antara amplitudo gelombang yang dipantulkan dengan amplitudo gelombang yang dikirimkan [16]. Parameter ini menjadi acuan utama dalam menilai kualitas antena yang dirancang. Sebuah antena dianggap baik jika memiliki nilai *return loss*  $\leq -10$  dB [17], yang mengindikasikan bahwa 90% dari sinyal dapat diserap dan hanya 10% yang dipantulkan kembali [18]. Ini mengimplikasikan bahwa saluran transmisi

telah terhubung dengan baik. Dengan kata lain, besaran gelombang yang dipantulkan relatif kecil dibandingkan dengan gelombang yang dikirimkan.

Dari hasil simulasi, antenna UWB MIMO referensi akan dibandingkan dengan antenna yang dirancang dalam penelitian ini. Tujuannya adalah untuk mengidentifikasi nilai *return loss* optimal dalam rentang frekuensi UWB, yaitu 3,1 hingga 10,6 GHz. Perbandingan *return loss* antenna modifikasi dengan antenna referensi dapat dilihat pada Gambar 6.



Gambar 6. Perbandingan *return loss* antenna referensi dan modifikasi

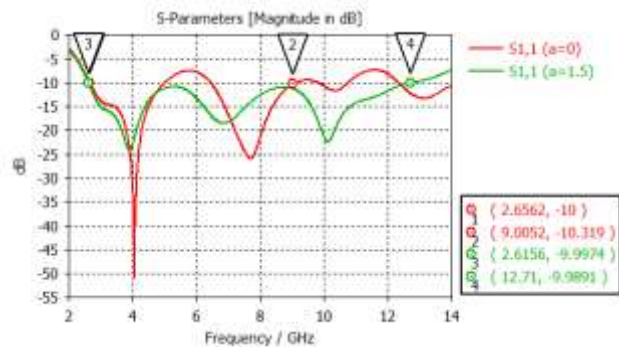
Penelitian ini menemukan bahwa nilai *return loss* pada hasil simulasi antenna referensi masih belum optimal karena beberapa nilai *return loss* pada antenna referensi masih berada di atas  $-10$  dB sehingga performansi antenna ini masih kurang baik. Namun, nilai *return loss* maksimum pada antenna referensi yaitu  $-50,733$  dB pada frekuensi kerja 4 GHz yang ditunjukkan dengan warna merah pada penanda kurva 1. Kemudian nilai *return loss* pada frekuensi kerja 7,7 GHz sebesar  $-25,817$  dB yang ditunjukkan penanda kurva 2 dan pada frekuensi kerja 10,3 GHz sebesar  $-11,675$  dB yang ditunjukkan penanda kurva 3.

Sedangkan pada hasil simulasi desain rancangan pada penelitian ini mendapatkan nilai *return loss* yang optimal yaitu  $\leq -10$  dan diperoleh nilai *return loss* maksimum sebesar  $-23,986$  dB pada frekuensi kerja 3,89 GHz yang ditunjukkan dengan warna hijau pada penanda kurva 6. Kemudian nilai *return loss* pada frekuensi kerja 6,8 GHz sebesar  $-18,457$  dB yang ditunjukkan penanda kurva 4 dan pada frekuensi kerja 10,1 GHz sebesar  $-22,305$  dB yang ditunjukkan penanda kurva 5.

### B. Perbandingan bandwidth

Rentang frekuensi yang dibutuhkan untuk UWB biasanya mencakup spektrum yang sangat luas, mulai dari 3,1 GHz hingga 10,6 GHz [19]. UWB dirancang untuk mentransmisikan sinyal dengan lebar pita yang sangat besar [20]. Semakin luas rentang *bandwidth* yang dihasilkan suatu antenna, semakin optimal kinerja antenna tersebut [21].

Perbandingan *bandwidth* antenna modifikasi dengan antenna referensi dapat dilihat pada Gambar 7. Pada penelitian ini didapatkan bahwa *bandwidth* yang dihasilkan oleh antenna modifikasi lebih baik dari pada *bandwidth* yang dihasilkan oleh antenna referensi. Pada antenna referensi menghasilkan *bandwidth* masih sempit yaitu 2,65 hingga 9 GHz sedangkan antenna modifikasi menghasilkan *bandwidth* lebar melebihi rentang frekuensi yang dibutuhkan UWB yaitu 2,61 hingga 12,7 GHz.

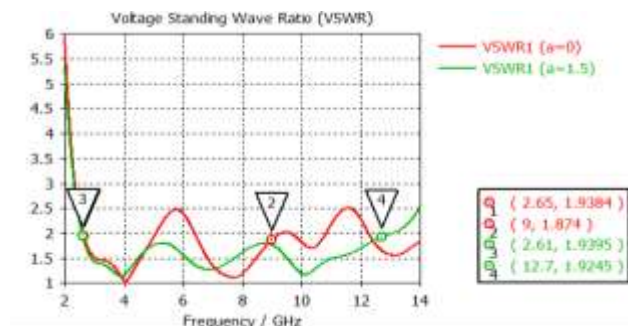


Gambar 7. Perbandingan *bandwidth* antenna referensi dan modifikasi

### C. Perbandingan VSWR

*Voltage Standing Wave Ratio* (VSWR) adalah perbandingan antara tegangan maksimum dan minimum yang terjadi dalam saluran yang tidak terhubung secara sempurna [22]. Kualitas suatu antenna dapat dinilai berdasarkan nilai VSWR yang dihasilkan. Antenna dianggap memiliki performa yang baik jika memiliki nilai  $VSWR \leq 2$  dB [23]. Semakin tinggi nilai VSWR, semakin besar daya yang dipantulkan. Hal inimenandakan bahwa antenna tidak terhubung dengan baik [24].

Dari hasil simulasi, antenna referensi akan dibandingkan dengan antenna yang dirancang dalam penelitian ini untuk menilai nilai VSWR terbaik dalam rentang frekuensi UWB, yaitu 3,1 hingga 10,6 GHz. Perbandingan VSWR antenna modifikasi dengan antenna referensi dapat dilihat pada Gambar 8.



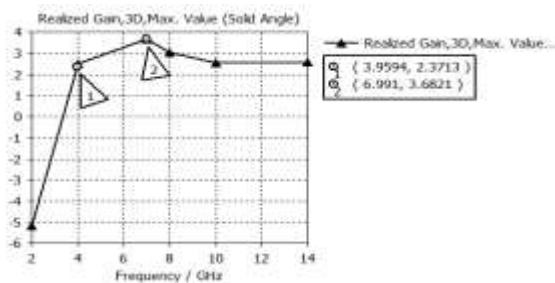


Gambar 8. Perbandingan VSWR antenna referensi dan modifikasi

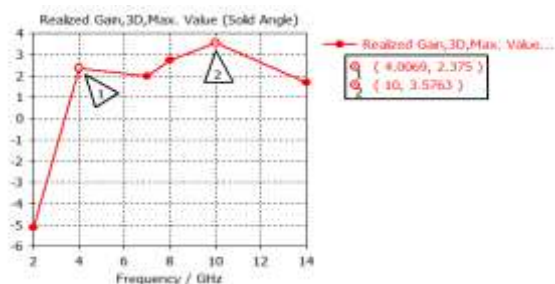
Pada penelitian ini didapatkan bahwa antenna referensi menghasilkan nilai VSWR  $\leq 2$  dB pada rentang frekuensi UWB yang menunjukkan antenna ini tidak berada pada saluran yang *match*. Sedangkan antenna modifikasi menghasilkan nilai VSWR yang optimal yaitu VSWR  $\leq 2$  dB disepanjang rentang frekuensi UWB, menunjukkan antenna ini berada pada saluran yang *match*.

**D. Perbandingan Gain**

*Gain* antenna adalah besarnya perbandingan antara intensitas daya yang dipancarkan antenna dengan total daya yang diterima [25]. Grafik perbandingan gain antenna referensi dengan antenna modifikasi dapat dilihat pada Gambar 9 dan Gambar 10. Dapat diketahui bahwa *gain* maksimum pada antenna referensi berada pada frekuensi kerja 3,9-6,9 GHz yaitu sebesar 2,3-3,6 dBi. Namun, *gain* maksimum pada antenna modifikasi berada pada frekuensi kerja 4-9,9 GHz yaitu sebesar 2,3-3,5 dBi. *Gain* antenna modifikasi sudah memenuhi nilai *gain* antenna yang diharapkan. Sehingga semakin besar nilai *gain* antenna maka semakin baik pula antenna saat memancar dan menerima sinyal.



Gambar 9. *Gain* antenna referensi

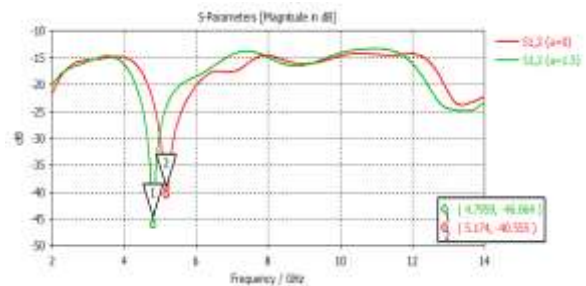


Gambar 10. *Gain* antenna modifikasi

**E. Perbandingan Isolasi**

Isolasi antenna merujuk pada kemampuan sebuah antenna untuk mengurangi gangguan atau interferensi dari antenna lain yang berdekatan [4]. Dengan kata

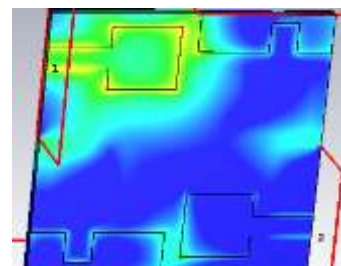
lain, isolasi antenna mengukur seberapa baik sebuah antenna dapat mempertahankan sinyal yang dikirim atau diterima tanpa terpengaruh oleh sinyal yang berasal dari antenna lain yang berada dalam jarak dekat. Semakin tinggi nilai isolasi antenna, semakin baik antenna tersebut dalam menghindari campur tangan atau gangguan dari antenna lainnya.



Gambar 11. Perbandingan isolasi antenna referensi dan modifikasi

Nilai isolasi dapat dilihat pada S-Parameter S12, pada gambar 11 dapat dilihat bahwa antenna referensi dan antenna modifikasi sama-sama menghasilkan nilai isolasi rata-rata 15 dB. Namun, pada antenna referensi didapatkan isolasi maksimum sebesar -40,55 pada frekuensi 5,17 GHz sedangkan pada antenna modifikasi didapatkan isolasi maksimum sebesar -46,064 pada frekuensi 4,79 GHz. Sehingga antenna referensi dan modifikasi sama-sama menghasilkan isolasi yang baik.

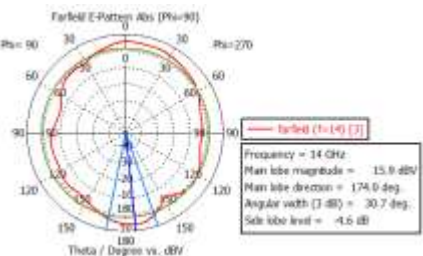
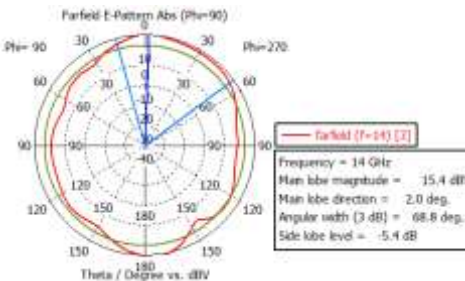
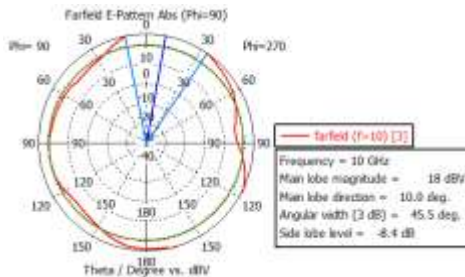
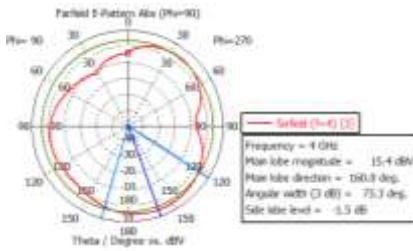
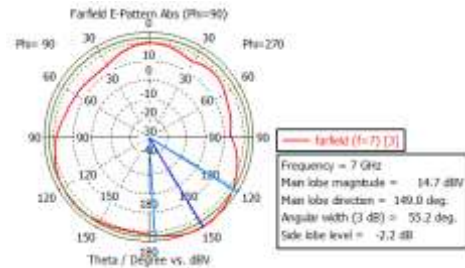
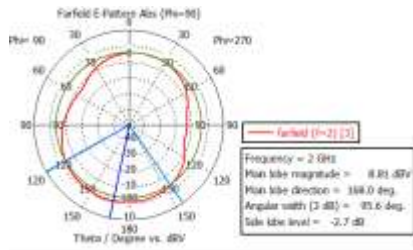
Parameter lain yang dapat melihat isolasi untuk mengurangi adanya *mutual coupling* adalah distribusi arus. Gambar 12 di bawah ini menggambarkan pola distribusi arus pada antenna yang telah dimodifikasi. Dapat dilihat bahwa arus mengalir pada satu antenna tanpa adanya radiasi arus pada antenna-antenna lainnya.



Gambar 12. Distribusi arus pada antenna modifikasi

**F. Perbandingan Pola Radiasi**

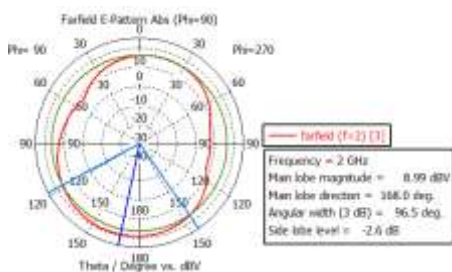
Pada gambar 13 dan gambar 14 merupakan pola radiasi desain referensi dan modifikasi pada penelitian ini, sama-sama menghasilkan pola radiasi *omnidirectional* yaitu pola radiasi ke segala arah.



Gambar 14. Pola radiasi antenna modifikasi

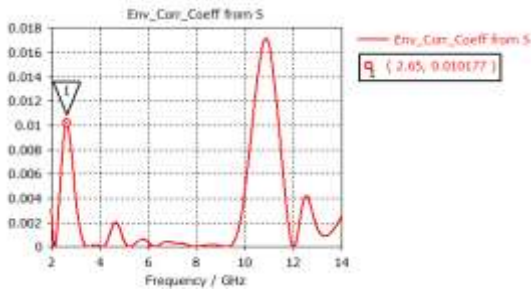
Bentuk pola radiasi dari kedua antenna baik itu referensi maupun memiliki jenis pola radiasi *omnidirectional*. Pola radiasi *omnidirectional* adalah pola radiasi yang sama ke segala arah dan menangkap sinyal disetiap penjuru antenna pemancar. Hasil simulasi modifikasi sudah memenuhi polaradiasi yang diharapkan yaitu *omnidirectional*.

Gambar 13. Pola radiasi antenna referensi

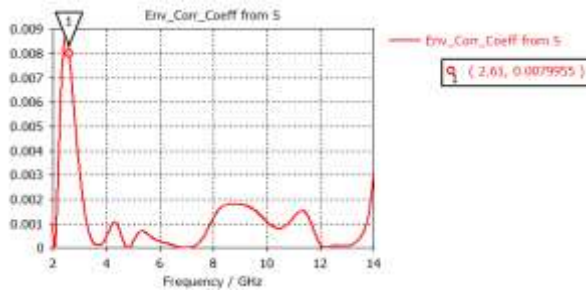


#### A) Perbandingan ECC

*Envelope Correlation Coefficient (ECC) atau Koefisien Korelasi Envelop adalah ukuran yang digunakan untuk mengevaluasi seberapa baik dua antenna pada sistem MIMO (Multiple-Input Multiple-Output) berfungsi bersamaan dan saling bekerja sama.* Perbandingan ECC antenna modifikasi dengan antenna referensi dapat dilihat pada Gambar 15 dan Gambar 16. Pada antenna referensi ECC yang dihasilkan yaitu 0,01 pada frekuensi UWB 2,65 GHz. Sedangkan pada antenna modifikasi nilai ECC yang dihasilkan yaitu 0,007 pada frekuensi UWB 2,61 GHz. Sehingga ECC antenna referensi lebih baik daripada antenna modifikasi.



Gambar 15. ECC antenna referensi



Gambar 16. ECC antenna modifikasi

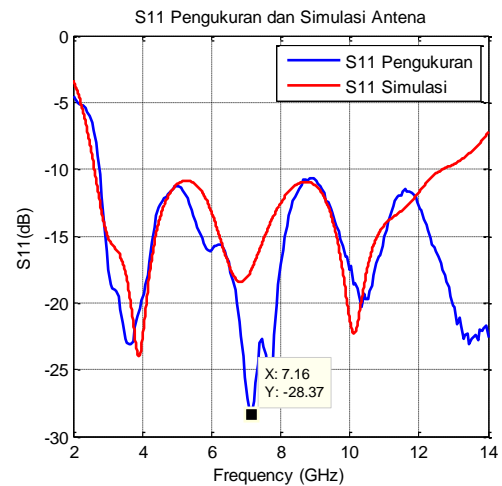
### 3.2 Analisa perbandingan simulasi antenna modifikasi dengan hasil pengukuran antenna fabrikasi

Setelah melakukan proses pengukuran, penulis mencoba membandingkan hasil pengukuran dengan hasil simulasi terkait beberapa parameter diantaranya, meliputi *return loss*, *bandwidth*, VSWR, isolasi dan ECC.

#### A. Perbandingan return loss

Pada hasil simulasi yang telah dilakukan, antenna mikrostrip UWB MIMO modifikasi akan dibandingkan dengan antenna hasil fabrikasi penelitian ini untuk mengetahui nilai *return loss* yang terbaik pada rentang frekuensi UWB yaitu  $\leq -10$  dB. Perbandingan *return loss* antenna fabrikasi dengan antenna modifikasi dapat dilihat pada Gambar 17.

Dari hasil penelitian didapatkan bahwa keduanya sama-sama menghasilkan nilai *return loss* yang baik  $\leq -10$ . Pada hasil simulasi antenna modifikasi diperoleh nilai *return loss* maksimum sebesar  $-23,986$  dB pada frekuensi kerja 3,89 GHz sedangkan pada antenna fabrikasi, nilai *return loss* maksimum yang dihasilkan mengalami peningkatan yaitu sebesar  $-28,37$  dB pada frekuensi kerja 7,16 GHz. Nilai *return loss* terbaik dihasilkan oleh antenna fabrikasi.

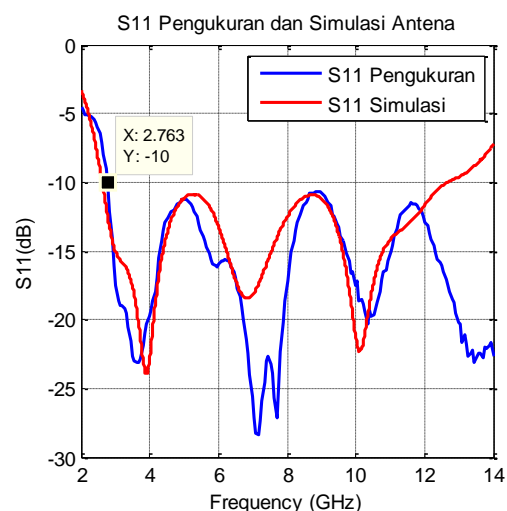


Gambar 17. Perbandingan *return loss* antenna fabrikasi dan modifikasi

#### B. Perbandingan bandwidth

Rentang frekuensi yang dibutuhkan untuk *Ultrawideband (UWB)* biasanya mencakup spektrum yang sangat luas, mulai dari 3,1 GHz hingga 10,6 GHz. UWB dirancang untuk mentransmisikan sinyal dengan lebar pita yang sangat besar. Semakin luas rentang *bandwidth* yang dihasilkan oleh suatu antenna, semakin optimal pula kinerja antenna tersebut. Perbandingan *bandwidth* antenna fabrikasi dan antenna modifikasi dapat dilihat pada Gambar 18.

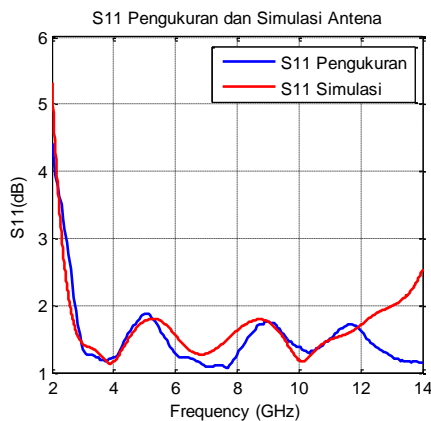
Dari penelitian ini diketahui bahwa *bandwidth* yang dihasilkan oleh antenna modifikasi menghasilkan *bandwidth* lebar melebihi rentang frekuensi yang dibutuhkan UWB yaitu 2,61 hingga 12,7 GHz. Begitu pula dengan antenna fabrikasi menghasilkan *bandwidth* yang sangat lebar dimulai frekuensi 2,76 GHz dan melebihi frekuensi kerja 14 GHz. Sehingga *bandwidth* yang dihasilkan oleh antenna fabrikasi lebih baik dari antenna modifikasi.



Gambar 18. Perbandingan *bandwidth* antenna fabrikasi dan modifikasi

**C. Perbandingan VSWR**

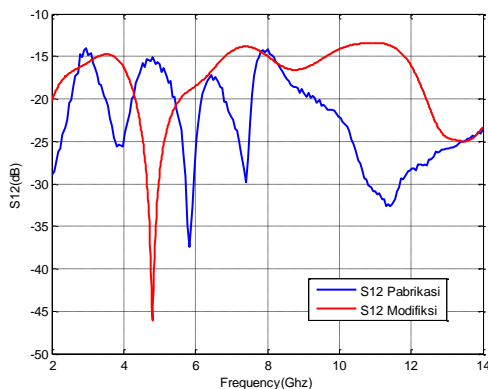
Setelah dilakukan pengukuran terhadap antenna fabrikasi, kemudian dilakukan perbandingan VSWR antara antenna fabrikasi dan antenna modifikasi. Adapun hasil perbandingan dapat dilihat pada Gambar 19. Dari gambar tersebut dapat diketahui bahwa VSWR yang dihasilkan oleh simulasi antenna modifikasi dan antenna fabrikasi hampir sama, yaitu dibawah 2 dB. Ini menunjukkan bahwa kedua antenna ini berada pada saluran yang *match*.



Gambar 19. Perbandingan VSWR antenna fabrikasi dan modifikasi

**D. Perbandingan Isolasi**

Setelah dilakukan pengukuran terhadap antenna fabrikasi, kemudian dilakukan perbandingan isolasi antara antenna fabrikasi dan antenna modifikasi. Hasil perbandingan dapat dilihat pada Gambar 20.

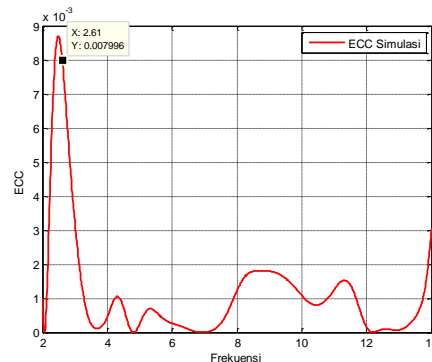


Gambar 20. Perbandingan isolasi antenna fabrikasi dan modifikasi

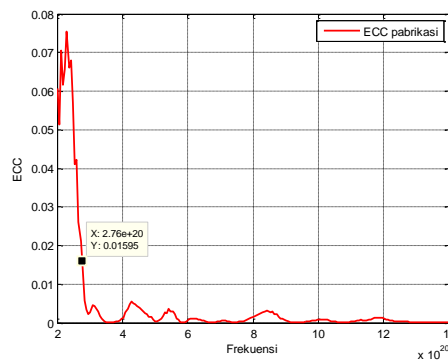
Pada gambar diatas dapat dilihat pada antenna fabrikasi, rata-rata isolasi -15 dB dengan isolasi maksimum sebesar -37,48 pada frekuensi 5,84 GHz, akan tetapi pada frekuensi 2,77-3,1 GHz dan 7,7-8,1 GHz tidak sesuai dengan isolasi spesifikasi yaitu >15 dB. Hal ini disebabkan karena proses fabrikasi seperti penyolderan dan hal lainnya. Sedangkan pada antenna modifikasi didapatkan isolasi maksimum sebesar -46,064 pada frekuensi 4,79 GHz, namun pada frekuensi 3,3-3,7 GHz, 6,8-8,0 GHz dan 9,6-11,8 GHz tidak sesuai dengan isolasi spesifikasi yaitu >15 dB.

**E. Perbandingan ECC**

Setelah dilakukan pengukuran terhadap antenna fabrikasi, kemudian dilakukan perbandingan ECC antara antenna fabrikasi dan antenna modifikasi. Hasil perbandingan ditunjukkan pada Gambar 21 dan Gambar 22. Dari kedua gambar tersebut dapat diketahui bahwa pada antenna modifikasi nilai ECC yang dihasilkan yaitu 0,007 pada frekuensi UWB 2,61 GHz. Sedangkan pada antenna fabrikasi, nilai ECC yang dihasilkan adalah 0,01 pada frekuensi UWB 2,76 GHz. Sehingga ECC antenna modifikasi lebih baik dari pada antenna fabrikasi.



Gambar 21. ECC antenna modifikasi



Gambar 22. ECC antenna fabrikasi



referensi karena menghasilkan *bandwidth* lebih lebar

Tabel 3. Perbandingan Hasil Akhir

No	Parameter	Hasil Referensi	Hasil Simulasi Referensi	Hasil Simulasi Modifikasi	Hasil Fabrikasi
1.	<i>Return loss</i> (dB)	$\leq -10$ dB	$\leq -10$ dB	$\leq -10$ dB	$\leq -10$ dB
2.	<i>Bandwidth</i> (GHz)	3-12	2,65-9	2,61-12,7	$\geq 2,76$
3.	VSWR (dB)	-	$> 2$	$< 2$	$< 2$
4.	<i>Gain</i> (dBi)	1,4-4,6	2,3-3,6	2,3-3,5	-
5.	Isolasi (dB)	$>15$ dB	$>15$ dB	$>15$ dB	$>15$ dB
6.	Pola radiasi	<i>Omnidirectional</i>	<i>Omnidirectional</i>	<i>Omnidirectional</i>	<i>Omnidirectional</i>
7.	ECC	$<0,07$	0,01	0,007	0,01

### 3.3 Analisa perbandingan hasil rancangan antenna referensi, modifikasi, dan fabrikasi

Setelah mendapatkan hasil simulasi rancangan antenna referensi, antenna modifikasi dan hasil pengukuran antenna fabrikasi, dapat dibandingkan nilai parameter yang dihasilkan oleh masing-masing antenna (Tabel 3).

## 4. KESIMPULAN

Desain antenna UWB MIMO, yang memiliki desain berukuran kecil 39 mm x 39 mm x 1,6 mm, telah dipresentasikan. Masing-masing elemen dibuat saling tegak lurus dengan *parsial groundplane* dapat meningkatkan lebar pita antenna yang sesuai untuk sistem UWB.

Hasil simulasi perancangan desain antenna modifikasi mencapai *return loss* yang optimal  $\leq -10$  dB dan mencapai *return loss* maksimum sebesar  $-23,986$  dB pada frekuensi kerja 3,89 GHz. *Bandwidth* yang dihasilkan yaitu 2,61-12,7, menghasilkan VSWR yang optimal  $< 2$  dB, isolasi antenna  $>15$  dB, ECC sebesar 0,0086 dan menghasilkan pola radiasi *omnidirectional*.

Perbandingan hasil pengukuran Antena yang dibuat setelah fabrikasi dengan paper sebelumnya memiliki nilai yang berbeda. *Bandwidth* yang dihasilkan oleh antenna fabrikasi lebih lebar dibandingkan dengan antenna referensi, dengan rentang nilai antara 2,76 GHz hingga  $\geq 14$  GHz, sedangkan antenna referensi memiliki *bandwidth* antara 3 GHz hingga 12 GHz. Isolasi yang dihasilkan oleh kedua antenna memiliki nilai yang sama, yaitu  $>15$  dB, dengan pola radiasi *omnidirectional*. Namun, ECC yang dihasilkan oleh antenna referensi lebih bagus dari pada antenna fabrikasi. Meskipun begitu, ECC antenna fabrikasi masih memiliki nilai ECC yang baik untuk frekuensi UWB. nilai ECC antenna fabrikasi yaitu 0,01 sedangkan nilai ECC antenna referensi yaitu 0,007. Sehingga antenna fabrikasi lebih baik dari antenna

dengan isolasi yang sesuai dengan spesifikasi dan ECC yang memenuhi persyaratan untuk frekuensi UWB.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Y. Yusniah, A. Putri, and A. Simatupang, "Perkembangan Teknologi Komunikasi Dan Informasi: Akar Revolusi Dan Berbagai standarnya," *Da'watuna: Journal of Communication and Islamic Broadcasting*, vol. 3, no. 2, pp. 330–337, 2022.
- [2] A. Amir, "Perancangan Antena MIKROSTRIP ultra wide band Dengan Material Tekstil untuk aplikasi wireless body area networks," *Patria Artha Technological Journal*, vol. 3, no. 1, 2019.
- [3] A. D. Prasetyo and E. Edwar, "Antena planar UWB dengan pencatutan tapered-CPW Dan spline-curved ground plane," *Jurnal Nasional Teknik Elektro dan Teknologi Informasi (JNTETI)*, vol. 8, no. 3, p. 259, 2019.
- [4] Z. Tang et al., "Compact UWB-MIMO antenna with high isolation and triple band-notched characteristics," *IEEE Access*, vol. 7, pp. 19856–19865, 2019.
- [5] X.-L. Liu, Z.-D. Wang, Y.-Z. Yin, J. Ren, and J.-J. Wu, "A compact ultrawideband MIMO antenna using QSCA for high isolation," *IEEE Antennas and Wireless Propagation Letters*, vol. 13, pp. 1497–1500, 2014.
- [6] X. Chen, S. Zhang, and Q. Li, "A review of mutual coupling in MIMO Systems," *IEEE Access*, vol. 6, pp. 24706–24719, 2018.
- [7] J.-Y. Deng, L.-X. Guo, and X.-L. Liu, "An ultrawideband MIMO antenna with a high isolation," *IEEE Antennas and Wireless Propagation Letters*, vol. 15, pp. 182–185, 2016.

- [8] Tzu-Chun Tang and Ken-Huang Lin, "An ultrawideband MIMO antenna with dual band-notched function," *IEEE Antennas and Wireless Propagation Letters*, vol. 13, pp. 1076–1079, 2014.
- [9] A. J. Al-Gburi, I. Ibrahim, M. Y. Zeain, and Z. Zakaria, "Compact size and high gain of CPW-fed UWB strawberry artistic shaped printed monopole antennas using FSS single layer reflector," *IEEE Access*, pp. 1–1, 2020.
- [10] T. Kaiser and F. Zheng, *Ultra Wideband Systems: With Mimo*. Chichester, United Kingdom: John Wiley & Sons, 2010.
- [11] J. Zhu, S. Li, B. Feng, L. Deng, and S. Yin, "Compact dual-polarized UWB quasi-self-complementary MIMO/diversity antenna with band-rejection capability," *IEEE Antennas and Wireless Propagation Letters*, vol. 15, pp. 905–908, 2016.
- [12] M. Di Renzo and H. Haas, "On transmit diversity for spatial modulation MIMO: Impact of spatial constellation diagram and shaping filters at the transmitter," *IEEE Transactions on Vehicular Technology*, vol. 62, no. 6, pp. 2507–2531, 2013.
- [13] Firdaus, A. Yuhaneff, Y. Yulindon, D. Meidelfi, and M. Silvana, "The small UWB monopole antenna with stable omnidirectional radiation pattern," *JOIV: International Journal on Informatics Visualization*, vol. 6, no. 4, p. 815, 2022.
- [14] B. Wang, D. Yang, and K. Sun, "Design and analysis of a compact omnidirectional UWB slot antenna," *Microwave and Optical Technology Letters*, vol. 61, no. 8, pp. 1917–1923, 2019.
- [15] Firdaus et al., "Study on the design of UWB antenna for omnidirectional pattern," *2018 International Conference on Applied Science and Technology (iCAST)*, 2018.
- [16] R. A. Persia, "Studi antena mikrostrip array pada frekuensi 850 MHz," *Jurnal Penelitian Rumpun Ilmu Teknik*, vol. 1, no. 2, pp. 6–11, 2022.
- [17] A. Uboyo, Y. H. Pramono, and A. Y. Rohedi, "Desain dan fabrikasi antena mikrostrip loop dengan feed line mikrostrip feed line dua lapis substrat untuk komunikasi C-Band," *Jurnal Fisika dan Aplikasinya*, vol. 5, no. 2, 2009.
- [18] R. Yuwono, "Perencanaan dan pembuatan antena UWB (Ultra Wide Band) mahkota (Crown Antenna)," *Jurnal EECCIS*, vol. 4, no. 1, 2010.
- [19] F. Farida and E. Setijadi, "Perancangan filter bandpass dengan teknik penggabungan filter lowpass dan highpass," *Jurnal Sustainable*, vol. 7, no. 1, 2018.
- [20] C.-T. Chuang, T.-J. Lin, and S.-J. Chung, "A band-notched UWB monopole antenna with high notch-band-edge selectivity," *IEEE Transactions on Antennas and Propagation*, vol. 60, no. 10, pp. 4492–4499, 2012.
- [21] Y. Wahyu, H. Sachrawi, A. Yudi, and H. Wijanto, "Antena spiral-dipole untuk Ground Penetrating Radar (GPR)," *Jurnal Elektronika dan Telekomunikasi*, vol. 13, no. 2, 2016.
- [22] P. O. Otasowie and E. A. Ogujor, "Voltage standing wave ratio measurement and prediction," *International Journal of Physical Sciences*, vol. 4, no. 11, 2019.
- [23] A. A. Asril, L. Lifwarda, and Y. Antonisfia, "Rancang bangun antena mikrostrip bowtie pada frekuensi 5,2 Ghz," *Elektron: Jurnal Ilmiah*, vol. 10, no. 2, pp. 15–21, 2018.
- [24] R. Yuwono, "Unjuk kerja antena UWB Egg berdasarkan dimensinya," *Jurnal EECCIS*, vol. 4, no. 2, 2010.
- [25] F. Akbarrizky, R. Munadi and H. Walidainy, "Perancangan dan pengujian antena mikrostrip circular patch array dua elemen untuk aplikasi WiMAX 2,3 Ghz," *Jurnal Online Teknik Elektro (KITEKTRO)*, vol. 2, no. 4, 2017.