

Antena *Ultrawideband Multiple Input Multiple Output* (MIMO) Dengan Struktur Dekopling Pada *Ground*

Rini Tiara^{1*}, Firdaus^{2*}, Popy Maria³, dan Yulindon⁴

1,234 Program Studi Teknik Telekomunikasi, Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Padang

*Corresponding Author, Email : 20rinitia@gmail.com, firdaus@pnp.ac.id

Abstrak — Perkembangan teknologi menuntut adanya percepatan pengiriman data, dimana penggunaan UWB MIMO merupakan solusi untuk mengatasi hal tersebut. Namun penggunaan teknik MIMO yang terdapat banyak pemancar dan penerima membuat nilai *mutual coupling* semakin meningkat. Hal ini menyebabkan terjadinya penurunan kinerja antenna. Oleh karena itu, digunakanlah *decoupling structure* pada *ground* yang mampu menekan nilai *mutual coupling* sekecil mungkin dan meningkatkan nilai isolasi. Pada penelitian ini dirancanglah suatu antenna UWB MIMO menggunakan *substrate* FR-4 Epoxy berukuran 30 × 40 mm, dengan ketebalan 0,8 mm dan konstanta dielektrik 4,4. Antena ini dirancang dengan aplikasi CST Studio 2019 lalu dilakukan fabrikasi dan selanjutnya dibandingkan hasil simulasi dan fabrikasi. Hasil yang diperoleh telah memenuhi spesifikasi antenna UWB dari frekuensi 3,07 GHz – 11 GHz dengan *mutual coupling* pada simulasi yang dihasilkan < -15 dB dan nilai *envelope correlation coefficient* (ECC) < 0,01. Pola radiasi yang dihasilkan adalah pola radiasi *omnidirectional*. Pada pengukuran didapatkan nilai *mutual coupling* < -15 dB dan isolasi yang baik terdapat pada rentang frekuensi 4,3 GHz – 11 GHz.

Kata Kunci : MIMO, *Ultrawideband*, *Decoupling structure*, *Mikrostrip*

Abstract — *The advancement of technology demands an acceleration in data transmission, where the utilization of UWB MIMO presents a solution to address this issue. However, the implementation of MIMO techniques involving multiple transmitters and receivers leads to an increase in mutual coupling values. This results in a decline in antenna performance. Therefore, a decoupling structure on the ground is employed to minimize mutual coupling values and enhance isolation. The progress of technology calls for expedited data transmission, where the utilization of UWB MIMO presents a solution to address this issue. However, the use of MIMO techniques with numerous transmitters and receivers escalates mutual coupling values. This subsequently leads to a degradation in antenna performance. Hence, a decoupling structure on the ground is employed to minimize mutual coupling values as much as possible and enhance isolation. In this research, a UWB MIMO antenna was designed utilizing a 30 × 40 mm FR-4 Epoxy substrate with a thickness of 0,8 mm and a dielectric constant of 4,4. The antenna was designed using CST Studio 2019 software, followed by fabrication, and subsequently, a comparison was drawn between the simulation and fabrication results. The obtained results have fulfilled the UWB antenna specifications within the frequency range of 3,07 GHz to 11 GHz, with simulated mutual coupling values lower than -15 dB and an envelope correlation coefficient (ECC) value less than 0,01. The resulting radiation pattern is omnidirectional. During the measurements, mutual coupling values of less than -15 dB and good isolation is found within the frequency range of 4,3 GHz to 11 GHz*

Keywords : MIMO, *Ultrawideband*, *Decoupling structure*, *Mikrostrip*

© 2023 Elektron Jurnal Ilmiah

I. PENDAHULUAN

Pesatnya perkembangan teknologi telekomunikasi membuat kebutuhan akan pengiriman dan penerimaan data dengan kecepatan dan kapasitas tinggi meningkat [1]. Penggunaan teknologi *Ultra-wideband* (UWB) merupakan solusi karena kelebihanannya dalam *bandwidth* yang lebar dan kecepatan transmisi yang tinggi. Untuk membuat kecepatan transfer data menjadi dua kali lebih cepat, maka digunakanlah sistem UWB dengan teknik MIMO. Untuk itu, dengan memperkenalkan teknik MIMO ke dalam sistem UWB menghasilkan teknologi komunikasi UWB – MIMO [2].

Sistem *multiple input multiple output* (MIMO) adalah sistem yang menggunakan banyak pemancar (*transmitter*) dan penerima (*receiver*). Menurut

Federal Communication Commission (FCC), sistem komunikasi UWB beroperasi pada spektrum frekuensi 3.1 – 10.6 GHz. Kebutuhan teknologi akan kecepatan yang lebih tinggi bisa dicapai dengan penggunaan antenna MIMO, dimana antenna memancarkan lebih dari satu frekuensi pada satu waktu [3]. Penggunaan lebih dari satu antenna pada sistem MIMO dapat menimbulkan *mutual coupling*, yang mana dapat mengurangi kinerja antenna. Maka perlu suatu struktur untuk menekan nilai tersebut sekecil mungkin dan meningkatkan nilai isolasi. Hal tersebut dapat dicapai dengan menempatkan sebuah *stub* diantara elemen antenna sebagai *decoupling structure* pada *ground* [4]. Disisi lain nilai ECC yang dihasilkan juga menunjukkan kinerja antenna dengan sistem MIMO, dimana semakin nilai ECC mendekati nilai 0, maka

Received 03 November 2023; Revised 26 November 2023; Accepted 11 Desember 2023

semakin tidak saling berkolerasilah antar antena indenpenden tersebut [5].

Penelitian mengenai UWB - MIMO telah dilakukan sebelumnya. Dalam desain antena UWB MIMO, ditemukannya kesulitan dalam hal isolasi *wideband*, pemeliharaan ukuran yang ringkas, dan kemampuan menyaring pita interferensi pada saat yang bersamaan. Beberapa metode diusulkan, diantaranya penggunaan slot di *ground* [6], *decoupling* antar *port* [2], dan penambahan *stub rectangular* diantara antena untuk meningkatkan isolasi dan penurunan *mutual coupling* [7], [10]. Di sisi lain juga diterapkan dua slot persegi panjang pada *patch* dan *substrate* untuk mengoptimasi nilai *return loss* [3]. Namun, beberapa desain ini hanya mencakup operasi pita yang lebih rendah (3.1 – 5.2 GHz) [8] dan ukuran antena yang besar [9].

Pada penelitian ini, diajukan sebuah antena UWB – MIMO yang merupakan desain dari paper sebelumnya [8], dengan mengecilkan dimensi antena dan memodifikasi desain. Antena UWB – MIMO dirancang dengan frekuensi kerja 3 GHz – 11 GHz dengan teknik pencatutan *microstrip line*. Teknik ini digunakan karena mudah dibuat, pencocokan impedansi sederhana, dan biaya fabrikasi yang relatif murah. Antena ini dirancang dengan bahan *substrate* FR-4 Epoxy ($\epsilon_r = 4.4$), dengan jenis polaradiasi *omnidirectional* dan menggunakan teknik *decoupling structure* untuk mengurangi nilai *mutual coupling* antena MIMO. Antena ini dirancang untuk mendapatkan nilai parameter yang baik dan dapat bekerja pada frekuensi *ultrawideband*, sehingga mampu menekan interferensi dan dapat digunakan untuk komunikasi *wireless high speed*.

II. METODE

A. Perancangan

Antena yang akan dirancang adalah antena MIMO *Ultra Wideband* (UWB) dengan menggunakan *decoupling structure* pada *ground* nya dan teknik pencatutan *microstrip line feed*. Analisis antena dimulai dari perancangan pada aplikasi CST Studio 2019, lalu akan dilakukan simulasi dan optimasi hingga antena siap untuk di fabrikasi. Perancangan antena pada penelitian ini menggunakan bahan *substrate* FR-4 dengan spesifikasi *substrate* pada Tabel 1 dan spesifikasi antena pada Tabel 2 sebagai berikut.

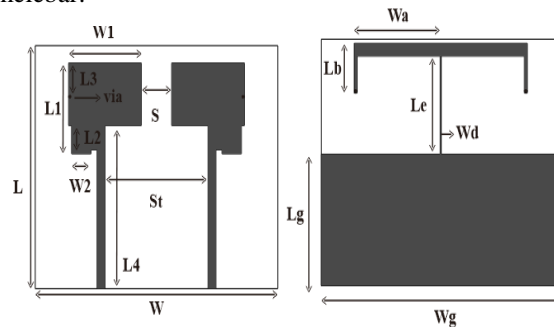
Tabel 1. Spesifikasi *Substrate*

No	Spesifikasi <i>Substrate</i>	Nilai
1	<i>Dielectric Constant</i> (ϵ_r)	4,4
2	Ketebalan <i>Substrate</i>	0,8
3	<i>Loss Tangent</i>	0,02

Tabel 2. Spesifikasi Antena

No	Parameter Antena	Nilai
1	Frekuensi Kerja	3.1 – 10.6 GHz
2	<i>Return Loss</i> (S_{11})	≤ -10 dB
3	<i>Mutual coupling</i> (S_{12})	≤ -15 dB
4	<i>Gain</i>	≥ 2 dBi
5	ECC	< 0.3
6	Pola Radiasi	<i>Omnidirectional</i>

Adapun desain akhir antena ditunjukkan pada Gambar 1. Pada satu sisi terdapat *partial ground* dengan menggunakan *decoupling structure*. Pada bagian *patch* terdapat tiga buah slot dibagian bawah yang berpengaruh pada impedansi *bandwidth* yang melebar.



Gambar 1 - Desain Antena

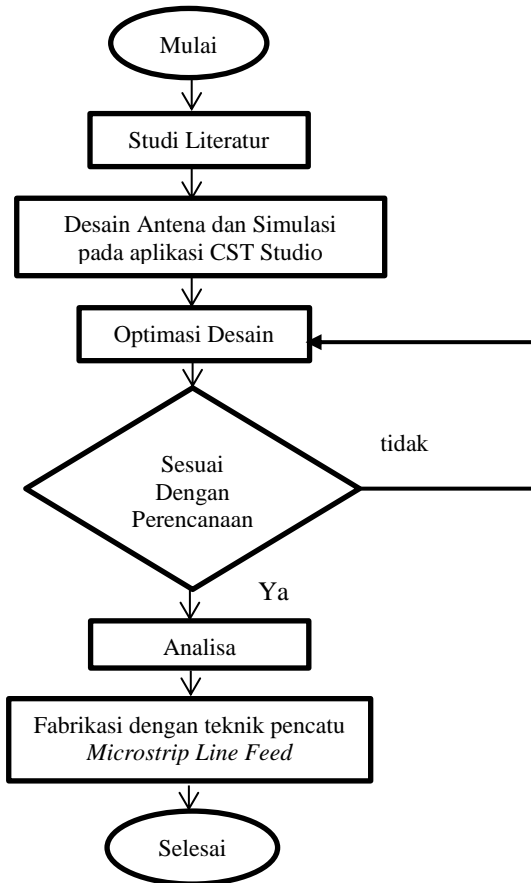
Antena ini berukuran 30 x 40 x 0.8 mm³ dengan menggunakan bahan FR-4. Pada bagian atas *substrate* terdapat *patch rectangular* (W_1 dan L_1) dan feedline (L_4), sementara pada bagian bawah terdapat *partial ground* (W_g dan L_g) dan *decoupling path* (L_b , W_a , L_e). Dimana *decoupling path* terhubung dengan *patch* melalui penggunaan via (diameter 0.5). Adapun nilai dari parameter antena tersebut ditunjukkan pada Tabel 3.

Tabel 3. Parameter Antena Referensi

W	Wg	W1	W2	Wa	Wd	St	Le
40	40	12	3	14,4	0,2	17	13,5
L	Lg	L1	L2	L3	L4	S	Lb
30	16	11,2	3,5	3,9	18	5	4

B. Alur Perancangan

Alur perancangan penelitian ini dimulai dari studi literatur, lalu melakukan perancangan, setelah itu dilakukan simulasi dan optimasi pada aplikasi CST Studio 2019, serta fabrikasi. Adapun alur perancangan ditunjukkan pada gambar 2 yang berbentuk diagram alir.

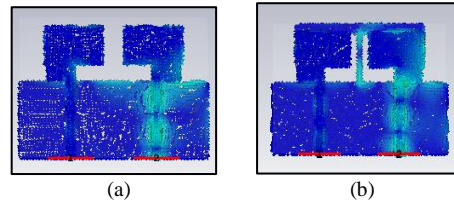


Gambar 2 - Diagram Alur Perancangan

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Pendekatan Desain UWB MIMO

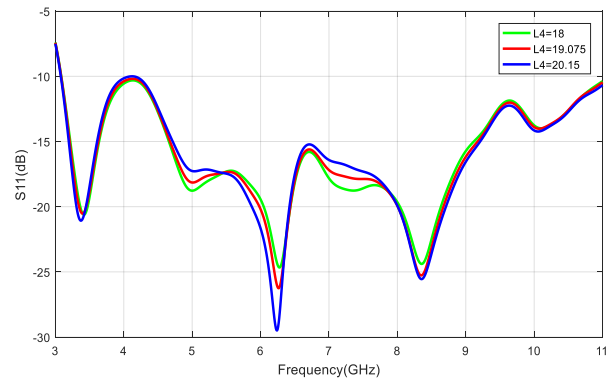
Desain antenna ini dibuat untuk merealisasikan antenna UWB MIMO dengan penggunaan *decoupling structure*. Pada desain ini, terdapat dua patch rectangular untuk mencakup aplikasi UWB. Saat antenna ini berada pada jarak yang dekat satu sama lain, maka dapat membuat nilai *mutual coupling* semakin meningkat, sehingga isolasi menjadi lebih buruk. Oleh karena itu, metode *decoupling* diperkenalkan untuk mengatasi masalah ini. Gambar 3 menunjukkan desain antenna pada penelitian ini, dimana *decoupling structure* berada pada sisi bawah *substrate* dan terhubung ke *patch* melalui *via*. Struktur ini berkontribusi pada penguraian energi kopling asli dengan menghasilkan jalur kopling lain, untuk mengurangi energi kopling asli ke elemen antenna lainnya, sehingga mampu menghasilkan isolasi yang baik. Pada Gambar 3 ini menampilkan bahwa arus kopling di *ground* berkurang dan mengurangi aliran energi dari port 2 ke port 1 saat port 2 tereksitasi.



Gambar 3 - Distribusi arus (a) tanpa jalur decoupling (b) dengan jalur decoupling

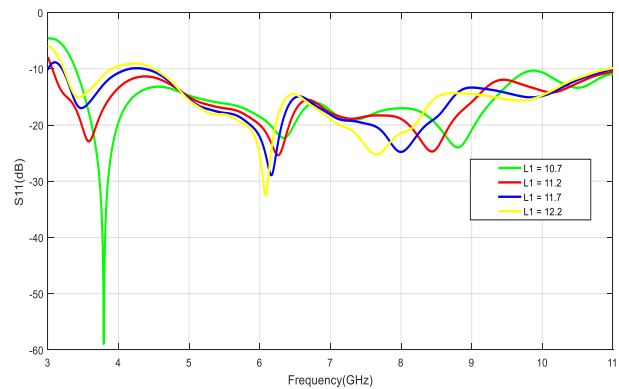
B. Studi Parametrik

Studi parametrik merupakan cara untuk melakukan optimasi dengan membandingkan beberapa parameter yang berbeda untuk mendapat hasil yang optimal. Bagian ini mempelajari efek *decoupling* terhadap performa antenna. Mekanisme yang diusulkan dianalisis dengan melakukan perubahan pada panjang *feedline* (L_4) dan lebar jalur *decoupling* (W_d). Disini, hanya satu parameter yang disimulasikan, sementara parameter yang lain bernilai sama.



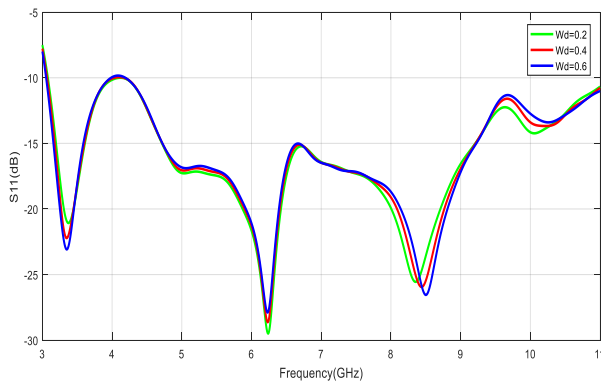
Gambar 4 - Perubahan Ukuran L_4

Ukuran *feedline* yang digunakan pada antenna referensi yaitu $L_4 = 18$, lalu dilakukan perbandingan dengan 3 ukuran yang berbeda. Pada Gambar 4 dapat dilihat hasil yang terbaik pada $L_4 = 20.15$, dimana menghasilkan nilai *return loss* yang lebih baik dibanding ukuran pada antenna referensi.



Gambar 5 – Perubahan ukuran L_1

Selanjutnya perubahan ukuran L1, dengan membuatnya dalam 4 perubahan. Pada Gambar 5 dapat dilihat bahwa perubahan ukuran Lebar Patch yaitu parameter L1 tidak berpengaruh terhadap perubahan lebar *bandwidth* yang didapatkan dibandingkan simulasi awal. Pada nilai L1 = 10.7 didapatkan rentang frekuensi 3.4 GHz – 9.7 GHz yang menghasilkan nilai *return loss* terbaik sebesar -50 dB, akan tetapi memiliki *bandwidth* yang lebih sempit dibanding simulasi awal yaitu saat L1 = 11.2 dengan rentang frekuensi 3 GHz - 11 GHz. Jika nilai L1 yang digunakan lebih besar dari 11.2, disini menghasilkan *bandwidth* yang semakin sempit yaitu L1 = 11.7 sebesar 3.2 GHz – 10.9 GHz dan L1 = 12.2 sebesar 4.5 GHz – 10.8 GHz. Maka dari itu nilai L1 terbaik adalah sesuai referensi sebesar 11.2.

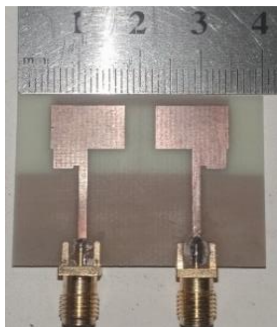


Gambar 6 – Perubahan Ukuran Wd

Dilakukan simulasi nilai Wd dengan tiga ukuran yang berbeda, yaitu Wd = 0.2, Wd = 0.4, Wd = 0.6. Berdasarkan ketiga simulasi tersebut didapatkan nilai *return loss* yang dihasilkan tidak jauh berbeda dari ukuran referensi yaitu Wd = 0.2. Jadi dapat disimpulkan bahwa perubahan nilai Wd tidak berpengaruh terhadap perubahan nilai *return loss* maupun *bandwidth* yang dihasilkan. Nilai *return loss* perubahan nilai Wd ditampilkan pada Gambar 6.

C. Hasil Fabrikasi

Setelah dilakukan simulasi dan optimasi untuk mendapat hasil yang maksimal, maka dilakukan proses fabrikasi dan pengukuran menggunakan perangkat *Vector Analyzer* (VA). Adapun hasil fabrikasi ditunjukkan pada Gambar 7.



(a)



(b)

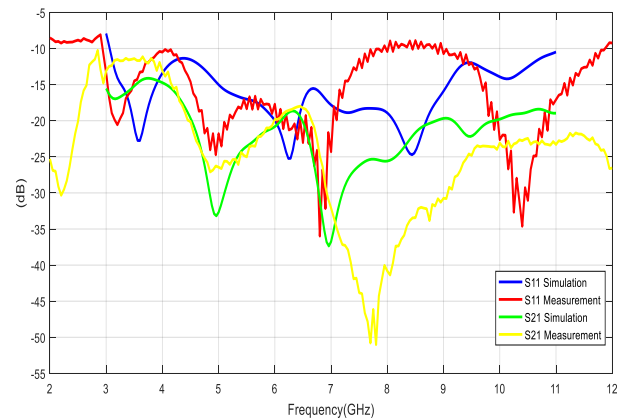
Gambar 7 - Hasil Fabrikasi (a) Tampak atas (b) Tampak bawah

Adapun parameter akhir antenna ditunjukkan pada Tabel 4.

Tabel 4. Parameter Akhir Antena

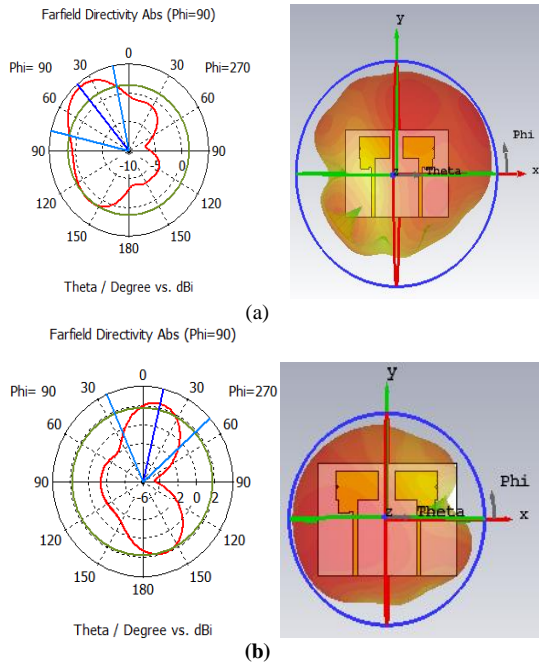
W	Wg	W1	W2	Wa	Wd	St	Le
40	40	12	3	14,4	0,2	17	13,5
L	Lg	L1	L2	L3	L4	S	Lb
30	16	11,2	3,5	3.9	20,15	5	4

Berikut merupakan perbandingan hasil S_{11} dan S_{21} simulasi dan fabrikasi.

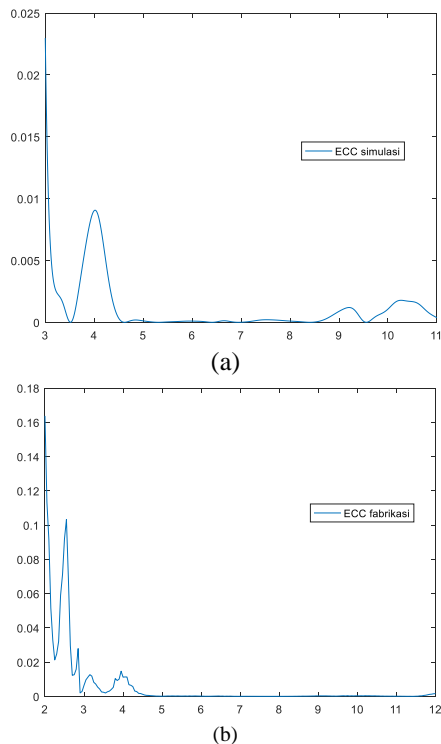


Gambar 8 - Perbandingan Hasil Simulasi dan Pengukuran

Pada Gambar 8 menampilkan perbandingan nilai isolasi antara simulasi dan pengukuran. Isolasi digunakan untuk melihat kualitas antenna MIMO dan mengetahui nilai *mutual coupling* yang dihasilkan dengan memperhatikan parameter S_{21} . Grafik S_{11} pengukuran yang ditampilkan hampir menyerupai grafik S_{11} pada simulasi. Dimana pada hasil simulasi dan pengukuran mendapatkan nilai *mutual coupling* yang sama sebesar < -15 dB. Namun hasil pengukuran memiliki *bandwidth* yang lebih sempit dibandingkan simulasi, yaitu pada frekuensi 4,3 GHz – 11 GHz. Jadi, untuk nilai *mutual coupling* dan isolasi pada hasil simulasi dan pengukuran sudah lebih baik dibanding sebelumnya. Selanjutnya pada Gambar 9 menampilkan pola radiasi pada frekuensi 7 GHz dan 11 GHz. Terlihat bahwa polaradiasi yang dihasilkan adalah *omnidirectional*, yang memancarkan sinyal kesegala arah.

Gambar 9 – Pola radiasi (a) Farfield ($f=7$) (b) Farfield ($f=11$)

Selanjutnya, Gambar 10 menampilkan ECC yang dihasilkan saat simulasi dan fabrikasi. Dimana hasil yang didapatkan jauh berbeda, pada saat simulasi ECC yang didapat bernilai 0.01 sementara pada pengukuran bernilai 0.1. Sehingga dapat disimpulkan hasil nilai ECC pada simulasi lebih baik dibandingkan pengukuran.



Gambar 10 - Nilai ECC (a) simulasi (b) fabrikasi

IV. KESIMPULAN

Antena UWB MIMO dengan *decoupling structure* pada *ground* telah disajikan. Antena UWB MIMO yang dihasilkan bekerja pada rentang frekuensi 3.07 GHz – 11 GHz. Dimana pada penelitian ini UWB diperoleh dengan penggunaan *partial ground*. Hasil simulasi menunjukkan bahwa desain antenna yang diusulkan telah memenuhi spesifikasi yang mencakup nilai *return loss* < -10 dB, nilai *mutual coupling* < -15 dB dari frekuensi 4 GHz – 11 GHz, *bandwidth* yang lebih lebar pada 7930 MHz, koefisien korelasi yang sangat rendah yaitu 0.01 dan pola radiasi *omnidirectional*. Pada hasil pengukuran didapatkan *bandwidth* yang lebih sempit dibandingkan hasil simulasi yaitu sebesar 5020 MHz, hal ini dapat terjadi karena pengaruh penyolderan konektor pada antenna kurang tepat, nilai *mutual coupling* yang dihasilkan < -15 dB pada frekuensi 4.3 GHz - 11 GHz.

REFERENSI

- [1] Bahrul Anugrah Mukti, "Peningkatan DirectivityAntena Mimo Vivaldi Coplanar Dengan Corrugated SlotUntuk AplikasiUltra-Wideband(UWB)," pp. 306–313, 2022.
- [2] Y. Li, Y. Kong, and K. Yu, "A Dual Band-Notched UWB-MIMO Antenna Using Slot and Stub Techniques," pp. 313–314, 2016.
- [3] S. Soundarya, S. Meghana, and P. Shanthi, "Design of dual band micro strip antenna for 2.4 Ghz and 3.6 Ghz," *Int. J. Recent Technol. Eng.*, vol. 8, no. 1, pp. 2404–2406, 2019.
- [4] R. Kurnia and I. Elfutri, "Ultra Wideband (UWB) Multiple Input Multiple Output (MIMO) Antenna : A Review," vol. 1, pp. 35–43, 2023.
- [5] Gandarrityaz, dkk, " Perancangan, Optimasi dan Analisis High Isolation Dual-Band MIMO 5G Antena untuk Implementasi pada Smartphone" vol.10, pp.783, 2022.
- [6] J. Firdaus and Y. Rahayu, "Perancangan Antena Metamaterial Supersrate Untuk Meningkatkan Gain Dan Bandwidth Pada Mimo Microstrip Patch Array Untuk Jaringan 5g," vol. 6, pp. 1–10, 2019.
- [7] Y. Zhao, F. Zhang, L. Cao, and D. Li, "A Compact Dual Band-Notched MIMO Diversity Antenna for UWB," vol. 89, no. January, pp. 161–169, 2019.
- [8] T. Chun Tang and Dkk, "An Ultrawideband MIMO Antenna With Dual Band Notched Function."
- [9] H. Hu, F. Chen, Q. Chu, and S. Member, "A Wideband U-Shaped Slot Antenna and Its Application in MIMO Terminals," vol. 15, pp. 508–511.
- [10] W. B. Characteristics, "Compact Printed UWB Diversity Slot Antenna With 5.5-GHz Band-Notched Characteristics," vol. 13, pp. 376–379.