

RANCANG BANGUN ANTENA MIKROSTRIP MIMO 2X2 MENGUNAKAN TEKNIK U-SLOT DAN DGS DENGAN FREKUENSI 3.5 GHz UNTUK KOMUNIKASI 5G

Dhoni Putra Setiawan, S.T, M.T., PhD*¹, Yudiansyah, S.T, M.T*², Yeni Ayuningsih *³

Teknik Telekomunikasi, Telkom University Jl. Telekomunikasi. 1, Terusan Buahbatu - Bojongsong, Telkom University, Sukapura, Kec.

Dayeuhkolot, Kabupaten Bandung, Jawa Barat 40257

¹* setiawandhoni@telkomuniversity.ac.id ²* yudiansyah@telkomuniversity.ac.id

³* yeniayuningsih@student.telkomuniversity.ac.id

Abstrak — Teknologi generasi kelima (5G) menyediakan sistem komunikasi berkecepatan tinggi dan memerlukan sistem antena multiple-input multiple-output (MIMO) untuk meningkatkan kapasitas pelanggan. Penelitian ini bertujuan untuk meningkatkan *bandwidth* pada komunikasi 5G. Terbukti dengan metode *U-Slot* dan DGS dapat meningkatkan *bandwidth*. Hasil simulasi yang dilakukan dengan menggunakan program CST Studio menghasilkan nilai *return loss* (S11) sebesar -14.12 dB, (S22) sebesar -14.11 dan VSWR 1.48, VSWR 2 sebesar 1.49 pada frekuensi 3.5 GHz, pada port 1 *bandwidth* 238 MHz dan pada port 2 *bandwidth* 235 MHz. Gain pada port 1 diperoleh dari simulasi sebesar 4.65 dBi dan port 2 sebesar 4.63 dBi dengan *directivity* pada port 1 sebesar 6.36 dBi dan *directivity* pada port 2 sebesar 6.34 dBi. Nilai koefisien isolasi (S12) sebesar -24,48 dan (S21) sebesar -24,52 dB. Pola radiasi yang diperoleh saat simulasi *unidirectional* dan polarisasi *elips*. Penggunaan antena MIMO dengan teknologi *U-Slot* dan DGS terbukti berhasil memperluas *bandwidth*. Sedangkan hasil fabrikasi didapatkan *return loss* pada port 1 sebesar -11.36 dB dan port 2 sebesar 13.84 dB, VSWR pada port 1 sebesar 1.7 dan port 2 sebesar 1.5 dengan *bandwidth* pada port 1 550 MHz dan port 2 sebesar 580 MHz. Pola radiasi *bidirectional*, polarisasi *elips* dan gain 3.3 dBi.

Kata kunci— Antena Mikrostrip, MIMO, *U-Slot*, DGS, 5G

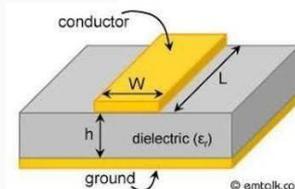
I. PENDAHULUAN

Teknologi komunikasi seluler berkembang pesat dari generasi pertama (1G) hingga generasi kelima (5G) dan memberikan dampak yang signifikan terhadap kehidupan di dunia, khususnya di Indonesia. Kini muncul teknologi 5G untuk mengatasi permasalahan tersebut karena teknologi 4G sebelumnya memiliki keterbatasan dan kekurangan seperti kecepatan akses. Antena adalah perangkat komunikasi, dan teknologi 5G menggunakan frekuensi tinggi, sehingga mengurangi dimensi antena. Oleh karena itu diperlukan antena yang mudah diintegrasikan. Salah satu jenis antena yang cocok untuk teknologi 5G adalah antena mikrostrip. Metode *U-Slot* pada beberapa penelitian lain menunjukkan dampak penambahan *U-slot* terhadap peningkatan kinerja *bandwidth* antena mikrostrip. Metode DGS (*Defected Ground Structure*) yang menekan gelombang permukaan dengan menghilangkan sebagian medan radiasi atau tanah. Tujuannya adalah untuk meningkatkan efisiensi antena dengan mengurangi gelombang permukaan.

II. KAJIAN TEORI

A. Antena Mikrostrip

Antena mikrostrip dapat didefinisikan sebagai jenis antena yang bentuknya sangat tipis atau kecil. Secara umum, struktur antena mikrostrip terdiri dari tiga bagian : elemen pemancar atau antena *patch* (konduktor), saluran transmisi, dan bidang tanah atau *ground plane* yang dapat dicetak pada satu atau lebih substrat dielektrik. Dielektrik substrat memiliki parameter seperti h yang menunjukkan ketebalan substrat, koefisien kerugian yang menunjukkan kehilangan dielektrik, dan ϵ_r yang menunjukkan konstanta dielektrik substrat. Ketiga konstanta ini sangat penting dalam desain antena.



Gambar 1. Geometri Antena Mikrostrip

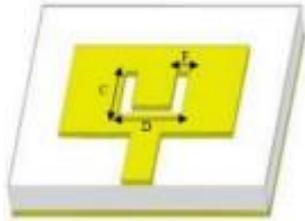
B. Parameter Antena

Performa dan kegunaan antena dapat ditentukan berdasarkan nilai parameter antena. Beberapa parameter ini saling terkait. Parameter antena yang biasa digunakan untuk menganalisis antena adalah VSWR (*Voltage Wave Standing Ratio*), *Return Loss*, *Bandwidth*, Impedansi Input, *Gain*, Pola Radiasi, dan Polarisasi. Selain itu, parameter ini dapat diukur menggunakan penganalisis jaringan.

C. Metode U-Slot

Metode *U-Slot* antena tersedia dalam berbagai bentuk, termasuk U, H, T, V, dan E. Selain meningkatkan nilai *bandwidth*, slot pada patch juga dapat secara aktif meningkatkan nilai parameter antena lainnya pada beberapa pengujian. Penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa penambahan slot berbentuk U sederhana dalam geometri dan meningkatkan *bandwidth* antena. Peningkatan nilai *bandwidth* karena penurunan faktor kualitas (Q) resonator patch yang disebabkan oleh penurunan energi yang tersimpan di bawah patch dan

peningkatan radiasi. Dalam slot antenna mikrostrip, kopling dari jalur umpan ke *slot* diinduksi secara induktif. Semakin besar efek kopling, semakin rendah kualitas rangkaiannya. *Bandwidth* meningkat seiring dengan menurunnya skor kualitas jaringan. Dalam metode *U-Slot*,

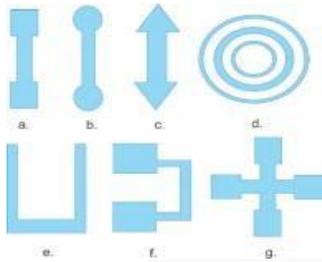


tambalan dipotong berbentuk U.

Gambar 2. Antena Mikrostrip dengan Metode U-Slot

D. Metode DGS

Defected Ground Structure (DGS) merupakan teknik yang digunakan untuk menekan gelombang permukaan pada antena mikrostrip. Proses DGS dilakukan dengan cara mengukir permukaan dasar substrat. DGS memiliki kelebihan, yaitu tidak memerlukan pembuatan lubang pada substrat, melainkan hanya memodifikasi bagian ground-nya. Dengan kata lain, teknologi ini membuat slot pada bagian ground antena mikrostrip.



Gambar 3. Geometris DGS

E. MIMO (*Multiple Input Multiple Output*)

Teknologi MIMO meningkatkan kemampuan penerima dalam menangkap sinyal dengan mengaktifkan antena untuk mengombinasikan aliran data yang datang melalui jalur dan waktu yang berbeda. Antena pintar menggunakan teknologi diversitas spasial, yang memanfaatkan kelebihan antena. Dengan menggabungkan aliran spasial, antena dapat menambah diversitas penerima dan memperluas jangkauan.

F. Teknologi 5G

Teknologi 5G adalah generasi kelima dari jaringan seluler yang dirancang untuk meningkatkan kecepatan, kapasitas, dan konektivitas dibandingkan dengan teknologi sebelumnya. 5G menggunakan frekuensi radio yang lebih tinggi, memungkinkan kecepatan unduhan dan unggahan yang jauh lebih cepat, latensi rendah, serta mendukung lebih banyak perangkat yang terhubung secara bersamaan. Teknologi ini membuka jalan untuk inovasi seperti Internet of Things (IoT), mobil otonom, augmented reality (AR), dan industri pintar. Dengan 5G, komunikasi data yang lebih cepat dan stabil bisa diakses secara lebih luas, meningkatkan efisiensi dan pengalaman pengguna dalam berbagai sektor.

III. METODE

A. Spesifikasi Substrat dan Spesifikasi Antena

Antena yang dirancang merupakan antena MIMO 2X2 dengan metode *U-Slot* dan DGS dengan frekuensi 3.5 GHz menggunakan substrat FR4-Epoxy. Dengan spesifikasi substrat dan spesifikasi antena sebagai berikut :

Tabel.1 Spesifikasi Substrat

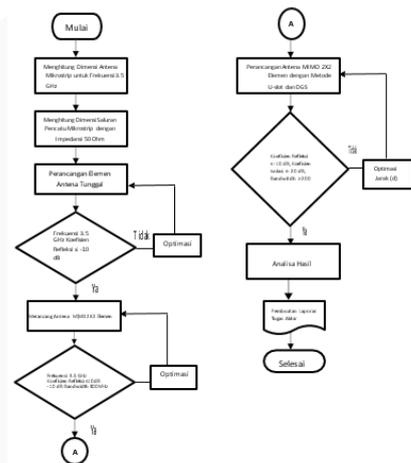
Spesifikasi Substrat	Keterangan
Jenis Substrat	FR4-Epoxy
Konstanta Dielektrik Relatif (ϵ_r)	4.3
Ketebalan Substrat (h)	1.6 mm
Rugi Tangensial ($\tan \alpha$)	0.0265

Substrat yang digunakan FR4-Epoxy dengan $\epsilon_r = 4.3$, $h = 1.6$, dan $\tan \alpha = 0.0265$

Tabel.2 Spesifikasi Antena

Spesifikasi Antena	Keterangan
Bentuk Antena	Rectangular
Rentang Frekuensi Kerja	3.4 GHz - 3.6 GHz
Frekuensi Kerja	3.5 GHz
Impedansi Input	50 Ω
Return Loss	≤ -10 dB
VSWR	≤ 2
Bandwidth	300 MHz
Gain	≥ 3 dBi
Pola Radiasi	Unidirectional
Polarisasi	Elips
Koefisien Isolasi	≤ -20 dB

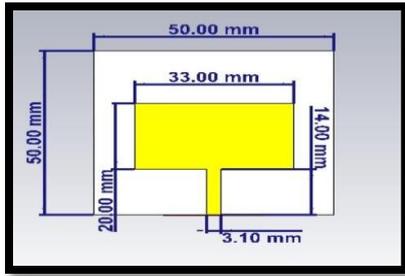
B. Flowchart Penelitian



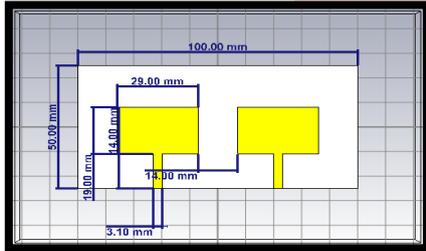
Gambar 4. Flowchart Penelitian

C. Desain Antena

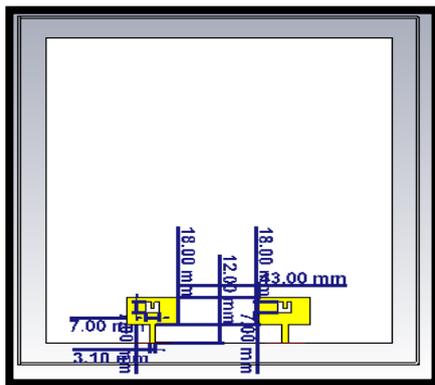
Desain antena yang dirancang menggunakan *software* CST merupakan antena MIMO 2X2 dengan *U-Slot* dan DGS. Seperti pada Gambar 5 merancang antena tunggal *patch rectangular* terlebih dahulu. Selanjutnya merancang antena MIMO 2X2 seperti pada Gambar 6 dan rancangan yang terakhir antena MIMO 2X2 menggunakan metode *U-Slot* dan DGS seperti pada Gambar 7.



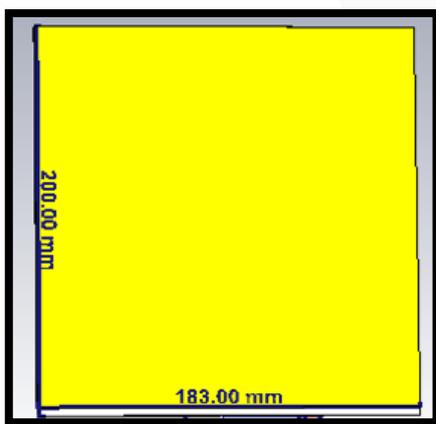
Gambar 5. Antena Elemen Tunggal



Gambar 6. Antena MIMO 2X2



(a) Tampak Depan



(b) Tampak Belakang

Gambar 7. Antena MIMO 2X2 dengan *U-Slot* dan DGS
(a) Tampak Depan, (b) Tampak Belakang

D. PERSAMAAN PERHITUNGAN DIMENSI ANTENA

- a. Dimensi *Patch Antena*

$$W = \frac{3 \times 10^8}{2(3.5 \times 10^9)} \sqrt{\frac{2}{4.3+1}} \quad (1.1)$$

- b. Menghitung Efektifitas Substrat

$$\epsilon_{\text{reff}} = \frac{\epsilon_r + 1}{2} + \frac{\epsilon_r - 1}{2} \left(1 + 12 \frac{h}{w}\right)^{0.5} \quad (1.2)$$

- c. Menghitung Nilai *Effective Length*

$$L_{\text{eff}} = \frac{c}{2 f_r \sqrt{\epsilon_{\text{reff}}}} \quad (1.3)$$

- d. Menghitung Pertambahan Panjang

$$\Delta L = 0.412 h \frac{(\epsilon_{\text{reff}} + 0.3) \left(\frac{w}{h} + 0.264\right)}{(\epsilon_{\text{reff}} + 0.258) \left(\frac{w}{h} + 0.8\right)} \quad (1.4)$$

- e. Menghitung Panjang *Patch*

$$L = L_{\text{eff}} - 2 \Delta L \quad (1.5)$$

- f. Menghitung Lebar *Feedline*

$$B = \frac{60 \pi^2}{2 f_r \sqrt{\epsilon_{\text{reff}}}} \quad (1.6)$$

- g. Menghitung Saluran Pencatu

$$W_f = \frac{2h}{\pi} \left\{ B - 1 - \ln(2B - 1) + \frac{\epsilon_r - 1}{2\epsilon_r} \left[\ln(B - 1) + 0.39 \frac{0.61}{\epsilon_r} \right] \right\} \quad (1.7)$$

E. Tabel Perbandingan Simulasi dan Optimasi

Tabel 3. Hasil Perbandingan Simulasi Antara Antena Elemen Tunggal Antena MIMO 2X2 dan Antena yang sudah ditambahkan Metode *U-Slot* dan DGS

Parameter	Antena Elemen Tunggal	Antena MIMO 2X2	Antena MIMO 2X2 <i>U-Slot</i> dan DGS
Frekuensi	3.5 GHz	3.5 GHz	3.5 GHz
Return Loss	-10.16 dB	-7.41 dB	-14.12 dB
Bandwidth	142 MHz	-	238 MHz
S12, S21	-	-24.29	-24.52 dB
VSWR	1.9	2.4	1.4
Gain	3.48 dBi	3.2 dBi	4.65 dBi
Pola Radiasi	Unidirectional	Unidirectional	Unidirectional
Polarisasi	Elips	Elips	Elips

Dari hasil perbandingan simulasi setelah menggunakan metode *U-Slot* dan DGS terbukti meningkatkan performa pada *bandwidth* dan *gain*.

IV. METODE

Pada metode ini memaparkan bahwa teori, simulasi dan proses pengujian pada kenyataan yang sebenarnya, untuk mengetahui sejauh mana kehandalan atau kedekatan teori akan jauh berbeda atau mendekati hasil yang diinginkan yang sudah dirancang sesuai simulasi pada perangkat lunak CST (*Computer Simulation Technology*). Setelah melakukan perhitungan dimensi sebelumnya maka langkah selanjutnya mendesain antenna melalui proses perancangan di perangkat lunak CST. Jika hasil paramter yang didapatkan belum memenuhi spesifikasi maka selanjutnya akan dilakukan optimasi agar hasil kinerja antenanya pada simulasi optimal. Jika hasil simulasi sudah optimal maka langkah selanjutnya adalah fabrikasi antenna dan pengujian. Untuk mengetahui kinerja antenna di frekuensi kerja yang sudah ditentukan yaitu 3.5 GHz apakah hasilnya sesuai dengan simulasi.

A. Fabrikasi Antena

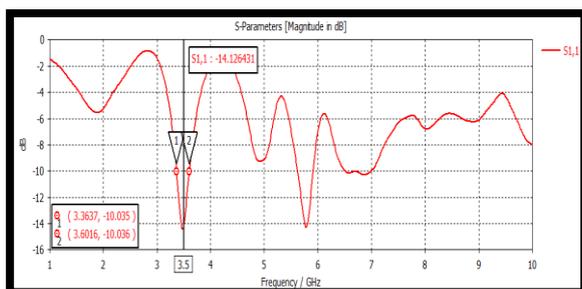


Gambar 8. Tampak Depan Antena Mikrostrip MIMO 2X2 dengan U-Slot dan DGS

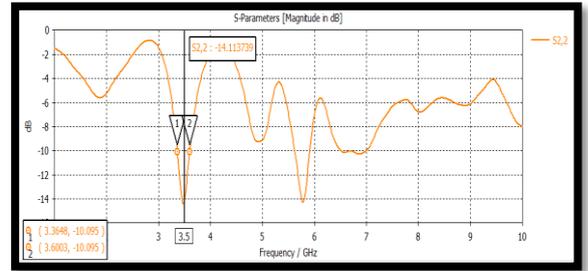


Gambar 9. Tampak Belakang Antena Mikrostrip MIMO 2X2 dengan U-Slot dan DGS

B. Hasil Simulasi dan Pengujian Antena Return Loss



Gambar 10. Simulasi Return Loss Port 1

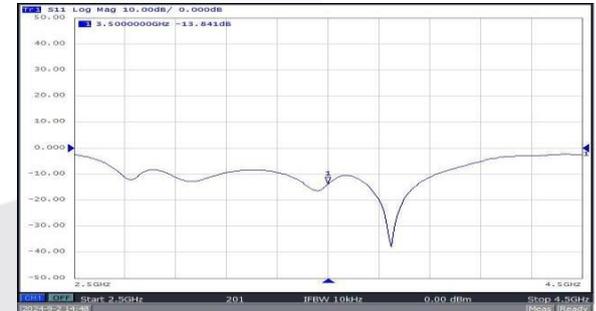


Gambar 10. Simulasi Return Loss Port 2

Pada hasil simulasi S11 Return Loss pada frekuensi 3.5 GHz didapatkan hasil -14.12 dB. Dengan bandwidth yang didapatkan 238 MHz. Pada hasil simulasi S22 Return Loss pada frekuensi 3.5 GHz didapatkan hasil -14.11 dB. Dengan bandwidth yang didapatkan 235 MHz.



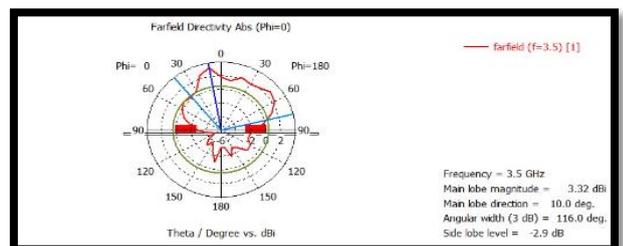
Gambar 11. Pengujian Return Loss Port 1



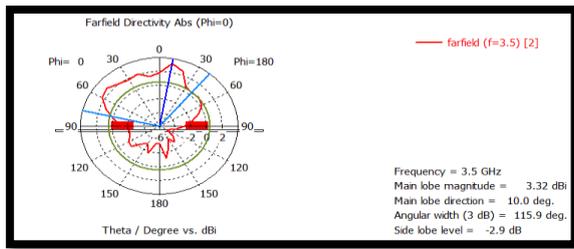
Gambar 11. Pengujian Return Loss Port 2

Pada hasil pengujian S11 Return Loss pada frekuensi 3.5 GHz didapatkan hasil dari <-10 dB bandwidth sebesar 550 MHz pada port 1. Dengan batas f2 yaitu 4.00 GHz dan f1 yaitu 3.45 GHz. Pada port 2 didapatkan hasil dari <-10 dB dengan batas f2 yaitu 3.33 GHz dan f1 yaitu 3.91 GHz didapatkan nilai Bandwidth sebesar 580 MHz.

C. Hasil Simulasi dan Pengujian Pola Radiasi

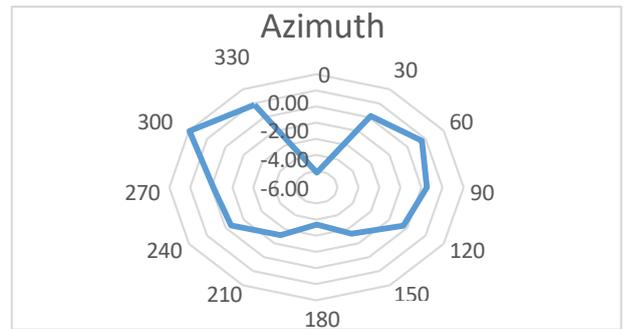


Gambar 12. Pengujian Pola Radiasi Port 1

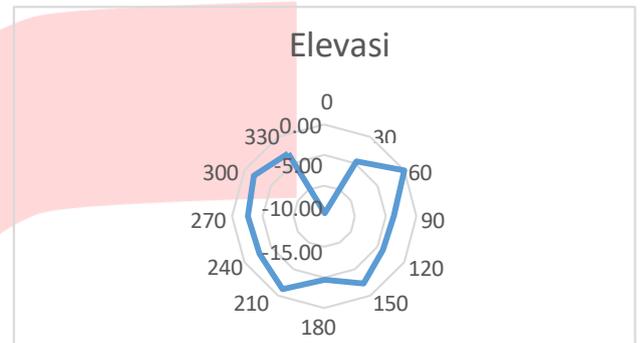


Gambar 13. Pengujian Pola Radiasi Port 2

Pada hasil simulasi di dapatkan pola radiasi *unidirectional* dengan *main lobe* 3.32 dBi pada port 1 dan port 2.

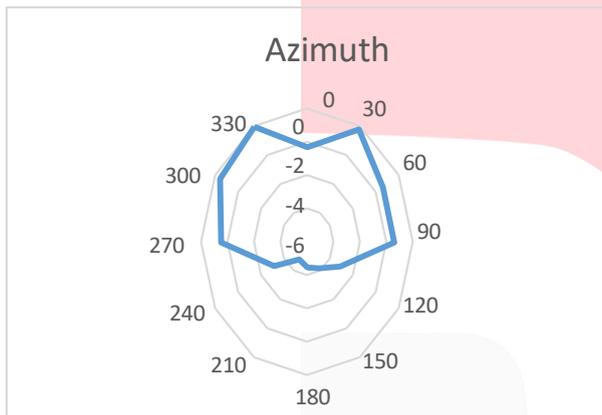


(a)

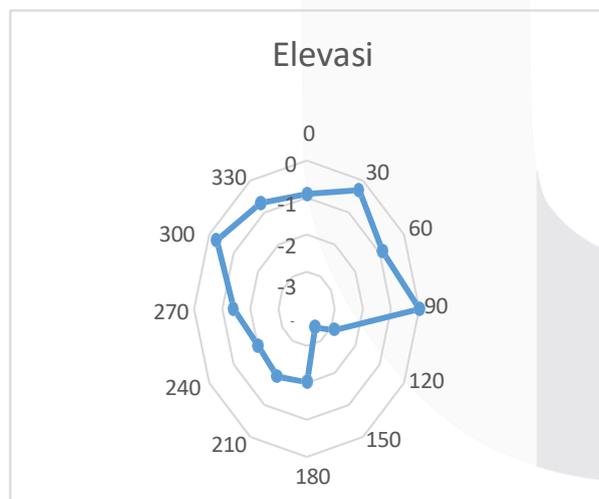


(b)

Gambar 15. Pengujian Pola Radiasi Port 2
(a) Bidang Azimuth, (b) Bidang Elevasi



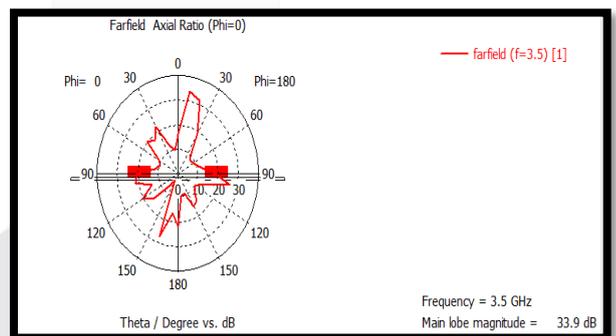
(a)



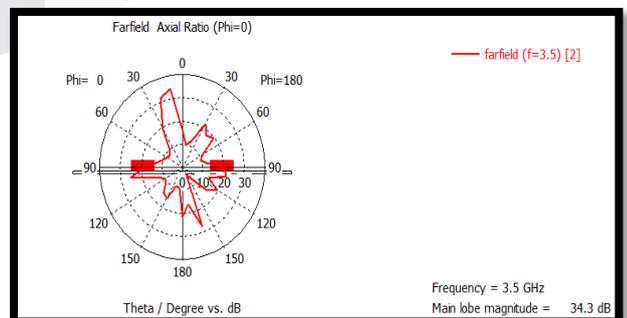
(b)

Gambar 14. Pengujian Pola Radiasi Port 1
(a) Bidang Azimuth, (b) Bidang Elevasi

D. Hasil Simulasi dan Pengujian Polarisisasi

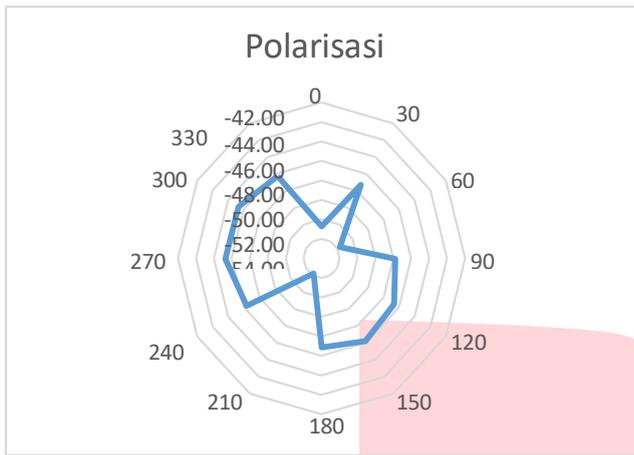


Gambar 16. Simulasi Polarisisasi Port 1

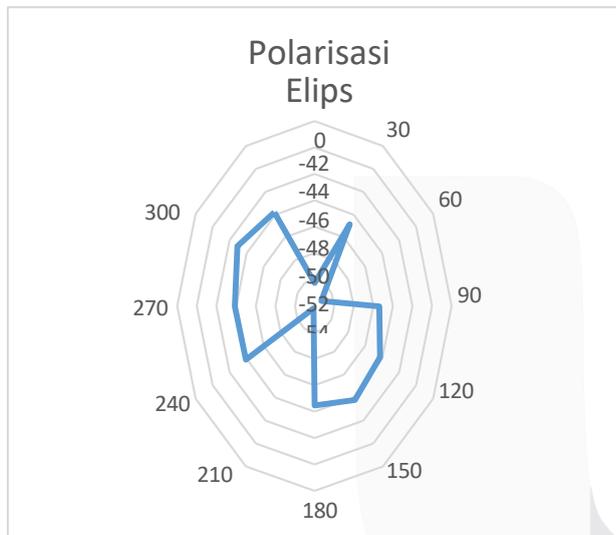


Gambar 17. Simulasi Polarisisasi Port 2

Pada port 1 hasil simulasi di dapatkan polarisisasi *elips* dengan *main lobe* 33.9 dB. Sedangkan pada port 2 hasil simulasi simulasi di dapatkan polarisisasi *elips* dengan *main lobe* 34.3 dB.



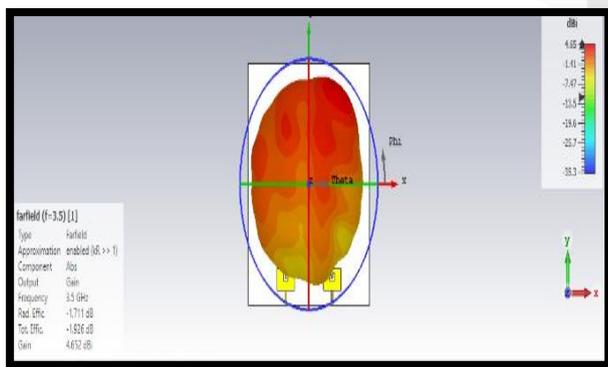
(a)



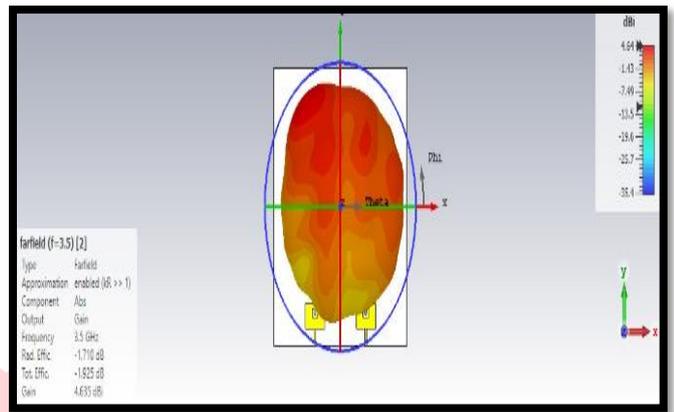
(b)

Gambar 18. Pengujian Polarisasi
(a) Port 1, (b) Port 2

E. Hasil Simulasi dan Pengujian Gain



Gambar 19. Simulasi Gain Port 1



Gambar 20. Simulasi Gain Port 2

Pada hasil simulasi di dapatkan gain 4.65 dBi pada port 1. Sedangkan pada port 2 4.63 dBi.

Tabel 3. Hasil Pengujian Gain

Pengukuran Ke	Prx Antena B		RUMUS	
1	-42.43		$GRX = S21 - GTX + LTX + FSL + LRX$	$FSL = 32.45 + 20 \log(D)$ (KM) + $20 \log(FREK(MHZ))$
2	-43.78			LTX = -3
3	-42.35			LRX = -5
4	-42.24			S21 = RATA-RATA PRX
5	-43.01		$FSL = 32.45 + 20 \log(0.003) + 20 \log(182)$	
6	-42.43	FSL	49.40196	
7	-42.84	LTX	3.53	
8	-42.35	LRX	3	
9	-42.54	GTX	10	
10	-42.15	GRX	3.32196	
Rata2	-42.61			
Konversi ke Watt	5.48277 E-05	Watt		

Pada pengujian hasil yang didapatkan gainnya sebesar 3.32 dBi.

Tabel 4. Hasil Perbandingan Simulasi dan Pengujian

Parameter	Simulasi	Pengujian
Frekuensi	3.5 GHz	3.5 GHz
Return Loss	-14.11 dB dan -14.12 dB	-11.36 dB dan -13.84 dB
Bandwidth	238 MHz dan 235 MHz	550 MHz dan 580 MHz
S12, S21	-24.48 dB dan -24.52 dB	-
VSWR	1.48 dan 1.49	1.7 dan 1.5
Pola Radiasi	Unidirectional	Bidirectional
Polarisasi	Elips	Elips
Gain	4.65	3.3 dBi

V. KESIMPULAN

Dari hasil analisa konversi yang telah dilakukan oleh peneliti, diperoleh kesimpulan sebagai berikut :

Dari hasil simulasi diperoleh bahwa antenna yang dirancang dapat bekerja baik di frekuensi 3.5 GHz dilihat dari nilai *return loss* pada port 1 sebesar -14.12 dB, *return loss* pada port 2 sebesar -14.11 dB, *bandwidth* yang dihasilkan 283 MHz pada port 1 dan port 2 *bandwidth* yang dihasilkan 235 MHz, dengan VSWR 1.48 pada port 1, VSWR pada port 2 sebesar 1.49 *gain* nya diperoleh port 1 sebesar 4.65 dBi, pada port 2 diperoleh 4.63 dBi, koefisien isolasi pada port 1 sebesar -24.48 dB , pada port 2 sebesar 24.52 dB, pola radiasi nya *unidirectional* dan polarisasi *elips*. Sedangkan hasil parameter yang diperoleh berdasarkan uji lab *return loss* pada port 1 sebesar -11.36 dB pada port 2 sebesar -13.84 dB, VSWR pada port 1 sebesar 1.7 pada port 2 sebesar 1.5 dengan *bandwidth* pada port 1 sebesar 550 MHz dan port 2 sebesar 580 MHz. Pola radiasi *bidirectional* dan polarisasi *elips*. Terbukti bahwa metode *U-Slot* dan DGS dapat melebarkan *bandwidth* suatu antenna baik dari simulasi maupun pengujian.

REFERENSI

- [1] Höyhtyä, M., Apilo, O. and Lasanen, M., “Review of latest advances in 3GPP standardization: D2D communication in 5G systems and its energy consumption models. *Future Internet*, 3”, Desember 2017, doi: org/10.3390/fi10010003.
- [2] Ganeva P Electronic, “International Telecommunication Union, “Minimum Requirements Related to Technical Performance for IMT-2020 Radio Interface(s),”
- [3] Hikmaturokhan, A., Ramli, K. and Suryanegara, M., “Spectrum Considerations for 5G in Indonesia. In 2018 International Conference on ICT for Rural Development (IC-ICTRuDev) (pp. 23-28)”. Bandung, Indonesia: IEEE (2018).
- [4] Kementerian Komunikasi dan Informatika. (2018). Kepdirjen 235 Tahun 2018 Penetapan Pita Frekuensi Radio untuk Uji Coba Penggunaan Teknologi IMT 2020. DKI Jakarta: Direktorat Jenderal Pos dan Telekomunikasi.
- [5] Kevin, J., Levy Olivia N & Syihabuddin. (2017). Perancangan Antena MIMO 2x2 Array Rectangular Patch dengan U-Slot untuk Aplikasi 5G. JNTETI, 6(1), 93 – 98.
- [6] I. Cahyaningtyas dan E.Y.D Utami, Perancangan dan Simulasi Antena Mikrostrip Patch Lingkaran Multilayer Parasitic untuk Aplikasi Wireless Local Area Network (WLAN), Jurnal Ilmiah Elektroteknika, Vol.18, No.2, Oktober 2019.
- [7] K. J. A. Sinaga, L. B. Nur, and B. Syihabuddin, “Perancangan Antena MIMO 2 × 2 Array Rectangular Patch dengan U-Slot untuk Aplikasi 5G,” JNTETI, vol. 6, no.1, pp. 93 – 98, Feb. 2017, diakses : 20 Agustus 2024
- [8] Huang, Yi, Kevin Boyle. 2008. Antenas From Theory to Practice. United Kingdom: John Wiley & Sons Ltd,
- [9] Surjati, Indra, (2010), antenna mikrostrip : konsep dan aplikasinya, universitas tri sakti.
- [10] Pozar, M .David. 1998. Transmission Line Theory Fourth Edition. United States of America: John Wiley & Sons, Inc.
- [11] Rabinovich, Victor, Nikolai Alexandrov dan Basim Alkhateeb. 2010. Automotive Antena Desain and Applications. New York: Taylor and Francis Group, LLC.
- [12] Balanis, Constantine A. 2005. Antena Theory Analysis and Desain 3rd Edition. Hoboken, New Jersey: John Wiley and Sons, Inc.
- [13] Aziz, Bayu, dkk.(2018). “Modul Praktikum Antena dan Propogasi”. Bandung: Telkom University. Balanis, Constantine A. (2005).
- [14] Siska Novita Pasma, Ardiyan Khabzli, M Yanuar Hariyawan. 2011. Rancang Bangun Antena Mkrrostrip 900MHz. Politeknik Caltex Riau.
- [15] C. A. Balanis, Antenna Theory Analysis and Desain Third Edition, New Jersey: John Wiley & Sons, Inc, 2005.
- [16] Ekaputra, Harry Abrianto. dkk. 2021. Perancangan dan Realisasi Antena Mikrostrip Array 2x2 Patch Persegi Panjang dengan U-Slot untuk WIFI 5,8 GHz. Universitas Telkom Bandung.
- [17] F. W. Ardianto, S. Renaldy, F. F. Lanang and T. Yunita, "Desain Antena Mikrostrip Rectangular Patch Array 1x2 dengan U-Slot Frekuensi 28 GHz," ELKOMIKA, vol. 7, no. 1, pp. 43-56, 2019.
- [18] Garg, R., Bhartia, P, Bahl, I., dan Ittipiboon, A., “Microstrip Desain Handbook”, Artech House Inc., Norwood, MA, 2001.
- [19] Guha, D., Biswas, M., dan Antar, Y.M.M., “Microstrip Patch Antenna With Defected Ground Structure for Cross Polarization Suppression”, *IEEE Antennas and Wireless Propagation Letters*, vol. 4, pp. 455-458, 2005.
- [20] Liu, Haiwen, *et al.*, “Harmonic Suppression With Photonic Bandgap and Defected Ground Structure for a Microstrip Patch Antenna”, *IEEE Microwave and Wireless Compenents Letters*, vol. 15, no. 2, pp. 55-56, February 2005