

# RANCANG BANGUN ANTENA MIKROSTRIP PATCH SEGITIGA ARRAY UNTUK MENINGKATKAN LEBAR PITA MENGUNAKAN TEKNIK DEFECTED GROUND STRUCTURE

Agus Dendi Rochendi <sup>#1</sup>, Lukman Medriavin Silalahi <sup>#2</sup>, Imelda Uli Vistalina Simanjuntak <sup>#3</sup>,  
Fauziah Anggini <sup>#4</sup>

*# Fisika Oseanografi, Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia  
Jl Pasir Putih I, Ancol Timur, Jakarta 14430, indonesia*

<sup>1</sup>agus.dendi.rochendi@lipi.go.id

*# Second-Fourth Department of Electrical Engineering, Second-Third Universitas Mercu Buana  
Jalan Meruya Selatan No. 1, Jakarta, 11650, Indonesia*

<sup>2</sup>lukman.medriavin@mercubuana.ac.id

<sup>3</sup>imelda.simanjuntak@mercubuana.ac.id

<sup>4</sup>fauziahanggih@gmail.com

## Abstract

Antena mikrostrip memiliki banyak variasi bentuk patch peradiasi yang berbeda-beda, salah satunya adalah bentuk segitiga sama sisi. Antena jenis ini memiliki sifat pola radiasi directional. Riset ini akan melakukan perancangan sebuah antena mikrostrip berbentuk triangular array menggunakan teknik Defected Ground Structure. Software yang diperlukan untuk merancang antena ini adalah CST Studio. Parameter yang digunakan antara lain VSWR, return loss, bandwidth, gain, dan bentuk pola radiasi akan dianalisa dengan metode perbandingan antara hasil simulasi dengan hasil fabrikasi. Sehingga dapat dianalisa pengaruh teknik DGS terhadap mikrostrip berbentuk patch triangular array pada frekuensi 5.8 GHz ini dapat memperbaiki karakteristik pada antena. Dari hasil pengukuran yang telah dilakukan antara lain, berdasarkan hasil fabrikasi antena didapatkan return loss sebesar -26.448, VSWR 1.1, bandwidth 242 MHz dan gain 3.4 dB. Sedangkan hasil simulasi didapatkan nilai return loss sebesar -15.90, VSWR 1.381, bandwidth 335 MHz dan gain sebesar 5.593 dB. Dimana pada hasil keseluruhan antara simulasi dan fabrikasi dapat disimpulkan bahwa antena mikrostrip patch triangular array dengan metode Defected Ground Structure masih dalam range spesifikasi antena yang baik.

**Keywords:** Microstrip Antenna, Defected Ground Structure, Patch Triangular Array

## I. INTRODUCTION

**A**NTENA merupakan merupakan elemen penting dalam sistem komunikasi wireless yang berfungsi sebagai pengirim atau penerima sinyal gelombang elektromagnetik dari dan ke udara sebagai medium. Antena

mikrostrip termasuk sebagai jenis antena yang paling populer digunakan karena dimensi yang sangat kecil, kuat dan murah. Antena mikrostrip memiliki banyak variasi bentuk patch peradiasi yang berbeda-beda, salah satunya adalah bentuk segitiga sama sisi. Antena jenis ini memiliki sifat pola radiasi directional. [1-2]

Riset ini menampilkan perancangan antena mikrostrip patch triangular array menggunakan metode Defected Ground Structure yang dapat memenuhi kriteria parameter untuk dapat bekerja pada band frekuensi 5,8 GHz secara optimal. Hipotesa atau asumsi yang ingin dicapai adalah penggunaan metode Defected Ground Structure mampu memperbaiki karakteristik antena. Menggunakan CST Studio sebagai software pendukung untuk simulasi perancangan hingga akhirnya diwujudkan dengan fabrikasi antena. Parameter yang akan diamati dari adalah VSWR, return loss, bandwidth, gain, dan bentuk pola radiasi.

Tujuan dari riset ini adalah merancang antena mikrostrip patch triangular array menggunakan metode Defected Ground Structure untuk meningkatkan bandwidth pada frekuensi 5,8 GHz

## II. LITERATURE REVIEW

Menurut peneliti [2] menjelaskan tentang perbaikan gain dan bandwidth antena menggunakan teknik DGS. Gain yang dihasilkan antena tanpa DGS adalah 4,423 dB, setelah diberikan slot DGS menjadi 4,499 dB. Bandwidth antena tanpa DGS 57,7 MHz, setelah diberi slot DGS menjadi 58 MHz.

Menurut peneliti [3] membahas antena mikrostrip susun dua elemen yang dikembangkan dengan menerapkan defected ground structure (DGS) bentuk trapesium. Dari hasil pengukuran antena dengan DGS dibandingkan dengan antena tanpa DGS diperoleh penekanan efek mutual coupling sebesar 7,9 dB, perbaikan nilai return loss sebesar 33,29% yaitu dari -30,188 dB menjadi -40,24 dB dengan pelebaran axial ratio bandwidth sebesar 10 MHz. Pelebaran bandwidth ini diperoleh dari frekuensi kerja 2,63 GHz – 2,67 GHz pada antena tanpa DGS sedangkan pada antena dengan DGS dari 2,63 GHz – 2,68 GHz. Pengukuran gain antena juga dilakukan dan diperoleh peningkatan gain sebesar 0,6 dB. Hasil ini menunjukkan penerapan DGS bentuk trapesium ini mampu meningkatkan kinerja antena dibandingkan tanpa DGS.

Menurut peneliti [4] membahas analisa antena mikrostrip susun dua elemen segi empat dengan teknik DGS. Hasil pengukuran menunjukkan bahwa penggunaan DGS pada antena mikrostrip 2 elemen memperbaiki nilai VSWR hingga 1,096 sedangkan nilai RL berkisar -26,8 dB hal ini menunjukkan penggunaan DGS jauh memperbaiki nilai keduanya dibandingkan antena DGS dimana VSWR dan return loss masing-masing memiliki nilai 1,371 dan -16,12 dB.

Menurut peneliti [5] membahas antena mikrostrip patch segi empat dengan teknik DGS untuk aplikasi wireless ultra wideband. Antena memiliki dua frekuensi yaitu 3,9 GHz dan 6,3 GHz dengan return loss -29,3dB dan -24,5dB di wilayah ultra wide band dan memberikan karakteristik radiasi yang baik dengan gain 8,91dB dan 8,21dB pada 3,9 GHz dan 6,3 GHz yang membuat antena yang dirancang cocok untuk aplikasi ultra wide band.

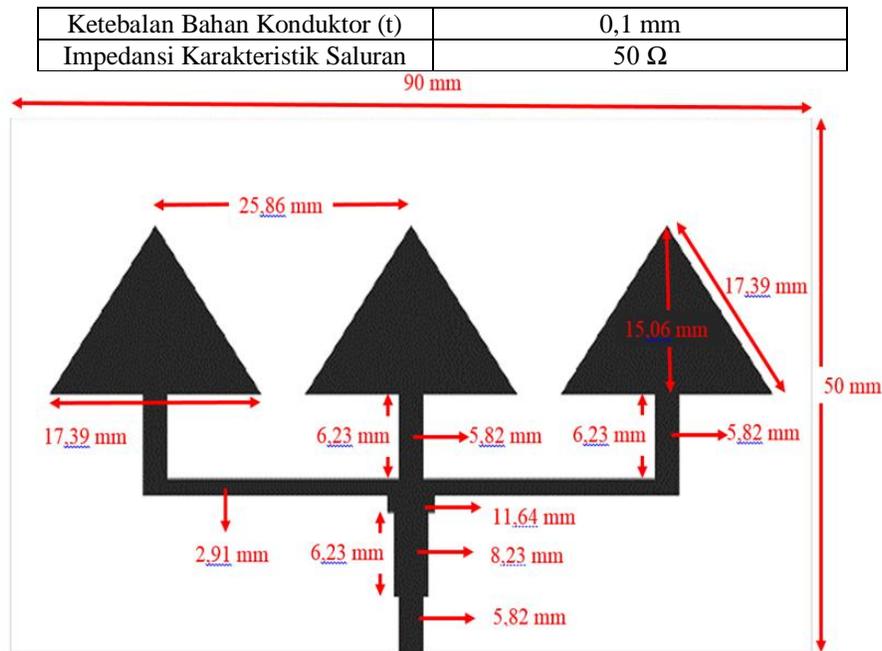
Berdasarkan hasil kajian literatur yang telah dilakukan, kebaruan yang diunggulkan dalam penelitian ini adalah pengembangan metode DGS (Defected Ground Structure) untuk mendapatkan perbandingan kinerja antena mikrostrip susun dua elemen patch segi tiga yang bekerja di frekuensi 5.8 GHz.

## III. RESEARCH METHOD

Tahapan-tahapan dalam perancangan dan realisasi antena mikrostrip yang bekerja pada frekuensi 5,8 GHz dengan patch triangular array menggunakan teknik pencatutan mikrostrip line feed serta penambahan slot DGS segitiga sama sisi pada bagian ground antena adalah penentuan spesifikasi rancangan antena yang dapat dilihat pada tabel 1.

Table 1. Spesifikasi rancangan antena

Spesifikasi Antena	Keterangan
Frekuensi Kerja	5,8 GHz
VSWR	$\leq 2$
Return Loss	$< -10$ dB
Jenis Substrat	FR-4 Epoxy
Konstanta dielektrik ( $\epsilon_r$ )	4,3
Ketebalan lapisan dielektrik (h)	1,6 mm



Gambar 1. Perancangan antenna mikrostrip triangular array

Gambar 1 menunjukkan bentuk dari elemen peradiasi (patch) antenna mikrostrip yang digunakan. Dimensi DGS [6 - 8] pada riset ini adalah berbentuk segitiga sama sisi pada bagian ground yang ditempatkan di bagian tengah dari dimensi antenna, patch bentuk slot DGS segitiga sama sisi dibuat dengan ukuran 5mm.

#### IV. RESULTS AND DISCUSSION

Setelah melakukan uji simulasi menggunakan software CST, didapatkan hasil dari kedua simulasi yang sudah dilakukan yaitu antenna mikrostrip tanpa DGS dan menggunakan slot DGS berbentuk segitiga, maka nilai parameter yang didapat lalu dibandingkan perbedaanya berdasarkan tabel 2.

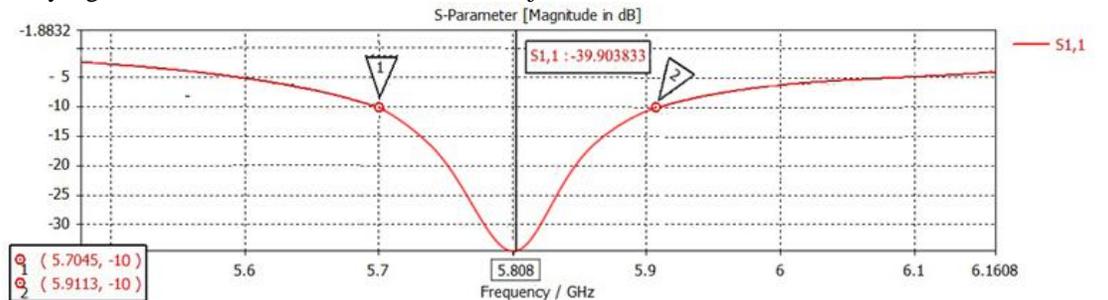
Table 2. Perbandingan hasil simulasi

Parameter	Frekuensi (GHz)	Return Loss (dB)	VSWR	Bandwidth (MHz)	Gain (dB)
Optimasi tanpa DGS	5.8 GHz	-39.9	1.006	206	4.669
Optimasi dengan DGS	5.8 GHz	-15.9	1.381	335	5.593

#### 4.1 Hasil Simulasi Antena Mikrostrip Tanpa Defected Ground Structure

##### 4.1.1 Return Loss

Gambar 2 menunjukkan return loss untuk antenna mikrostrip tanpa DGS yang sudah dilakukan optimasi sebesar -39.90 dB pada frekuensi 5.8 GHz. Nilai ini sudah sesuai dengan spesifikasi parameter antenna yang sudah ditentukan. Dimana frekuensi kerja sudah sesuai dan return loss < -10dB.



Gambar 2. Return loss tanpa Defected Ground Structure

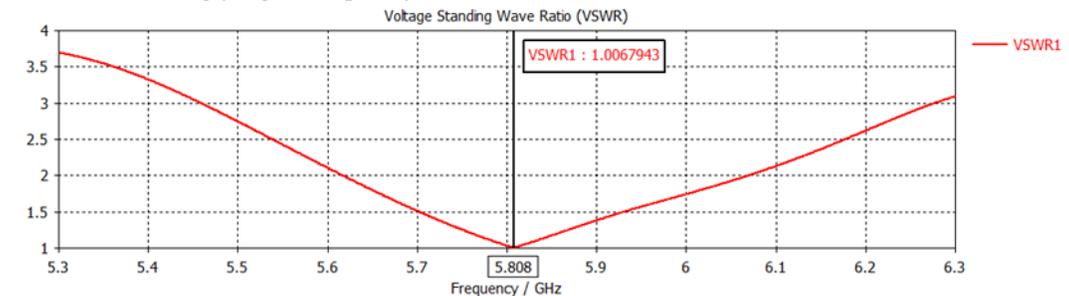
#### 4.1.2 Bandwidth

Bandwidth merupakan lebar pita frekuensi antenna [9-14]. Menentukan bandwidth dapat dilakukan dengan mengukur lebar rentang frekuensi dengan batasan -10 dB pada grafik return loss yang ditunjukkan pada Gambar 2.

Pada bagian sudut kiri bawah Gambar 2 terdapat keterangan yang menunjukkan batas bawah nilai -10 dB adalah 5.7045 GHz sedangkan batas atas -10 dB yaitu 5.9113 GHz. Nilai bandwidth dapat dihitung dengan frekuensi tinggi dikurangi frekuensi rendah, sehingga nilai bandwidth yang didapat pada simulasi sebesar 206 MHz

#### 4.1.3 VSWR

Gambar 3 menunjukkan hasil VSWR yang didapat yaitu 1.006 pada frekuensi 5.8 GHz. Nilai VSWR ini masih dalam rentang yang diharapkan yaitu  $VSWR < 2$ .



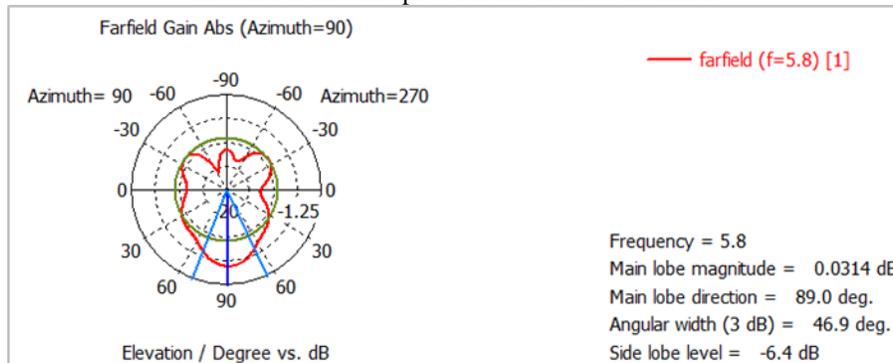
Gambar 3. VSWR tanpa Defected Ground Structure

#### 4.1.4 Gain dan Pola Radiasi

Gambar 4 menunjukkan nilai gain setelah dioptimasi sebesar 4,699 dB. Nilai tersebut sudah sesuai dengan spesifikasi antenna. Gambar 5 menunjukkan bentuk pola radiasi 2D antenna.

Type	Farfield
Approximation	enabled ( $kR \gg 1$ )
Monitor	farfield (f=5.8) [1]
Component	Abs
Output	Gain
Frequency	5.8
Rad. effic.	-2.858 dB
Tot. effic.	-2.861 dB
Gain	4.669 dB

Gambar 4. Gain tanpa Defected Ground Structure

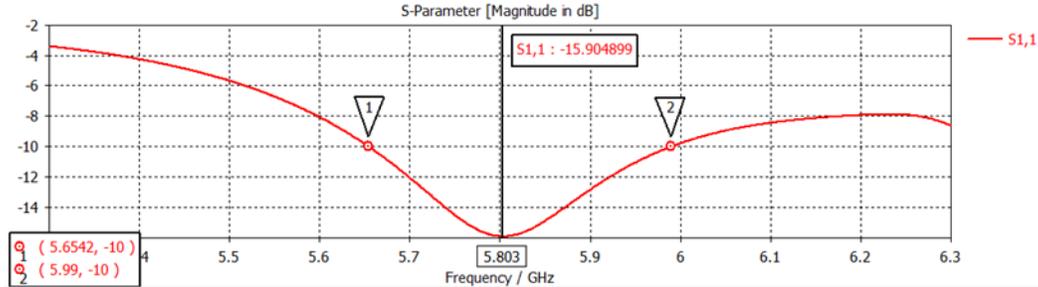


Gambar 5. Pola radiasi tanpa Defected Ground Structure

## 4.2 Hasil Simulasi Antena Mikrostrip Tanpa Defected Ground Structure

### 4.2.1 Return Loss

Gambar 6 menunjukkan return loss untuk mikrostrip dengan slot DGS yang sudah dilakukan optimasi sebesar -15.90 dB pada frekuensi 5.8 GHz. Nilai ini sudah sesuai dengan spesifikasi parameter antenna yang sudah ditentukan. Dimana frekuensi kerja sudah sesuai dan return loss <-10dB.



Gambar 6. Return loss dengan Defected Ground Structure

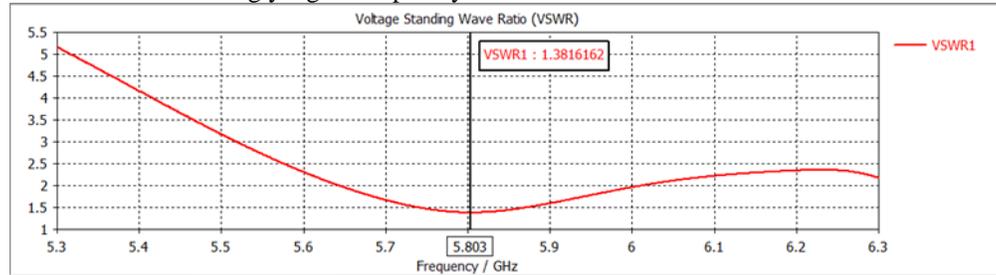
### 4.2.2 Bandwidth

Bandwidth merupakan lebar pita frekuensi antenna [9-14]. Menentukan bandwidth dapat dilakukan dengan mengukur lebar rentang frekuensi dengan batasan -10 dB pada grafik return loss yang ditunjukkan pada Gambar 6.

Pada bagian sudut kiri bawah Gambar 6 terdapat keterangan yang menunjukkan batas bawah nilai -10 dB adalah 5.6542 GHz sedangkan batas atas -10 dB yaitu 5.9900 GHz. Nilai bandwidth dapat dihitung dengan frekuensi tinggi dikurangi frekuensi rendah, sehingga nilai bandwidth yang didapat pada simulasi sebesar 335MHz

### 4.2.3 VSWR

Gambar 7 menunjukkan hasil VSWR yang didapat yaitu 1.381 pada frekuensi 5.8 GHz. Nilai VSWR ini masih dalam rentang yang diharapkan yaitu VSWR<2.



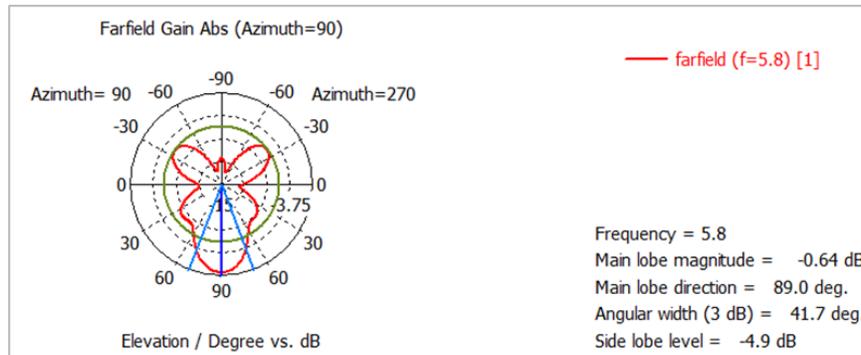
Gambar 7. VSWR dengan Defected Ground Structure

### 4.2.4 Gain dan Pola Radiasi

Gambar 8 menunjukkan nilai gain setelah dioptimasi sebesar 5,593 dB. Nilai tersebut sudah sesuai dengan spesifikasi antenna. Gambar 9 menunjukkan bentuk pola radiasi 2D antenna.

Type	Far field
Approximation	enabled (kR >> 1)
Monitor	farfield (f=5.8) [1]
Component	Abs
Output	Gain
Frequency	5.8
Rad. effic.	-2.821 dB
Tot. effic.	-2.951 dB
Gain	5.593 dB

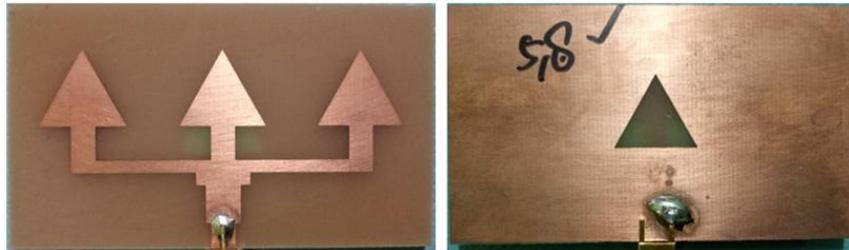
Gambar 8. Gain dengan Defected Ground Structure



Gambar 9. Pola radiasi dengan Defected Ground Structure

Setelah melakukan simulasi, optimasi, dan pabrikan pada antenna mikrostrip dengan slot Defected Ground Structure, akhirnya didapatkan ukuran antenna dengan nilai parameter yang terbaik sehingga tahapan selanjutnya adalah pabrikan antenna dan uji pengukuran yang dilakukan di Laboratorium LIPI. Uji pengukuran alat dilakukan untuk memastikan alat yang sudah dibuat dapat digunakan sesuai dengan parameter-parameter yang diinginkan. Dari uji pengukuran ini akan diperoleh data-data yang dapat diambil untuk dianalisa, sehingga dapat diketahui kemampuan alat yang telah dibuat.

Gambar 10 menunjukkan hasil fabrikasi antenna mikrostrip patch segitiga dengan slot DGS ini. Alasan pemilihan PCB epoxy FR-4 dengan ukuran 1,6 mm karena bahan ini mudah didapat, ringan, dan mudah untuk penyambungan.



Gambar 10. Fabrikasi antenna mikrostrip patch segitiga dengan slot Defected Ground Structure

### 4.3 Hasil Pengukuran Fabrikasi Antena Mikrostrip

#### 4.3.1 Return Loss

Gambar 11 menampilkan pengukuran return loss untuk mengukur perbandingan gelombang yang dipantulkan dengan gelombang yang dikirim. Gelombang pantul terjadi akibat impedansi antara beban (antena) dan saluran transmisi mengalami ketidaksesuaian (mismatched). [9-14]



Gambar 11. Hasil pengukuran return loss fabrikasi antenna mikrostrip

Pada bagian sudut kiri bawah Gambar 11 terdapat keterangan yang menunjukkan return loss antenna yang didapat. Keterangan nilai tersebut dapat dilihat pada Tabel 3.

Table 3. Hasil pengukuran return loss

Frekuensi (GHz)	Return Loss (dB)
5.667 GHz	-10.071
5.800 GHz	-26.448
5.909 GHz	-10.061

Tabel 3 menunjukkan frekuensi tengah dari hasil pengukuran return loss yaitu 5.8 GHz dengan nilai sebesar -24.448 dB. Nilai tersebut bisa dikatakan baik karena return loss yang didapat sudah sesuai spesifikasi yaitu <-10dB yang artinya nilai gelombang yang di refleksikan tidak terlalu besar dibandingkan dengan gelombang yang dikirim atau dengan kata lain saluran transmisi sudah matching.

#### 4.3.2 Bandwidth

Gambar 13 menampilkan pengukuran bandwidth. Bandwidth merupakan lebar pita frekuensi antenna [9-14]. Salah satu cara untuk menentukan bandwidth dapat dilakukan dengan mengukur lebar rentang frekuensi dengan batasan -10 dB pada grafik return loss yang ditunjukkan pada gambar 11.

Dari Tabel 3 dapat dilihat bahwa untuk batas bawah nilai -10 dB adalah 5.667 GHz sedangkan batas atas -10 dB yaitu 5.909 GHz. Nilai bandwidth dapat dihitung dengan frekuensi tinggi dikurangi frekuensi rendah, sehingga nilai bandwidth yang didapat untuk mikrostrip sebesar 242 MHz

#### 4.3.3 VSWR

Gambar 12 menampilkan pengukuran VSWR. VSWR merupakan tingkat ketidaksesuaian antara beban dan saluran transmisi pada antenna, VSWR adalah 1 ( $S = 1$ ) yang berarti tidak ada refleksi ketika saluran dicocokkan secara sempurna [9-14].



Gambar 12. Hasil pengukuran VSWR fabrikasi antenna mikrostrip

Pada bagian sudut kiri atas Gambar 12 terdapat keterangan yang menunjukkan VSWR antenna yang didapat. Keterangan nilai tersebut dapat dilihat pada Tabel 4.

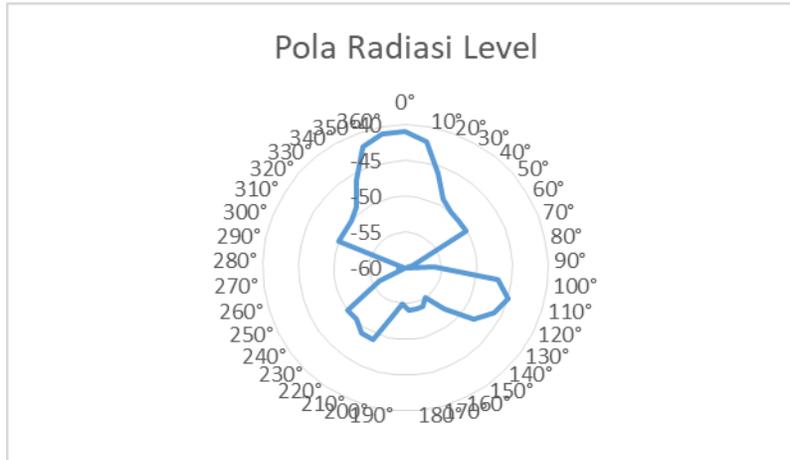
Table 4. Hasil pengukuran VSWR

Frekuensi (GHz)	VSWR
5.667 GHz	1.913
5.800 GHz	1.100
5.909 GHz	1.916

Dari Tabel 4 nilai VSWR untuk antenna mikrostrip pada frekuensi 5.8 GHz sebesar 1.1. Dengan nilai tersebut bisa dikatakan bahwa nilai VSWR yang didapat sudah sesuai dengan spesifikasi yaitu <2 yang artinya hampir mendekati tidak adanya refleksi ketika saluran dalam keadaan matching.

#### 4.3.4 Gain dan Pola Radiasi

Pengujian pola radiasi bertujuan untuk menentukan bentuk pola radiasi dari antenna yang diukur. Pengujian pola radiasi antenna menggunakan dua buah antenna, yaitu antenna horn dengan diameter antenna sebesar 15 cm sebagai antenna referensi dan antenna yang akan diuji, yaitu antenna mikrostrip patch triangular 5.8 GHz. Pengukuran dilakukan diruangan anechoic chamber atau ruangan bebas pantul atau ruang tanpa gema yang berada di LIPI Bandung. Selanjutnya bentuk pola radiasi didapat dari pengukuran level sinyal antenna dengan memutar antenna setiap 10°. Hasil level sinyal yang didapat dari setiap sudut perputaran antenna dapat dilihat pada Gambar 13.



Gambar 13. Hasil pengukuran pola radiasi fabrikasi antenna mikrostrip

Gambar 13 menunjukkan bentuk pola radiasi menggunakan data level daya kuat pancar sinar dari antenna mikrostrip. Dapat diketahui bahwa antenna mikrostrip yang sudah dirancang memiliki bentuk pola radiasi directional yang berarti arah pola radiasi antenna hanya ke satu arah

Pengukuran gain menggunakan data dari level sinyal pola radiasi yang kemudian dimasukan ke dalam rumus gain. Hasil pengukuran yang didapat dari level sinyal pola radiasi adalah -28,9 dBm dengan gain antenna referensi 9,5 dB. Setelah dilakukan pengukuran maka gain dapat dihitung menggunakan rumus yaitu:

$$\begin{aligned} \text{Gain (dB)} &= P_a(\text{dBm}) - P_{ref}(\text{dBm}) + G_{ref}(\text{dB}) \\ \text{Gain (dB)} &= 41 \text{ dBm} - (-35.7) \text{ dBm} + 10.1 \text{ dB} \\ \text{Gain (dB)} &= 3.4 \text{ dB} \end{aligned}$$

#### 4.4 Perbandingan Hasil Simulasi dan Pengukuran

Setelah diperoleh hasil pengukuran parameter antenna, selanjutnya hasil tersebut dibandingkan dengan hasil simulasi CST, Dapat dianalisa bahwa hasil simulasi lebih baik dari hasil pengukuran, begitupun sebaliknya, dan atau hasil pengukuran dan simulasi sama. Pada Tabel 5 terdapat perbandingan nilai parameter return loss, VSWR, bandwidth dan gain yang dihasilkan dari hasil simulasi dan pengukuran.

Table 5. Perbandingan hasil simulasi dan hasil pengukuran

Parameter	Hasil Simulasi	Hasil Pengukuran
Frekuensi Kerja	5.8 GHz	5.8 GHz
<i>Return Loss</i>	-15.90	-26.448
VSWR	1.381	1.100
<i>Bandwidth</i>	335 MHz	242 MHz
<i>Gain</i>	5.593 dB	3.4 dB

Tabel 6 merupakan hasil perbandingan antenna mikrostrip patch triangular array dengan slot DGS. Berdasarkan tabel tersebut terdapat perbedaan antara hasil simulasi dengan hasil pengukuran. Berdasarkan tabel 6 terdapat perbedaan antara hasil simulasi dengan hasil pengukuran. Penurunan nilai bandwidth dari 335 MHz menjadi 242 MHz, dan penurunan gain dari 5.593 dB menjadi 3.4 dB. Namun terdapat kenaikan performansi pada parameter yang lain seperti return loss dan VSWR. Nilai return loss saat simulasi -15.90 dB dan saat pengukuran menjadi -26.448 dB. Nilai VSWR saat simulasi 1.381 dan saat pengukuran menjadi 1.1. Terdapat beberapa faktor yang menyebabkan hasil simulasi dan pengukuran bisa berbeda yaitu:

1. Pada saat proses pabrikasi, hasil dimensi antenna dan pemasangan konektor antenna yang kurang presisi dengan simulasi
2. Saat proses pengukuran, kondisi antenna yang sudah dibuat terdapat korosif di bagian ground
3. Kondisi ruangan atau lingkungan yang masih memungkinkan adanya gelombang pantul yang dihasilkan oleh dinding atau benda disekitar objek pengukuran

Berdasarkan hasil performansi untuk antenna simulasi dan realisasi dapat dikatakan antenna mikrostrip patch triangular dengan slot DGS belum sesuai dengan spesifikasi awal. Jika dibandingkan hasil performansi antenna dengan dan tanpa slot DGS saat simulasi, performansi yang lebih baik yaitu ada pada antenna mikrostrip patch triangular yang menggunakan slot DGS

## V. Conclusion

Dari perancangan, simulasi, realisasi serta pengukuran dari antenna mikrostrip patch triangular array dengan slot DGS segitiga, didapatkan beberapa kesimpulan antara lain:

1. Pada simulasi, antenna mikrostrip patch triangular array tanpa DGS sebesar -39.9 dB, sedangkan antenna dengan slot DGS sebesar -15.9 dB. Hasil pengukuran antenna dengan slot DGS menunjukkan frekuensi antenna 5.8 GHz dengan return loss sebesar -26.448 dB. Nilai return loss dikatakan baik karena memenuhi spesifikasi yang diinginkan yaitu  $< -10$  dB
2. Pada simulasi, nilai VSWR yang diperoleh antenna mikrostrip patch triangular array tanpa slot DGS adalah 1.006, sedangkan antenna dengan slot DGS VSWR nya adalah 1.381. Pada hasil pengukuran nilai VSWR nya 1.1. Nilai VSWR dikatakan baik karena memenuhi spesifikasi yang diinginkan yaitu  $< 2$
3. Pada simulasi, antenna mikrostrip tanpa DGS memiliki bandwidth sebesar 206 MHz, sedangkan antenna dengan slot DGS memiliki nilai bandwidth sebesar 335 MHz. Pada saat pengukuran antenna, nilai bandwidth yang didapatkan sebesar 242 Mbps. Hal tersebut membuktikan dengan ditambahkannya slot DGS pada antenna, akan menaikkan lebar bandwidth antenna tanpa slot DGS.
4. Pada simulasi, antenna mikrostrip patch triangular array dengan slot DGS menghasilkan bentuk pola radiasi directional yang berarti arah pola radiasi antenna hanya ke satu arah. Dan saat pengukuran, hasil pola radiasi yang didapat sama dengan simulasi yaitu directional.
5. Gain pada saat simulasi antenna mikrostrip patch triangular array tanpa slot DGS sebesar 4.669, sedangkan saat dengan slot DGS sebesar 5.593 dB. Hasil pengukuran menghasilkan gain sebesar 3.4 dB. Perbedaan gain saat simulasi dan pengukuran dapat disebabkan oleh banyak faktor saat dilakukannya pabrikasi antenna.

## REFERENCES

- [1] Alaydrus, M. (2011). Antena Prinsip dan Aplikasi. Graha Ilmu. Yogyakarta. Cetakan pertama.
- [2] Sapturida, T, N., Wisniana, E., Yunus, M. (2018). Simulasi Perbaikan Gain dan Bandwidth Antena Plannar Susun Menggunakan DGS (Defected Ground Structure) Bentuk Spiral Persegi 6 x7. Seminar Nasional Microwave, Antena Propagasi (SMAP) 2018, pp. 111 - 1114
- [3] Zulkifli, F. Y., Rahardjo, E. T., Asvial, M., & Hartanto, D. (2008). Pengembangan Antena Mikrostrip Susun Dua Elemen dengan Penerapan Defected Ground Structure Berbentuk Trapesium. MAKARA, 12(2), 80-85.
- [4] Bangun, R. C., Rambe, A. (2015). Analisis Antena Mikrostrip Susun 2 Elemen Patch Segiempat dengan Defected Ground Structure (DGS) Berbentuk Segiempat. Jurnal Singuda Ensikom, Vol 13(36), pp. 66-71
- [5] Sivagnanam, S., & Gnanamanoharan, E. (2019, March). Multislot Rectangular Patch antenna with Defected Ground Structure for UWB Wireless Applications. In 2019 IEEE International Conference on System, Computation, Automation and Networking (ICSCAN) (pp. 1-5). IEEE.
- [6] M. Yunus, P. A. Nugraha, Waryari, H. Nusantara and A. Munir, "Meandered inductor shape of DGS for coupling suppression between adjacent elements of array antenna," 2018 Progress in Electromagnetics Research Symposium (PIERS-Toyama), Toyama, pp. 1813-1816, 2018.

- [7] Khandelwal, M. K., Kanaujia, B. K., & Kumar, S. (2017). Defected ground structure: fundamentals, analysis, and applications in modern wireless trends. *International Journal of Antennas and Propagation*, 2017.
- [8] Sinurat, M., Rambe, A. H. Patch Segi Empat Menggunakan Teknik DGS (Defected Ground Structure) Dan Tanpa DGS Berbentuk Segitiga Sama Sisi. *Jurnal Singuda Ensikom*, Vol 13(36), pp. 83-88
- [9] Anggraini, I, T., (2017). Rancang Bangun Antena Untuk Aplikasi Komunikasi Suara Berbasis Voice Over Internet Protocol Pada Frekuensi 2.4GHz. Politeknik Negeri Jakarta. Depok
- [10] Darsono, M. (2008). Perancangan Antena Mikrostrip Patch Segitiga Polarisasi Lingkaran untuk Aplikasi Global Positioning Service (GPS) pada Satelit Mikro Lapan-Tubsat. *EMAS Jurnal Sains dan Teknologi*, 18(2), 87-98.
- [11] Y. Rahayu, and J. P. Putra, "Design of circular patch with double C-shaped slot microstrip antenna for LTE 1800 MHz", *Telkomnika*, Vol 15(3), pp. 1079-1082, 2017.
- [12] Simanjuntak, I. U., & Sahlah, S. (2019). RANCANG BANGUN ANTENA MIKROSTRIP RECTANGULAR ARRAY DENGAN U-SLOT PADA FREKUENSI 1, 8 GHz. *Jetri: Jurnal Ilmiah Teknik Elektro*, 16(2), 149-164.
- [13] Surjati, Indra. 2010. "Antena Mikrostrip: Konsep dan Aplikasinya". Jakarta: Universitas Trisakti
- [14] L. M. Silalahi, S. Budiyanto, F. A. Silaban, I. U. V. Simanjuntak, P. S. Hendriasari and Heryanto, "Design of 2.4 GHz and 5.8 GHz Microstrip Antenna on Wi-Fi Network," 2020 2nd International Conference on Broadband Communications, Wireless Sensors and Powering (BCWSP), Yogyakarta, Indonesia, 2020, pp. 6-11, doi: 10.1109/BCWSP50066.2020.9249450.