

# Optimasi Antena Mikrostrip *Multilayer* Dengan Metode *Parasitic* U-Slot Pada Frekuensi C-Band

Hanny Madiawati<sup>1</sup>, Liana Nur Febriani<sup>2</sup>, Hepi Ludyati<sup>3</sup>, Enceng Sulaeman<sup>4</sup>

<sup>1,2,3,4</sup>Jurusan Teknik Elektro, Prodi D3 Teknik Telekomunikasi, Politeknik Negeri Bandung  
Jl. Gegerkalong Hilir, Ciwaruga, Kabupaten Bandung Barat, Jawa Barat, Indonesia

<sup>1</sup>hannymadiawati@polban.ac.id

---

## Abstrak

Antena mikrostrip merupakan antena yang mudah dirancang, ringan, dimensi yang kecil dan bahan substrat tidak mahal, namun antena mikrostrip memiliki kekurangan yaitu bandwidth yang sempit. Pada penelitian ini antena yang dirancang dan direalisasikan bekerja pada pita frekuensi C band dengan rentang frekuensi 5250-5725 MHz, untuk mengatasi permasalahan bandwidth tersebut sebelumnya telah dirancang antena mikrostrip dengan menggunakan metode *multilayer parasitic* dengan nilai bandwidth yang didapatkan sebesar 725 MHz, untuk mengoptimalkan penelitian sebelumnya pada penelitian ini dirancang dan direalisasikan antena mikrostrip dengan metode *multilayer parasitic* dengan penambahan metode u slot dengan teknik pencatutan *proximity coupled* yang berfungsi untuk meningkatkan *bandwidth*. Hasil pengujian dari penelitian ini antena mikrostrip *multilayer parasitic* dengan penambahan metode u-slot berhasil memperoleh peningkatan *bandwidth* sebesar 47,5% dari hasil realisasi sebelumnya antena mikrostrip *multilayer parasitic* tanpa menggunakan u-slot, dan diperoleh hasil band frekuensi pengujian antena 4980 - 6050 MHz, *bandwidth* 1.070 MHz, *gain* 5,48 dBi dan pola radiasi unidirectional. Substrat yang digunakan pada perancangan antena ini merupakan Rogers RT5880 dengan konstanta dielektrik ( $\epsilon_r$ ) = 2,2, ketebalan bahan ( $h$ ) = 1,575 mm, dan tangen loss ( $\delta$ ) = 0,0009.

**Kata kunci:** Antena Mikrostrip, *Parasitic* U Slot, *Proximity coupled*, Frekuensi C Band, Rogers RT5880

## Abstract

*Microstrip antennas are easy to design, lightweight, small dimensions and inexpensive substrate materials, but microstrip antennas have the disadvantage of narrow bandwidth. In this study, the antenna designed and realized works in the C band frequency band with a frequency range of 5250-5725 MHz, to overcome these bandwidth problems, a microstrip antenna has previously been designed using the parasitic multilayer method with a bandwidth value obtained of 725 MHz, to optimize previous research in this study, a microstrip antenna with a parasitic multilayer method was designed and realized with the addition of the u slot method with a proximity coupled technique that serves to increase bandwidth. The test results of this study of the parasitic multilayer microstrip antenna with the addition of the u-slot method succeeded in obtaining an increase in bandwidth of 47.5% from the results of the previous realization of the parasitic multilayer microstrip antenna without using u-slot, and obtained the results of the antenna testing frequency band 4980 - 6050 MHz, bandwidth 1.070 MHz, gain 5.48 dBi and unidirectional radiation pattern. The substrate used in this antenna design is Rogers RT5880 with dielectric constant ( $\epsilon_r$ ) = 2.2, material thickness ( $h$ ) = 1.575 mm, and tangent loss ( $\delta$ ) = 0.0009.*

**Keywords:** Microstrip Antenna, Parasitic U Slot, Proximity Coupled, Frequency C Band, Rogers RT5880

---

## I. PENDAHULUAN

Antena mikrostrip saat ini merupakan salah satu antena dengan pertumbuhan tercepat dalam produksi telekomunikasi. Antena mikrostrip mudah dirancang, ringan, seluruh bidang/area tersebar di atas substrat dan bahan substrat tidak mahal[1]. Hal ini sangat

penting dalam mendukung teknologi antena pada frekuensi C Band, namun antena mikrostrip memiliki kekurangan yaitu bandwidth yang sempit. Metode yang dapat digunakan untuk meningkatkan bandwidth yang sempit pada antena mikrostrip yaitu dengan pencatutan *proximity coupled*[2][3], *parasitic* [4][13] dan penambahan slot[5][6].

Penelitian yang dilakukan oleh [2] yaitu Perancangan Antena Mikrostrip Rectangled dengan Teknik Pencatutan Proximity Coupled mendapatkan hasil bahwa adanya peningkatan return loss = 79%, gain = 52%, dan bandwidth = 90%. Hal tersebut terjadi karena perubahan parameter antena dengan cara iterasi dan keuntungan dari teknik pencatutan proximity coupled juga. Pada penelitian [3] yaitu Antena Mikrostrip Multilayer Parasitik pada Frekuensi C Band Radar Cuaca, metode parasitic yang digunakan memperoleh peningkatan bandwidth pada simulasi sebesar 7,1%, sedangkan setelah realisasi diperoleh peningkatan bandwidth sebesar 39,6% juga pada penelitian [4] Rancang Bangun Antena Mikrostrip Patch Rectangular Dengan Metode Parasitic, hasil yang diperoleh dari proses pengukuran, antena yang diusulkan menghasilkan frekuensi triple band, yaitu pada frekuensi 1815 MHz, 1935 MHz, dan 2060 MHz dengan peningkatan bandwidth masing-masing 2,4%, 2,8% dan 4,36% dari penambahan metode parasitic. Pada penelitian [5] Desain Antena Mikrostrip Rectangular Patch Array 1x2 dengan U-Slot, penambahan U slot menghasilkan nilai return loss sebesar 29,38 dB, sehingga terjadi peningkatan bandwidth antena sebesar 230 MHz atau 16,54% juga pada penelitian [6] Perancangan Antena MIMO Mikrostrip Rectangular Array Dengan Slot U, penambahan slot U pada antena tersebut mampu meningkatkan nilai bandwidth sebesar 18,39% serta mampu mereduksi dimensi antena sebesar 38,6%.

Pada penelitian ini berhasil dirancang dan dioptimalkan antena mikrostrip pada frekuensi C band yang berada pada rentang frekuensi 5250-5725MHz[7]. Sehingga tujuan pada penelitian ini adalah untuk mengetahui bahwa dengan metode *multilayer parasitic* yang ditambahkan metode u slot dengan teknik pencatutan proximity coupled dapat meningkatkan nilai *bandwidth* pada antena mikrostrip tersebut.

## II. METODE PENELITIAN

Perancangan antena mikrostrip dilakukan secara sistematis dengan beberapa tahapan, dapat dilihat pada Gambar 2. Dengan menggunakan beberapa metode sebagai berikut.

### A. Metode Parasitic

Metode parasitik merupakan metode yang menambahkan beban pada patch antena atau menambahkan patch tambahan disekitar antena. Metode parasitic digunakan pada antena mikrostrip yang bertujuan untuk meningkatkan atau memperlebar bandwidth. Untuk mempertahankan karakteristik dari antena mikrostrip yang low profile maka jumlah elemen parasitik harus dijaga seminimal

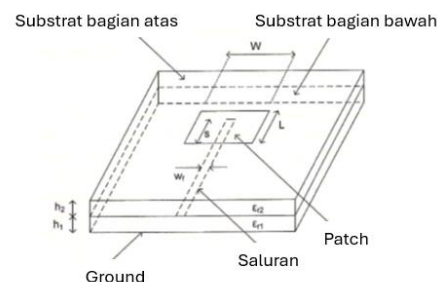
mungkin atau lebih kecil dari pada elemen utama. Dengan penambahan elemen parasitik di lapisan yang berbeda dapat meningkatkan bandwidth antena berdasarkan dimensi dari elemen parasitiknya[3].

### B. Metode U Slot

Penambahan slot yang berbentuk huruf U memiliki bentuk yang sederhana dan telah terbukti pada penelitian sebelumnya dapat meningkatkan bandwidth antena. Penambahan nilai bandwidth karena pengurangan faktor kualitas Q dari resonator patch, yang disebabkan oleh sedikit energi yang tersimpan di bawah patch dan radiasi yang lebih tinggi. Dalam mikrostrip slot antena kopling diinduksikan secara induktif yang diberikan dari saluran catu ke slot[11][12]. Semakin besar efek kopling yang terjadi akan menurunkan faktor kualitas (Q) rangkaian. Semakin menurunnya faktor kualitas rangkaian maka bandwidth akan semakin meningkat[8][14].

### C. Teknik Pencatutan Proximity Coupled

Pada teknik pencatutan ini saluran diletakkan pada posisi yang lebih rendah dari patch atau dibawah patch, yang dimana teknik pencatutan ini memakai dua buah substrat, dimana patch di atas pada substrat bagian atas dengan bidang ground dihilangkan seluruhnya. Pada substrat bagian bawah saluran mikrostrip di atas dan tetap memiliki grounding. Saluran berada di tengah antara lebar patch dan berjarak  $s$  dari tepi patch[9].

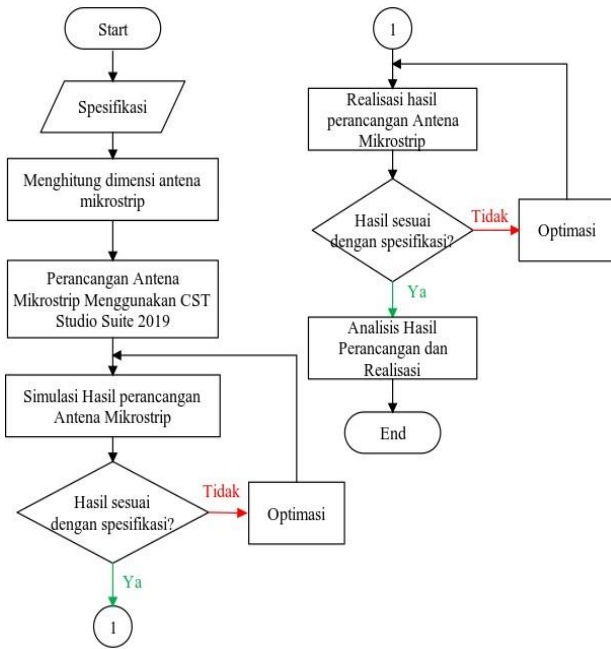


Gambar 1. Teknik Pencatutan Proximity Coupled

### D. Perancangan Antena Mikrostrip

Perancangan antena mikrostrip *rectangular* dimulai dengan perancangan dan simulasi menggunakan software CST Studio Suite 2019. Setelah itu mensimulasikan antena yang dimana hasil simulasi yang didapat harus sesuai dengan spesifikasi yang diinginkan, jika hasil parameter parameter antena pada simulasi belum sesuai dengan spesifikasi yang diinginkan maka perlu dilakukan optimasi kembali pada antena agar nantinya hasil simulasi yang didapat sesuai dengan spesifikasi yang diinginkan, jika hasil simulasi antena sudah sesuai dengan spesifikasi yang diinginkan selanjutnya

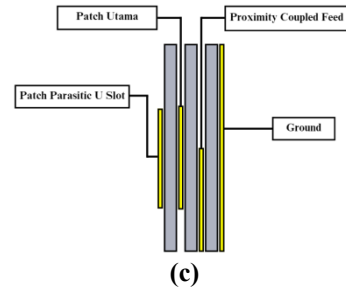
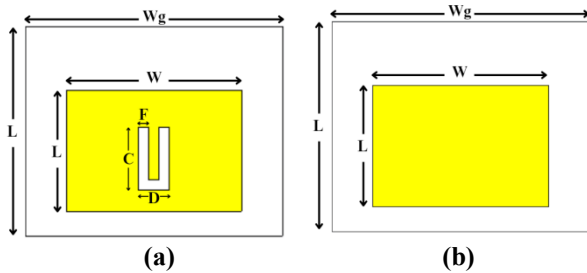
melakukan realisasi dari antena mikrostrip yang telah dirancang sebelumnya dan melakukan analisis pada parameter parameter antena apakah hasil realisasi antena mikrostrip apakah sudah sesuai dengan spesifikasi atau tidak. Tahap terakhir yaitu melakukan perbandingan spesifikasi hasil realisasi antena mikrostrip multilayer parasitic[3] dan antena mikrostrip multilayer parasitic yang telah ditambahkan metode u-slot yang spesifikasinya dapat dilihat pada tabel 1.



**Gambar 2. Flowchart Perancangan Antena**

**Tabel 1. Spesifikasi Antena Mikrostrip**

| Spesifikasi            | Karakteristik       |
|------------------------|---------------------|
| Band Frekuensi         | 5250 MHz - 5725 MHz |
| Bandwidth $\geq 10$ dB | $\geq 725$ MHz      |
| Gain                   | $\geq 5$ dBi        |
| Pola Radiasi           | Unidirectional      |



**Gambar 3. Desain antena Mikrostrip Multilayer Parasitic U slot (a) Substrat 3 Tampak Depan (b) Substrat 2 Tampak Depan (c)Tampak Samping**

Antena mikrostrip ini dirancang menggunakan bahan Rogers RT 5880. substrat ini cocok digunakan pada frekuensi tinggi karena memiliki konstan dielektrik yang rendah, dan juga tangen loss yang rendah dapat meningkatkan efisiensi pancaran sinyal pada antena mikrostrip[15]. Karakteristik substrat ini memiliki konstanta dielektrik ( $\epsilon_r$ ) = 2,2, ketebalan bahan ( $h$ ) = 1,575 mm, dan tangen loss ( $\delta$ ) = 0,0009.

### E. Perhitungan Dimensi Antena

Sebelum melakukan perancangan dan simulasi antena dilakukan perhitungan dimensi antena, dengan persamaan berikut [10]:

#### 1. Perhitungan Lebar Patch Antena

$$W = \frac{c}{2F_r} \sqrt{\frac{2}{\epsilon_r + 1}} \quad (1)$$

#### 2. Perhitungan Konstanta Dielektrik Antena ( $\epsilon_{reff}$ )

$$\epsilon_{reff} = \frac{\epsilon_r + 1}{2} + \frac{\epsilon_r - 1}{2} \left[ 1 + 12 \left( \frac{h}{w} \right) \right]^{-1/2} \quad (2)$$

#### 3. Perhitungan Besar $\Delta L$ Antena

$$\Delta L = 0.412 \times h \times \frac{(\epsilon_{reff} + 0.3) \left( \frac{w}{h} + 0.264 \right)}{(\epsilon_{reff} - 0.208) \left( \frac{w}{h} + 0.813 \right)} \quad (3)$$

#### 4. Perhitungan Panjang Patch Antena

$$L = \frac{c}{2F_r \sqrt{\epsilon_{reff}}} - 2\Delta L \quad (4)$$

#### 5. Perhitungan Lebar Ground Antena

$$W_g = 3h + W \quad (5)$$

#### 6. Perhitungan Panjang Ground Antena

$$L_g = 3h + L \quad (6)$$

#### 7. Perhitungan Lebar Feedline

$$A = \frac{Z_0}{60} \sqrt{\frac{\epsilon_r + 1}{2}} + \frac{\epsilon_r - 1}{\epsilon_r + 1} \left( 0.23 + \frac{0.11}{\epsilon_r} \right) \quad (7)$$

$$W_f = \frac{8e^A}{e^{2A} - 2} \times h \quad (8)$$

#### 8. Perhitungan Panjang Feedline

$$L_f = \frac{Lg-L}{2} \quad (9)$$

#### 9. Perhitungan Lamda Antena

$$\lambda = \frac{c}{F_r} \quad (10)$$

#### 10. Perhitungan Tebal U Slot

$$F = \frac{\lambda}{60} \quad (11)$$

#### 11. Perhitungan Lebar U Slot

$$D = \frac{c}{f\sqrt{\epsilon_{reff}}} - 2(W+\Delta L-F) \quad (12)$$

#### 12. Perhitungan Panjang U Slot

$$C = 0.3 \times W \quad (13)$$

**Tabel 2. Dimensi Antena Mikrostrip Multilayer U-Slot Hasil Perhitungan**

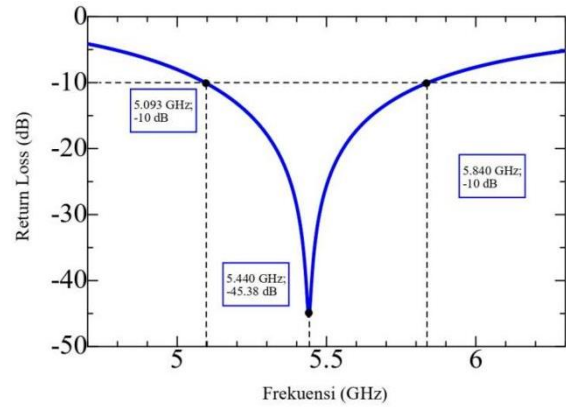
| Parameter                  | Nilai (mm) |
|----------------------------|------------|
| Lebar Patch (W)            | 21.61      |
| Panjang Patch (L)          | 17.18      |
| Lebar Feedline ( $W_f$ )   | 4.92       |
| Panjang Feedline ( $L_f$ ) | 2.36       |
| Lebar Ground ( $W_g$ )     | 26.33      |
| Pajang Ground ( $L_g$ )    | 22.53      |
| Lebar U Slot (D)           | 2.90       |
| Pajang U Slot (C)          | 6.48       |
| Tebal U Slot (F)           | 0.91       |

### III. HASIL DAN PEMBAHASAN

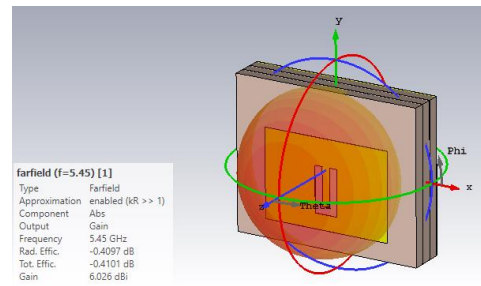
#### A. Simulasi

Sebelum merealisasikan antena dilakukan terlebih dahulu proses simulasi untuk mengetahui nilai parameter antena mikrostrip yang didapatkan. Berikut merupakan hasil parameter S11 antena mikrostrip dengan metode multilayer parasitic u slot yang dapat dilihat pada gambar 4.

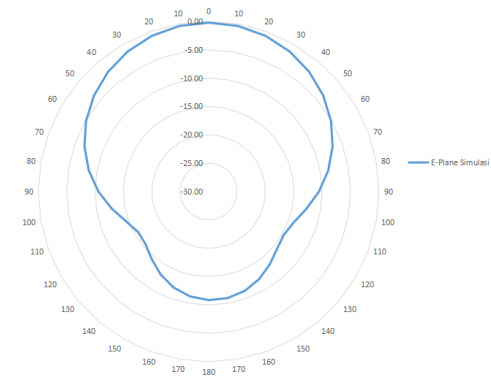
Berdasarkan pada gambar 4, didapatkan hasil return loss sebesar 45,38 dB dan bandwidth yang didapatkan sebesar 747 MHz, dengan nilai gain yang didapatkan bisa dilihat pada gambar 5 yaitu sebesar 6,02 dBi



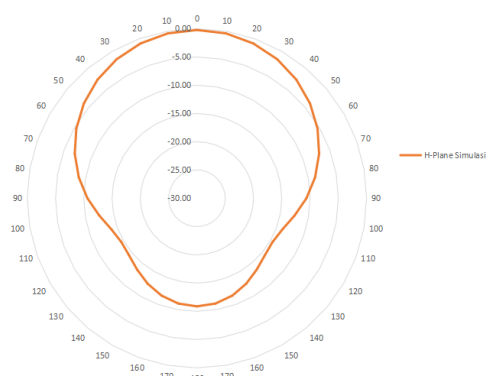
**Gambar 4. Hasil Simulasi S11 Antena Mikrostrip Multilayer Parasitic U Slot**



**Gambar 5. Gain Antena Parasitic U Slot**



**Gambar 6. Hasil Pola Radiasi E-Plane**



**Gambar 7. Hasil Pola Radiasi H-Plane**

Pada gambar 6, dan Gambar 7, merupakan hasil pola radiasi E-Plan dan H-Plan antena mikrtostrip dengan metode multilayer parasitic u slot.

Pola radiasi yang dihasilkan menuju ke satu arah saja atau pola radiasi yang dihasilkan yaitu *unidirectional*, nilai pola radiasi yang didapatkan yaitu HPBW E-Plane sebesar 93,2 deg dan HPBW H-Plane Sebesar 89,9 deg.

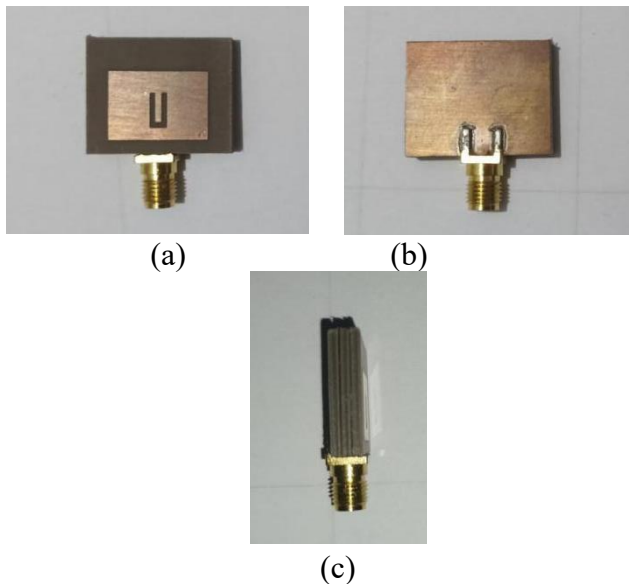
## B. Realisasi dan Pengujian

### 1. Antena Mikrostrip Multilayer Parasitic U-Slot

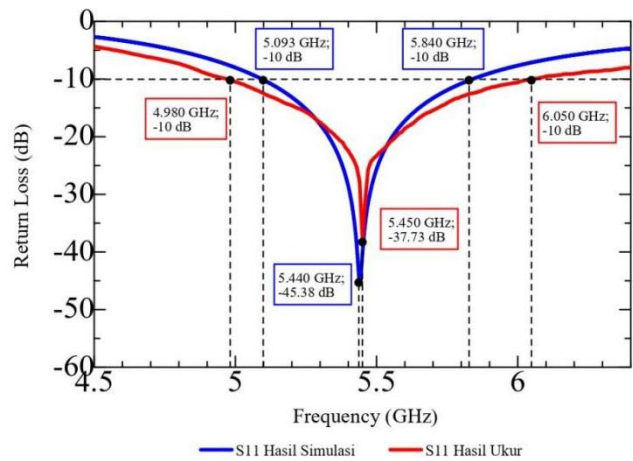
Setelah melakukan simulasi dan mendapatkan parameter hasil antena mikrostrip, tahap selanjutnya yaitu melakukan realisasi antena mikrostrip *multilayer parasitic u slot*. Realisasi antena dilakukan dengan mencetak desain antena yang telah di desain sebelumnya pada simulasi.

kemudian dilakukan pengujian langsung terhadap parameter antena mikrostrip yaitu bandwidth, gain, dan pola radiasi. Hasil realisasi antena mikrostrip dapat dilihat pada gambar 8.

Gambar 9 merupakan perbandingan parameter  $S_{11}$  hasil simulasi dan hasil ukur antena mikrostrip, dilihat pada gambar tersebut didapatkan hasil ukur antena memiliki bandwidth sebesar 1.054 MHz dengan return loss 37,73 dB. Dari perbandingan hasil simulasi dan hasil ukur tersebut dapat dilihat bahwa nilai return loss mengalami penurunan dan terdapat pergeseran band frekuensi.



**Gambar 8. Realisasi antena Mikrostrip Multilayer Parasitic U slot (a) Substrat 3 Tampak Depan (b) Tampak Belakang (c) Tampak Samping**

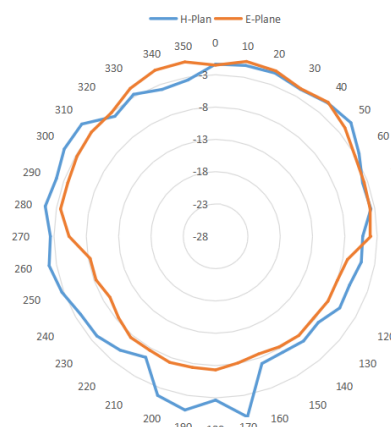


**Gambar 9. Hasil Perbandingan  $S_{11}$  Hasil Simulasi dan Hasil Ukur Antena Mikrostrip Multilayer Parasitic U Slot**

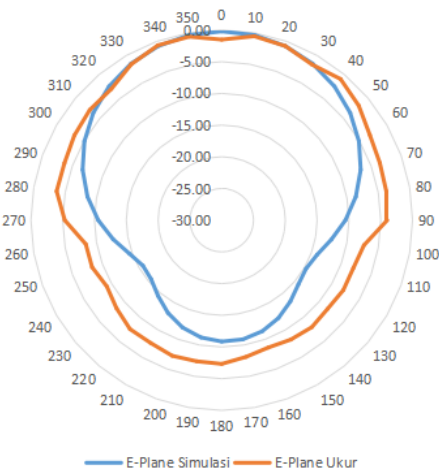
Pada saat pengukuran juga dilakukan pengukuran parameter lainnya yaitu gain dan pola radiasi, dimana didapatkan nilai gain sebesar 5,48 dBi. Dibandingkan dengan hasil simulasi dan hasil pengukuran realisasi gain mengalami penurunan sebesar 8,97 %.

Selanjutnya untuk hasil pola radiasi hasil pengukuran dapat dilihat pada Gambar 10, dimana hasil pola radiasinya merupakan *unidirectional* dengan bidang E-Plane dan H-Plane yang diukur mendekati dengan hasil simulasi, dan dapat dilihat pada Gambar 11 dan Gambar 12 merupakan perbandingan antara pola radiasi E-Plane dan H-Plane hasil simulasi dan hasil realisasi antena mikrostrip.

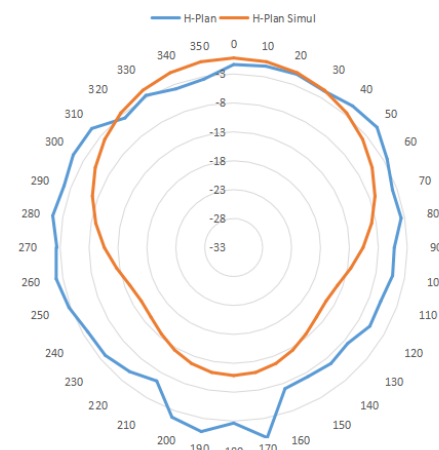
Pada tabel 4 dapat dilihat perbandingan dari spesifikasi antena yang diinginkan, hasil simulasi, dan hasil pengujian antena mikrostrip. Pada tabel tersebut dapat dilihat bahwa hasil simulasi maupun hasil realisasi antena sudah memenuhi spesifikasi yang diinginkan.



**Gambar 10. Hasil Pengukuran Pola Radiasi Antena Mikrostrip Multilayer Parasitic U Slot**



**Gambar 11. Hasil Perbandingan Pola Radiasi Antena E-Plane Hasil Simulasi dan Hasil Realisasi**



**Gambar 12. Hasil Perbandingan Pola Radiasi Antena H-Plane Hasil Simulasi dan Hasil Realisasi**

## 2. Antena Mikrostrip Multilayer Parasitic [3]

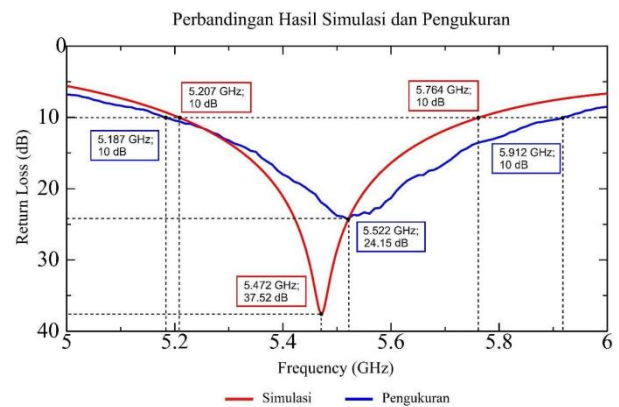


(b)

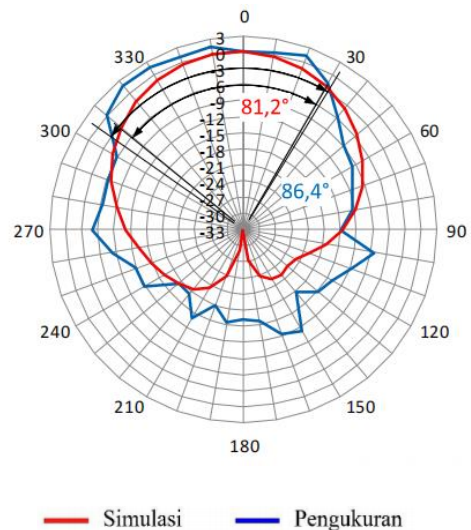
(a)



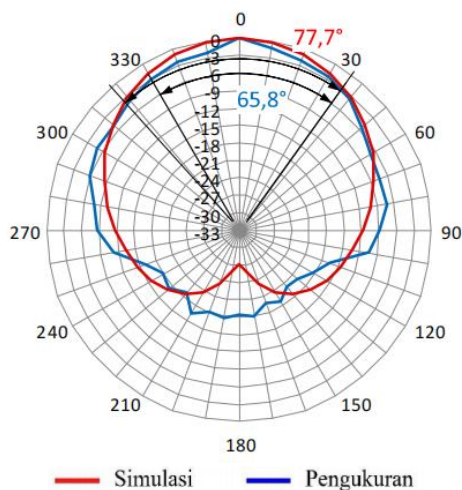
**Gambar 13. Realisasi antena Mikrostrip Multilayer Parasitic U slot**  
(a) Tampak Belakang (b) Tampak Depan (c) Tampak Samping



**Gambar 13. Hasil Perbandingan  $S_{11}$  Hasil Simulasi dan Hasil Ukur Antena Mikrostrip Multilayer Parasitic**



**Gambar 14. Perbandingan Pola Radiasi E-Plan Antena Mikrostrip Multilayer Parasitic**



**Gambar 15. Perbandingan Pola Radiasi H-Plan Antena Mikrostrip Multilayer Parasitic**

Pada Gambar 13, grafik hasil pengukuran mempunyai nilai frekuensi bawah sebesar 5,187 GHz dan nilai frekuensi atas sebesar 5,912 GHz, sehingga bandwidth yang didapatkan dari hasil pengukuran adalah 725,8 MHz. Terjadi kenaikan bandwidth sebesar 30,37% dari hasil simulasi. Lalu, nilai gain yang didapatkan dari hasil pengukuran adalah sebesar 6,99 dB sedangkan pada hasil simulasi 7,55 dB. Terjadi perbedaan sebesar 6,8% antara hasil simulasi dan pengukuran. Parameter lainnya adalah pola radiasi yang dapat dilihat pada Gambar 14 dan Gambar 15, dari hasil keduanya antara hasil simulasi dan pengukuran menghasilkan pola radiasi yang bersifat unidireksional.

**Tabel 3. Perbandingan Spesifikasi, Hasil Realisasi Antena Mikrostrip Multilayer Parasitic, dan Hasil Realisasi Antena Mikrostrip Multilayer Parasitic U-Slot**

| Parameter                                   | Band Frekuensi (MHz) | Bandwidth (MHz) | Gain (dBi) |
|---------------------------------------------|----------------------|-----------------|------------|
| Spesifikasi                                 | 5250 - 5725          | $\geq 725$      | $\geq 4$   |
| Hasil Realisasi Multilayer Parasitic        | 5187 - 5912          | 725             | 6,99       |
| Hasil Realisasi Multilayer Parasitic U-Slot | 4980 - 6050          | 1.070           | 5,48       |

#### IV. KESIMPULAN

Pada Penelitian ini dirancang dan realisasikan antena mikrostrip multilayer parasitic dengan penambahan u slot pada pita frekuensi c band yang

akan di bandingkan dengan realisasi antena mikrostrip multilayer parasitic[3]. Berdasarkan hasil pengujian pada antena mikrostrip multilayer parasitic yang ditambahkan metode u-slot didapatkan nilai bandwidth sebesar 1.070 MHz dengan nilai return loss 37,73 dB dan nilai gain sebesar 5,48 dBi. Kemudian berdasarkan hasil pengujian pada antena mikrostrip multilayer parasitic didapatkan nilai bandwidth sebesar 725 MHz dengan nilai return loss 24,15 dB dan nilai gain sebesar 6,99 dBi, dari hasil dari kedua pengujian tersebut terdapat kenaikan bandwidth sebesar 47,5% dengan metode multilayer parasitic yang telah di tambahkan u-slot, dan penurunan nilai gain sebesar 27,5% pada antena mikrostrip multilayer parasitic yang ditambahkan metode u-slot. Pola radiasi pada antena multilayer parasitic dan antena multilayer parasitic dengan penambahan metode u-slot diperoleh pada keduanya bentuk pola radiasi unidirectional. Untuk penelitian selanjutnya disarankan mencoba bentuk slot lain untuk menghasilkan nilai bandwidth yang lebih lebar.

#### UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang membantu tersusunnya penelitian ini khususnya kepada Program Studi Teknik Telekomunikasi Politeknik Negeri Bandung yang telah memberikan sarana dan dukungan sehingga penelitian ini dapat terlaksana.

#### REFERENSI

- [1] S. Palanivel Rajan1, C. Vivek, “*Analysis and Design of Microstrip Patch Antenna for Radar Communication*”. Jan 2019.
- [2] A. A. C. Kristiono , Y. Natali, “Perancangan Antena Mikrostrip Rectangled dengan Teknik Pencatutan Proximity Coupled pada Frekuensi 3.8 GHz”, 2020.
- [3] H. Madiawati, R. Rahmansyah, A. B.Simanjuntak, “Antena Mikrostrip Multilayer Parasitik pada Frekuensi C Band Radar Cuaca”, ELKOMIKA: Jurnal Teknik Energi Elektrik, Teknik Telekomunikasi, & Teknik Elektronika, Vol.11 No.4 Oktober 2023.
- [4] S. Alam, N. M. Rizka, I. Surjati, P. D. Marlina, “Rancang Bangun Antena Mikrostrip Patch Rectangular Dengan Metode Parasitic Untuk Meningkatkan Bandwidth”, TEKTRIKA, Vol.5, No.1, Januari 2020
- [5] F. W. Ardianto, S. Renaldy, F. F. Lanang, dan T. Yunita, “Desain Antena Mikrostrip Rectangular Patch Array 1 2 dengan U-Slot Frekuensi 28 GHz”, ELKOMIKA: Vol. 7, No. 1, Jan 2019.

- [6] Z. A. Sanaz, S. Alam, I. Surjati, "Perancangan Antena MIMO Microstrip Rectangular Array Dengan Slot U", *Jurnal Telematika*, Vol. 16, No.2, 2021.
- [7] W. Eko, "Analisis Interferensi Frekuensi Radar Cuaca C-Band di Indonesia". Feb 2017.
- [8] H. A. Ekaputra, D. Arseno, Y. P. Saputera, "Realisasi Antena Mikrostrip Array 2x2 Patch Persegi Panjang Dengan Slot U Untuk Wifi 5.8 GHz", *e-Proceeding of Engineering* : Vol.8, No.1 Feb 2021.
- [9] S. Waridhah, S. i Marini, M. Amin Bakri, "Antena Mikrostrip Patch Square Double Slit Metode Proximity Couple Untuk Teknologi 5G", *JREC (Journal of Electrical and Electronics)*, Vol.8 No.1 Mei 2020.
- [10] C. A. Balanis, "*Antenna Theory Analysis and Design, 4th Edition*", 2016
- [11] S. Marini, S. D. Asrika, D. Handayani, & H. Mhammadin. Analisis dan Perancangan U-Slot Patch Single Layer Microstrip Antenna 2, 4 GHz pada Teknologi Zigbee. *JREC (Journal of Electrical and Electronics)*, 8(1), 61-66.2020.
- [12] H. A. Ekaputra, D. Arseno & Y. P. Saputera. Perancangan Dan Realisasi Antena Mikrostrip Array 2x2 Patch Persegi Panjang Dengan U-slot Untuk Wifi 5, 8 Ghz. *eProceedings of Engineering*, 8(1).2021.
- [13] B. K. Seigi. Bandwidth Enhancement of Microstrip Antenna with Slit and Parasitic Element for 5G Communication. *Journal of Informatics and Telecommunication Engineering*, 6(1), 60-70. 2022.
- [14] M. E. Septayadi., D. Arseno, & Y. Wahyu . Perancangan dan Realisasi Antena Mikrostrip Patch Persegi Panjang dengan U Slot dan Proximity Coupled untuk WiFi 5, 5 GHz. *eProceedings of Engineering*, 5(3).2018.
- [15] M. F. E. Purnomo, V. Kusumasari, R. N. Hasanah, & H. Suyono. Desain Antena Mikrostrip Segitiga Terpancung Tunggal LHCP Patch Stack sebagai Basic Sensor CP-SAR. *ALINIER: Journal of Artificial Intelligence & Applications*, 1(2), 79-84.2020.