

# Desain Antena Mikrostrip Persegi Menggunakan Kombinasi U-Slot dan Elemen Parasitik pada Frekuensi 2.4 GHz

Marchellia<sup>1</sup>, Asep Barnas Simanjuntak<sup>2</sup>, Hanny Madiawati<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Bandung, Bandung 40012

E-mail : marchellia.marchellia.tcom417@polban.ac.id

<sup>2</sup>Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Bandung, Bandung 40012

E-mail : absimanjuntak@polban.ac.id

<sup>3</sup>Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Bandung, Bandung 40012

E-mail : hannymadiawati@polban.ac.id

## ABSTRAK

*Bandwidth* merupakan salah satu parameter yang patut diperhatikan dalam perancangan antena mikrostrip. Agar memiliki performa yang baik, antena mikrostrip dituntut untuk memiliki *bandwidth* yang lebar karena pada dasarnya antena mikrostrip memiliki *bandwidth* yang sempit. *Bandwidth* yang lebar pada antena mikrostrip dapat diperoleh dengan menggunakan berbagai macam teknik sederhana, antara lain menggunakan metode parasitik ataupun u-slot. Maka dari itu, pada penelitian ini dirancang antena mikrostrip persegi dengan mengkombinasikan kedua teknik pelebaran *bandwidth* parasitik dan u-slot pada frekuensi 2.4 GHz. Penelitian ini menggunakan dua buah elemen parasitik yang diletakkan pada bagian kiri dan kanan *patch* utama dengan penambahan u-slot pada *patch*. Bahan substrat yang digunakan adalah FR-4 epoxy dengan nilai konstanta dielektrik ( $\epsilon_r$ ) sebesar 4.3 dan ketebalan substrat (h) sebesar 1.6 mm. Teknik pencatutan yang digunakan adalah pencatutan *insert feed* dan simulator yang digunakan pada perancangan ini adalah CST Studio Suite 2018 dengan target spesifikasi *return loss*  $\geq 10$  dB, *bandwidth*  $\geq 120$  MHz, dan *gain*  $\geq 4$  dB. Dari hasil simulasi diperoleh besaran parameter antena *return loss* 36.22 dB, *bandwidth* 148.5 MHz, *gain* 4.46 dB, dan pola radiasi unidireksional. Dengan demikian, antena mikrostrip kombinasi u-slot dan elemen parasitik mampu meningkatkan *bandwidth* 51.22% dan *gain* 45.28% dari antena mikrostrip konvensional.

## Kata Kunci

Antena mikrostrip, persegi, elemen parasitik, u-slot, *bandwidth*, *insert feed*

## 1. PENDAHULUAN

Teknologi dalam bidang telekomunikasi terus mengalami perkembangan yang semakin pesat. Hal ini dibuktikan dengan perkembangan metode transfer data yang kini dapat dilakukan secara nirkabel (tanpa kabel). Teknologi nirkabel yang sekarang sedang marak digunakan di masyarakat adalah Wi-Fi dengan frekuensi kerja 2.4 GHz sesuai dengan standar IEEE 802.11 [1]. Teknologi ini membutuhkan antena pemancar dengan performansi maksimum dan ukuran yang ringkas agar mudah dikoneksikan dengan *device* elektronik lain, salah satu antena yang cocok adalah antena mikrostrip. Untuk menunjang kebutuhan kapasitas layanan yang cukup besar dari teknologi Wi-Fi, diperlukan antena pemancar dengan *bandwidth* yang cukup lebar. Antena mikrostrip pada dasarnya memiliki *bandwidth* yang sempit dan *gain* yang rendah, tetapi kekurangan ini dapat diatasi dengan memodifikasi antena menggunakan berbagai macam teknik sederhana yang terbukti dapat memperlebar *bandwidth*.

Beberapa penelitian telah dilakukan untuk memperlebar *bandwidth* antena mikrostrip antara lain menambah lapisan substrat, menggunakan substrat dengan konstanta dielektrik yang kecil, melakukan modifikasi *patch* dengan menambahkan slot, ataupun menggunakan penambahan elemen parasitik. Penelitian elemen

parasitik pada *patch* persegi yang dilakukan oleh Syah Alam dan Asep Kurniawan mampu meningkatkan *bandwidth* hingga 35.17% [1]. Penelitian elemen parasitik pada *patch* segitiga juga pernah dilakukan oleh Dhio Medianto, dkk dan mampu meningkatkan *bandwidth* hingga 21.1% dengan besaran *gain* 5.77 dB [2]. Penelitian menggunakan elemen parasitik lainnya juga terbukti dapat meningkatkan *bandwidth* [3] [4] [5]. Penggunaan metode u-slot juga banyak digunakan untuk digabungkan dengan metode lain guna meningkatkan *bandwidth* antena [6] [7].

Dari beberapa literatur yang telah ada sebelumnya, pada penelitian ini penulis akan mengkombinasikan teknik penambahan u-slot dan elemen parasitik pada antena mikrostrip persegi di frekuensi 2.4 GHz dan meneliti pengaruhnya terhadap parameter antena terutama *bandwidth* dan *gain*. Pada penelitian ini, antena dengan kombinasi parasitik dan u-slot diharapkan mampu meningkatkan *bandwidth* yang cukup tinggi pada antena mikrostrip.

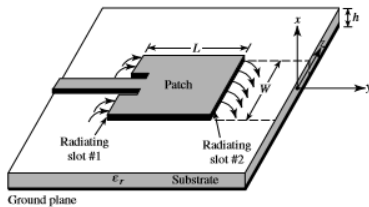
## 2. TEORI PENDUKUNG

### 2.1 Antena Mikrostrip

Secara sederhana antena mikrostrip terdiri dari 3 elemen lapisan dasar, yaitu :

- 1) *Patch*, merupakan elemen yang diletakkan pada layer atas antenna dan terbuat dari lapisan konduktor yang sangat tipis. *Patch* berfungsi untuk meradiasikan gelombang elektromagnetik ke ruang bebas.
- 2) Substrat, merupakan bahan dielektrik yang diletakkan diantara *patch* dan *ground* dengan fungsi meneruskan gelombang elektromagnetik dari saluran pencatuan.
- 3) *Groundplane*, merupakan lapisan konduktor yang diletakkan pada layer bawah dengan fungsi untuk memantulkan kembali gelombang elektromagnetik yang tidak diinginkan melalui substrat menuju ruang bebas. Ukuran *ground* akan sama dengan ukuran substrat karena *ground* melapisi seluruh luas permukaan substrat.

Berikut merupakan gambaran konstruksi dasar antenna mikrostrip.



Gambar 1. Konstruksi Antena Mikrostrip [8]

## 2.2 Antena Mikrostrip Persegi

Antena mikrostrip persegi terdiri dari dimensi panjang *patch* ( $L_p$ ), lebar *patch* ( $W_p$ ), panjang *ground* ( $L_g$ ), lebar *ground* ( $W_g$ ), tebal konduktor ( $t$ ), dan tebal substrat ( $h$ ). Perhitungan dimensi panjang dan lebar *patch* antenna dapat dicari menggunakan persamaan berikut [8]

- 1) Lebar *Patch* ( $W_p$ )

$$W_p = \frac{c}{2f_r \sqrt{\frac{\epsilon_r + 1}{2}}} \quad (1)$$

- 2) Panjang *Patch* ( $L_p$ )

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

dimana  $\Delta L$  dan  $\epsilon_{reff}$  dapat dicari menggunakan persamaan (3) dan (4)

$$\Delta L = 0.412h \left[ \frac{(\epsilon_{reff} + 0,3) \left( \frac{w}{h} + 0,264 \right)}{(\epsilon_{reff} - 0,258) \left( \frac{w}{h} + 0,8 \right)} \right] \quad (3)$$

$$\epsilon_{reff} = \frac{\epsilon_r + 1}{2} + \frac{\epsilon_r - 1}{2} \left( \frac{1}{\sqrt{1 + \frac{12h}{w}}} \right) \quad (4)$$

Sedangkan perhitungan dimensi panjang dan lebar *ground* atau substrat dapat dicari menggunakan persamaan berikut.

- 3) Lebar *ground* ( $W_g$ )

$$W_s = W_g = 6h + W \quad (5)$$

- 4) Panjang *ground* ( $L_g$ )

$$L_s = L_g = 6h + L + L_f \quad (6)$$

## 2.3 Pencatuan *Insert Feed*

Teknik pencatuan *insert feed* dapat mempermudah penyesuaian impedansi antara *feedline* dan catuan antenna dengan mengontrol titik posisi *insert feed* ( $y_0$ ). Pencatuan ini memberikan potongan pada *patch* sehingga *feedline* terlihat lebih menjorok ke dalam *patch*. Dimensi *insert feed* dapat dicari menggunakan persamaan berikut [8].

- 1) Lebar Saluran ( $W_f$ )

$$\frac{W_f}{h} = \frac{2}{\pi} \left[ B - 1 - \ln(2B - 1) + \frac{\epsilon_r - 1}{2\epsilon_r} \left( \ln(B - 1) + 0,39 - \frac{0,61}{\epsilon_r} \right) \right] \quad (7)$$

dimana,

$$\beta = \frac{377 \pi}{2Z_0 \sqrt{\epsilon_r}} \quad (8)$$

- 2) Panjang Saluran ( $L_f$ )

$$L_f = \frac{1}{4} \frac{\lambda_0}{\sqrt{\epsilon_{reff}}} \quad (9)$$

- 3) Titik Posisi *Insert Feed* ( $y_0$ )

$$R_{in} = \frac{1}{2(G_1 \pm G_{12})} \left[ \cos^2 \left( \frac{\pi}{L} Y_0 \right) \right] \quad (10)$$

dimana untuk :

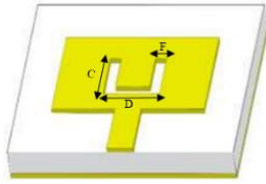
$$W \leq \lambda_0 \quad \text{maka,} \quad G_1 = \frac{1}{90} \left( \frac{W}{\lambda_0} \right)^2 \quad (11)$$

## 2.4 Metode Parasitik

Metode parasitik merupakan metode penambahan elemen parasitik berupa *patch* sekunder yang diletakkan berdekatan dengan *patch* utama atau *patch* yang akan didorong. Elemen parasitik tidak dicatu secara langsung, tetapi menerima arus-arus yang diimbaskan dari *patch* utama. Elemen parasitik ini ditala agar menyebabkan pergeseran fasa yang tertinggal atau mendahului energi yang diradiasikan [5].

## 2.5 Metode U-Slot

Metode u-slot dilakukan dengan memotong bagian *patch* dengan bentuk huruf U. Dimensi u-slot terdiri dari lebar slot (F), panjang slot vertical (C), panjang slot horizontal (D).



Gambar 2. Dimensi U-Slot [6]

Dimensi F, C, dan D slot dapat dicari menggunakan persamaan berikut [6].

$$F = \frac{\lambda}{60} \quad (12)$$

$$C \geq 0.3 W \quad (13)$$

$$D = \frac{c}{f_{low} \sqrt{\epsilon_{reff}}} - 2(L + 2\Delta L - F) \quad (14)$$

### 3. PEMBAHASAN

#### 3.1 Spesifikasi Teknis Antena

Jenis substrat yang digunakan pada penelitian ini adalah FR-4 epoxy dengan konstanta dielektrik ( $\epsilon_r$ ) = 4.3, ketebalan (h) = 1.6 mm, sedangkan jenis konduktor yang digunakan untuk patch dan ground adalah tembaga (cooper) dengan ketebalan (t) = 0.035 mm. Kedua jenis bahan ini merupakan jenis yang paling umum digunakan pada penelitian perancangan antenna mikrostrip. Spesifikasi bahan substrat dan konduktor ini diperlukan dalam perhitungan dimensi dan simulasi antenna. Selain itu, berikut adalah spesifikasi teknis antenna yang akan dicapai pada penelitian ini.

Tabel 1. Spesifikasi Teknis Antena

Parameter	Nilai
Frekuensi Kerja	2.4 GHz
Return Loss	$\geq 10$ dB
Gain	$\geq 4$ dB
Bandwidth	$\geq 5\%$ dari frekuensi tengah (120 MHz)
Impedansi input ( $Z_0$ )	50 Ohm

#### 3.2 Perancangan antenna

Antena mikrostrip yang dirancang berbentuk persegi dengan pencatuan insert feed. Sebanyak 2 elemen parasitik ditambahkan di sebelah kanan dan kiri patch utama dengan jarak dan posisi yang diatur sedemikian rupa sehingga menghasilkan nilai parameter yang optimum. Dimensi kedua elemen parasitik tersebut didapatkan dari hasil iterasi dengan mengacu pada ukuran patch utamanya. Selain daripada itu, u-slot ditambahkan dengan memotong bagian patch utama

dengan potongan berbentuk huruf U. Perancangan dimulai dengan mensimulasikan antenna mikrostrip konvensional dari hasil perhitungan (simulasi 1) kemudian dilanjutkan dengan perancangan antenna mikrostrip kombinasi u-slot dan elemen parasitik (simulasi 2). Kedua simulasi tersebut akan dibandingkan untuk menganalisa peningkatan performa antenna khususnya pada parameter bandwidth dan gain. Berikut dimensi antenna mikrostrip konvensional dan dimensi slot U dari hasil perhitungan.

Tabel 2. Dimensi Antena Hasil Perhitungan

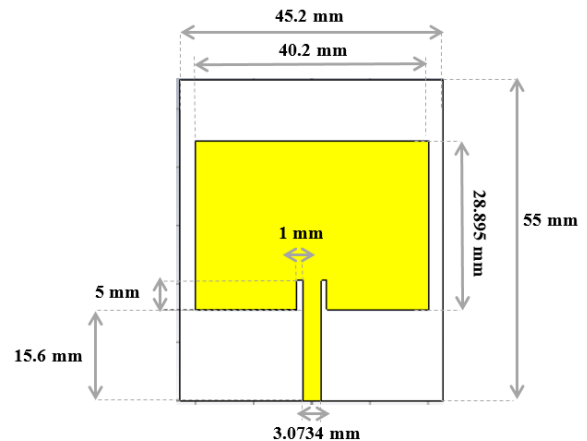
Dimensi	Keterangan	Nilai
$L_p$	Panjang Patch	29.76 mm
$W_p$	Lebar Patch	38.4 mm
$y_0$	Panjang insert feed	11.8 mm
Gph	Lebar celah insert feed	1 mm
$L_f$	Panjang saluran transmisi	17.3 mm
$W_f$	Lebar saluran transmisi	3.04 mm
$L_g$	Panjang groundplane	56.66 mm
$W_g$	Lebar groundplane	42.2 mm
f	Lebar Slot	2.08 mm
c	Panjang Slot Vertikal	11.52 mm
d	Panjang Slot Horizontal	5.4756 mm

#### 3.3 Simulasi

##### 3.3.1 Simulasi Antena Mikrostrip Konvensional (Simulasi 1)

###### A. Bentuk Antena

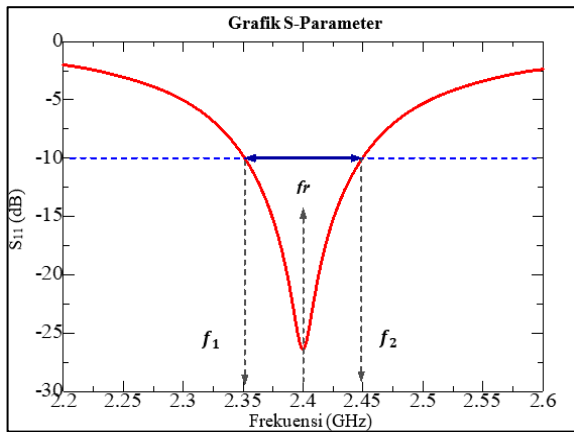
Simulasi antenna dengan ukuran seperti pada perhitungan belum bekerja pada frekuensi tengah yang diharapkan sehingga terdapat optimasi dimensi ukuran seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3.



Gambar 3. Desain Antena Mikrostrip Konvensional

###### B. Hasil Simulasi

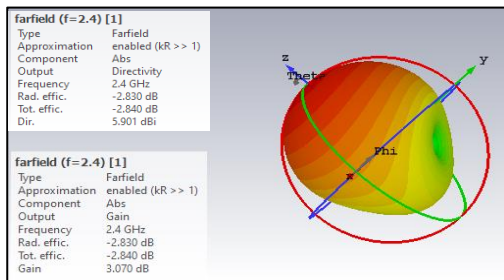
- 1) Bandwidth dan return loss



Gambar 4. Respon Frekuensi Antena Mikrostrip Konvensional

Frekuensi tengah antenna ( $f_r$ ) berada pada 2.4 GHz dengan *return loss* 26.38 dB. Frekuensi bawah ( $f_1$ ) dan frekuensi atas ( $f_2$ ) antenna dibatasi oleh *return loss* 10 dB dan frekuensi kerja antenna merupakan rentang frekuensi dari  $f_1$  sampai dengan  $f_2$ . Batas frekuensi bawah ( $f_1$ ) berada pada frekuensi 2.3513 GHz dan frekuensi atas ( $f_2$ ) berada pada frekuensi 2.4495 GHz sehingga lebar *bandwidth* antenna adalah  $f_2 - f_1 = (2.4495 - 2.3513) \text{ GHz} = 98.2 \text{ MHz}$

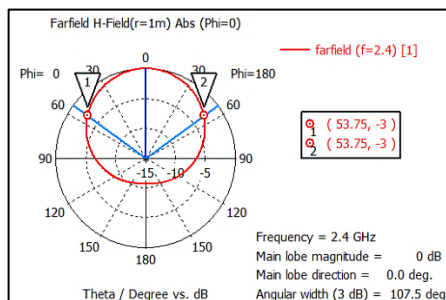
2) Gain



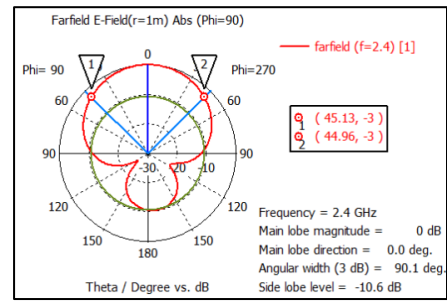
Gambar 5. Gain Antena Mikrostrip Konvensional

Gain yang dihasilkan sebesar 3.07 dB dengan *directivity* sebesar 5.9 dBi. Efisiensi radiasi yang diperoleh sebesar -2.830 dB atau dengan kata lain rugi-rugi radiasi yang dikarenakan konduksi dan dielektrik antenna adalah sebesar 2.830 dB. Dengan demikian antenna meradiasikan daya sebanyak 52.12% dari daya yang dicatukan ke antenna.

3) Pola Radiasi



(a)



(b)

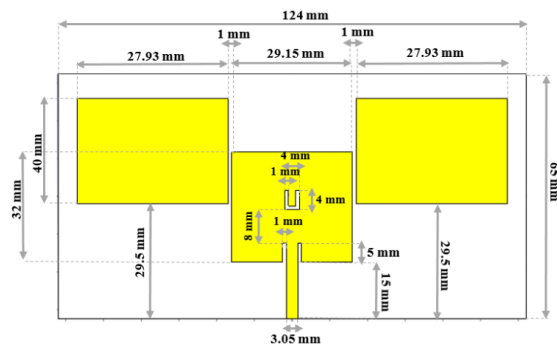
Gambar 6. Pola Radiasi Antena Mikrostrip Konvensional

Gambar 6(a) merupakan bentuk pola radiasi dalam bidang-H (azimuth) dan Gambar 6(b) merupakan bentuk pola radiasi dalam bidang-E (elevasi). Bentuk pola radiasi yang dihasilkan adalah unidireksional karena pola radiasi terkuat hanya ada pada satu arah *main lobe* dengan *side lobe* yang tidak dominan. Diperoleh HPBW 107.5° pada bidang-H dan 90.1° pada bidang-E. Lebar sudut HPBW antenna pada batas titik -3dB ditandai dengan marker 1 dan marker 2.

3.3.2 Antena Mikrostrip Kombinasi U-Slot dan Elemen Parasitik (Simulasi 2)

A. Bentuk Antena

Gambar 7 menunjukkan bentuk dan ukuran dimensi antenna mikrostrip kombinasi u-slot dan elemen parasitik dari hasil iterasi dan pengoptimasian dimensi *patch* utama dan u-slot dari hasil perhitungan.



Gambar 7. Desain Antena Mikrostrip Kombinasi U-Slot dan Elemen Parasitik

Semakin sejajar posisi atau semakin dekat jarak antara elemen parasitik dengan *patch* utama, maka *bandwidth* yang dihasilkan semakin lebar. Namun, bentuk respon frekuensi yang dihasilkan semakin cenderung membentuk dua frekuensi. Selain itu, *bandwidth* akan semakin lebar apabila ukuran dimensi u-slot semakin diperkecil dan u-slot diletakkan sejajar dengan elemen parasitiknya.

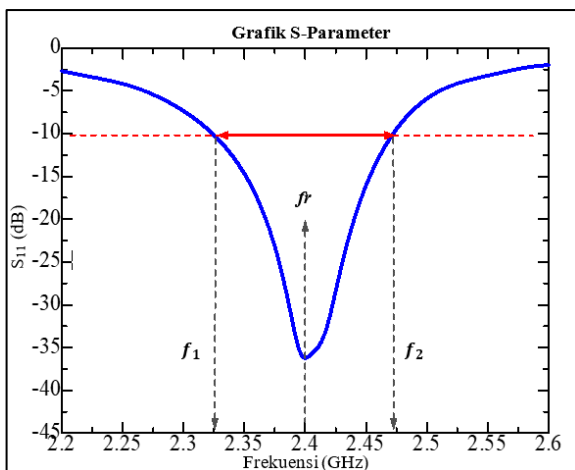
Berikut ukuran dimensi dari antenna kombinasi u-slot dan elemen parasitik.

Tabel 3. Dimensi Antena Mikrostrip Kombinasi U-Slot dan Elemen Parasitik

Dimensi	Keterangan	Nilai
$L_{p1}$	Panjang patch	29.15 mm
$W_{p1}$	Lebar patch	32 mm
$L_{p2}$	Panjang patch parasitik	27.93 mm
$W_{p2}$	Lebar patch parasitik	40 mm
$j$	Jarak antar patch	1 mm
$s$	Jarak elemen parasitik dari bawah substrat	29.5 mm
$y_0$	Panjang insert feed	5 mm
$G_{ph}$	Lebar celah insert feed	1 mm
$L_f$	Panjang saluran transmisi	15 mm
$W_f$	Lebar saluran transmisi	3.05 mm
$L_g$	Panjang groundplane	65 mm
$W_g$	Lebar groundplane	130 mm
$f$	Lebar slot	1 mm
$c$	Panjang slot vertikal	4 mm
$d$	Panjang slot horizontal	4 mm

## B. Hasil Simulasi

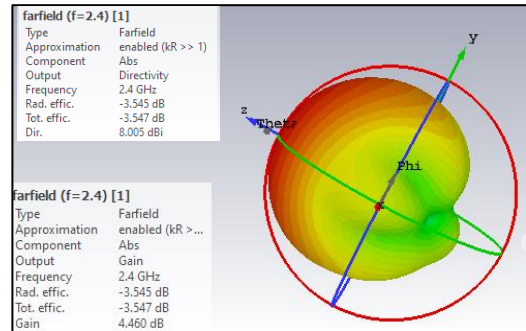
### 1) Bandwidth dan return loss



Gambar 8. Respon frekuensi Antena Mikrostrip Kombinasi U-Slot dan Elemen Parasitik

Frekuensi tengah antena ( $f_r$ ) berada pada 2.4 GHz dengan *return loss* 36.22 dB. Frekuensi bawah ( $f_1$ ) dan frekuensi atas ( $f_2$ ) antena dibatasi oleh *return loss* 10 dB dan frekuensi kerja antena merupakan rentang frekuensi dari  $f_1$  sampai dengan  $f_2$ . Batas frekuensi bawah ( $f_1$ ) berada pada frekuensi 2.3238 GHz dan frekuensi atas ( $f_2$ ) berada pada frekuensi 2.4723 GHz sehingga lebar *bandwidth* antena adalah  $f_2 - f_1 = (2.4723 - 2.3238) \text{ GHz} = 148.5 \text{ MHz}$

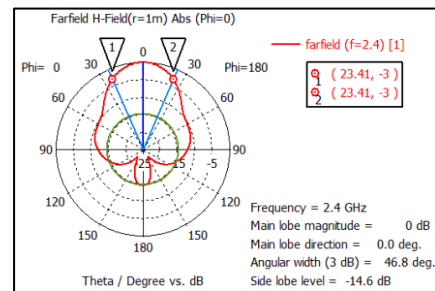
### 2) Gain



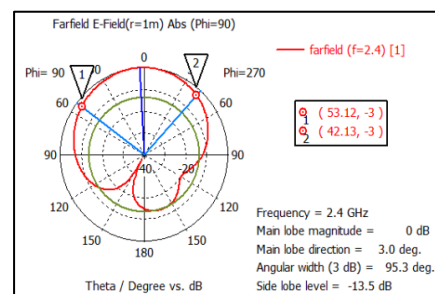
Gambar 9. Gain Antena Mikrostrip Kombinasi U-Slot dan Elemen Parasitik

Gain yang dihasilkan sebesar 4.46 dB dengan *directivity* sebesar 8.01 dBi. Efisiensi radiasi yang diperoleh sebesar -3.545 dB atau dengan kata lain rugi-rugi radiasi yang dikarenakan konduksi dan dielektrik antena adalah sebesar 2.830 dB. Dengan demikian antena meradiasikan daya sebanyak 44.2% dari daya yang dicatukan ke antena.

### 3) Pola Radiasi



(a)



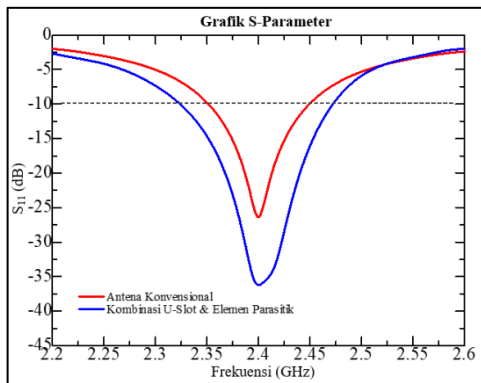
(b)

Gambar 10. Pola Radiasi Antena Mikrostrip Kombinasi U-Slot dan Elemen Parasitik

Gambar 10(a) merupakan bentuk pola radiasi dalam bidang-H (azimuth) dan Gambar 10(b) merupakan bentuk pola radiasi dalam bidang-E (elevasi). Bentuk pola radiasi yang dihasilkan adalah unidireksional karena pola radiasi terkuat hanya ada pada satu arah main lobe dengan side lobe yang tidak dominan. Diperoleh HPBW 46.8° pada bidang-H dan 95.3° pada bidang-E dengan arah pancaran *main lobe* pada sudut 3 derajat.

### 3.3.3 Perbandingan Hasil Simulasi 1 dan 2

Gambar 11 menunjukkan grafik perbandingan simulasi antenna konvensional (garis merah) dan simulasi antenna kombinasi u-slot dan elemen parasitik (garis biru).



Gambar 11. Perbandingan Respon Frekuensi Simulasi 1 & 2

Berikut perbandingan parameter yang dihasilkan dari kedua simulasi tersebut.

Tabel 4. Perbandingan Parameter Simulasi 1 & 2

Parameter	Spesifikasi	Konvensional	Kombinasi U-Slot dan Elemen Parasitik
Bandwidth	≥ 120 MHz	98.2 MHz	148.5 MHz
Return Loss	≥ 10 dB	26.38 dB	36.22 dB
Gain	≥ 4 dB	3.07 dB	4.46 dB
Directivity	dBi	5.9 dBi	8.01 dBi
Efisiensi Radiasi	dB	-2.830 dB	-3.545 dB
Pola Radiasi	unidirectional	unidirectional	unidirectional
HPBW Bidang-H	degree	107.5°	46.8°
HPBW Bidang-E	degree	90.1°	95.3°

Kombinasi u-slot dan elemen parasitik terbukti mampu meningkatkan *bandwidth* hingga 50.3 MHz atau 51.22% dari antenna konvensional. Apabila dibandingkan terhadap frekuensi tengah, antenna kombinasi u-slot dan elemen parasitik menghasilkan *bandwidth* 6.1875% dan sudah memenuhi spesifikasi teknis antenna diatas 5% frekuensi tengah. Kombinasi u-slot dan elemen parasitik juga membuat *return loss* antenna semakin besar sehingga nilai VSWR semakin mendekati 1 yang berarti semakin sedikit daya yang dipantulkan ke sumber. Peningkatan *gain* yang dihasilkan oleh antenna ini adalah 1.39 dB lebih besar dari antenna konvensional. Meskipun peningkatan *gain* tidak terlalu besar, tetapi nilai *gain* yang dihasilkan sudah memenuhi spesifikasi diatas 4 dB.

Apabila dilihat dari sudut efisiensi, antenna kombinasi u-slot dan elemen parasitik menghasilkan efisiensi radiasi

yang rendah dibandingkan antenna konvensional, tetapi daya yang diradiasikan masih berkisaran pada setengah daya yang dicatukan ke antenna. Selain daripada itu, *directivity* antenna yang semakin besar membuat HPBW antenna semakin sempit. Hal ini dibuktikan dengan *directivity* yang dihasilkan oleh antenna mikrostrip kombinasi u-slot dan elemen parasitik membesar, tetapi HPBW bidang-H mengecil menjadi 48.9°. Ini membuktikan kemampuan pengarahan antenna yang baik.

## 4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil simulasi, antenna mikrostrip kombinasi u-slot dan elemen parasitik menghasilkan *return loss* 36.22 dB pada frekuensi 2.4 GHz, *bandwidth* 148.5 MHz, *gain* 4.46 dB, *directivity* 8.01, efisiensi radiasi 44.2% dan pola radiasi unidireksional. Dengan demikian secara garis besar parameter yang dihasilkan oleh antenna sudah memenuhi spesifikasi yang diharapkan. Penggunaan kombinasi metode u-slot dan elemen parasitik terbukti mampu meningkatkan *bandwidth* antenna hingga 51.22% dan *gain* 45.28% dari antenna mikrostrip konvensional. Kenaikan *bandwidth* ini dipengaruhi oleh jarak dan posisi elemen parasitik terhadap *patch* utama. Selain itu, dimensi u-slot yang semakin diperkecil juga ikut berkontribusi dalam peningkatan *bandwidth* antenna.

Meskipun *gain* antenna sudah memenuhi spesifikasi, tetapi peningkatannya belum cukup maksimal sehingga penulis menyarankan untuk menggabungkan elemen parasitik dengan elemen lain yang mampu meningkatkan *gain* antenna. Selain itu, penelitian ini masih sebatas simulasi dan sebaiknya di realisasikan.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Terimakasih kepada Politeknik Negeri Bandung dengan diselenggarakannya seminar IRWNS sebagai wadah publikasi penelitian yang penulis lakukan.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] S. Alam and A. Kurniawan, "Rancang Bangun Antena Mikrostrip Beban Parasitik untuk Aplikasi ISM Band 2,4 GHz," *Jurnal Teknik dan Ilmu Komputer*, vol. 07, no. 27, pp. 277-286, 2018.
- [2] D. Medianto and M. Y. Hardiman, "Rancang Bangun Antena Mikrostrip Patch Triangular Metode Parasitik Untuk Aplikasi LTE di Frekuensi 2,3 GHz," *Jurnal Teknologi Elektro*, vol. 9, no. 2, pp. 109-116, Mei 2018.
- [3] S. Alam and K. A. Santoso, "Antena Mikrostrip Segitiga dengan Parasitic untuk Aplikasi Wireless Fidelity," *Ejournal Kajian Teknik Elektro*, vol. 2, no. 1, pp. 25-37.
- [4] S. Alam, N. M. Rizka, I. Surjati and P. D. Marlina, "Rancang Bangun Antena Mikrostrip Patch Rectangular dengan Metode Parasitic untuk Meningkatkan Bandwidth," *Jurnal TEKTRIKA*, vol. 5, no. 1, pp. 1-5, Mei 2020.
- [5] J. Haidi, "Meningkatkan Lebar Bandwidth Antena

- Mikrostrip dengan Metode Parasitik pada Frekuensi 2.4 GHz," in *The 4th National Conference on Industrial Electrical and Electronics (NCIEE)*, Cilegon, 2016.
- [6] 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.
- [7] U. V. Imelda, Simanjuntak and Sahlah, "Rancang Bangun Antena Mikrostrip Rectangular Array dengan U-Slot pada Frekuensi 1,8 GHz," *JETri*, vol. 16, no. 2, pp. 149-164, Februari 2019.
- [8] C. A. Balanis, *Antena Theory Analysis and Design* 4th Edition, USA: Wiley Interscience, 2016.