

# Peningkatan Koefisien Refleksi dan *Bandwidth* Antena *Microstrip* 3,5 GHz dengan Penambahan *Inset-Slot* dan *Array 2x1* Untuk Komunikasi 5G

Tata Setiawan, Syah Alam<sup>#</sup>, Indra Surjati, Yuli Kurnia Ningsih

Program Studi Magister Teknik Elektro  
Fakultas Teknologi Industri, Universitas Trisakti, DKI Jakarta  
Jl. Kyai Tapa No. 1 Jakarta Barat, Indonesia  
<sup>#</sup>syah.alam@trisakti.ac.id

---

---

## Abstrak

Koefisien refleksi dan *bandwidth* merupakan salah satu parameter penting yang menunjukkan performansi dari antena agar bekerja secara optimal. Maka itu, antena dengan koefisien refleksi yang tinggi dan *bandwidth* yang lebar sangat dibutuhkan untuk mendapatkan antena dengan performansi tinggi. Pada paper ini dirancang antena mikrostrip *rectangular* yang bekerja pada frekuensi resonansi 3,5 GHz untuk sistem komunikasi 5G. Metode *inset* digunakan untuk meningkatkan nilai *return loss* sedangkan *bandwidth* dari antena ditingkatkan dengan menambahkan 2 buah *slot H* dan *slot I* pada bidang *patch*. Hasil simulasi dari antena yang diusulkan menunjukkan antena telah beroperasi pada frekuensi resonansi 3,5 GHz dengan *return loss* -34,7 dB, VSWR 1,039, dan *bandwidth* 307 MHz. Hasil penelitian ini dapat direkomendasikan sebagai desain antena penerima pada sistem komunikasi 5G dimana metode penambahan *inset slot* dan *array* dapat mengoptimasi koefisien refleksi dan *bandwidth*.

**Kata kunci:** koefisien refleksi, *bandwidth*, *inset*, *slot Hi*, *array 2x1*

## Abstract

*Reflection coefficient and bandwidth are important parameters that indicate the performance of the antenna so that it works optimally. Therefore, an antenna with a high reflection coefficient and wide bandwidth is needed to obtain an antenna with high performance. In this paper, a rectangular microstrip antenna is designed that works at a resonant frequency of 3.5 GHz for the 5G communication system. The inset method is used to increase the return loss value while the bandwidth of the antenna is increased by adding 2 slots H and Slot I in the patch area. The simulation results of the proposed antenna show that the antenna operates at a resonant frequency of 3.5 GHz with a return loss of -34.7 dB, VSWR 1,039 and a bandwidth of 307 MHz. The results of this research can be recommended as a receiving antenna design for 5G communication systems where the method of adding inset slots and arrays can optimize reflection coefficient and bandwidth.*

**Keywords:** reflection coefficient, bandwidth, inset, Hi slot, 2x1 array

---

---

## I. PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi pada zaman sekarang sudah berkembang, khususnya dalam bidang teknologi telekomunikasi [1]. perkembangan teknologi seluler sudah memasuki generasi ke-5 (5G) [2]. Teknologi 5G menawarkan kecepatan yang sangat tinggi yaitu 10 Gbps dan latensi di bawah 1 ms (*milliseconds*) [3]. Berdasarkan regulasi [4] yang ditetapkan oleh frekuensi kerja yang digunakan untuk system komunikasi generasi

kelima (5G) terbagi menjadi beberapa *band* yaitu untuk *high band* 28 GHz, *middle band* 15 GHz dan *low band* 3,5 GHz [5].

Salah satu perangkat penting dalam teknologi 5G adalah perangkat antena yang mendukung kinerja jaringan teknologi 5G [6]. Realisasi antena dapat dilakukan dengan menggunakan bahan *substrat* yang dikenal sebagai antena mikrostrip [7], [8]. Antena mikrostrip banyak dikembangkan dan digunakan pada perangkat telekomunikasi modern, salah satunya untuk jaringan *Wireless Fidelity* (Wi-

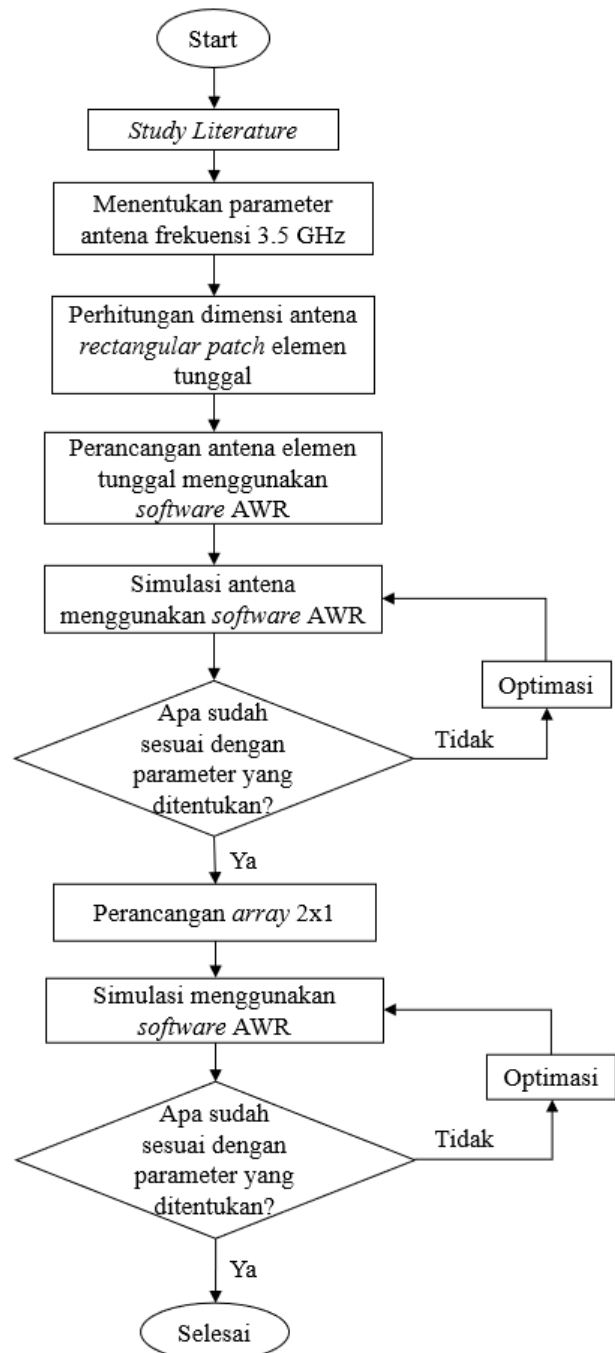
Fi) [9]. Antena mikrostrip memiliki kemudahan untuk difabrikasi dibandingkan dengan antena dari bahan lain, karena memiliki kelebihan diantaranya bentuk yang sederhana [10]. dapat bekerja pada frekuensi yang tinggi dan mudah digunakan [11], namun memiliki kekurangan berupa *bandwidth* yang dihasilkan sempit dan keterbatasan dalam *gain* [9]. Beberapa cara dan metode untuk meningkatkan *bandwidth* pada antena mikrostrip seperti dengan metode penambahan ketebalan *substrate*, penambahan *inset*, penambahan *slot*, modifikasi ukuran *patch*, dan modifikasi ukuran *ground plane* [12]. Pada penelitian sebelumnya [13] menggunakan antena mikrostrip *circular patch* diperoleh nilai *return loss* -19,9 dB, *bandwidth* 4,08 %, *gain* 13,3 dB, VSWR 1,18. Pada penelitian selanjutnya [14] mengusulkan antena dengan metode *spiral labyrinth* untuk mereduksi dimensi dan meningkatkan performa antena berhasil mendapatkan nilai koefisien refleksi -29,58 dB, *gain* 6,432 dB, dan VSWR 1,069. Pada penelitian selanjutnya [15] dilakukan desain dan realisasi antena mikrostrip *rectangular array* 4x2 elemen dengan metode *inset feed* diperoleh nilai *return loss* -23,8 dB, *bandwidth* 100 MHz, *gain* > 9 dB, VSWR < 1,5. Hasil dari simulasi pengukuran untuk parameter diperoleh pola radiasi jenis *unidirectional*. Pada penelitian selanjutnya [16] antena dirancang dengan menggunakan metode antena susun *microstrip rectangular patch* 4 x 2 diperoleh nilai *return loss* -20,8 dB, *bandwidth* 123,3 MHz, *gain* 10,4 dB, dan VSWR 1,2.

Namun, dari hasil penelitian sebelumnya masih terdapat kekurangan yaitu *bandwidth* dan *return loss* yang kurang baik. Oleh karena itu, penelitian ini mengusulkan peningkatan *bandwidth* dan *return loss*. Pada desain antena awal dengan optimasi penambahan *inset* dan *slot* bentuk Hi pada frekuensi kerja 3,5 GHz untuk sistem komunikasi 5G. Kinerja antena yang diukur adalah koefisien refleksi pada posisi *frequency center*, koefisien refleksi, *bandwidth*, VSWR, dan *gain* menggunakan *software* AWR.

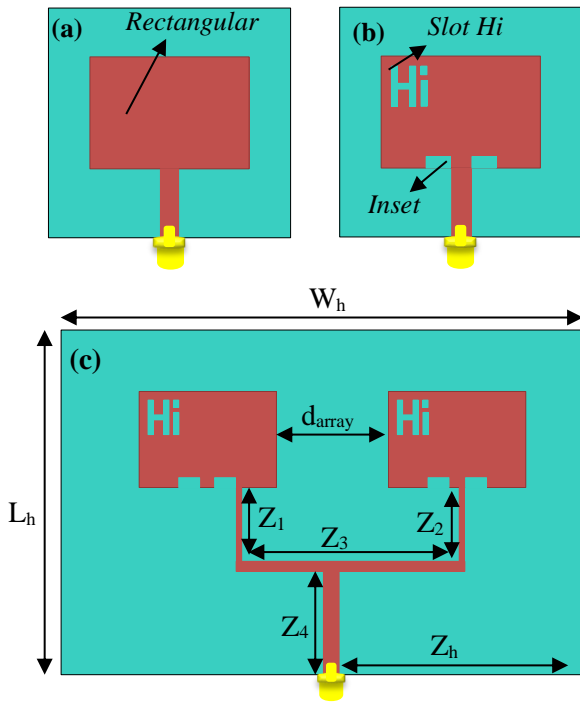
## II. METODE PENELITIAN

Perancangan antena ini dilakukan dalam beberapa tahapan yang dimaksudkan agar perancangan dapat dilaksanakan secara sistematis dan dapat bekerja secara terstruktur, adapun tahapan perancangan ditunjukkan pada Gambar 1. Pada tahap ini, pertama yang dilakukan adalah menentukan frekuensi kerja yang akan digunakan

pada antena. Melakukan perhitungan dimensi *patch* dengan menggunakan *software* PCAAD dan menentukan dimensi saluran pencatu. Melakukan perancangan antena elemen tunggal menggunakan *software* AWR 2009, untuk menghasilkan frekuensi *return loss*, *bandwidth*, VSWR, dan *gain*. Selanjutnya menambahkan *slot* dan *slit* juga *array* dan optimasi sampai hasil yang didapat sesuai dengan parameter yang dibutuhkan dan mendapatkan *frequency center* semakin baik.



Gambar 1. Diagram alir penelitian



**Gambar 2. Pengembangan model antena: (a) antena bentuk *rectangular*, (b) antena *rectangular* dengan *inset* dan *slot Hi*, (c) antena *array 2x1***

Desain dan pengembangan antena model mikrostrip yang diusulkan dalam penelitian ini ditunjukkan pada Gambar 2. Desain awal antena mikrostrip yang diusulkan dalam penelitian ini adalah bentuk *rectangular* yang beroperasi pada frekuensi resonansi 3,5 GHz seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2(a). Selanjutnya untuk mendapatkan nilai *return loss* dan *bandwidth* yang lebih baik antena bentuk *rectangular* dioptimasi dengan menambahkan *inset* dan *slot* berbentuk Hi. Fungsi dari penambahan *inset* yaitu untuk mendapatkan nilai *return loss*  $\leq 15$  dB, dan fungsi *slot* yaitu untuk mendapatkan *bandwidth* yang lebar seperti pada Gambar 2(b). Tahapan akhir dari pengembangan model antena dalam penelitian ini ditunjukkan pada Gambar 2(c) dimana antena bentuk *rectangular* yang telah dioptimasi dengan menambahkan *inset* dan *slot* dioptimasi kembali dengan metode *array 2x1* dipisahkan dengan jarak yang direpresentasikan  $d_{array}$  untuk meningkatkan *Gain* dan juga mendapatkan koefisien refleksi pada *frequency center*.

#### A. Perhitungan Dimensi Antena

Sebelum melakukan proses simulasi, dilakukan proses perhitungan dimensi *patch*, *microstrip line*, *groundplane*, dan jarak antar elemen dengan menggunakan persamaan yang merujuk pada [15]. Pada penelitian ini, desain antena mikrostrip menggunakan model *rectangular* dengan spesifikasi *substrat* FR-4 dengan konstanta dielektrik ( $\epsilon_r$ )

sebesar 4,3, *loss tangent* 0,0265, dan ketebalan *substrat* ( $h$ ) sebesar 1,6 mm. Pada pengukuran dimensi panjang ( $L$ ) dan lebar ( $W$ ) antena mikrostrip *patch* pada model persegi dapat dihitung dengan persamaan yang digunakan sebagai berikut:

1. Perhitungan lebar *patch* (*width*)

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

Dari persamaan (1), diketahui bahwa  $W$  adalah lebar *patch* (mm),  $c$  adalah kecepatan cahaya (m/s),  $f$  adalah frekuensi kerja (Hz), dan  $\epsilon_r$  adalah konstanta bahan dielektrik.

2. Perhitungan panjang *patch* (*length*)

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

Untuk menghitung  $L$ , sebelumnya harus mencari nilai  $L_{eff}$ ,  $\epsilon_{reff}$ , dan  $2\Delta l$  menggunakan persamaan:

$$L_{eff} = \frac{c}{2f \sqrt{\epsilon_{reff}}} \quad (3)$$

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

$$2\Delta L = 0.412 \cdot h \frac{(\epsilon_{reff} + 0.3) \left( \frac{w}{h} + 0.264 \right)}{(\epsilon_{reff} - 0.258) \left( \frac{w}{h} + 0.8 \right)} \quad (5)$$

3. Panjang *feed* ( $L_f$ )

$$L_f = \frac{\lambda}{4} \quad (6)$$

$$\lambda g = \frac{\lambda_0}{\sqrt{\epsilon_{reff}}} \quad (7)$$

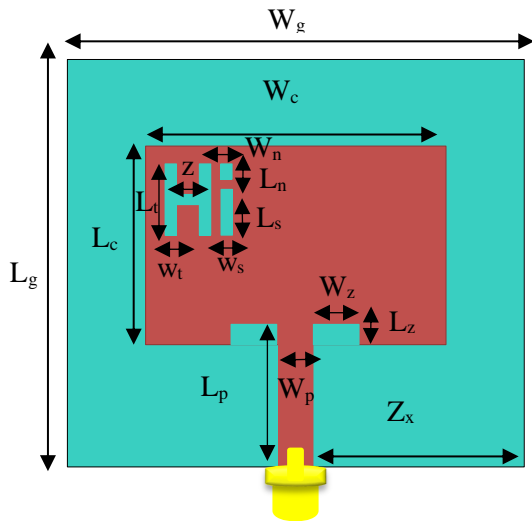
$$\lambda_0 = \frac{c}{f} \quad (8)$$

dengan  $\lambda_0$  adalah panjang gelombang di udara bebas,  $W_f$  adalah lebar *feed*, dan  $L_f$  adalah panjang *feed*.

4. Lebar *feed* ( $W_f$ )

$$B = \frac{60\pi^2}{Z_0 \sqrt{\epsilon_{reff}}} \quad (9)$$

diketahui  $Z_0$  adalah nilai impedansi antena ( $\Omega$ ). Sehingga didapatkan persamaan lebar *feed*  $W_f$  adalah



Gambar 3. Desain antena mikrostrip *rectangular* dengan penambahan *slot Hi* dan *inset*

Tabel 1. Ukuran dimensi antena mikrostrip *rectangular* dengan penambahan *slot Hi* dan *inset*

Parameter	Keterangan	Dimensi (mm)
W	Panjang <i>Groundplane</i>	40
L	Lebar <i>Groundplane</i>	40
$W_g$	Panjang <i>Patch</i>	26,3
$L_g$	Lebar <i>Patch</i>	19,545
$W_p$	L Saluran	3
$L_p$	P Saluran	12
$W_z$	Panjang <i>Inset</i>	4
$L_z$	Lebar <i>Inset</i>	2
$W_t$	Lebar <i>slot H</i>	1
$L_t$	Tinggi <i>slot H</i>	7
$W_n$	Celah <i>slot H</i> dan <i>I</i>	1,1
$L_n$	Lebar <i>Slot titik I</i>	1,5
$W_s$	Panjang <i>Slot I</i>	1
$L_s$	Tinggi <i>Slot I</i>	1
$z$	Celah <i>Slot H</i>	2
$Z_x$	Jarak pencatu - <i>patch</i>	18,2

$$W = \frac{2h}{\pi} \left\{ B - 1 - \ln(2B - 1) + \frac{\epsilon_r - 1}{2\epsilon_r} [\ln(B - 1) + 0.39 - \frac{0.61}{\epsilon_r}] \right\} \quad (10)$$

Setelah proses perhitungan pada persamaan (1) sampai dengan persamaan (5) didapatkan nilai panjang *patch* 26,3 mm ( $W_g$ ), nilai lebar *patch* 20,9 mm pada dimensi ( $L_g$ ), nilai panjang *ground plane* 40 mm ( $W_g$ ), nilai lebar *ground plane* 40 mm ( $L_g$ ), nilai panjang pencatu 12 mm ( $W_p$ ), dan lebar pencatu 3 mm ( $L_p$ ). Namun ketika nilai hasil perhitungan di *input* pada *software* PCAAD dengan memasukkan nilai  $W_g$  dan  $L_g$  hasilnya 3,2 GHz belum mencapai nilai frekuensi yang diusulkan 3,5 GHz, sehingga dilakukan optimasi pada lebar *patch*

dan hasil yang didapat adalah panjang *patch* ( $W_g$ ) 26,3 mm lebar *patch* ( $L_g$ ) menjadi 19,545 mm dengan optimasi tersebut berhasil mendapatkan nilai frekuensi di 3,5 GHz.

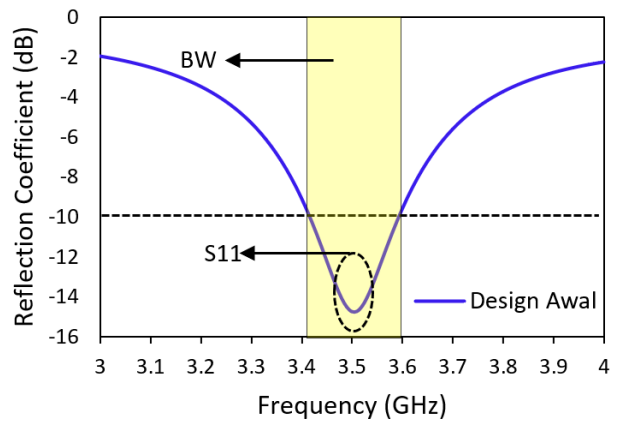
### B. Desain Antena

Proses simulasi yang digunakan dalam perancangan antena mikrostrip menggunakan AWR Office 2009. Desain antena yang diusulkan ditampilkan pada Gambar 3, sedangkan dimensi dari parameter antena ditunjukkan pada Tabel 1.

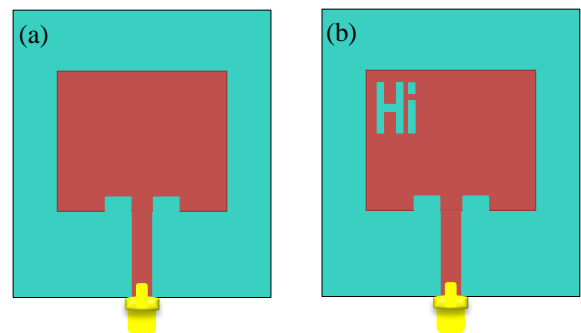
## III. HASIL DAN PEMBAHASAN

### A. Simulasi

Sebelum direalisasikan terlebih dahulu dilakukan simulasi menggunakan *software* AWR 2009 untuk melihat parameter yang dihasilkan. Berikut hasil parameter  $S_{11}$  untuk antena 1 *patch* tanpa menggunakan metode *inset* dan tanpa menggunakan metode *slot* pada frekuensi 3,5 GHz seperti pada Gambar 4. Dari hasil simulasi desain awal didapatkan nilai *return loss* -15,24 dB dan *bandwidth* 177 MHz, selanjutnya untuk mendapatkan parameter *return loss* yang lebih baik lagi dioptimasi dengan menambahkan metode *inset* dan metode *slot* seperti pada Gambar 5(a) dan Gambar 5(b).



Gambar 4. *Return loss* desain awal



Gambar 5. (a) metode *inset*, (b) metode *inset* dan *slot*

Tabel 2. Iterasi ukuran *inset*

Iterasi ke	Ukuran <i>Inset</i>	
	Panjang ( $W_z$ )	Lebar ( $L_z$ )
1	1 mm	2 mm
2	2 mm	2 mm
3	3 mm	2 mm
4	4 mm	2 mm

Tabel 3. Hasil iterasi *inset*

Iterasi ke	Parameter		
	Frekuensi (GHz)	Return loss (dB)	Bandwidth (MHz)
1	3,53	-20,51	188
2	3,55	-23,94	187
3	3,57	-28,34	187
4	3,59	-34,62	186

Tabel 4. Iterasi *slot H*

Iterasi	Parameter		
	Frekuensi (GHz)	Return loss (dB)	Bandwidth (MHz)
1 mm	3,5	-33,41	173
1.5 mm	3,52	-41,61	172

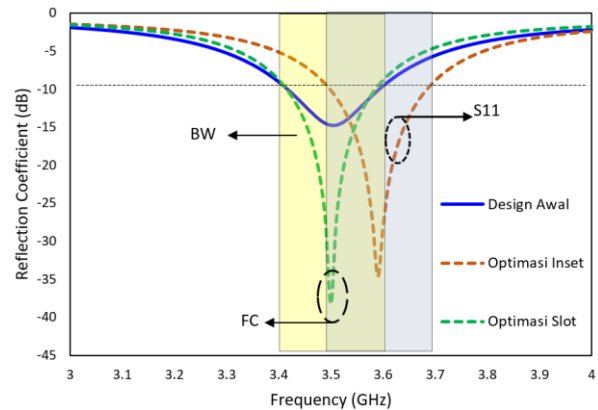
Gambar 5(a) adalah antena *rectangular* yang di optimasi dengan metode penambahan *inset*, dengan tujuan bisa memperbaiki nilai koefisien refleksi. Tabel 2 menunjukkan iterasi pada *inset* dengan cara iterasi pada panjang *inset*. Proses iterasi dengan mengatur ukuran panjang ( $W_z$ ) *inset*. Proses iterasi dibagi menjadi 4 bagian yaitu para iterasi ke-1 dengan nilai  $W_z = 1$  mm, iterasi ke-2  $W_z = 2$  mm, iterasi ke-3  $W_z = 3$  mm dan iterasi ke-4  $W_z = 4$  mm. Selanjutnya, ukuran lebar ( $L_z$ ) tidak mengalami perubahan ukuran yaitu  $L_z = 2$  mm. Parameter hasil dari proses iterasi *inset* dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3 menunjukkan hasil dari iterasi panjang *inset*. Setelah melakukan optimasi penambahan metode *inset* dan iterasi pada panjang *inset*, menunjukkan bahwa metode tersebut berhasil memperbaiki nilai *return loss* dan *bandwidth*. Hasil iterasi terbaik didapatkan dari iterasi ke-4 dengan nilai *return loss* -34,62 dB, untuk nilai *bandwidth* masih sempit dan frekuensi resonansi belum mendapatkan nilai pada *frequency center* di 3,5 GHz masih belum sesuai dengan yang diusulkan.

Selanjutnya optimasi dengan menambahkan metode *slot*, dengan tujuan untuk memperbaiki *bandwidth* dan *frequency center* seperti pada Gambar 5(b).

Tabel 5. Iterasi *slot i*

Iterasi	Parameter		
	Frekuensi (GHz)	Return loss (dB)	Bandwidth (MHz)
I	3.5	-36.69	172
i	3.5	-38.24	171

Gambar 6. Hasil simulasi optimasi *inset* dan *slot*

Tabel 4. Menunjukkan hasil iterasi ketika *slot H* di iterasi dengan lebar ( $W_t$ ) 1mm menunjukkan parameter *return loss* sedikit turun -33,41 dB dan ada penurunan *bandwidth* 173 MHz, namun menyebabkan penomena terjadinya pergeseran frekuensi resonansi ke *frequency center* 3.5 GHz hal ini sama seperti yang di usulkan. Selanjutnya pada iterasi lebar ( $W_t$ ) *slot H* 1.5 mm menunjukkan parameter *return loss* ada perbaikan -41,61 dB namun nilai *bandwidth* dan *frequency center* tidak sesuai dengan yang diusulkan. Selanjutnya dioptimasi dengan menambahkan metode *slot i* dengan tujuan bisa memperlebar *bandwidth* dan *frequency center* seperti pada Gambar 5(b).

Pada Tabel 5 memperlihatkan bahwa ketika dioptimasi penambahan *slot I*, membuat frekuensi resonansi ke *frequency center* di 3,5 GHz dan ada penurunan nilai *return loss* -36,68 dB. Selanjutnya pada iterasi *slot i* ada perbaikan nilai *return loss* yaitu -38,24 dB, dan frekuensi resonansi tetap berada pada *frequency center*. Dari ke-2 iterasi tersebut ada penomena yang membuat parameter *return loss* semakin baik, namun untuk nilai parameter *bandwidth* masih sempit.

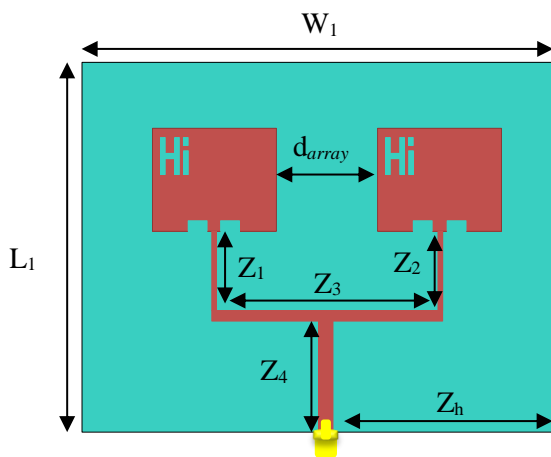
Gambar 6 menunjukkan bahwa iterasi yang dilakukan menyebabkan terjadinya pergeseran frekuensi resonansi ke *frequency center*, penurunan *return loss*, dan penyempitan *bandwidth*. Parameter yang dihasilkan dari proses iterasi *slot i* ditunjukkan pada Tabel 5. Dari hasil optimasi metode penambahan *inset* dan penambahan metode *slot* berhasil memperbaiki *return loss* -38,24 dB dan koefisien refleksi berada di *frequency center*, selanjutnya menambahkan metode *array 2x1*

dengan tujuan untuk memperbaiki parameter *bandwidth*.

**B. Desain Metode Array 2x1**

Untuk mendapatkan peningkatan performansi yang terbaik, desain antena yang telah dioptimasi dengan penambahan metode *inset* dan metode *slot* dioptimasi dengan *array 2x1* seperti pada Gambar 7. Setelah dilakukan simulasi menggunakan *software AWR 2009*, hasil yang didapat belum sesuai dengan parameter antena yang diusulkan. Sehingga harus dilakukan optimasi *inset* pada kaki pencatu  $Z_1$  dan  $Z_2$ , hasil dari simulasi setelah dilakukan *inset* pada kaki pencatu  $Z_1$  dan  $Z_2$  seperti pada Gambar 2(c).

Pada Tabel 7 menjelaskan proses iterasi kaki pencatu  $Z_1$  dan  $Z_2$  dengan cara menggeser ke arah kanan dari posisi awal pada saat antena di *array* seperti pada Gambar 5(c) +1 artinya pencatu



Gambar 7. Optimasi *array 2x1*

Tabel 6. Ukuran dimensi antena metode *array 2x1*

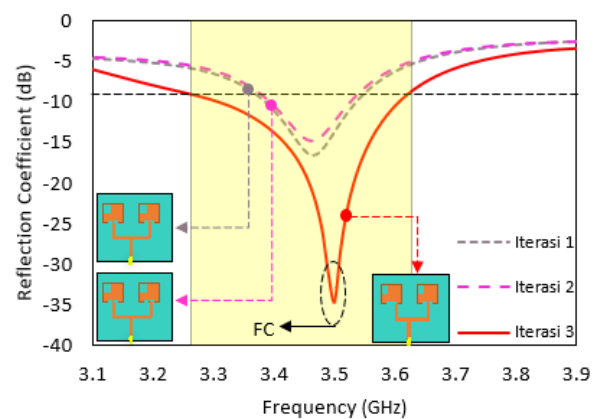
Parameter	Dimensi
$W_h$	100 mm
$L_h$	70 mm
$d$	21,4 mm
$Z_h$	47,1 mm
$Z_1$	100 $\Omega$
$Z_2$	100 $\Omega$
$Z_3$	70,7 $\Omega$
$Z_4$	50 $\Omega$

Tabel 7. Optimasi *inset* pencatu  $Z_1$  dan  $Z_2$

Iterasi	Parameter	
	$Z_1$	$Z_2$
1	+1 mm	-
2	+1 mm	+1 mm
3	+6 mm	+1 mm

digeser 1 mm dari posisi awal dan seterusnya sampai iterasi ke-3. Hasil simulasi pada iterasi kaki pencatu  $Z_1$  dan  $Z_2$  dapat dilihat pada Gambar 8.

Tabel 8 menunjukkan parameter setelah kaki pencatu  $Z_1$  dan  $Z_2$  diiterasi. Hasil iterasi terbaik didapatkan dari iterasi ke-3 dengan nilai koefisien refleksi pada *frequency center* 3,5 GHz, *return loss* sebesar -34,7 dB, *bandwidth* 307 MHz, *VSWR* 1,039, dan *gain* 7,15 dB. Dengan hasil iterasi ini sudah sama dengan parameter antena mikrostrip *rectangular* yang diusulkan. Gambar 8 menunjukkan bahwa hasil desain dengan penambahan *inset*, *slot*, dan *array 2x1* telah berhasil meningkatkan parameter koefisien refleksi, *return loss*, dan *bandwidth*.



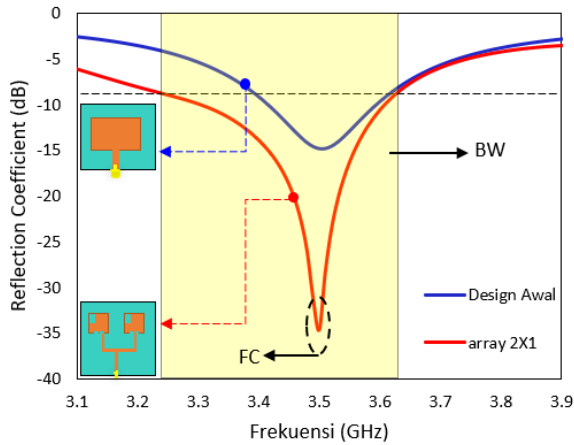
Gambar 8. Hasil simulasi iterasi pencatu  $Z_1$  dan  $Z_2$

Tabel 8. Hasil iterasi pencatu  $Z_1$  dan  $Z_2$

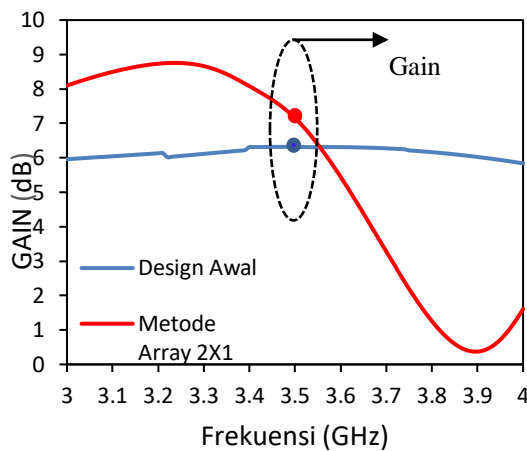
Parameter	Iterasi Ke		
	1	2	3
<i>Frequency</i> (GHz)	3,46	3,46	3,5
<i>Return loss</i> (dB)	-16,61	-14,82	-34,7
<i>Bandwidth</i> (MHz)	152	133	307
<i>VSWR</i>	142	1,347	1,039
<i>Gain</i> (dB)	6,823	6,745	7,15

Tabel 9. Hasil perbandingan desain awal dengan penambahan *inset*, *slot*, dan *array 2x1*

Parameter	Iterasi ke	
	Desain awal	<i>Array 2x1</i>
<i>Frequency</i> (GHz)	3,5	3,5
<i>Return loss</i> (dB)	-14,76	-34,7
<i>Bandwidth</i> (MHz)	177	307
<i>VSWR</i>	1,447	1,039
<i>Gain</i> (dB)	6,3155	7,15



Gambar 9. Hasil perbandingan desain awal dengan penambahan *inset*, *slot*, dan *array 2x1*



Gambar 10. *Gain*

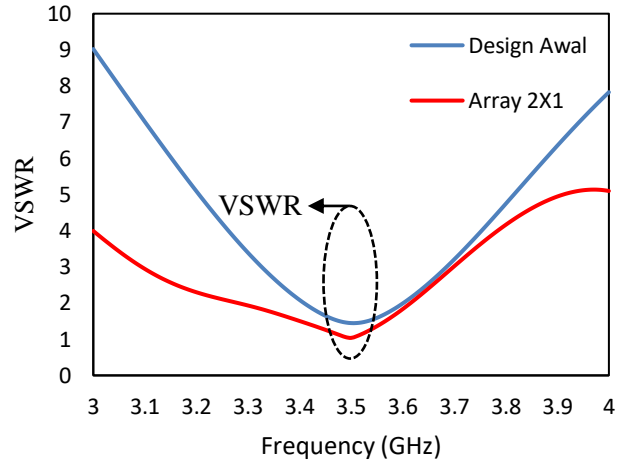
Tabel 10 menunjukkan hasil perbandingan desain awal dengan penambahan *inset*, *slot* dan *array 2x1*. Pada desain awal didapat nilai *return loss* sebesar -14,76 dB dengan *bandwidth* 177 MHz dan frekuensi resonansi 3,5 GHz. Namun, setelah dioptimasi dengan metode *inset*, *slot* dan *array 2x1* didapat nilai *return loss* sebesar -34,7 dB dengan *bandwidth* 307 MHz frekuensi resonansi 3,5 GHz. Hal ini membuktikan, penambahan *inset*, *slot* dan *array 2x1* berhasil memperbaiki nilai dari *return loss* dan *bandwidth* antena desain awal, hasil simulasi seperti pada Gambar 9.

Gambar 10 menunjukkan hasil simulasi parameter *gain* pada antena mikrostrip *rectangular patch* desain awal dan setelah menggunakan metode *inset*, *slot*, dan *array 2x1*. *Gain* elemen desain awal 6,315 dB dan setelah metode *inset*, *slot*, dan *array 2x1* nilai *gain* yang didapatkan sebesar 7,15 dB. Dari data dan grafik diatas maka dapat dihitung persentase perubahan nilai *gain* antena *rectangular patch single element* dengan antena sesudah ditambahkan metode *inset*, *slot* dan *array 2x1* seperti berikut ini:

$$\text{Kenaikan Nilai Gain} = \frac{\text{Nilai akhir}-\text{nilai awal}}{\text{nilai awal}} \times 100\%$$

$$\text{Kenaikan Nilai Gain} = \frac{7,15-6,315}{6,315} \times 100\%$$

$$\text{Kenaikan Nilai Gain} = 13,2 \%$$



Gambar 11. VSWR

Tabel 10. Perbandingan dengan penelitian sebelumnya

Ref	<i>Freq Resonance</i>	<i>Return loss</i>	BW	Gain	VSWR
[13]	3.5 GHz	-19,9 dB	4,08%	13,03 dB	1,18
[14]	3.5 GHz	-29,58 dB	-	6,432 dB	1,069
[15]	3.5 GHz	-23,84 dB	100 MHz	> 9 dB	< 1,5
[16]	3.5 GHz	-20,8 dB	123,3 MHz	10,4 dB	1,2
This Work	3.5 GHz	-34,7 dB	307 MHz	7,15 dB	1,039

Gambar 11 menunjukkan perbandingan simulasi VSWR antena desain awal dengan antena yang telah menggunakan metode *inset*, *slot* dan *array 2x1*. VSWR desain awal 1,447 dan pada saat menggunakan metode *inset*, *slot*, dan *array 2x1* mengalami perbaikan menjadi 1,039.

Dari keseluruhan pengujian yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa dengan penambahan *inset*, *slot* dan *array 2x1* dapat menghasilkan peningkatan nilai parameter *return loss* dan memperlebar nilai parameter *bandwidth*. Sebagai bukti dan data untuk menunjukkan kebaruan dari penelitian ini, dilakukan perbandingan hasil yang diperoleh dengan penelitian sebelumnya ditujukan pada Tabel 10. Tabel 10 menunjukkan bahwa koefisien refleksi, *return loss*, *bandwidth*, dan VSWR dari antena yang diusulkan dalam penelitian

ini memiliki nilai parameter yang lebih baik dibandingkan dengan penelitian sebelumnya.

#### IV. KESIMPULAN

Pada penelitian ini telah dilakukan perancangan dan simulasi antena mikrostrip yang bekerja pada frekuensi 3.5 GHz, dengan *return loss* dari antena desain awal adalah -14.76 dB telah diperbaiki menjadi -34.7 dB atau meningkat 135.1% dibandingkan dengan antena desain awal. Selain itu *bandwidth* desain awal adalah 177 MHz, meningkat menjadi 307 MHz atau meningkat 73.4%.

#### UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Lembaga Penelitian dan Pengabdian Masyarakat dan Fakultas Teknologi Industri Universitas Trisakti atas dukungan dalam menyelesaikan penelitian ini.

#### REFERENSI

- [1] G. F. Heraldly and L. O. Nur, "Peningkatan Gain Antena Mikrostrip Menggunakan Metamaterial Sebagai Reflektor Dalam Komunikasi 5G Di Frekuensi 3, 5 Ghz Enhancement Gain Microstrip Antenna Using Metamaterial As Reflector for 5G Communication on 3,5 Ghz Frequency," *eProceedings of Engineering*, vol. 8, no. 5, 2021.
- [2] Y. K. Gultom, S. Alam, and I. Surjati, "Microstrip Antenna Reflection Coefficient with X Slot Addition Method for 5G Connection," *Journal of Informatics and Telecommunication Engineering*, vol. 5, no. 2, pp. 532–544, 2022.
- [3] A. Elisabet, S. Alam, and I. Surjati, "Peningkatan Koefisien Refleksi Antena Mikrostrip 28 GHz dengan Slit," *Jurnal Ecotipe (Electronic, Control, Telecommunication, Information, and Power Engineering)*, vol. 9, no. 1, pp. 73–78, Apr. 2022.
- [4] Tim Peneliti Puslitbang SDPPI, *Studi Sharing IMT Dan FSS Pada Pita 3,4-4,2 GHz*. 2018. [Online]. Available: <http://balitbangsdm.kominfo.go.id>
- [5] W. Ibrahim, S. Alam, and I. Surjati, "Peningkatan Performansi Desain Antena Mikrostrip dengan Penambahan Slot M dan Inset untuk Komunikasi 5G," *JTERA (Jurnal Teknologi Rekayasa)*, vol. 7, no. 1, p. 157, Jun. 2022.
- [6] E. SANDI, W. DJATMIKO, and R. K. PUTRI, "Desain U-slot Ganda untuk Meningkatkan Bandwidth Antena MIMO 5G Millimeter-wave," *ELKOMIKA: Jurnal Teknik Energi Elektrik, Teknik Telekomunikasi, & Teknik Elektronika*, vol. 8, no. 1, p. 150, 2020.
- [7] J. Prasajo and D. Widiastuti, "Rectangular microstrip antenna with annular slot for WLAN," vol. 2018-Janua. 2018.
- [8] D. W. Astuti, A. Firdausi, and M. Alaydrus, "Multiband double layered microstrip antenna by proximity coupling for wireless applications," vol. 2017-Decem. 2017.
- [9] S. Alam, I. G. N. Y. Wibisana, and I. Surjati, "Rancang Bangun Antena Mikrostrip Peripheral Slits Linear Array Untuk Aplikasi Wi-Fi," *Jurnal Rekayasa Elektrika*, vol. 13, no. 1, p. 18, Apr. 2017.
- [10] L. Xiang, Y. Zhang, Y. Yu, and W. Hong, "Characterization and Design of Wideband Penta-And Hepta-Resonance SIW Elliptical Cavity-Backed Slot Antennas," *IEEE Access*, vol. 8, pp. 111987–111994, 2020.
- [11] M. Alaydrus, "Riset Antena – State of the Art," *Jurnal Telekomunikasi dan Komputer*, vol. 6, no. 1, p. 1, 2017.
- [12] R. Cristyn Sianturi, "Rancang Bangun Antena Mikrostrip Dengan Penambahan Slot Untuk Meningkatkan Bandwidth," *Universitas Negeri Jakarta*, pp. 7–23, 2018.
- [13] A. Y. Putranto, S. Alam, I. Surjati, Y. K. Ningsih, L. Sari, and P. A. Paristiawan, "Perancangan Antena Mikrostrip Circular Patch dengan Inset-Feed dan Array pada Frekuensi 3.5 GHz untuk Sistem Komunikasi 5G," *Techné: Jurnal Ilmiah Elektroteknika*, vol. 22, no. 1, pp. 129–142, 2023.
- [14] D. Setiyowati, S. Alam, and I. Surjati, "Miniaturization of Microstrip Antenna Using Spiral labyrinth Method at Frequency of Work 3.5 GHz," *Journal of Informatics and Telecommunication Engineering*, vol. 5, no. 2, pp. 520–531, 2022.
- [15] H. Madiawati and A. B. Simanjuntak, "Antena Mikrostrip Rectangular Array 4x2 Elemen dengan Metode Inset Feed pada Frekuensi 3,5 GHz untuk Aplikasi 5G," *JTERA (Jurnal Teknologi Rekayasa)*, vol. 6, no. 2, p. 175, Dec. 2021.
- [16] Sumpena, M.R., Madiawati, H. and Elisma, E., September. Desain Antena Susun Mikrostrip Rectangular Patch 4x2 Untuk Aplikasi 5G. In *Prosiding Industrial Research Workshop and National Seminar* (Vol. 11, No. 1, pp. 591-595). 2020.