

Desain dan Realisasi *Planar Inverted-F Antenna* (PIFA) Berbentuk *U-Slot* dan *L-Slot* pada Frekuensi 1800 MHz dan 2300 MHz

Dina Angela^{#1}, David Yamato^{#2}, Christian Panjaitan^{#3}

[#]Program Studi Teknik Elektro, Institut Teknologi Harapan Bangsa

Jl. Dipatiukur No. 80-84, Bandung, Indonesia

¹dinaangela2076@gmail.com

²dauidyamato1@gmail.com

³christianpanjaitan40@gmail.com

Abstract— *Planar Inverted F Antenna or PIFA is the type of antenna with small dimensions, light weight, and low manufacturing cost, so it is suitable to be applied in communication devices which has relatively small dimension. PIFA is composed of groundplane, radiating element, a wire that connected to the groundplane and radiating element, and a shorting pin that connects the groundplane with the top plate. PIFA can be designed to work on multiple frequencies (multiband frequencies) by adding slots on its patch. In this research, PIFA antennas with U-slot and L-slot form are designed which can work at 1800 MHz and 2300 MHz (GSM and LTE). The antenna characteristics will be compared so that can be used as a recommendation to select suitable PIFA antennas.*

Keywords— *Planar Inverted F Antenna, PIFA, U-slot, L-slot, antennas, planar, dualband antennas, multiband antennas, LTE, 4G.*

Abstrak— *Planar Inverted F Antenna atau PIFA adalah jenis antena dengan dimensi yang kecil, bobot yang ringan, dan biaya pembuatan yang relatif murah sehingga sangat cocok untuk diaplikasikan pada perangkat-perangkat komunikasi yang ukurannya relatif kecil. PIFA tersusun atas groundplane, elemen peradiasi, kawat catuan yang tersambung dengan groundplane dan elemen peradiasi, serta shorting pin yang menghubungkan groundplane dengan top plate. PIFA dapat dirancang agar dapat bekerja pada beberapa frekuensi (multiband frequency) dengan menambahkan slot pada bagian patch-nya. Dalam penelitian ini, dirancang dan direalisasikan antena PIFA dengan bentuk U-slot dan L-slot yang bekerja pada frekuensi 1800 MHz dan 2300 MHz (GSM dan LTE). Kedua prototipe antena yang dihasilkan akan dibandingkan karakteristiknya sehingga dapat digunakan sebagai rekomendasi pemilihan jenis antena PIFA untuk aplikasi terkait.*

Kata Kunci— *Planar Inverted F Antenna, PIFA, U-slot, L-slot, antena, planar, antena dualband, antena multiband, LTE, 4G.*

I. PENDAHULUAN

PIFA banyak digunakan pada perangkat-perangkat komunikasi karena bentuk dan ukurannya yang sesuai dengan dimensi perangkat tersebut, seperti *handphone* dan modem. PIFA memiliki beberapa kelebihan, seperti bobotnya yang relatif ringan dan dimensinya relatif kecil, pola radiasinya

omnidireksional, biaya produksinya rendah, serta strukturnya sederhana dan mudah dimodifikasi [4]. Namun, PIFA juga memiliki sejumlah kekurangan, seperti efisiensi yang rendah, *bandwidth* relatif sempit, dan bekerja di satu frekuensi [5]. Oleh karena itu, pengembangan PIFA dapat dilakukan dengan memodifikasi struktur atau bentuknya untuk mengompensasi kekurangannya atau untuk menghasilkan karakteristik yang diinginkan.

Secara umum, PIFA terdiri atas sebuah *groundplane*, *patch*, *probe* atau *shorting pin* yang menghubungkan antara *patch* dengan *groundplane*. PIFA dapat dikonfigurasi untuk dapat bekerja di beberapa frekuensi, seperti *dualband*, *triband*, dan *quadband* dengan menambahkan slot pada *patch*-nya. Penambahan slot pada PIFA dapat mempengaruhi karakteristik antena, seperti frekuensi resonan [2]. Ada beberapa bentuk *slot* yang biasa digunakan pada PIFA, diantaranya adalah *L-slot* dan *U-slot*.

Tahap pertama perancangan dan realisasi antena ini adalah merancang dimensi antena secara teoretis. Tahap kedua, dengan bantuan perangkat lunak untuk desain antena, dilakukan simulasi terhadap hasil rancangan tersebut dan optimalisasinya. Setelah hasil simulasi sesuai dengan yang diinginkan, tahap ketiga adalah realisasi rancangan menjadi prototipe antena. Tahap terakhir, kedua prototipe antena tersebut diukur langsung dengan alat-alat ukur antena, di antaranya *spectrum analyzer*. Sebagai bahan analisis, kedua antena tersebut, PIFA *U-slot* dan *L-slot*, dibandingkan hasil pengukurannya, baik dari simulasi maupun alat ukur.

Frekuensi 1800 MHz dan 2300 MHz adalah frekuensi yang digunakan oleh sistem komunikasi GSM dan LTE di Indonesia. Oleh karena itu, PIFA *U-slot* dan *L-slot* dalam penelitian ini dirancang agar dapat bekerja di kedua frekuensi (*dualband*) tersebut.

Luaran penelitian ini adalah dua buah prototipe antena PIFA *U-slot* dan *L-slot* yang bekerja pada frekuensi 1800 MHz dan 2300 MHz.

II. PLANAR INVERTED F ANTENNA (PIFA)

PIFA atau *Planar Inverted F Antenna* adalah salah satu jenis dari *Inverted F Antenna* (IFA) linier dengan kawat radiator yang diganti dengan sebuah lempengan datar untuk

meningkatkan *bandwidth*. Ada tiga bagian utama PIFA [1] yaitu: Elemen radiasi, *ground plane*, dan plat hubung-singkat (*shorting pin*). Biasanya lebar dari plat hubung-singkat lebih sempit daripada elemen radiasi dengan tujuan untuk mengurangi ukuran dari antenna yang disebut dengan *short-strip* PIFA. Jika lebar dua lempengan tersebut sama, maka disebut dengan *short-wall* antenna. Jika lebarnya sangat kecil dan plat hubung-singkat menjadi kawat, maka disebut *short-wire* PIFA.

Bagian-bagian PIFA dapat dilihat bagian-bagian PIFA pada Gambar 1.

W adalah lebar *patch*, L adalah panjang *patch*, W_g adalah lebar *groundplane*, L_g adalah panjang *groundplane*, h adalah tinggi *patch*, W_f adalah lebar *feed*, W_s adalah lebar *shorting pin*, L_b adalah jarak antara *shorting pin* dengan *feed*, dan L_s adalah jarak *shorting pin* dari ujung tepi *patch*.

Secara umum, frekuensi resonan PIFA dapat dicari dengan menggunakan persamaan [4]:

$$L_1 + L_2 = \lambda / 4 \tag{1}$$

Bila $W / L_1 = 1$ maka $L_1 + H = \lambda / 4$ (2)

Bila $W = 0$ maka $L_1 + L_2 + H = \lambda / 4$ (3)

Namun, persamaan di atas tidak terlalu tepat karena banyak faktor lain yang mempengaruhi frekuensi resonan.

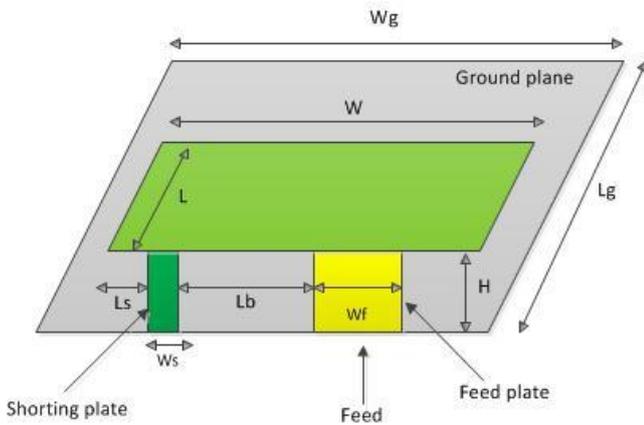
Berdasarkan [4], persamaan untuk mencari frekuensi resonan pada PIFA adalah sebagai berikut:

$$f_0 = \frac{c}{3W + 5,6L + 3,7h - 3W_f - 3,7W_s - 4,3L_b - 2,5L_s} \tag{4}$$

f_0 adalah frekuensi resonan antenna dalam Hertz dan c adalah kecepatan gelombang elektromagnetik di udara dalam meter per sekon (m/s).

Pada antenna PIFA jenis *dualband*, maka diperlukan dua frekuensi kerja, yaitu frekuensi pertama dan frekuensi kedua. Masing-masing frekuensi tersebut dapat dihitung dengan menggunakan rumus [5]:

$$f_1 = \frac{c}{4(L_1 + W_1)} \tag{5}$$



Gambar 1 Bentuk dan bagian-bagian PIFA [2]

$$f_2 = \frac{c}{4(L_2 + W_2)} \tag{6}$$

f_1 adalah frekuensi kerja pertama dan f_2 adalah frekuensi kerja kedua.

D. Dimensi PIFA

Untuk mencari dimensi antenna, panjang dan lebarnya, harus diketahui terlebih dahulu parameter bahan yang akan digunakan, yaitu tinggi dielektrik (h), konstanta dielektrik (ϵ_r), tebal konduktor (t) dan rugi-rugi bahan.

Patch antenna dapat dihitung menggunakan persamaan [3]:

$$W + L = \lambda / 4 \tag{7}$$

W adalah lebar *patch*, L adalah panjang *patch*, dan λ adalah panjang gelombang dalam meter.

Persamaan 4 dapat juga digunakan untuk mengetahui lebar dan panjang *patch* optimum dari saluran transmisi apabila frekuensi resonan, f_0 , sudah diketahui.

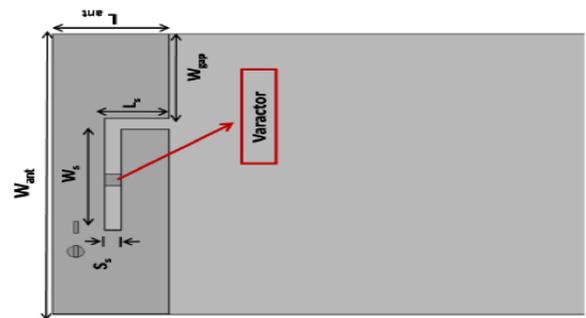
E. Metode *L-Slot* pada PIFA

Metode menambahkan *slot* pada antenna telah banyak digunakan pada aplikasi antenna PIFA. Penambahan ini bertujuan untuk menambah frekuensi kerja pada antenna yang dirancang agar dapat bekerja pada beberapa frekuensi [2].

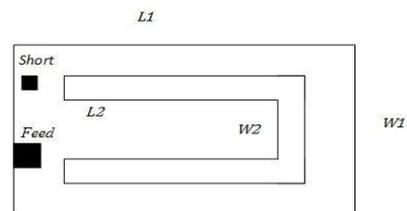
Panjang dan lebar *slot* pada PIFA dengan bentuk *L* menggunakan persamaan 5. Contoh bentuk *L-slot* pada PIFA ditunjukkan pada Gambar 2.

F. Metode *U-Slot* pada PIFA

Panjang dan lebar *slot* pada PIFA dengan bentuk *U* dihitung dengan cara yang sama dengan bentuk *L*, yaitu dengan menggunakan persamaan 5. Contoh bentuk *U-slot* pada PIFA ditunjukkan pada Gambar 3.



Gambar 2 Contoh bentuk *L-slot* pada PIFA [2]



Gambar 3 Contoh bentuk *U-slot* pada PIFA [1]

III. PERANCANGAN DAN ANALISIS

Proses diagram alir perancangan PIFA berbentuk *U-slot* dan *L-slot* ditunjukkan pada Gambar 4.

Antena yang dirancang dalam penelitian ini direncanakan memiliki karakteristik sebagai berikut:

- Frekuensi: 1800 MHz dan 2300 MHz
- VSWR di bawah 2
- *Gain* 0 sampai dengan 3 dBi
- Pola radiasi: *Omnidirectional*
- Polarisasi: Linear

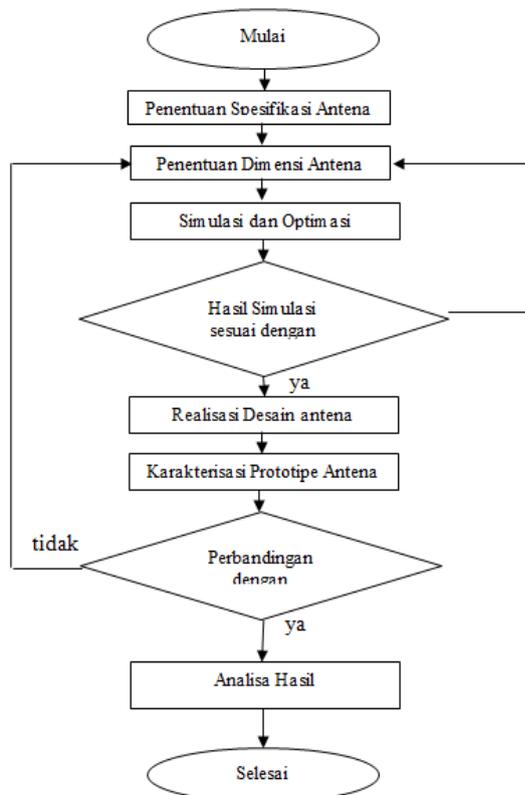
G. Menentukan Dimensi Antena

Langkah pertama dalam menentukan dimensi antena adalah dengan mendefinisikan parameter-parameter awal yang diketahui. Parameter-parameter tersebut adalah sebagai berikut:

- Frekuensi kerja antena (f_o) pada 1800 MHz dan 2300 MHz.
- Impedansi antena (Z_o) adalah 50Ω .
- Permittivitas dielektrik (ϵ_r) sebesar 4,4 (*U-slot*) dan 4,3 (*L-slot*)
- Tebal substrat (h) adalah 1,6 mm.

Langkah berikutnya adalah mendefinisikan parameter-parameter yang akan dihitung. Parameter-parameter tersebut adalah sebagai berikut:

- Lebar *patch* (W_p) dan panjang *patch* (L_p)
- Lebar *slot* (W_{st}) dan panjang *slot* (L_{st})
- W_f = lebar *feed*
- W_s = lebar *short*



Gambar 4 Diagram alir pembuatan antena

• Lebar *groundplane* (W_g) dan panjang *groundplane* (L_g)
Setelah diketahui parameter-parameter yang akan dicari, maka dimulai perhitungannya sebagai berikut:

1. Menghitung lebar *patch* (W_p) dan panjang *patch* (L_p) PIFA dengan persamaan 7 diperoleh hasil:
 $W_p + L_p = 41$ mm, sehingga $W_p = 25$ mm dan $L_p = 16$ mm.
2. Menghitung panjang *slot* (L_{st}) dan lebar *slot* (W_{st}) PIFA dengan persamaan 7 diperoleh hasil:
 $W_p + L_p = 32,6$ mm, sehingga $W_{st} = 20$ mm dan $L_{st} = 12,6$ mm.

Hasil perhitungan dimensi antena PIFA *U-slot* dan *L-slot* dirangkum dalam Tabel I.

H. Simulasi dan Optimalisasi

Simulasi dilakukan untuk mengetahui karakteristik antena sebelum dicetak atau direalisasikan. Apabila karakteristik antena belum sesuai dengan yang dikehendaki, maka dilakukan optimalisasi terhadap hasil perancangan tersebut. Umumnya, hasil optimalisasi tidak jauh berbeda dengan hasil pengukuran langsung dengan alat ukur antena.

Berdasarkan hasil simulasi, antena *U-slot* sudah memiliki VSWR di bawah nilai 2 pada frekuensi 1800 MHz, sedangkan pada frekuensi 2300 MHz masih di atas nilai 2. Lain halnya dengan antena *L-slot*, VSWR pada frekuensi 1800 MHz dan 2300 MHz masih di atas nilai 2, yaitu 2,39 dan 2,21 berturut-turut.

Proses optimalisasi pertama kali dilakukan dengan memodifikasi ukuran *groundplane* kemudian ukuran *slot* dan *patch*. Optimalisasi ini dilakukan secara berulang-ulang dengan ukuran yang diubah secara bertahap hingga diperoleh hasil yang dikehendaki.

1) Modifikasi *Groundplane* Antena

Modifikasi ini dilakukan terhadap panjang dan lebar *groundplane*.

Hasil modifikasi *groundplane* pada PIFA *U-slot* memperlihatkan perubahan yang signifikan jika panjang dan lebarnya dikurangi. Perubahannya terlihat pada nilai VSWR yang lebih rendah, yaitu 1,85 pada frekuensi 1800 MHz. Namun, pada frekuensi 2300 MHz VSWR masih belum bisa mencapai nilai di bawah 2.

Berbeda halnya dengan modifikasi *groundplane* pada PIFA *L-slot* yang memperlihatkan perubahan yang signifikan di kedua frekuensi. Nilai VSWR-nya 1,92 pada frekuensi 1800 MHz dan 1,91 pada frekuensi 2300 MHz.

TABEL I

DIMENSI ANTENA *U-SLOT* DAN *L-SLOT*

Parameter	Dimensi (mm)	
	<i>U-Slot</i>	<i>L-Slot</i>
<i>Patch</i> ($L_p \times W_p$)	26 x 15	25 x 16
<i>Slot</i> ($L_{st} \times W_{st}$)	20 x 12,6	20 x 12,6
<i>Short pin</i> ($L_s \times W_s$)	10 x 3	10 x 3
<i>Groundplane</i> ($L_g \times W_g$)	115 x 52	105 x 53

2) *Modifikasi Patch*

Modifikasi *patch* dilakukan dengan mengubah panjang dan lebar *patch*.

Hasil modifikasi *patch* pada PIFA *U-slot* memperlihatkan nilai VSWR 1,12 pada frekuensi 1800 MHz, jika panjang dan lebarnya dikurangi. Namun, pada frekuensi 2300 MHz VSWR masih belum bisa mencapai nilai di bawah 2.

Modifikasi *groundplane* pada PIFA *L-slot* memperlihatkan perubahan yang signifikan pada frekuensi 2300 MHz, nilai VSWR-nya 1,5, jika panjang dan lebarnya dikurangi. Namun, pada frekuensi 1800 MHz tidak menunjukkan perubahan yang berarti.

3) *Modifikasi Slot*

Modifikasi *slot* dilakukan dengan mengubah panjang dan lebar *slot*.

Hasil modifikasi *slot* pada PIFA *U-slot*, yaitu jika panjang dan lebarnya dikurangi, memperlihatkan VSWR yang masih tetap pada nilai 1,12 pada frekuensi 1800 MHz. Namun, pada frekuensi 2300 MHz VSWR masih juga belum bisa mencapai nilai di bawah 2.

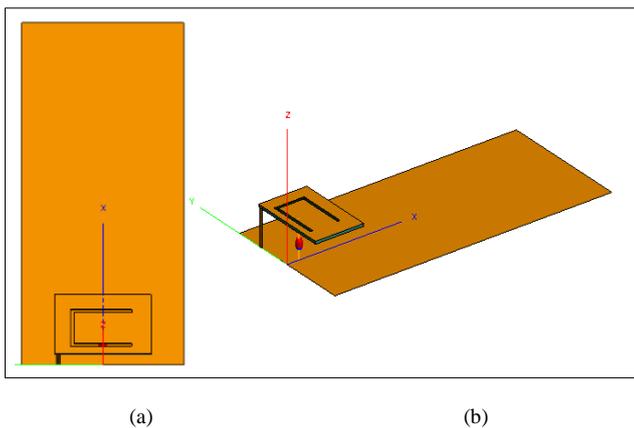
Masih sama dengan modifikasi-modifikasi sebelumnya, modifikasi *slot* pada PIFA *L-slot* memperlihatkan perubahan yang signifikan pada frekuensi 2300 MHz, nilai VSWR-nya 1,97. Namun, pada frekuensi 1800 MHz belum mencapai nilai di bawah 2.

Dimensi kedua antenna hasil dari proses modifikasi dirangkum dalam Tabel II. Bentuk antenna hasil akhir simulasi untuk *U-slot* ditunjukkan pada Gambar 5 dan *L-slot* ditunjukkan pada Gambar 6.

TABEL II

DIMENSI ANTENA SETELAH OPTIMALISASI

Parameter	Dimensi (mm)	
	U-Slot	L-Slot
Patch ($L_p \times W_p$)	25 x 16	25 x 16
Slot ($L_{st} \times W_{st}$)	15 x 10	20 x 12,8
Short pin ($L_s \times W_s$)	10 x 3	10 x 3
Groundplane ($L_g \times W_g$)	92 x 42	92 x 42



Gambar 5 Hasil akhir simulasi PIFA *U-slot* (a) Tampak atas, (b) Tampak samping

I. *Simulasi Pengukuran Parameter Antena*

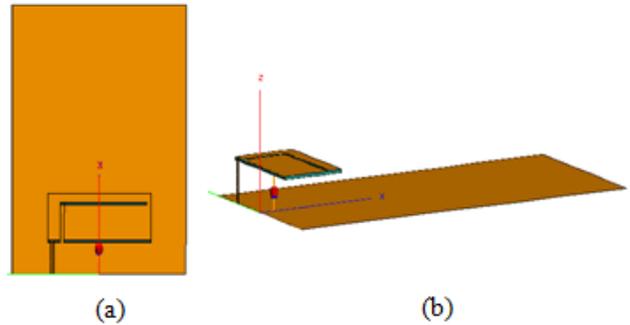
Setelah mencapai nilai VSWR yang memenuhi persyaratan, maka berikutnya mengukur parameter-parameter penting antenna, seperti: impedansi, *bandwidth*, gain, pola radiasi, dan polarisasi antenna melalui simulasi. Hasil simulasinya dirangkum dalam Tabel III.

IV. REALISASI ANTENA DAN PENGUKURAN

A. *Karakteristik Prototipe Antena*

Pengukuran dilakukan di laboratorium LIPI Bandung. Pengukuran dilakukan terhadap parameter-parameter, seperti: VSWR, impedansi, pola radiasi, *gain*, dan polarisasi. Pengukuran ini disesuaikan dengan kemampuan alat ukur pada frekuensi yang tersedia. Dalam pengukuran, alat ukur yang digunakan adalah *network analyzer*, *spectrum analyzer*, dan *sweep oscillator*.

Konfigurasi pengukuran masing-masing parameter diperlihatkan pada Gambar 7 dan Gambar 8.



Gambar 6 Hasil akhir simulasi PIFA *L-slot* (a) Tampak atas, (b) Tampak samping

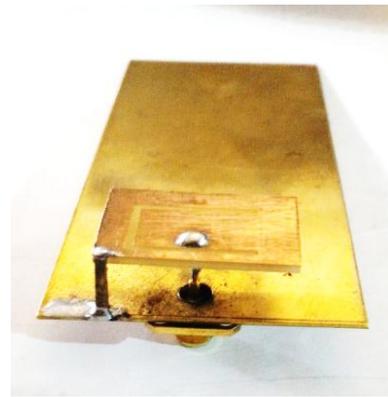
TABEL III

PENGUKURAN PARAMETER ANTENA HASIL SIMULASI

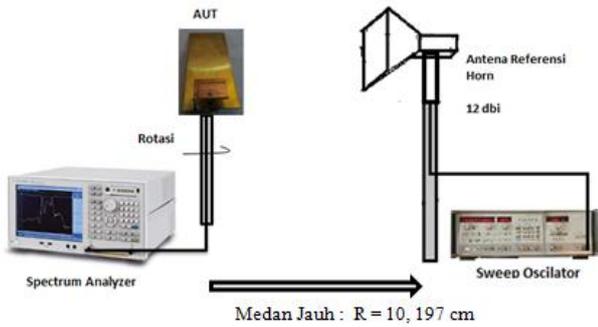
Parameter	U-Slot	L-Slot
VSWR	1,12 (1800 MHz)	1,53 (1800 MHz) 1,23 (2300 MHz)
Impedansi	51,6 Ω (1800 MHz)	32,67 Ω (1800 MHz) 50,93 Ω (2300 MHz)
<i>Bandwidth</i>	Pada 1800 MHz: $\frac{f_2 - f_1}{f_c} \times 100\% \quad (8)$ $= \frac{1,898 - 1,8}{1,894} \times 100\%$ $= 5,3\%$	Pada 1800 MHz: $= \frac{1,876 - 1,8}{1,838} \times 100\%$ $= 4,13\%$ Pada 2300 MHz: $= \frac{2,39 - 2,3}{2,345} \times 100\%$ $= 3,8\%$
<i>Gain</i>	2,25 dB (1800 MHz)	2,25 dB (1800 MHz dan 2300 MHz)
Pola radiasi	Omnidireksional	Omnidireksional
Polarisasi	Sirkular	Linear



Gambar 7 Konfigurasi pengukuran VSWR, *bandwidth* dan impedansi



Gambar 9 Prototipe PIFA *U-slot*



Gambar 8. Konfigurasi pengukuran pola radiasi, polarisasi dan *gain*



Gambar 10 Prototipe PIFA *L-slot*

B. Realisasi Antena

Alat dan bahan yang digunakan dalam membuat prototipe antena:

- Tembaga dengan ketebalan 0,035 mm yang digunakan sebagai bahan untuk *patch*, saluran transmisi, dan *groundplane*.
- FR-4 dengan ketebalan 1,6 mm dan $\epsilon_r = 4,1$ (untuk *U-slot*) dan $\epsilon_r = 4,3$ (untuk *L-slot*).
- Konektor SMA jenis *female*.

Setelah dilakukan pembuatan prototipe antena melalui *fototching*, hasilnya dapat dilihat pada Gambar 9 dan Gambar 10.

C. Pengukuran Antena

Pada pengukuran, antena ditempatkan pada jarak medan jauh karena pada daerah tersebut gelombang elektromagnetik bersifat transversal penuh dan antena tidak terpengaruh oleh benda sekelilingnya. Dengan menggunakan persamaan berikut, letak medan jauh dapat diketahui:

$$R \geq \frac{2D^2}{\lambda} \quad (9)$$

D adalah panjang dimensi terbesar antena (dalam meter), yaitu 92 mm atau 9,2 cm, baik untuk *U-slot* maupun untuk *L-slot*. λ adalah panjang gelombang (dalam meter) yang dihitung dengan menggunakan rumus:

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

$$\text{maka } \lambda = \frac{3 \times 10^8}{1800 \times 10^6} = 16,7 \text{ cm}$$

$$\text{Jadi jarak medan jauh: } R \geq \frac{2 \times 9,2^2}{16,7} = 10,137 \text{ cm}.$$

1) Pengukuran VSWR, Bandwidth, dan Impedansi

Hasil pengukuran VSWR, *bandwidth*, dan impedansi yang telah dilakukan ditunjukkan pada Gambar 11 sampai dengan Gambar 14.

Pada frekuensi 1800 MHz, *U-slot* menunjukkan VSWR 1,11 dan *L-slot* menunjukkan 1,44. Pada frekuensi 2300 MHz, VSWR *L-slot* menunjukkan 1,12. Hal ini membuktikan bahwa VSWR yang dihasilkan sesuai dengan spesifikasi antena yang ditargetkan.

Perhitungan *bandwidth* hasil pengukuran menggunakan persamaan 8 adalah sebagai berikut:

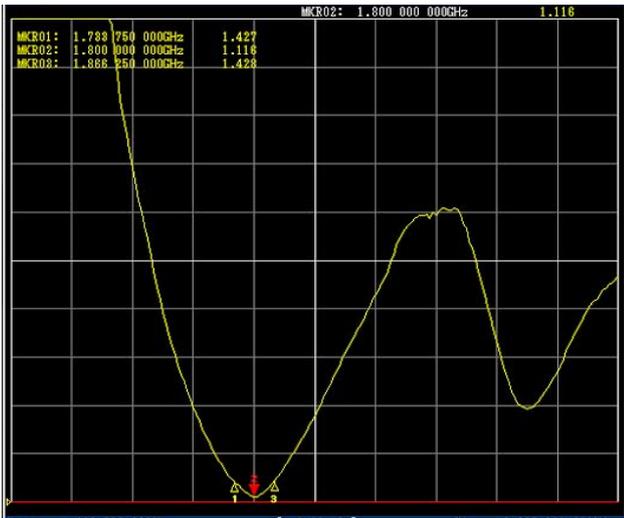
- *Bandwidth U-slot* pada frekuensi 1800 MHz:

$$\frac{1866,250 - 1,8}{1733,750} \times 100\% = 3,82\%$$
- *Bandwidth L-slot* pada frekuensi 1800 MHz:

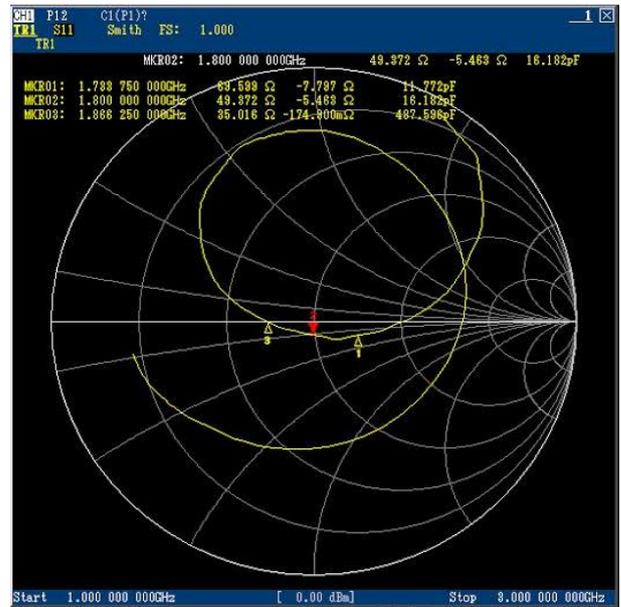
$$\frac{1922,500 - 1800}{1626,250} \times 100\% = 7,53\%$$
- *Bandwidth L-slot* pada frekuensi 2300 MHz:

$$\frac{2337,5 - 2300}{2230} \times 100\% = 1,68\%$$

PIFA *U-slot* dan *L-slot* yang dihasilkan dalam penelitian ini bersifat *narrowband* karena *bandwidth*-nya di bawah 10%.



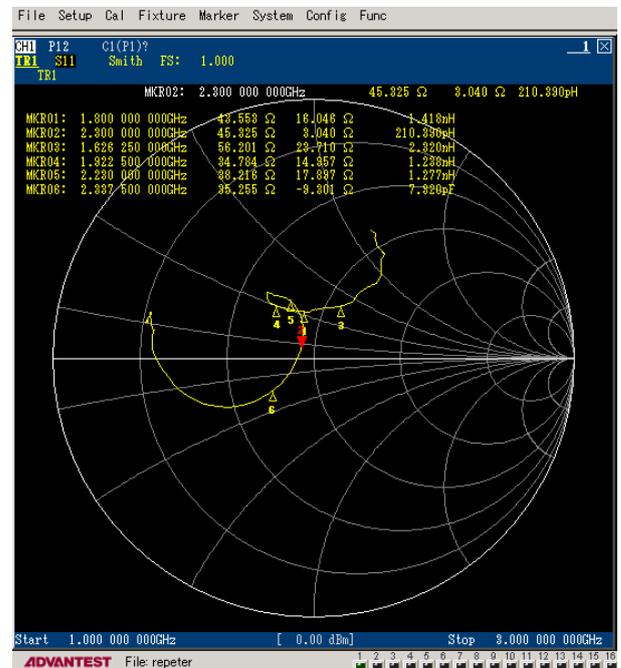
Gambar 11 Hasil pengukuran VSWR antenna *U-slot*



Gambar 13 Hasil pengukuran impedansi antenna *U-slot*



Gambar 12 Hasil pengukuran VSWR antenna *L-slot*



Gambar 14 Hasil pengukuran impedansi antenna *L-slot*

Pengukuran impedansi *U-slot* pada frekuensi 1800 MHz menghasilkan nilai 49,37 Ω dan *L-slot* menghasilkan 45,55 Ω . Pada frekuensi 2300 MHz, *L-slot* menghasilkan impedansi sebesar 45,33 Ω . Seluruh hasil pengukuran impedansi ini sedikit berbeda dari yang ditargetkan, yaitu 50 Ω , tapi masih dapat diterima.

2) Pengukuran Gain

Metode yang digunakan yaitu dengan menggunakan metode banding atau relatif. Antena referensi yang digunakan adalah antenna corong dengan gain 12 dBi.

Perhitungan gain hasil pengukuran untuk masing-masing antenna adalah sebagai berikut:

- *Gain U-slot* pada frekuensi 1800 MHz:

$$G = P_{Rxl} - P_{Tx2} + P_{ref} \quad (11)$$

$$= -27,89 - (-19,25) + 12 = 3,36 \text{ dBi}$$
- *Gain L-slot* pada frekuensi 1800 MHz:

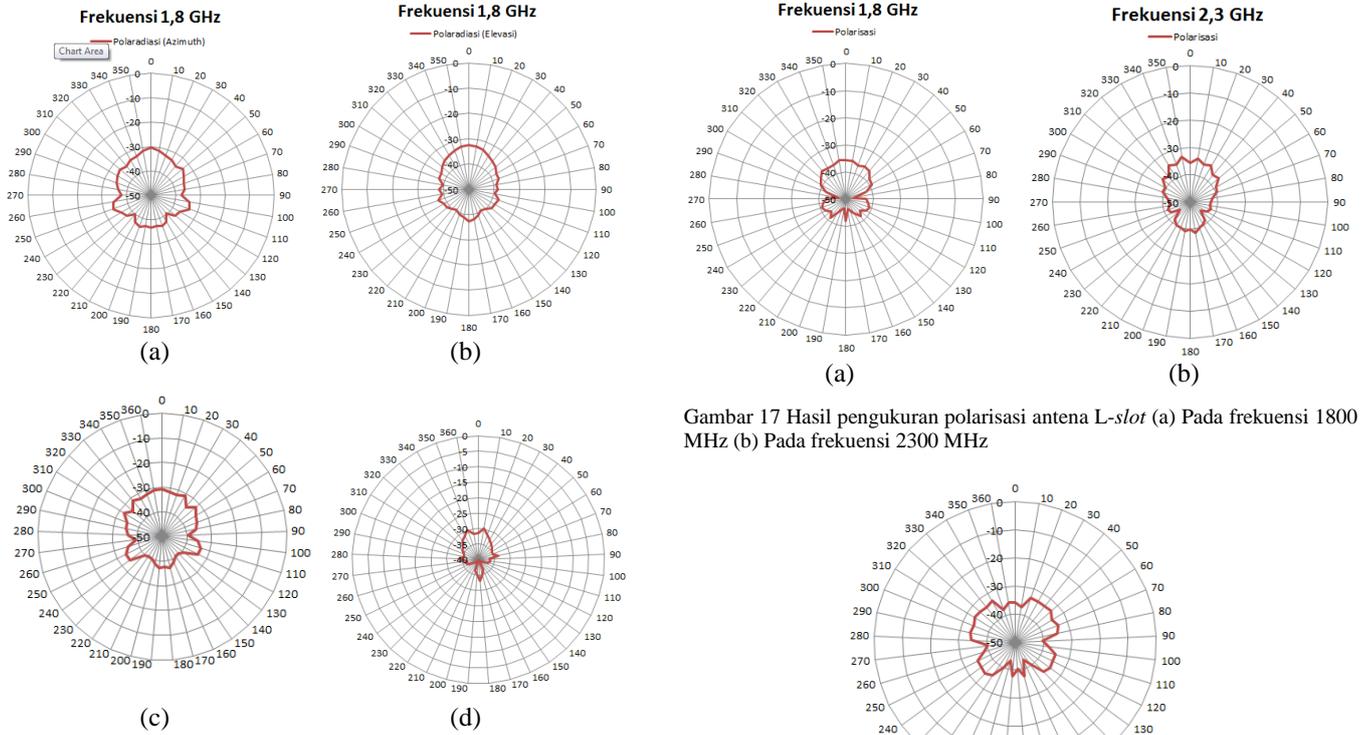
$$= -30,73 - (21,49) + 12 = 2,76 \text{ dBi}$$

- *Gain L-slot* pada frekuensi 2300 MHz:

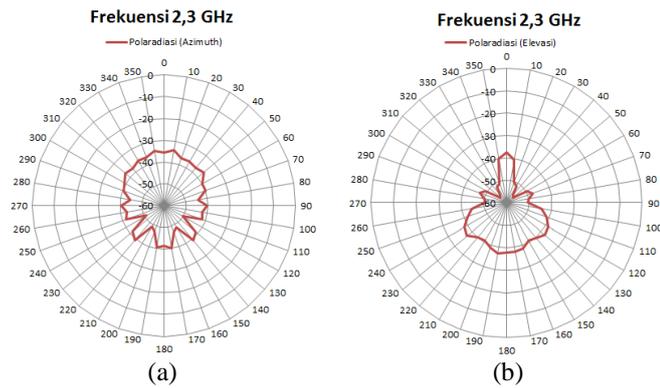
$$= -35,24 - (-25,40) + 12 = 2,16 \text{ dBi}$$

3) Pengukuran Pola Radiasi

Pengukuran pola radiasi yang dilakukan terhadap PIFA *U-slot* dan *L-slot* dalam penelitian ini memberikan hasil yang sama, yaitu pola omnidireksional. Hal ini membuktikan pola radiasinya sudah sesuai dengan yang diinginkan. Gambar 15 dan 16 menunjukkan hasil pengukuran pola radiasi untuk kedua antenna tersebut.



Gambar 15 Hasil pengukuran pola radiasi pada frekuensi 1800 MHz (a) *L-slot* di arah azimuth (b) *L-slot* di arah elevasi (c) *U-slot* di arah azimuth (d) *U-slot* di arah elevasi



Gambar 16 Hasil pengukuran pola radiasi pada frekuensi 2300 MHz (a) *L-slot* di arah azimuth (b) *L-slot* di arah elevasi

4) Pengukuran Polarisasi

Pengukuran polarisasi yang dilakukan terhadap PIFA *U-slot* dan *L-slot* dalam penelitian ini memberikan hasil yang sama, yaitu polarisasi sirkular. Hal ini membuktikan polarisasinya sudah sesuai dengan yang diinginkan. Gambar 17 dan Gambar 18 menunjukkan hasil pengukuran polarisasi untuk kedua antenna tersebut.

Perbandingan antara hasil simulasi dengan hasil pengukuran langsung dengan alat ukur dirangkum dalam Tabel IV.

Gambar 17 Hasil pengukuran polarisasi antenna *L-slot* (a) Pada frekuensi 1800 MHz (b) Pada frekuensi 2300 MHz

Gambar 18 Hasil pengukuran polarisasi antenna *U-slot* pada frekuensi 1800 MHz

TABEL IV
PERBANDINGAN HASIL SIMULASI DENGAN HASIL PENGUKURAN

Parameter	Spesifikasi Awal	Hasil Simulasi		Hasil Pengukuran	
		<i>U-Slot</i>	<i>L-Slot</i>	<i>U-Slot</i>	<i>L-Slot</i>
VSWR	≤ 2	1,12	1,53 (1,8 GHz)	1,11 (1,8 GHz)	1,44 (1,8 GHz) 1,12 (2,3 GHz)
Impedansi	50 Ω	51,6 Ω	32,95 dBi (1,8 GHz) 50,16 dBi (2,3 GHz)	49,37 Ω (1,8 GHz)	45,55 dBi (1,8 GHz) 45,33 dBi (2,3 GHz)
Gain	3 – 5 dBi	2,13 dBi	2,01 dBi (1,8 GHz) 2,21 dBi (2,3 GHz)	3,36 dBi (1,8 GHz)	2,76 dBi (1,8 GHz) 2,16 dBi (2,3 GHz)
Polarisasi	Sirkular	Sirkular	Sirkular	Sirkular	Sirkular
Pola Radiasi	Omnidireksional	Omnidireksional	Omnidireksional	Omnidireksional	Omnidireksional

Kondisi pengukuran kedua antena yang dirancang dalam penelitian ini adalah tidak sempurna atau belum ideal. Kondisi tidak ideal tersebut antara lain adalah pengukuran dilakukan di tempat yang terbuka, sehingga tidak benar-benar bersih dari penghalang dan jarak medan jauh pada saat pengukuran yang dilakukan tidak optimal. Faktor lainnya adalah penyambungan konektor dengan timah (disolder) juga berpengaruh terhadap hasil pengukuran. Idealnya, pengukuran dilakukan di tempat vakum yang bebas dari pantulan sehingga hasil pengukuran akan lebih akurat.

V. KESIMPULAN DAN SARAN

Pada penelitian ini, disimpulkan bahwa perubahan ukuran *slot* pada *patch* antena sangat mempengaruhi nilai VSWR.

PIFA *U-slot* yang dihasilkan di dalam penelitian ini hanya dapat bekerja pada frekuensi 1800 MHz, sehingga pengukuran-pengukurannya hanya dilakukan pada frekuensi tersebut saja. PIFA *L-slot* dapat bekerja di kedua frekuensi, 1800 MHz dan 2300 MHz.

Kedua prototipe antena tersebut memiliki dimensi antena yang sama dan relatif kecil, yaitu 92 mm x 42 mm. Oleh karena itu, PIFA dengan bentuk *slot* L lebih direkomendasikan untuk digunakan.

DAFTAR REFERENSI

[1] E. Rikardo, Bambang Setia Nugroho, Yuyu Wahyu. "Perancangan dan Realisasi *Multiband U-slot Planar Inverted-F Antenna* (PIFA)," Fakultas Elektro dan Komunikasi IT Telkom, Bandung, 2014.

- [2] I.T.E Elfergani, Abubakar Sadiq Hussaini, R. A. Abd-Alhameed, C. H. See, M. M. Abusitta, H. I. Hraga, A. G. Alhaddad, and Jonathan Rodriguez. "Frequency Tuned Planar Inverted F Antenna With L Shaped Slit Design for Wide Frequency Range". *Progress In Electromagnetics Research Symposium Proceedings*, Marrakesh, Morocco, Mar.20-23,2011[443], Mobile and Satellite Communications Research Centre, University of Bradford, Bradford, West Yorkshire, BD7 1DP, UK. Instituto de Telecomunicacoes, Aveiro, Portugal.
- [3] N. Kumar, Garima Saini, "A Novel Low Profile Planar Inverted-F Antenna (PIFA) for Mobile Handsets", *International Journal of Scientific and Research Publication*, Volume 3, Issue 3, March 2013. ISSN 2250-3153, E.C.E Department, National Institute of Technical Teacher's Training & Research (NITTTR), Chandigarh.
- [4] Repository Universitas Sumatera Utara, "Antena Mikrostrip". Internet : <http://repository.usu.ac.id/bitstream.../pdf>,
- [5] S. Ridwan, Heroe Wijanto, Yuyu Wahyu, "Implementasi dan Analisis Antena PIFA MIMO 4 X 4 Untuk Aplikasi *Handset* TDD- LTE pada Frekuensi 2,3 GHz – 2.6 GHz", Fakultas Teknik Elektro dan Komunikasi IT Telkom, Bandung.

Dina Angela, kelahiran Bandung 1974, menyelesaikan S1 Jurusan Teknik Elektro bidang Telekomunikasi di Universitas Kristen Maranatha pada 1999 dan S2 Jurusan Teknik Elektro bidang Telekomunikasi di Institut Teknologi Bandung pada 2003. Bidang penelitian: antena dan propagasi dan sistem komunikasi.

David Yamato, lahir di Duri-Riau tahun 1989, menyelesaikan studi S1 Jurusan Teknik Elektro (*Mobile Technology*) di Institut Teknologi Harapan Bangsa pada tahun 2016. Minat penelitian pada perancangan antena *mobilephone*.

Christian Panjaitan, lahir di Batu Enam, Sumatera Utara tahun 1991, menyelesaikan studi S1 di jurusan Teknik Elektro (*Mobile Technology*) di Institut Teknologi Harapan Bangsa pada Agustus 2016. Minat penelitian pada perancangan antena *mobilephone*.