

**PERANCANGAN DAN REALISASI MULTIBAND FRACTAL
PLANAR INVERTED F ANTENNA (F-PIFA) MIMO 2 X 2 UNTUK
HANDSET APLIKASI GSM, UMTS, LTE DAN WIFI
UNIVERSITAS TELKOM
DESIGN AND REALIZATION MULTIBAND FRACTAL
PLANAR INVERTED F ANTENNA (F- PIFA) MIMO 2 X 2 FOR
HANDSET GSM, UMTS, LTE AND WIFI APPLICATIONS
TELKOM UNIVERSITY**

Rendy Anugerah¹, Levy Olivia Nur², Yuyu Wahyu³

^{1,2}Prodi S1 Teknik Telekomunikasi, Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom

¹rendy.anugerah@students.telkomuniversity.ac.id ²levyolivianur@telkomuniversity.ac.id, ³yuyuwahyusr@yahoo.com

Abstrak

Teknologi seluler yang sedang digunakan dan berkembang di Indonesia adalah Wi-Fi (*Wireless Fidelity*), 3G/UMTS (*Universal Mobile Telecommunications System*), 3.5G/HSPA (*High-Speed Packet Access*), dan 4G/LTE (*Long Term Evolution*). Pada Tugas Akhir ini telah direalisasikan antenna *Fractal* PIFA dengan susunan MIMO 2x2 yang dikombinasikan dengan slot pada *ground plane* berbentuk strip dengan bahan tembaga dan teknik pencatutan probe koaksial sehingga antenna bekerja pada masing-masing frekuensi GSM, UMTS, LTE, dan Wi-Fi. Pada frekuensi 1795 MHz yang dihasilkan nilai VSWR 1,5094 dan nilai gain 4,05dB. Pada frekuensi 1965 MHz yang dihasilkan nilai VSWR 1,6638 dan nilai gain 4,01dB. Pada frekuensi 2185 MHz yang dihasilkan nilai VSWR 1,3825 dan nilai gain 4,17dB. Pada frekuensi 2445 MHz yang dihasilkan nilai VSWR 1,7343 dan nilai gain 4,24dB. Pada frekuensi 5775 MHz yang dihasilkan nilai VSWR 1,4756 dan nilai gain 5,25dB. pola radiasi omnidireksional, polarisasi linier, *coefficient correlation* terendah < 0.00018342 dan tertinggi < 0.14693, dan *diversity gain* tertinggi pada nilai 9.9991dB dan terendah pada nilai 9.3885dB.

Kata kunci: Fraktal, MIMO, PIFA.

Abstract

Mobile technology be used and evolve in Indonesian are Wi-Fi (*Wireless Fidelity*), 3G/UMTS (*Universal Mobile Telecommunications System*), 3.5G/HSPA (*High-Speed Packet Access*) and 4G/LTE (*Long Term Evolution*). In this final project has been realized *Fractal* PIFA with MIMO 2x2 arrangement combined with a slot in the ground plane with a strip-shaped copper materials and techniques rationing coaxial probe so that the antenna works on each frequency GSM, UMTS, LTE, and Wi-Fi. At 1795 MHz frequency generated value of VSWR 1.5094 and value of gain 4.05 dB. At 1965 MHz frequency generated value of VSWR 1.6638 and 4.01 dB value of gain. At 2185 MHz frequency generated value of VSWR 1.3825 and 4.17 dB value of gain. At 2445 MHz frequency generated value of VSWR 1.7343 and 4.24 dB value of gain. At 5775 MHz frequency generated value of VSWR 1.4756 and 5.25 dB value of gain. Radiation pattern is omnidirectional, polarization is linear, the lowest correlation coefficient <0.00018342 and the highest <0.14693, and the highest value of diversity gain at 9.9991 dB and the lowest value at 9.3885 dB.

Keywords: Fractal, MIMO, PIFA.

1. Pendahuluan

Sistem antenna MIMO pada komunikasi *wireless* berkecepatan tinggi sangat dibutuhkan untuk mengatasi *multipath fading*. Pada komunikasi *mobile*, *multipath fading* tidak dapat dihindari karena orientasi user tidak menentu dan banyak terdapat *obstacle* (penghalang) pada lintasan kanal propagasi.

Penulis akan merancang dan merealisasikan antenna *Fractal* PIFA dengan susunan MIMO 2x2 yang dikombinasikan dengan *slot* pada *ground plane* berbentuk *strip* sehingga antenna bekerja pada masing-masing frekuensi GSM, UMTS, LTE, dan Wi-Fi.

2. Dasar Teori

2.1 Antena

Antena merupakan suatu perangkat sistem komunikasi *wireless* yang dapat digunakan pada sisi transmitter maupun receiver. Secara umum antena dapat didefinisikan sebagai suatu struktur transisi antara gelombang terbimbing dengan gelombang di ruang bebas dan begitu sebaliknya. Dari definisi ini, gelombang elektrik yang berada pada saluran transmisi akan diubah oleh antena menjadi gelombang elektromagnetik yang disebut juga gelombang bebas [4].

Banyak terdapat macam-macam antena, seperti antena *wire*, antena *aperture*, antena *microstrip*, antena *array*, antena reflektor dan antena len. Oleh karena itu antena merupakan suatu alat yang sangat penting dan harus terus dikembangkan mengikuti perkembangan zaman. Berikut gambar macam-macam antena.

2.2 PIFA

Saat ini semakin banyak pengembangan yang dilakukan untuk mendapatkan suatu antena memiliki parameter yang baik, ukuran yang *compact*, dan murah untuk dilakukan pabrikan. PIFA merupakan salah satu jenis antena yang dikembangkan untuk memenuhi karakteristik tersebut. PIFA merupakan pengembangan dari antena yang telah ada, yaitu ILA (*Inverted-L Antenna*) dan IFA (*Inverted-F Antenna*) [2].

2.3 Fraktal

F-PIFA merupakan PIFA yang menggunakan *patch* yang terdiri dari pecahan geometri dari berbagai skala yang mirip dengan bentuk aslinya dengan desain yang dibuat berulang-ulang menjadi sub-bagian dalam suatu pola.

2.3.1 Sierpinski Carpet

Bentuk dari fraktal memiliki bentuk yang sama dari dirinya secara keseluruhan tetapi memiliki ukuran yang berbeda. Konstruksi dari bentuk fraktal didapat dari pengulangan suatu pola dalam proses iterasi.

2.4 MIMO

MIMO merupakan suatu sistem yang menggunakan antena lebih dari satu baik pada sisi pengirim maupun pada sisi penerima. Sistem ini menggunakan sejumlah M antena pemancar dan sejumlah N antena penerima. Sehingga sering ditulis dengan sistem penulisan MIMO $M \times N$. Dengan penggunaan antena lebih dari satu, MIMO menawarkan cara untuk memperbesar kapasitas sistem.

2.4.1 Keunggulan Antena MIMO

Antena mimo memiliki keunggulan dari pada antena tunggal, diantara keunggulan tersebut antara lain:

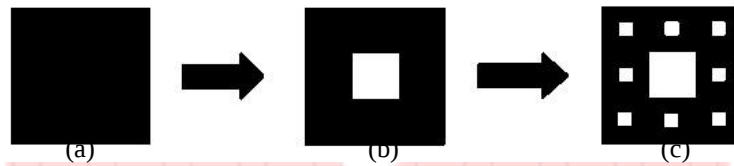
1. Dapat meningkatkan kapasitas baik kapasitas link maupun kapasitas system
2. Dapat meningkatkan *reliability* sinyal dengan memperkecil *mutual coupling* yang terjadi pada sinyal fading
3. Meningkatkan kehandalan transmisi
4. Memperkecil terjadinya interferensi sinyal

Semakin banyak susunan antena MIMO yang digunakan semakin besar pula data rate yang didapatkan [4].

2.5 Dimensi Antena

2.5.1 Fraktalisasi Antena

Sierpinski Carpet juga dapat dilakukan dengan mencari panjang sisi persegi terbesar terlebih dahulu kemudian menguranginya dengan iterasi selanjutnya [1]. Dalam tugas akhir ini, penentuan dimensi *patch* dilakukan dengan merancang dimensi persegi terbesar sebagai iterasi ke-0. Pola fraktalisasi *sierpinski's carpet* dapat ditunjukkan oleh Gambar 1



Gambar 1 (a) Fractal iterai ke-0 (b) Fractal Iterasi ke-1 (c) Fractal Iterasi ke-2

Dari Gambar 1 untuk memperoleh nilai iterasi ke-0 didapat dengan menggunakan Persamaan 2.1 [1].

$$2x = \frac{c}{4f} \quad (2.1)$$

Keterangan:

x = sisi persegi

c = Kecepatan cahaya di udara

f = Frekuensi

Sedangkan pada iterasi 1, nilai sisi x_1 didapat dengan menggunakan Persamaan 2.2 [3].

$$L_p \left(\frac{1}{3} \right) = \left(\frac{1}{3} \right)^n \quad (2.2)$$

Keterangan :

$L_p(n)$ = sisi persegi iterasi ke n

n = jumlah iterasi

Untuk mencari jumlah slot persegi pada iterasi ke-n (N_n) bisa didapat menggunakan Persamaan 2.3 [3].

$$N_n = 8^n \quad (2.3)$$

2.5.2 Groundplane

Setelah menentukan dimensi *patch*, langkah selanjutnya adalah menentukan ukuran dimensi minimum dari *ground plane* dengan Persamaan 2.4 dan Persamaan 2.5 [3].

$$P_{g_{min}} = 6h + w \quad (2.4)$$

$$L_{g_{min}} = 6h + L \quad (2.5)$$

Dimana L didapat dari rumus 2.6

$$L = \frac{c}{2f} - 2\Delta l \quad (2.6)$$

Keterangan :

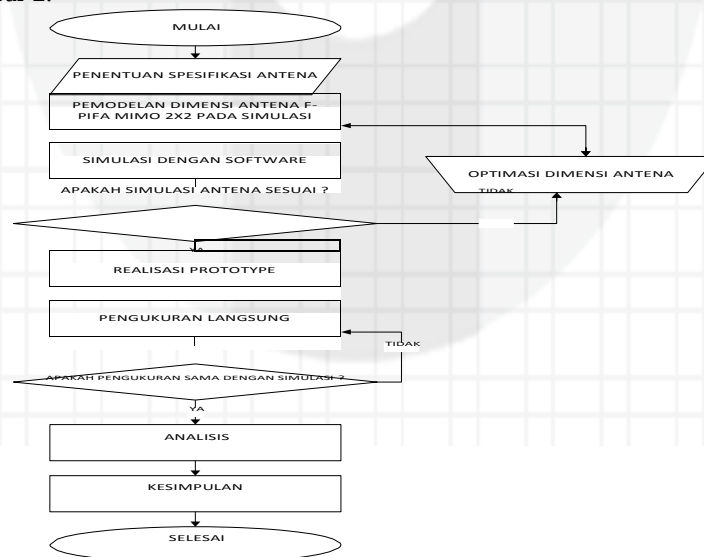
$P_{g_{min}}$ = Panjang *ground plane*

$L_{g_{min}}$ = Lebar *ground plane*

3. Peancangan dan Simulasi

3.1 Perancangan Diagram Alir Antena

Pada tugas akhir ini dirancang antena fraktal PIFA MIMO 2x2 *sierpinski's carpet* yang dapat diaplikasikan pada GSM, UMTS, LTE, dan Wi-Fi pada *handset*. Adapun proses pembuatan antena ini dapat digambarkan secara keseluruhan pada Gambar 2.



Gambar 2 Diagram Alir Perancangan Antena

Alir perancangan antena pada tugas akhir ini dimulai dari tahap pertama penentuan spesifikasi antena, lalu pemodelan dan simulasi F-PIFA MIMO 2x2 pada CST Studio. Setelah Simulasi memenuhi spesifikasi, tahap berikutnya

merealisasikan antenna dan mengukurnya. Tahap terakhir analisis hasil dari simulasi dan hasil dari pengukuran kemudian ambil kesimpulan.

3.2 Spesifikasi Antena

Tahap awal dalam perancangan dan pembuatan antenna adalah penentuan spesifikasi antenna. Spesifikasi antenna yang dirancang pada tugas akhir ini adalah sebagai berikut :

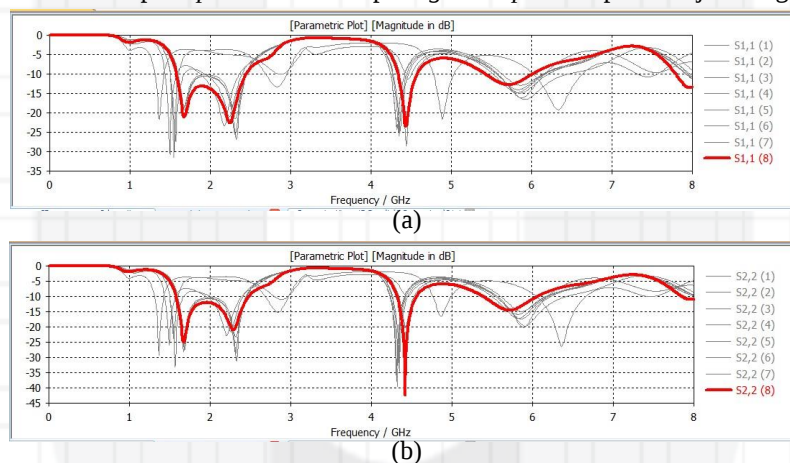
1. Frekuensi kerja : 1710 MHz – 1880 MHz, 1910 MHz – 2010 MHz, 2170 MHz – 2200 MHz, 2400 MHz – 2485 MHz, dan 5725 MHz – 5825 MHz
2. *Bandwidth* : 100 MHz
3. *Gain* : ≥ 3 dB
4. *VSWR* : ≤ 2
5. Pola Radiasi : Omnidireksional
6. Polarisasi : Linier
7. Diversity Gain : ≥ 9 dB
8. Koefisien Korelasi : ≈ 0

3.3 Optimalisasi Frekuensi Kerja

Setelah ditambahkan iterasi pertama dan iterasi kedua serta dilakukan optimasi pada masing-masing *slot*, frekuensi yang dihasilkan belum sesuai dengan spesifikasi. Oleh karena itu, dilakukan penambahan *slot* pada *ground plane* dengan tujuan memperbesar *bandwidth* pada frekuensi dasar F-PIFA MIMO 2x2. Hal ini dilakukan agar didapatkan frekuensi resonan yang diharapkan.

3.3.1 Penambahan 4 Slot Pada Ground Plane

Setelah dilakukan penambahan satu *slot* pada *ground plane* serta dilakukan optimasi masih belum didapatkan hasil yang diinginkan, maka dilakukan penambahan *slot* kedua pada *ground plane*. Optimasi F-PIFA MIMO 2x2 dengan 2 *slot* fraktal pada *patch* dan 4 *slot* pada *ground plane* dapat ditunjukkan gambar 3.



Gambar 3 Grafik nilai *return loss* terhadap frekuensi akibat 4 slot pada *ground plane* (a) antenna 1 (b) antenna 2

Hasil simulasi yang ditunjukkan Gambar 3 didapatkan empat frekuensi resonan. Lebar frekuensi resonan yang dihasilkan sudah dapat memenuhi spesifikasi yang diinginkan.

3.4 Antena Hasil Perancangan

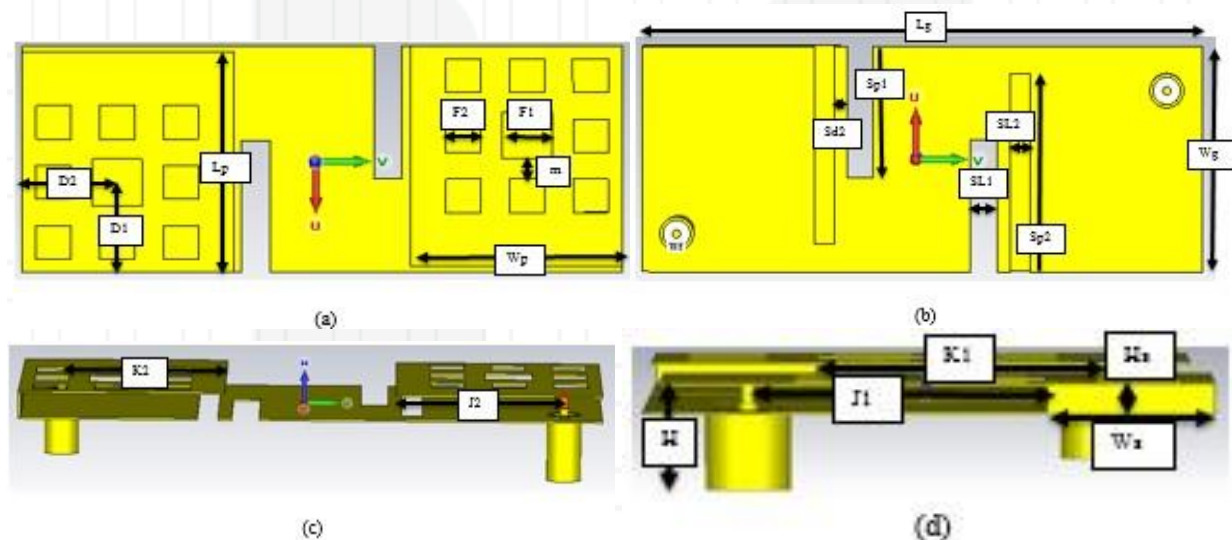
Simulasi yang dilakukan dengan mengkombinasikan beberapa parameter dimensi antenna, didapatkan hasil yang optimal. Nilai parameter dimensi antenna sebelum dan sesudah optimasi ditunjukkan pada Tabel 3.1

Tabel 1 Dimensi sebelum dan setelah optimasi patch dengan 2 *slot* fraktal serta 4 slot pada *Groundplane*

Parameter	Dimensi Sebelum Optimasi (mm)	Dimensi Setelah Optimasi (mm)	Keterangan
Wg	30	34	Lebar <i>Groundplane</i>
Lg	80	85	Panjang <i>Groundplane</i>
Wp	28	30	Lebar <i>Patch</i>
Lp	32.5	33	Panjang <i>Patch</i>
H	4	5	Tinggi Antena
Wf	0.3	0.3	Lebar <i>Feed</i>
Ws	22	10	Lebar <i>Short</i>
Lb	4.5	6.9	Jarak antara <i>short</i> dan <i>feeder</i>
Ls	0	0	jarak <i>short</i> dari ujung <i>patch</i>

F1	17.85	7	Lebar slot iterasi 1
F2	17.85	5	Lebar slot iterasi 2
J1	1	20.5	Jarak horizontal feeder 1 ke short 1
J2	1	17.75	Jarak vertical feeder 1 ke short 1
K1	1	19.5	Jarak horizontal feeder 2 ke short 2
K2	1	18	Jarak vertical feeder 2 ke short 2
D1	1	10	Jarak vertical slot iterasi 1 dari short
D2	1	10	Jarak horizontal slot iterasi 1 dari short
m	15.625	3	Jarak antara slot 1 dan 2
Tcp	0.25	0.25	Tebal cooper
Sd2	1	2	Jarak slot 1 groundplane ke slot 2
SP1	0	20	Panjang slot 1
SP2	3	30	Panjang Slot 2
SL1	1	4	Lebar slot 1 groundplane
SL2	1	3	Lebar slot 2 groundplane
Sj	1	31	Jarak antara slot groundplane
Hs	3.4	3.4	Tinggi Short

Tabel 1 adalah dimensi antenna hasil simulasi yang sudah sesuai dengan spesifikasi. Berdasarkan dimensi tersebut maka, F-PIFA siap dipabrikasi. F-PIFA yang siap dipabrikasi ditunjukkan pada Gambar 3.4



Gambar 4 Desain antenna hasil simulasi yang sudah sesuai dengan spesifikasi dan siap untuk pabrikasi. (a) Tampak depan (b) Tampak belakang (c) Tampak Samping (d) Tampak Perspektif.

4. Pengujian dan Analisis

4.1 Perbandingan Pengukuran dengan Hasil Simulasi

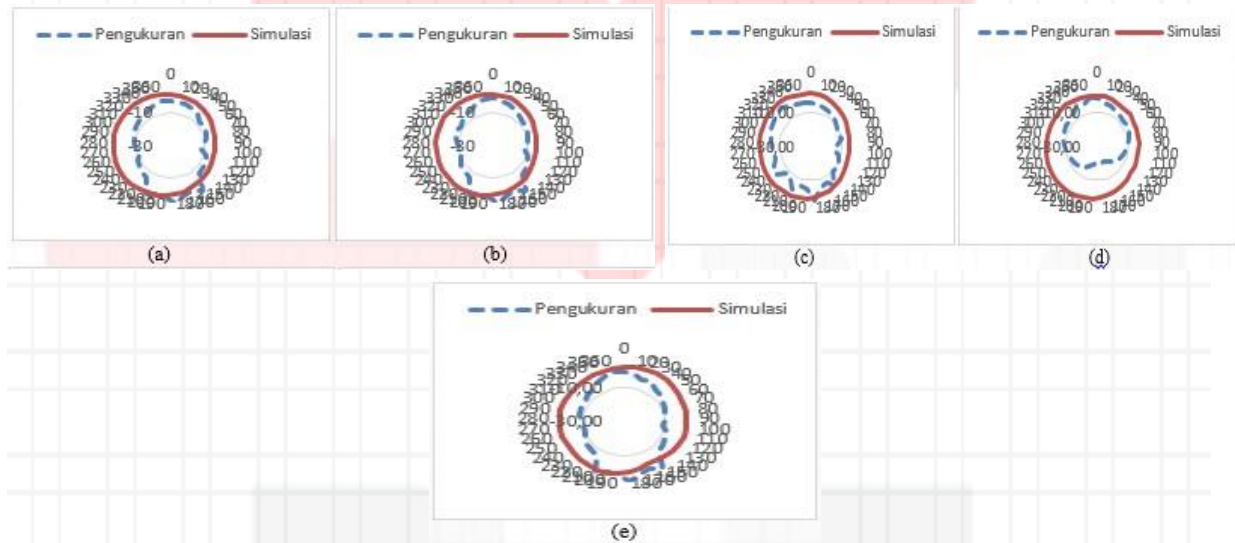
Berikut perbandingan antara nilai *return loss*, *VSWR*, dan *Bandwith* pada simulasi dan pengukuran ditunjukkan oleh Tabel 2.

Tabel 2 Perbandingan Hasil simulasi dan pengukuran *return loss*, *VSWR* dan *Bandwith*

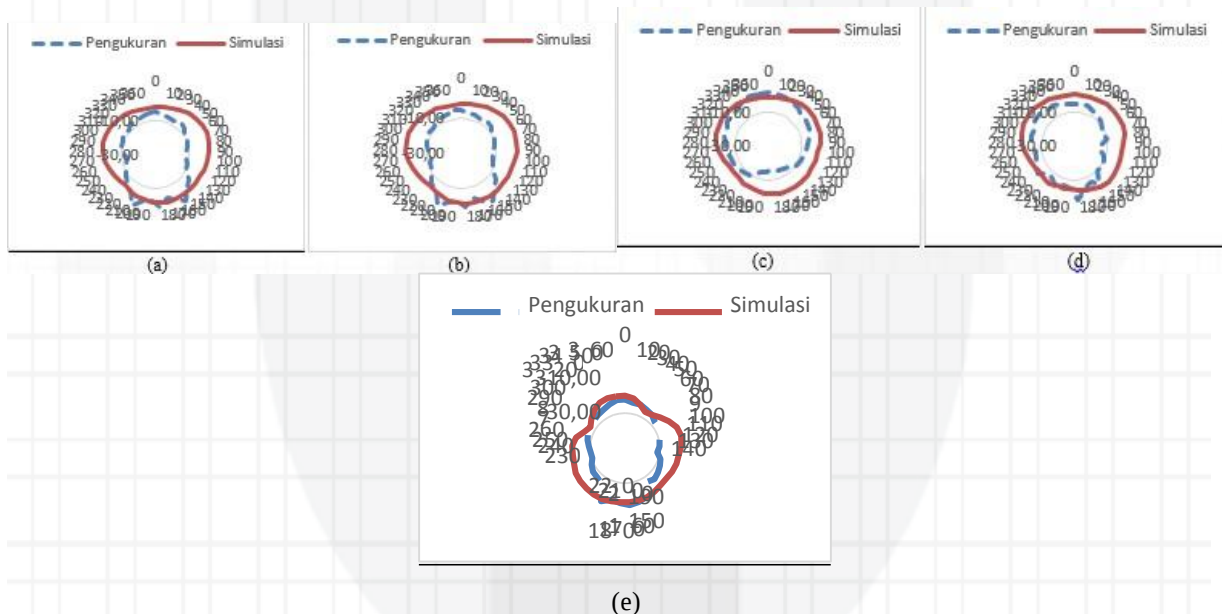
Frequency (GHz)	Return Loss (dB)		VSWR		Bandiwith (MHz)	
	Simulasi	Pengukuran	Simulasi	Pengukuran	Simulasi	Pengukuran
1.795	-13.85	-10.13	1.504	1.905	930	810
1.965	-12.07	-12.53	1.663	1.619		
2.185	-15.89	-18.87	1.382	1.258		
2.445	-11.42	-16.58	1.734	1.348		
5.775	-14.33	-15.53	1.475	1.401	710	600

4.2 Hasil Pengukuran Pola Radiasi

Pengukuran pola radiasi dilakukan dalam arah azimut dan arah elevasi. Pola azimut merepresentasikan pola radiasi di sumbu XZ, sedangkan pola elevasi merepresentasikan pola radiasi di sumbu YZ.



Gambar 5 Hasil simulasi dan pengukuran pola radiasi azimut pada frekuensi (a) 1795 MHz (b) 1965 MHz (c) 2185 MHz (d) 2445 MHz (e) 5.775 MHz



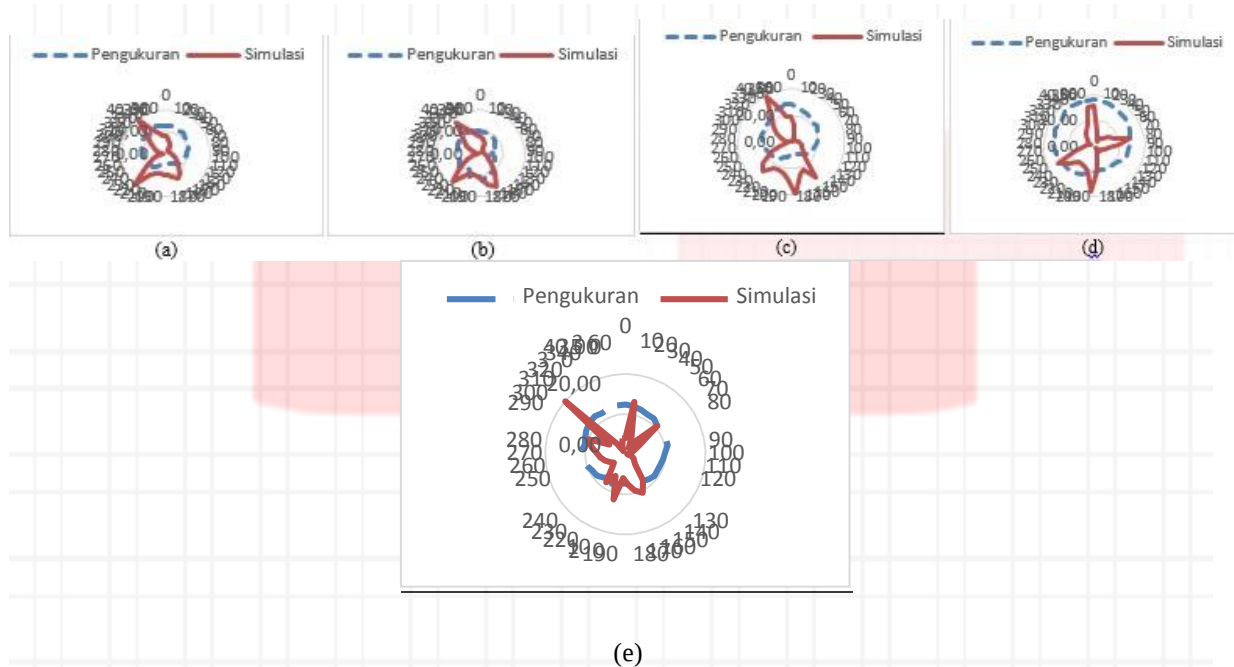
Gambar 6 Hasil simulasi dan pengukuran pola radiasi elevasi pada frekuensi (a) 1795 MHz (b) 1965 MHz (c) 2185 MHz (d) 2445 MHz (e) 5.775 MHz

Perbedaan antara hasil simulasi dan hasil pengukuran pola radiasi dapat disebabkan oleh beberapa hal :

1. Pengukuran yang tidak dilakukan pada ruang *anechoic chamber* menyebabkan terjadinya pantulan pada saat pengukuran, sedangkan pada simulasi pembentukan pola radiasi berada pada suatu ruangan ideal yang tidak terdapat pantulan.
2. Perangkat pengukuran yang digunakan masih manual, sehingga memungkinkan adanya kesalahan dalam mengganti sudut pada saat pengambilan data.

4.3 Hasil Pengukuran Polarisisasi

Polarisasi untuk masing-masing frekuensi berdasarkan hasil pengukuran dari F-PIFA MIMO 2x2 yang telah direalisasi, pengukuran yang dilakukan hanya pada antenna 1 dikarenakan sifat antenna yg bersifat simetris.



Gambar 7 Hasil simulasi dan pengukuran polarisasi pada frekuensi (a) 1795 MHz (b) 1965 MHz (c) 2185 MHz (d) 2445 MHz (e) 5.775 MHz

Perbedaan antara hasil simulasi dan hasil pengukuran polarisasi dapat disebabkan oleh beberapa hal, kurang lebih sama dengan penyebab terjadinya perbedaan pada pengukuran pola radiasi :

1. Terjadi pantulan gelombang pada benda di sekitar pengukuran karena kondisi ruangan pengukuran yang tidak ideal.
2. Perangkat pengukuran yang masih manual sehingga menyebabkan kesalahan pengukuran.

4.4 Hasil Pengukuran Gain

Berikut hasil perbandingan antara hasil simulasi dan hasil pengukuran langsung bisa dilihat pada tabel 4.4.

Tabel 3 Perbandingan Hasil Simulasi dan Pengukuran

Frekuensi (MHz)	Gain (dB)	
	Simulasi	Pengukuran
1.795	4,05	4,56
1.965	4,01	4,17
2.185	4,17	3,69
2.445	4,24	4,78
5.775	5,25	4,05

Hasil pengukuran hanya dilakukan pada salah satu antenna dikarenakan kesimetrisan antara kedua antenna yang menyebabkan nilainya tidak akan jauh berbeda. Dari tabel 4.7 bisa dilihat bahwa dari hasil pengukuran dan hasil simulasi tidak jauh berbeda dan tetap $> 3\text{dB}$, dimana ada dari hasil simulasi yg lebih baik dibanding hasil pengukuran dan ada juga sebaliknya. Perbedaan antara hasil simulasi dan hasil pengukuran *gain* dapat disebabkan oleh beberapa hal :

1. Pengukuran antenna yang dilakukan tidak pada ruang *anechoic chamber*. Hal ini sangat memungkinkan adanya pengaruh dari sinyal luar yang tidak diinginkan, terlebih frekuensi dari antenna yang diukur merupakan frekuensi komunikasi seluler yang banyak digunakan di sekitar lokasi pengukuran, sehingga nilai *gain* menjadi berbeda.
2. Baik atau buruknya kondisi antenna referensi dengan *gain* 12 dB.
3. Pembacaan level daya pada *spectrum analyzer* yang dilakukan secara manual memungkinkan terjadinya kesalahan.

5. Kesimpulan dan Saran

5.1 Kesimpulan

Setelah melakukan analisa terhadap hasil simulasi dan hasil pengukuran langsung kesimpulan yang dapat diambil dari seluruh proses perancangan dan realisasi antenna F-PIFA MIMO 2 x 2 pada tugas akhir ini yaitu :

1. Antenna *multiband* bisa didapat menggunakan metode PIFA MIMO 2 x 2 dengan menambahkan *slot* fraktal pada *patch*.

2. Untuk memperlebar *bandwidth* antenna dapat ditambahkan *slot* pada *ground plane*.
3. Antena bekerja pada rentang frekuensi yang sesuai dengan spesifikasi yaitu 1710 MHz – 1880 MHz dengan *return loss* pada simulasi -13.9 dB pengukuran -10.1 dB VSWR pada simulasi 1.504 pengukuran 1,905 *bandwidth* pada simulasi 930 MHz pengukuran 710 MHz dan *gain* pada simulasi 4.05dB pengukuran 4.41dB, 1910MHz – 2010 MHz dengan *return loss* pada simulasi -12.1 dB pengukuran -12.5 dB VSWR pada simulasi 1.663 pengukuran 1.619 *bandwidth* pada simulasi 930 MHz pengukuran 710 MHz dan *gain* pada simulasi 4.01 dB pengukuran 4.21 dB, 2170 MHz – 2200 MHz dengan *return loss* pada simulasi -15.9 dB pengukuran -18.9 dB VSWR pada simulasi 1.382 pengukuran 1.258 *bandwidth* pada simulasi 930 MHz pengukuran 710 MHz dan *gain* pada simulasi 4.17 dB pengukuran 3.97 dB, 2400 MHz – 2485 MHz dengan *return loss* pada simulasi -11.4 dB pengukuran -16.6 dB VSWR pada simulasi 1.734 pengukuran 1.348 *bandwidth* pada simulasi 930 MHz pengukuran 710 MHz dan *gain* pada simulasi 4.24 dB pengukuran 4.52 dB dan 5725 MHz – 5825 MHz dengan *return loss* pada simulasi -14.3 dB pengukuran -15.5 dB VSWR pada simulasi 1.475 pengukuran 1.401 *bandwidth* pada simulasi 810 MHz pengukuran 600 MHz dan *gain* pada simulasi 5.25 dB pengukuran 4.15 dB.
4. Pola radiasi yang dihasilkan antenna adalah *omnidirectional*. Sedangkan polarisasi yang dihasilkan antenna adalah pada simulasi linier dan pada pengukuran elips.
5. Besarnya *coefficient correlation* antar antenna yang didapatkan terendah < 0.00018342 dan tertinggi < 0.14693, dan *diversity gain* tertinggi pada nilai 9.9991 dB dan terendah pada nilai 9.3885 dB

5.2 Saran

Untuk mendapatkan performansi antenna F-PIFA MIMO 2 x 2 yang lebih baik, ada beberapa saran yang dapat dijadikan pertimbangan diantaranya adalah:

1. Dalam proses fabrikasi lebih baik dilakukan dengan alat, bila dilakukan dengan cara manual dengan dimensi yang kecil, maka anena yang difabrikasi dalam prosesnya akan sulit dan dimensi yang telah dibuat di simulasi akan jauh berbeda dari hasil fabrikasi sehingga mengurangi kualitas antenna itu.
2. Pengukuran antenna sebaiknya dilakukan di ruangan yang ideal seperti *anechoic chamber* dan menggunakan alat yang ukur yang ideal.
3. Antena Fraktal PIFA MIMO 2 x 2 dapat dikembangkan lagi pada penelitian selanjutnya adalah dengan mengaplikasikan antenna Fraktal PIFA langsung pada *Handset* dan menggunakan teknik MIMO yang lebih banyak seperti 4x4.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] F. Z. Zerlinda, Perancangan dan Realisasi Multiband L-Slot Planar Inverted-F Antenna (PIFA) untuk Wi-Fi, UMTS, HSPA, dan LTE pada Perangkat Seluler, Bandung: Telkom Univeristy, 2015.
- [2] Kumar S.B. , Singhai P.P., "On Investigation of A Sierpinski's Carpet Microstrip Fractal Antenna," *International Journal of Engineering Science and Advanced Technology*, no. 2, pp. 200-203, 2012.
- [3] N. A. Saidatul, A. A. Azremi, R. B. Ahmad and P. J. Soh, "Multiband Fractal Planar Inverted F Antenna," *Progress In Electromagnetics Research B*, vol. 14, p. 127–148, 2009.
- [4] R. Sanusi, Implementasi dan Analisis Antena PIFA Mimo 4 x 4 untuk Aplikasi Handset TDD-LTE pad Frekuensi 2.3 GHz - 2.6 GHz, Bandung: Telkom University, 2013.