

PERANCANGAN DAN IMPLEMENTASI ANTENA MIKROSTRIP FRAKTAL KOCH UNTUK APLIKASI *ULTRA WIDEBAND* (3.1-10.6) GHz

DESIGN AND IMPLEMENTATION OF FRACTAL KOCH MICROSTRIP ANTENNA FOR ULTRA WIDEBAND APPLICATION (3.1-10.6) GHz

Satria Taruna Wirawan¹, Heroe Wijanto², Zulfi³

¹Prodi S1 Teknik Telekomunikasi, Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom

^{2,3}Prodi S1 Teknik Telekomunikasi, Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom

satria.taruna10@gmail.com, heroe@telkomuniversitv.ac.id, zulfitelu@telkomuniversitv.ac.id

Abstrak – Pada penelitian tugas akhir ini dirancang sebuah antena mikrostrip fraktal *Koch* pada iterasi orde ke-2 dengan merekayasa bentuk *feed-strip line* dan optimasi pada kombinasi bentuk *groundplane*. Setelah itu antena fraktal disimulasikan dan direalisasikan pada aplikasi UWB (3.1-10.6) GHz yang kemudian dibandingkan antara hasil simulasi dan pengukuran. Sehingga dari ke dua teknik ini akan dianalisa perubahan parameter antena agar bekerja secara optimal untuk dapat digunakan pada aplikasi UWB. Hasil dari tugas akhir ini menunjukkan bahwa dengan merekayasa teknik catuan *microstrip line* dengan menempelkan *patch* fraktal *Koch* serta mengkombinasikan bentuk *groundplane* dengan bentuk lingkaran mampu memperbaiki *return loss* pada performansi antena. Dari hasil optimasi perancangan antena didapatkan, untuk ukuran dimensi antena 38.3 mm × 24.5 mm × 1 mm. Kemudian untuk hasil parameter antena pada frekuensi kerja 3.1 GHz, 6.85 GHz, dan 10.6 GHz nilai VSWR berturut-turut 1.382, 1.413, dan 1.462. Serta besarnya gain dengan frekuensi kerja yang sama pula, berturut-turut yaitu 2.211 dB, 1.275 dB, 2.486 dB, dan polaridiasi yang dihasilkan yaitu bidireksional, serta polarisasi ellips.

Kata kunci : Antena Fraktal, *Koch*, *Ultra Wideband*, Iterasi Orde-2

Abstract - In this paper, designed a Koch Fractal microstrip antenna in second order of iteration by manipulate the shape of the "feed strip line" and optimization in combination shape of the groundplane. Then, the Fractal Antenna are simulated and realized on UWB applications in (3.1-10.6) Ghz, and then be compared between the result of simulation and mesurement. So, from these two techniques, can be analyze by the differences of antenna parameter in order to the antenna will optimatically work, to use in UWB application. The result of this paper, show that to make microstrip line technique by attaching patch Koch Fractal and combine groundplane shape with half circle shape, are able to improve the return loss on the antenna performances. From the result of antenna optimazation, obtained the dimension of antenna are antena 38.3 mm × 24.5 mm × 1 mm. Then for the antenna parameters at the working frequency 3.1 GHz, 6.85 GHz, and 10.6 GHz. Obtained VSWR consecutively 1.382, 1.413, dan 1.462. And gain at the same working frequency, consecutively 2.211 dB, 1.275 dB, 2.486 dB, and the radiation pattern are bidirectional and polarization are elips.

Keywords: Fractal Antenna, *Koch*, *Ultra Wideband*, Secind order of iteration

I. PENDAHULUAN

Pada dasarnya antena memiliki banyak jenis, dari bentuk yang sederhana sampai bentuk yang sangat kompleks, yang setiap jenisnya memiliki karakteristik masing-masing. Antena telah banyak digunakan untuk komunikasi nirkabel, antara lain komunikasi *Ultra Wideband*. *Ultra Wideband* (UWB) merupakan teknologi yang membutuhkan *bandwidth* minimal 500 MHz atau 20% dari frekuensi tengah. Frekuensi kerja dari UWB yaitu 3.1 GHz sampai 10.6 GHz. Bentuk dimensi fraktal memiliki sifat dan karakteristik geometri fraktal yaitu *self-similarity* atau *self-symmetric* (kemiripan dengan dirinya). Contoh seperti bentuk kurva fraktal *Koch*. Bentuk segitiga sama sisi fraktal *Koch* akan membagi sisi segitiga menjadi bentuk segitiga kecil dengan ukuran yang sama sisi pula. Perancangan antena ini menggunakan bentuk fraktal *Koch triangular loop* karena bentuk fraktal *Koch* mampu bekerja pada frekuensi resonansi yang tinggi dengan ukuran yang sangat kecil.

Adapun batasan masalah yang dibahas dalam penelitian ini meliputi :

1. Perancangan dan realisasi antena dianalisis untuk keperluan teknologi UWB

2. Perancangan antenna mikrostrip fraktal Koch dilakukan pada iterasi kedua. Hal ini untuk dikarenakan pada hasil percobaan simulasi diambil dengan bandwidth yang paling lebar serta kerumitan pabrikan dan banyaknya kemungkinan simulasi.
3. Spesifikasi antenna yang di ukur yaitu memiliki :
Jenis Substrate : epoxy FR4 ($\epsilon_r = 4.3$, tebal = 1.6mm)
4. Fokus utama analisis adalah mengamati parameter *return loss* dan *range* frekuensi kerja terhadap faktor bentuk geometri dan faktor penskalaan.
5. Dimensi awal antenna ditentukan secara matematis sedangkan untuk optimasi rancangan antenna menggunakan *finite element method* dengan bantuan software simulator perancangan antenna, namun tidak dibahas secara mendalam mengenai metode tersebut.
6. Jenis antenna yang akan diteliti adalah antenna mikrostrip fraktal Koch. Antenna rectangular hanya digunakan sebagai pembanding nilai *return loss*.
7. Antenna fraktal Koch yang dibuat tidak dianalisis untuk antenna susunan.

II. TEORI PENUNJANG

Antena mikrostrip merupakan antenna yang terbuat dari bahan substrate berupa PCB (*printed circuit board*) yang terdiri dari tiga lapisan bahan, yaitu: lapisan *patch* antenna, substrat FR-4 dan *groundplane*. Prinsip kerja antenna mikrostrip memiliki karakteristik dengan bandwidth yang sempit. Oleh karena itu pada tugas akhir ini dilakukan optimasi pada kombinasi *groundplane* untuk memperlebar *bandwidth* [2].

Secara umum fraktal didefinisikan sebagai bentuk geometri yang terbentuk dari bagian-bagian yang memiliki kesamaan bentuk apabila dilakukan proses perbesaran terhadap bentuk geometri tersebut. Antena fraktal Koch merupakan salah satu jenis antenna berbentuk kurva segitiga yang dengan penambahan segitiga-segitiga pada sisi yang presisi dengan ukuran kecil sesuai sifat fraktal [5]. Bentuk fraktal memiliki sifat yaitu *self-similarity* yang artinya pengukuran terhadap dirinya sendiri. Kelebihan dan kekurangan jenis antenna fraktal sebagai berikut [4] :

1. Bentuk lebih kecil dibanding *patch* biasa
 2. Impedansi input baik
- Dan berikut kekurangan dari antenna fraktal :
1. Desain dan pabrikan rumit untuk iterasi orde tinggi
 2. Gain kecil untuk beberapa kasus

Untuk mendesain sebuah antenna fraktal Koch maka dibutuhkan sebuah persamaan mengenai pengaruh dimensi dan frekuensi kerja dari antenna fraktal Koch. Berikut persamaan dimensi fraktal Koch :

- (a) panjang gelombang [1] : (b) panjang awal [1] : (c) panjang iterasi ke-n [1] :

$$\lambda = \frac{c}{f}$$

$$L_0 = \frac{\lambda}{4}$$

$$L_n = L_0 \left(\frac{4}{3} \right)^n$$

Pencatutan ini dilakukan dengan cara menggabungkan *patch* untuk dihubungkan dengan *patch* utama (meradiasi) dengan konektor. Teknik ini sangat bagus dan cukup mudah untuk dipabrikan dibandingkan dengan menggunakan teknik *coaxial probe*. Pada teknik pencatutan ini lebar *feedline* dan letak posisinya diatas *substrate* dan *groundplane*.

Bermula dari teorema Shannon-Hartley mengenai kapasitas kanal yang meningkat secara linier terhadap *bandwidth*, dikembangkanlah teknologi *Ultra-Wideband* [3]. Teknologi ini sebelumnya dikenal sebagai "*pulse radio*", dan menempati lebar spektrum yang sangat luas, lebih dari 500 MHz, atau minimal 20% *fractional bandwidth*. Berikut teorema mengenai Shanon-Hartley mengenai kapasitas kanal dan bandwidth [7] :

$$C = B \log_2 \left(1 + \frac{S}{N} \right)$$

Pada persamaan terlihat pengaruh kapasitas kanal dengan *bandwidth*, semakin lebar *bandwidth* yang digunakan maka semakin besar pula kanal yang tersedia.

III. PERANCANGAN DAN SIMULASI

A. Spesifikasi Antena UWB

Pada tahap perancangan diawali dengan menentukan spesifikasi antenna yang digunakan seperti frekuensi kerja, jenis bahan yang digunakan, dan parameter-parameter antenna. Berikut ini merupakan spesifikasi awal untuk aplikasi ultra wideband :

Spesifikasi	Keterangan
Frekuensi Ultra Wideband	(3.1-10.6)GHz
Frekuensi Tengah	6.85 GHz
Bandwidth	7.5 GHz
Polaradiasi	Omnidireksional
Polarisasi	Linier
VSWR	≤ 2
Gain	≥ 0 dB

Gambar 1 Spesifikasi Awal Antena UWB [3]

B. Perancangan Antena Mikrsotrip Fraktal Koch

1. Ukuran Dimensi Patch

Pertama untuk mengawali perancangan simulasi dan optimasi maka diperlukan antenna *patch initiator* sebagai acuan ketika melakukan perbesaran-optimasi. Kemudian untuk mendapatkan ukuran dimensi patch fraktal Koch, digunakan persamaan yaitu :

1. panjang gelombang [1] :

$$\lambda = \frac{c}{f}$$

$$= \frac{3 \times 10^8}{6.85 \times 10^9} = 0.0437m \approx 43.79mm$$

2. panjang sisi segitiga sama sisi L_0 atau S_p (dalam parameter) [1] :

$$L_0 = \frac{\lambda}{4}$$

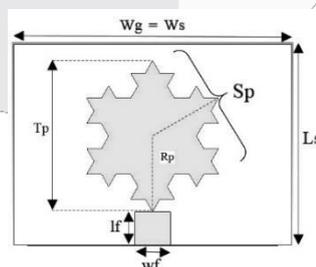
$$= \frac{0.0437}{4} = 0.010925m \approx 10.925mm$$

3. panjang sisi iterasi-n [1] :

$$L_n = L_0 \left(\frac{4}{3} \right)^n$$

$$= 0.010925 \left(\frac{4}{3} \right)_0 = 0.010925m \approx 10.925mm$$

Berikut dimensi hasil perhitungan :



Gambar 2 Gambar Dimensi Fraktal Koch

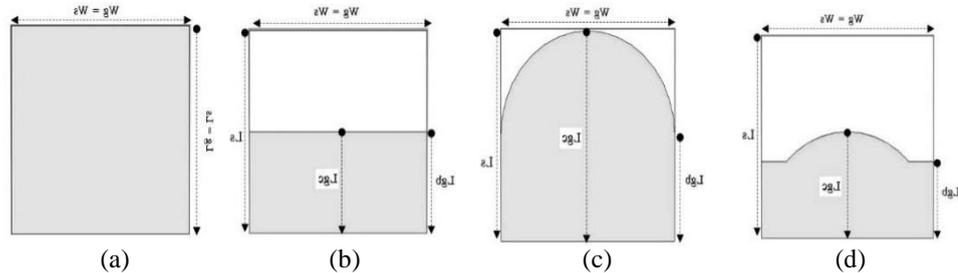
2. Simulasi

Dalam perancangan antenna ini dengan menggunakan *CST Microwave 2013* sebagai *software* simulator, hal terpenting adalah mencari ukuran yang tepat agar antenna yang dirancang memiliki spesifikasi yang diinginkan. Untuk memperoleh syarat spesifikasi tersebut maka dilakukan simulasi percobaan hingga memperoleh hasil yang tepat. Pada awalnya menggunakan data hasil perhitungan pada simulasi dimana masih belum sesuai dari spesifikasi yang diinginkan sehingga dilakukan modifikasi dan optimasi pada dimensi antenna dengan metode

finite element method sehingga didapat hasil yang sesuai dengan spesifikasi dan yang paling optimal. Berikut optimasi awal dan akhir yang dilakukan yang sesuai spesifikasi :

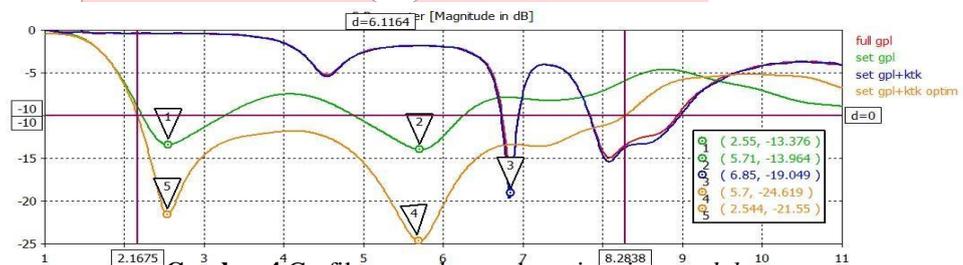
1. Optimasi awal :

Optimasi awal yang dilakukan adalah merubah groundplane yang kemudian dioptimasi hingga diperoleh hasil sesuai spesifikasi :



Gambar 3 optimasi groundplane (a) full groundplane (b) setengah groundplane (c) kombinasi groundplane (d) optimasi groundplane

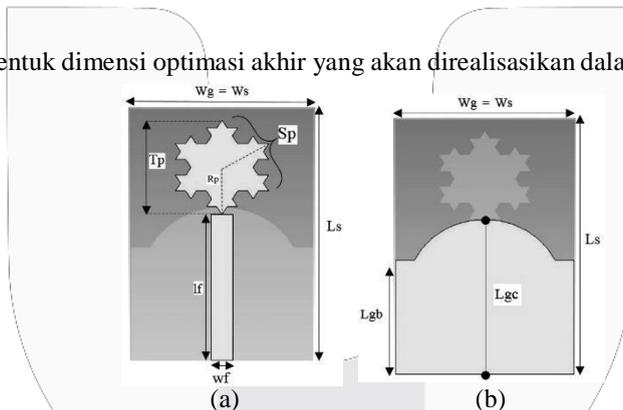
Berikut hasil perubahan optimasi awal pada software simulasi :



Gambar 4 Grafik return loss pada optimasi groundplane

2. Optimasi akhir :

Berikut adalah bentuk dimensi optimasi akhir yang akan direalisasikan dalam bentuk prototype :

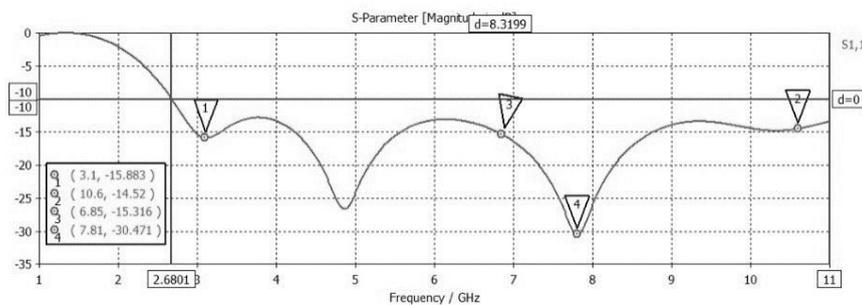


Gambar 5 Dimensi Optimasi akhir Simulasi Antena Fraktal Koch (a) patch (b) groundplane

3. Hasil Simulasi

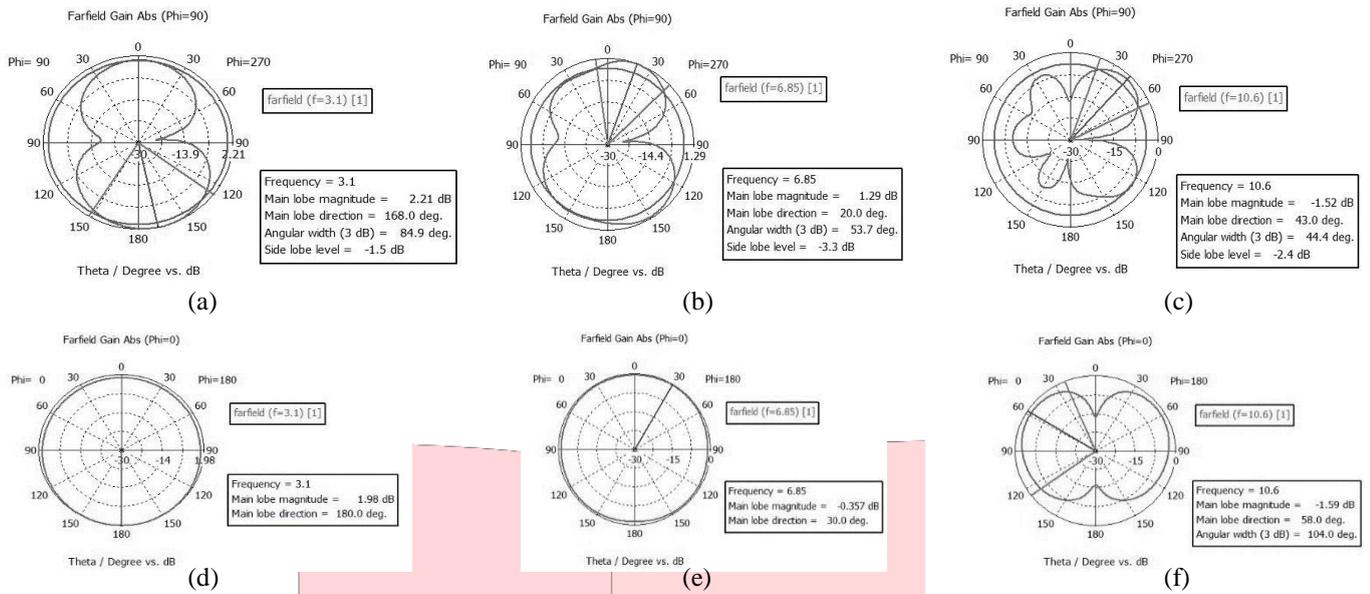
Pada perancangan antenna menggunakan metode perhitungan dan kemudian disimulasikan ke dalam software untuk hasil optimasi simulasi akhir ini terdiri dari parameter-parameter antenna yaitu

a. Return loss



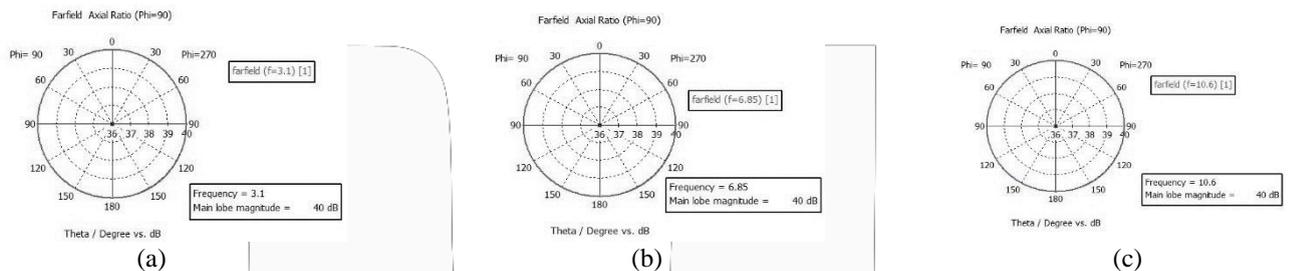
Gambar 6 Grafik return loss hasil akhir simulasi

b. Pola Radiasi



Gambar 7 Pola Radiasi Azimuth Dimensi Optimum (a) 3.1 GHz (b) 6.85 GHz (c) 10.6 GHz dan Pola Radiasi Elevasi Optimum (d) 3.1 GHz (e) 6.85 GHz (f) 10.6 GHz

c. Polarisasi



Gambar 8 Polarisasi Antena Dimensi Optimum (a) 3.1 GHz (b) 6.85 GHz (c) 10.6 GHz

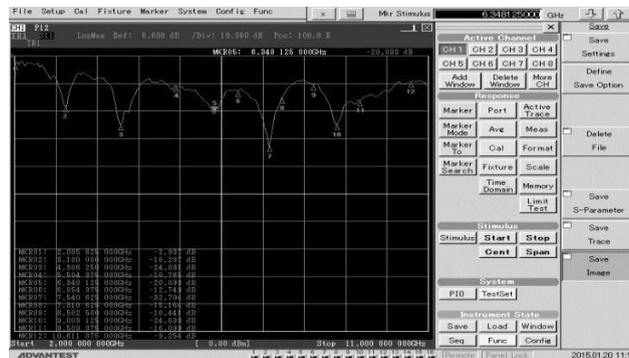
IV. PENGUKURAN, ANALISIS, DAN REALISASI

A. Pengukuran

Dalam pengukuran hasil parameter performansi yang diperhatikan sama seperti simulasi menggunakan software simulator yaitu return loss, VSWR, pola radiasi, polarisasi, dan gain. Parameter hasil pengukuran kemudian dibandingkan dengan hasil simulasi antara perbedaan yang terbilang jauh atau dekat.

1. Pengukuran Return Loss

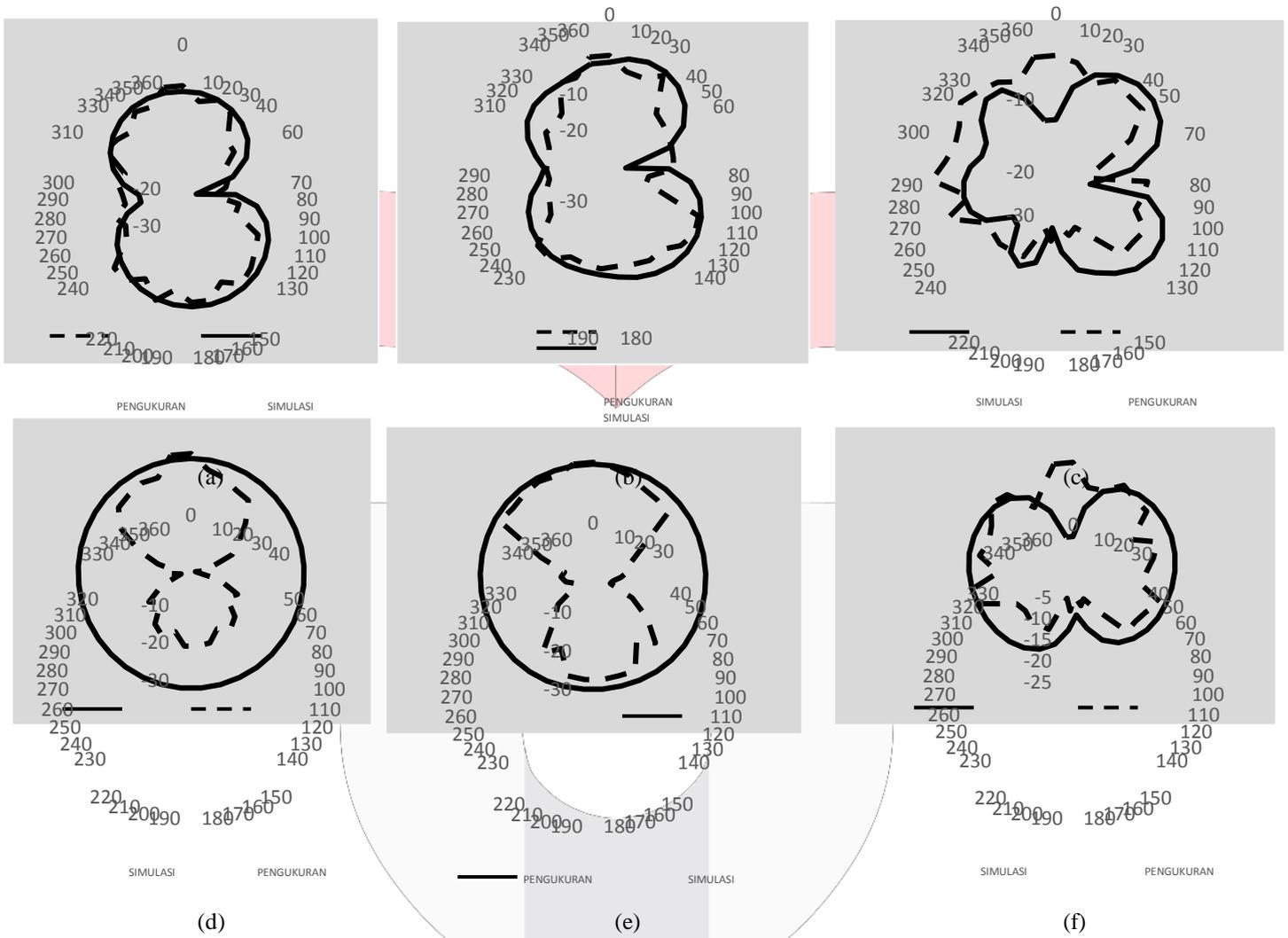
Berikut ini merupakan hasil pengukuran *return loss* dengan range frekuensi kerja mencakup (3.1-10.6) GHz :



Gambar 9 Grafik Hasil Pengukuran Return loss

2. Pengukuran Pola Radiasi

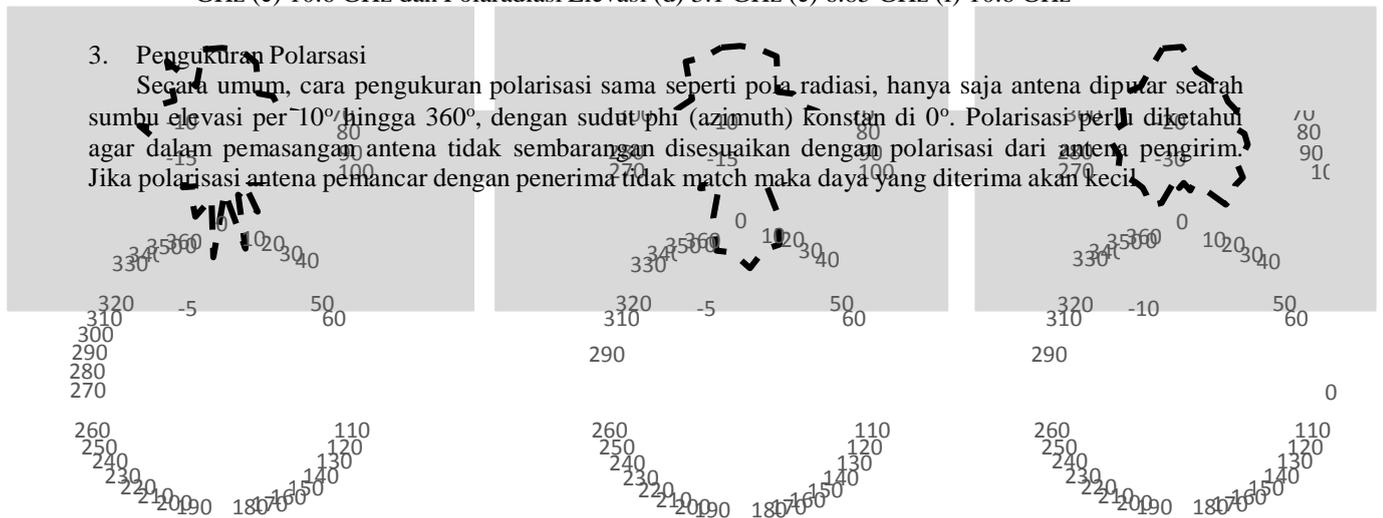
Pola radiasi diukur dair medan jauh karena gelombang elektromagnetik yang tepancar bersifat transversal dan tidak dipengaruhi benda-benda di sekelilingnya. Pengukuran azimuth atau elevasi diputar setiap 10⁰ dari mulai 0⁰ sampai 360⁰. Kemudian setiap 10⁰ dilihat daya terima pada *spectrum analyzer* dalam kurun waktu 10 detik. Dan hasilnya dicatat dalam tabel. Ketika hasilnya dimasukan ke dalam tabel, maka nilai dari tabel tersebut kemudian dinormalisasi terhadap daya yang terbesar. Normalisasi ini akan menghasilkan *gain* normalisasi yang kemudian hasilnya akan digambarkan sebagai pola radiasi normal dalam skala logaritmis, ini dapat dilihat dalam skala nilai terbesar adalah 0 dB. Berikut hasil pengukuran polaradiasi secara azimuth dan elevasi :



Gambar 10 Grafik Perbandingan Hasil Simulasi dan Pengukuran Polaradiasi Azimuth (a) 3.1 GHz (b) 6.85 GHz (c) 10.6 GHz dan Polaradiasi Elevasi (d) 3.1 GHz (e) 6.85 GHz (f) 10.6 GHz

3. Pengukuran Polarisasi

Secara umum, cara pengukuran polarisasi sama seperti pola radiasi, hanya saja antenna diputar searah sumbu elevasi per 10⁰ hingga 360⁰, dengan sudut phi (azimuth) konstan di 0⁰. Polarisasi perlu diketahui agar dalam pemasangan antenna tidak sembarangan disesuaikan dengan polarisasi dari antenna pengirim. Jika polarisasi antenna pemancar dengan penerima tidak match maka daya yang diterima akan kecil



(a) (b) (c)
Gambar 11 Pengukuran Polarisasi (a) 3.1 GHz (b) 6.85 GHz (c) 10.6 GHz

4. Pengukuran Gain

Berdasarkan hasil pengukuran gain, nilai yang diambil untuk perhitungan pada data nilai terbesar dari daya terima pada AUT. Oleh karena itu perhitungan gain dapat diperoleh dari persamaan 4.1 :

$$\text{Gain} = P_{\text{AUT(dBm)}} - P_{\text{REF (dBm)}} + 12 \text{ dBi}$$

Dimana :

- Gain = gain antenna yang diukur
- $P_{\text{AUT (dBm)}}$ = daya terima antenna uji
- $P_{\text{REF (dBm)}}$ = daya terima antenna referensi

B. Analisis Hasil Pengukuran

1. Analisis hasil Pengukuran *Return Loss*

Pada spesifikasi awal perancangan antenna *ultra-wideband* digunakan sebagai acuan untuk perbandingan analisis antara simulasi dengan pengukuran. Pada gambar 10 grafik hasil pengukuran *return loss* terlihat pada range frekuensi kerja dari uwb terlihat masih ada beberapa frekuensi yang masih berada pada posisi diatas -10dB. Hal ini dikarenakan antenna yang direalisasikan kurang presisi yang seharusnya ukuran lebar substrate $38.3 \times 24.5 \text{ mm}$ pada hasil prototype melebihi 0.05 cm atau sebesar 5 mm. Berikut grafik perbedaan hasil return hasil simulasi dengan pengukuran :



Gambar 12 Grafik Perbandingan Hasil *Return Loss* antara Pengukuran dan Simulasi

2. Analisis hasil Pengukuran Pola Radiasi

Dari hasil pengukuran terlihat **gambar 10** grafik pola radiasi baik azimuth maupun elevasi hasilnya hampir mendekati spesifikasi atau mendekati hasil simulasi sebelumnya. Pola radiasi secara azimuth yang didapatkan mendekati pola omnidireksional namun lebih cenderung ke pola bidireksional.

3. Analisis hasil Pengukuran Polarisasi

Berdasarkan **gambar 11** hasil pengukuran polarisasi dan hasil pengukuran pada frekuensi 3.1 GHz daya rata-rata terbesar (sumbu mayor) yaitu $-41.2 \text{ dBm} = 7.585 \times 10^{-5} \text{ mW}$ dan daya rata-rata terkecil (sumbu minor) yaitu $-52.1 \text{ dBm} = 6.165 \times 10^{-6} \text{ mW}$, kemudian untuk frekuensi 6.85 GHz daya rata-rata terbesar (sumbu mayor) yaitu $-52.5 \text{ dBm} = 5.623 \times 10^{-6} \text{ mW}$ dan daya rata-rata terkecil (sumbu minor) yaitu $-63.72 \text{ dBm} = 4.246 \times 10^{-7} \text{ mW}$, kemudian untuk frekuensi 10.6 GHz daya rata-rata terbesar (sumbu mayor) yaitu $-44.28 \text{ dBm} = 3.732 \times 10^{-5} \text{ mW}$ dan daya rata-rata terkecil (sumbu minor) yaitu $-69.1 \text{ dBm} = 1.23 \times 10^{-7} \text{ mW}$. Dari nilai tersebut dapat dihasilkan perbandingan nilai mayor dan minor sebagai berikut [6]:

$$AR = \frac{E_{\text{ma yor}}}{E_{\text{min or}}} = \frac{P_{\text{watt mayor}}}{\sqrt{P_{\text{watt min or}}}}$$

Dari hasil perhitungan dengan persamaan diatas maka besar nilai AR pada frekuensi 3.1 GHz ≈ 3.5 , frekuensi 6.85 GHz ≈ 3.639 , dan untuk frekuensi 10.6 GHz ≈ 17.41 . Untuk menentukan jenis polarisasi dari hasil perhitungan kuat medan listrik maka digunakan beberapa teori dari berbagai jurnal. Polarisasi terdiri dari 3 macam yaitu polarisasi circular, ellips, dan lingkaran [6]. Dari ketiga jenis polarisasi tersebut ditentukan dari hasil perbandingan dari daya sumbu mayor dengan daya sumbu minor. Beberapa syarat jenis polarisasi yaitu untuk circular = 1, $1 < \text{ellips} < \infty$, linier = ∞ . Dari hasil perhitungan di atas maka dapat disimpulkan bahwa ketiga frekuensi tersebut memiliki polarisasi hasil pengukuran bersifat ellips.

4. Analisis hasil Pengukuran Gain

Dari hasil perhitungan gain dengan persamaan 4.1 maka diperoleh gain pengukuran

- Untuk frekuensi 3.1 GHz
Gain antenna (dBi) = - 41.181 dBm – (-32.249) dBm + 12 dBi
= 3.068 dBi
- Untuk frekuensi 6.85 GHz
Gain antenna (dBi) = - 50.375 dBm – (-40.456) dBm + 12 dBi
= 2.081 dBi
- Untuk frekuensi 10.6 GHz
Gain antenna (dBi) = - 44.21 dBm – (-35.771) dBm + 12 dBi
= 3.561 dBi

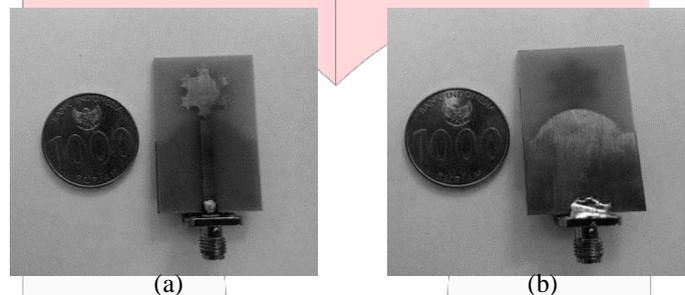
Berikut adalah tabel perbandingan antara gain simulasi dengan gain pengukuran :

frekuensi kerja (3.1-10.6) GHz	Simulasi (dBi)	Pengukuran (dBi)	Perbedaan (dB)
frekuensi = 3.1 GHz	2.21	3.068	0.858
frekuensi = 6.85 GHz	1.275	2.081	0.806
frekuensi = 10.6 GHz	2.486	3.561	1.075

Gambar 13 Perbandingan Gain Hasil Simulasi dan Pengukuran

C. Realisasi

Pada tahap ini, setelah antenna dirancang dan disimulasikan dengan menggunakan software simulator maka tahap selanjutnya adalah direalisasikan. Antena direalisasikan dengan menggunakan bahan dan spesifikasi yang telah ditentukan sebelumnya. Berikut adalah gambar hasil realisasi prototipe :



Gambar 14 Realisasi Antena Mikrostrip Fraktal Koch (a) Patch (b) groundplane

V. PENUTUP

Dalam perancangan dan pengujian dari *Porcreus Machine* didapatkan beberapa kesimpulan berikut :

1. Pada jenis patch yang digunakan mempengaruhi dari sisi ukuran dimensi antenna dan dari hasil performansi antenna itu sendiri. Antena fraktal Koch memberikan hasil yang cukup baik dalam performansi bila dibandingkan dengan jenis *patch rectangular*.
2. Pada bentuk kombinasi *groundplane* memberi pengaruh besar terhadap aplikasi uwb. Hal ini dikarenakan pada percobaan dan penelitian dibandingkan dengan setengah panjang *groundplane* ternyata hasilnya memiliki perbedaan yang cukup signifikan dimana setengah panjang *groundplane* biasa digunakan untuk memperlebar *bandwidth single band*.

REFERENSI

- [1] A. Ismahayati, P. S. (12th-14th December 2011). Design and Analysis of a Multiband Koch Fractal Monopole Antena. *IEEE International RF and Microwave Conference (RFM 2011)*.
- [2] Balanis, C. A. (2008). *Modern Antenna Handbook*. Canada: John Wiley & Sons, Inc.
- [3] Hecimovic, N., & Marincic, Z. (2008). "The Improvements of the Antenna Parameters in Ultra-Wideband Communications".
- [4] Kumar, R.A.; Choukiker, Y.K.; Behera, S.K., "Design of hybrid fractal antenna for UWB application," *Computing, Electronics and Electrical Technologies (ICCEET), 2012 International Conference on*, vol., no., pp.691,693, 21 -22 March 2012
- [5] Moraes, L. B, & Barbin, S.E, "A Comparison between Minkowski and Koch Fractal Patch Antennas", *Microwave & Optoelectronics Conference (IMOC), 2011 SBMO/IEEE MTT-S International*.
- [6] Nugroho. H. A, "Perancangan dan Realisasi Antena Mikrostrip Berbentuk Fractal Koch", Telkom University Bandung. 2014.
- [7] Shannon, C.E. A mathematical theory of communication. *Bell Syst. Tech. J.* 1948, 27, 379 423, 623–656. Reprinted in C.E. Shannon and W. Weaver *The Mathematical Theory of Communication*; University Illinois Press: Champaign, IL, USA, 1949.