

PERANCANGAN DAN REALISASI ANTENA FRAKTAL KOCH DENGAN CATUAN EMC PADA UHF UNTUK APLIKASI TELEVISI DIGITAL TERESTRIAL

Ukhty Syakirotnunikmah¹, Dr. Heroe Wijanto, Ir.,MT.², Dr. Yuyu Wahyu, Ir.,MT.³

^{1,2}Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom, Bandung

³Pusat Penelitian Elektronika dan Telekomunikasi LIPI, Bandung

¹ukhtynikmah@gmail.com, ²heroe@telkomuniversity.ac.id, ³yuyu@ppet.lipi.go.id

Abstrak

Televisi merupakan teknologi yang sudah ada sejak beberapa abad yang lalu. Televisi kini mengalami perkembangan yang awalnya menggunakan modulasi analog kini sedang berkembang menggunakan modulasi digital. Perkembangan televisi digital harus diimbangi dengan perangkat antenna yang handal. Dilatarbelakangi oleh penelitian sebelumnya, maka pada tugas akhir ini akan dirancang antenna dengan *bandwidth* yang lebih lebar agar sesuai dengan rekomendasi dari KOMINFO.

Pada tugas akhir ini dirancang antenna mikrostrip fraktal Koch iterasi kedua dengan teknik slot pada bagian *groundplanenya*. Pencatuan yang digunakan yaitu proximity dengan menggunakan jenis bahan material dan tebal yang sama yaitu substrat FR4-epoxy dengan konstanta dielektrik bernilai 4,2 pada frekuensi 586 MHz. Perancangan dan simulasi dilakukan dengan menggunakan simulator perancangan antenna berbasis *Finite Integration Technique* (FIT).

Hasil dari tugas akhir ini menunjukkan bahwa dengan menggabungkan antara teknik pencatuan *proximity* dan fraktal Koch yang dimodifikasi menjadi slot pada bagian *groundplane* mampu mengakibatkan meningkatnya *bandwidth* antenna. Dari hasil perancangan didapatkan bandwidth pada $VSWR \leq 1,8$ sebesar 228,6 MHz, *gain* pengukuran 2,09 dB, pola radiasi bidireksional dan polarisasi elips horizontal.

Kata kunci: mikrostrip, fraktal Koch, proximity, televisi digital terrestrial

Abstract

Television admitted as a technology which has been existed a few centuries ago. It has advanced from using analogue broadcasts into using digital broadcasts and assigned as digital televisions. For supporting the digital television, antenna of the systems should meet the requirements. Hence, initiated from the last studies, this research of final project focussed on a large bandwidth antenna for satisfying bandwidth digital television specifications from KOMINFO.

This final project designed second iteration Koch fractal microstrip antenna with slotted technique on its groundplane. The feeding is applied by proximity technique using FR4-epoxy as its substrate material with 4,2 of the dielectric constant and 586 Mhz of the frequency. The modelling and simulation process has been done through antenna design simulator based on Finite Integration Technique (FIT).

The results have presented that by combining proximity feeding and modified Koch fractal as slotted on the groundplane, the technique led to bandwidth improvement. The results have also shown that antenna obtained $VSWR \leq 1,8$ on 228,6 MHz of bandwidth, 3,14 dB of measured gain, bidirectional radiation pattern and horizontal ellips polarization.

Keywords: mikrostrip, Koch fractal, proximity, digital terrestrial television

I. PENDAHULUAN

Teknologi televisi semakin tahun semakin berkembang, berawal dari menggunakan sistem siaran analog kemudian berubah menggunakan sistem siaran digital. Perubahan sistem siaran ini juga merubah alokasi frekuensi penyiaran televisi. Saat ini televisi analog ditetapkan pada frekuensi 470-806 MHz.

Penelitian mengenai antenna televisi digital terrestrial telah dilakukan pada tugas akhir sebelumnya [12]. Pada tugas akhir tersebut dirancang sebuah antenna mikrostrip log periodik dengan patch meander yang berukuran $81,6 \times 50,94$ mm. Antena yang dirancang pada frekuensi kerja 700 MHz tersebut menghasilkan *bandwidth* sebesar 41 MHz. Sedangkan menurut rekomendasi dari KOMINFO, disebutkan bahwa alokasi frekuensi untuk teknologi

televisi digital terrestrial ada pada frekuensi 478-694 MHz. Berdasarkan rekomendasi tersebut maka *bandwidth* yang dibutuhkan untuk televisi digital terrestrial sebesar 216 MHz. *Bandwidth* tersebut jika dibandingkan dengan *bandwidth* hasil penelitian [12] masih jauh berbeda. Oleh karena itu untuk mengembangkan penelitian tersebut, perlu digunakan teknik tertentu yang mampu menghasilkan *bandwidth* yang lebih lebar dan sesuai dengan rekomendasi.

Perbaikan *bandwidth* dapat dilakukan melalui pemilihan antenna jenis fraktal Koch. Berdasarkan pertimbangan hasil performansi [8], iterasi fraktal Koch yang menghasilkan performansi cukup baik ada pada iterasi-2. Karena pada peningkatan iterasi-0 hingga iterasi-2 menunjukkan bahwa frekuensi kerja yang dihasilkan semakin turun sedangkan pada iterasi-2 menuju iterasi-3 menunjukkan frekuensi kerja yang semakin meningkat. Sedangkan antenna

yang dibutuhkan untuk aplikasi televisi digital terrestrial ada pada frekuensi rendah sehingga digunakan fraktal Koch iterasi-2.

II. TEORI

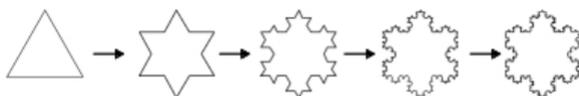
A. Televisi Digital

Pada penyiaran televisi analog semakin jauh dari stasiun pemancar televisi maka sinyal akan semakin melemah dan penerimaan gambar menjadi buruk dan berbayang sedangkan pada penyiaran televisi digital, pengiriman gambar dan suara jernih sampai pada titik dimana sinyal tidak dapat diterima lagi, apabila perangkat penerima siaran digital dapat menangkap sinyal maka program siaran akan diterima begitu juga sebaliknya, jika sinyal tidak diterima maka gambar dan suara tidak muncul.

Sesuai dengan Peraturan Menteri Komunikasi dan Informatika Nomor 23/PER/M.KOMINFO/11/2011 tentang Rencana Induk (Masterplan) Frekuensi Radio Untuk Keperluan Televisi Siaran Digital Terrestrial Pada Pita Frekuensi Radio 478-694 MHz, maka frekuensi yang akan digunakan pada Televisi Digital Terrestrial yaitu mulai dari nomor kanal 22 hingga kanal 48.

B. Fraktal Koch

Bentuk fraktal adalah bentuk geometri yang dapat difragmentasi atau dibagi-bagi menjadi bagian yang lebih kecil karena apabila hasil pembagian diperbesar maka akan terbentuk dimensi yang mirip dengan bentuk aslinya.



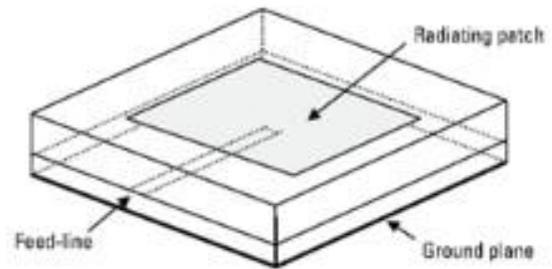
Gambar 1. Proses Iterasi Fraktal Koch^[5]

Gambar 1 menunjukkan proses iterasi geometri fraktal Koch mulai dari iterasi-0 dst. Iterasi-0 merupakan inisiator dengan bentuk segitiga sama sisi.

Antena mikrostrip fraktal dapat digunakan untuk tujuan mereduksi antena, menjadikan antena bersifat multiband hanya dengan menggunakan sebuah antena dan memiliki impedansi input yang baik. Namun, disini lain fraktal memiliki bentuk yang kompleks sehingga perhitungan matematis untuk mendapatkan geometri tidak mudah serta gain yang dihasilkan akan menurun.^[5]

C. Proximity

Proximity merupakan teknik pencatutan tidak langsung Digunakan dua lapis substrat dimana feed line akan diletakkan diantara kedua substrat. Sehingga letak patch berada diatas dua buah substrat^[6]. Gambar 2 merupakan konfigurasi bentuk mikrostrip catuan proximity.



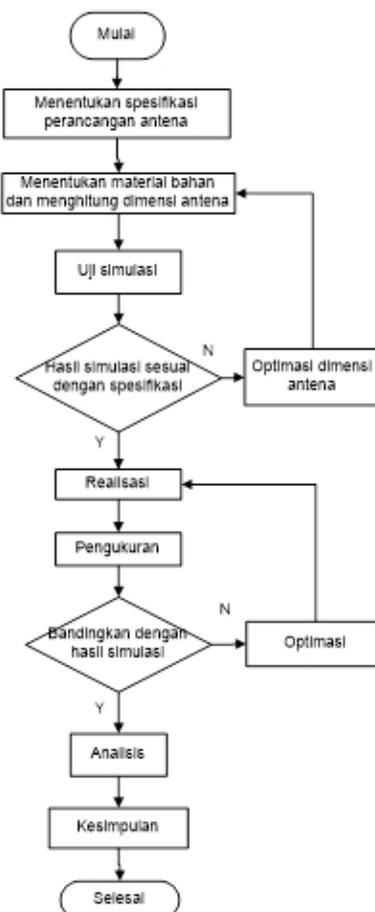
Gambar 2. Proximity Coupled^[7]

III. PERANCANGAN

Sebelum melakukan realisasi antena, terlebih dahulu dilakukan perancangan. Perancangan ini dilakukan dengan menggunakan software simulator perancangan antena berbasis Finite Integration Technique (FIT). Setelah dihasilkan dimensi optimal antena, langkah selanjutnya yaitu fabrikasi. Fabrikasi dilakukan dengan menggunakan jasa pencetakan Printed Circuit Board (PCB).

A. Tahap Perancangan

Langkah-langkah perancangan antena adalah sebagai berikut:



Gambar 3. Diagram Perancangan Antena

B. Model Perancangan

Proses pembuatan antenna diawali dengan menentukan spesifikasi bentuk antenna beserta parameternya, yaitu frekuensi kerja, *bandwidth*, polarisasi, pola radiasi dan *gain* berikut^{[9][11]},

Spesifikasi	Keterangan
Frekuensi televisi digital terrestrial	(478-694) MHz
Frekuensi kerja	586 MHz
Bandwidht	216 MHz
Pola radiasi	Unidireksional
Polarisasi	Linier Horizontal
VSWR	≤ 1,8
Gain	≥ 6 dB

Tabel 1. Spesifikasi Antena Televisi Digital Terrestrial

Setelah ditentukan spesifikasi antenna kemudian dilakukan perhitungan dimensi mikrostrip, mulai dari substrat, *groundplane* dan *patch*. Dimensi tersebut dihasilkan dari perhitungan secara matematis.

Dengan frekuensi kerja sebesar 586 Mhz. Untuk mendapatkan dimensi fraktal Koch, digunakan persamaan berikut^[1],

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

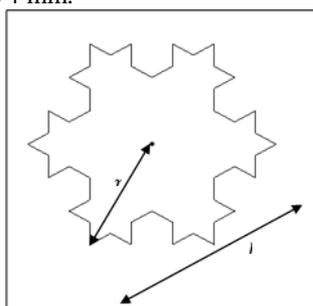
$h =$ sisi segitiga sama sisi (m)

$$h = \frac{4}{3} l$$

$\lambda =$ panjang gelombang (m)
 $c =$ cepat rambat cahaya = 3×10^8 m/s
 $f =$ frekuensi kerja (Hz)
 $l =$ panjang sisi saat iterasi-n

Dengan memasukkan nilai $c = 3 \times 10^8$ m/s dan frekuensi tengah yang dibutuhkan sebesar $f = 5,86 \times 10^8$ Hz serta nilai $n = 0$ sebagai inisiator maka dihasilkan panjang sisi segitiga sama sisi (inisiator fraktal Koch) sebesar 128 mm.

Gambar 4 menunjukkan bentuk geometri fraktal Koch iterasi-2, dari gambar tersebut terlihat bahwa panjang sisi segitiga sama sisi sebagai inisiaor dinyatakan dengan l (mm). Sehingga berdasarkan rumus segitiga sama sisi, radius dari inisiator tersebut sebesar $r \approx 74$ mm.



Proses selanjutnya yaitu menghitung dimensi pencatu. Persamaan yang digunakan yaitu menggunakan persamaan dari *microstripline*. Impedansi saluran transmisi sebesar 50Ω sehingga panjang (l) dan lebar (w) *line* pencatu sebagai berikut^[2]:

$$w = \frac{2h}{\pi} B^{-1 - \ln 2} B - 1 + \frac{\epsilon_r - 1}{2\epsilon_r} \ln B - 1 + 0,39 - \frac{0,61}{\epsilon_r}$$

$$B = \frac{60\pi^2}{Z_0 \sqrt{\epsilon_r}} = 5,77$$

$$w = \frac{2 \times 1,6}{\pi} 5,77 - 1 - \ln 2 \times 5,77 - 1 + \frac{4,2 - 1}{2 \times 4,2} \ln 5,77 - 1 + 0,39 - \frac{0,61}{4,2} \approx 3,1 ()$$

$$\epsilon_{reff} = \frac{\epsilon_r + 1}{2} + \frac{\epsilon_r - 1}{2} \frac{1}{1 + 12 \frac{h}{w}}$$

$$\frac{\lambda_0}{\epsilon_{reff}} = \frac{c}{f \epsilon_{reff}} = \frac{3 \cdot 10^8}{586 \cdot 10^6 \epsilon_{reff}}$$

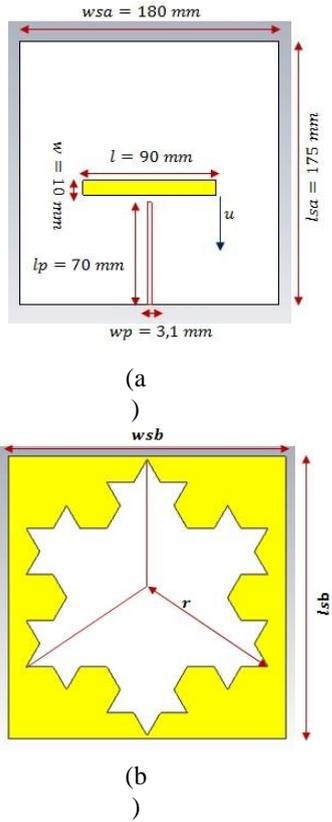
$$\lambda_g = \frac{\lambda_0}{\epsilon_{reff}} = \frac{0,28}{\sqrt{3,26}} = 0,28 (m)$$

$$l = \frac{\lambda_g}{4} = \frac{0,28}{4} = 70 ()$$

Dari persamaan diatas dihasilkan panjang pencatu sebesar $l \approx 70$ mm dan lebar pencatu sebesar $w \approx 3,1$ (mm). Setelah dilakukan simulasi, dimensi optimal yang dihasilkan sebagai berikut:

Gambar 4. Geometri Fraktal Koch Iterasi-2

Bahan yang digunakan pada perancangan dan realisasi yaitu FR4-Epoxy dengan konstanta dielektrik sebesar 4,2 dan ketebalan 1,6 mm. Sedangkan pada bagian konduktor digunakan bahan tembaga dengan ketebalan 0,035 mm.

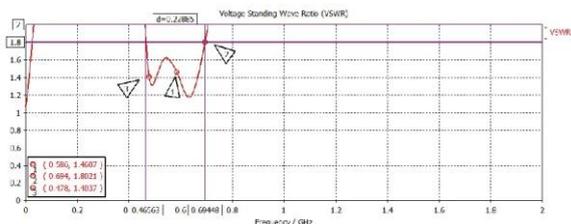


Gambar 5. Rancangan Antena Setelah Optimasi (a) Tampak Depan (b) Tampak Belakang

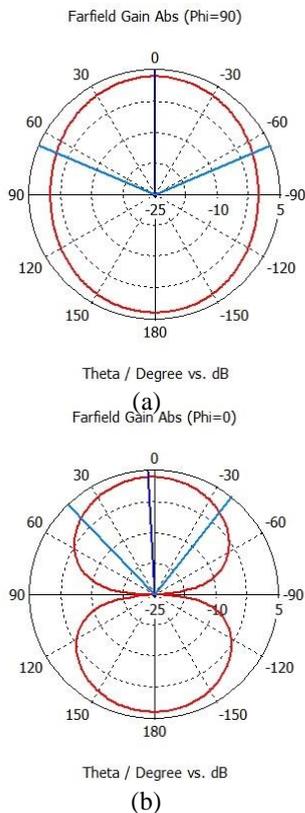
Setelah dilakukan beberapa optimasi, didapatkan dimensi optimal untuk setiap parameter yang ditunjukkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Parameter Dimensi Antena

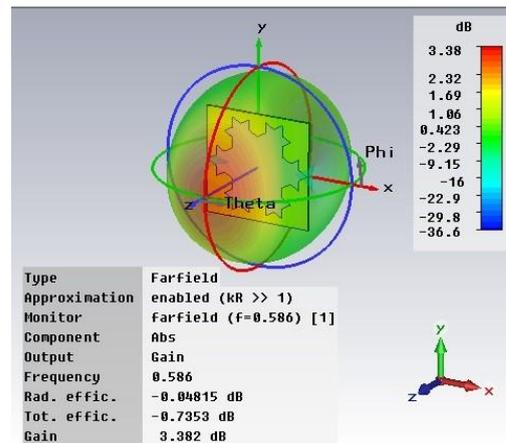
Parameter	Nilai (mm)	Keterangan
<i>h</i>	1,6	Tebal substrat bawah
<i>h_a</i>	1,6	Tebal substrat atas
<i>l</i>	90	Panjang <i>patch</i>
<i>l_p</i>	85	panjang pencatu
<i>l_{sa}</i>	175	Panjang substrat atas
<i>l_{sb}</i>	175	Panjang substrat bawah
<i>r</i>	88	Radius
<i>t</i>	0,035	Tebal <i>patch</i>
<i>u</i>	20	Pergeseran <i>patch</i> menuju tepi bawah
<i>w</i>	10	Lebar <i>patch</i>
<i>w_p</i>	10	Lebar <i>feed line</i>
<i>w_{sa}</i>	180	Lebar substrat atas
<i>w_{sb}</i>	180	Lebar substrat bawah



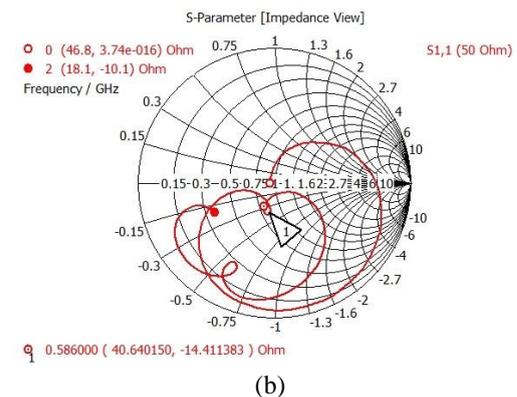
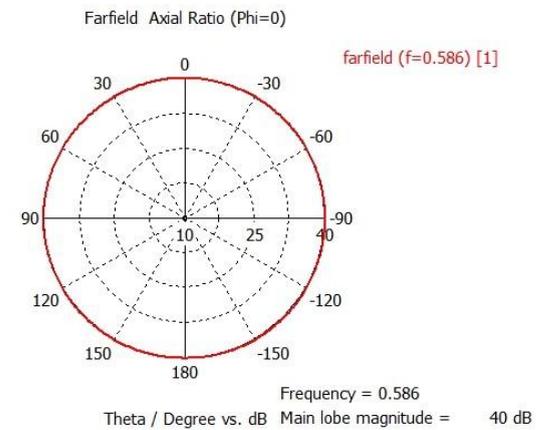
Gambar 6. Grafik VSWR Hasil Simulasi



Gambar 7. Pola Radiasi Hasil Simulasi (a) Azimuth (b) Elevasi



Gambar 8. Gain Hasil Simulasi

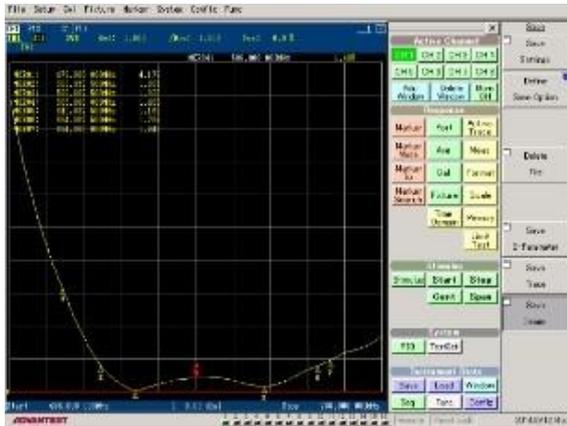


Gambar 9. Grafik Hasil Simulasi (a) Polarisasi (b) Impedansi

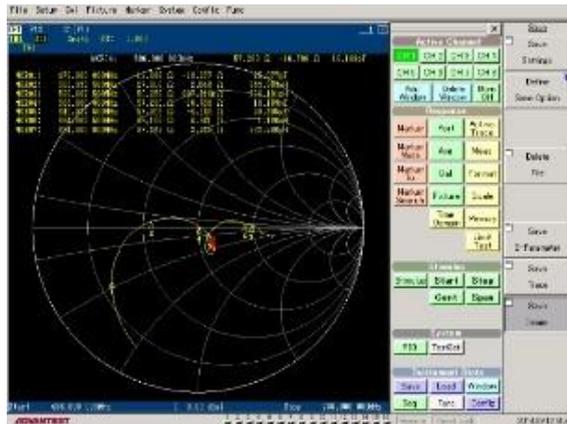
C. Hasil Simulasi

Gambar 6 menunjukkan grafik VSWR hasil simulasi dimana frekuensi yang terlindungi pada $VSWR \leq 1,8$ yaitu pada (465,63 – 694,48) MHz sehingga bandwidth sebesar 228,85 MHz. pola radiasi hasil simulasi ditunjukkan pada gambar 7. Pada gambar 7 terlihat bahwa pola radiasi yang dihasilkan pada bidang azimuth dan elevasi

berbentuk bidireksional dengan pusatnya pada 0° dan 180°. Gain yang dihasilkan saat simulasi terlihat pada gambar 8 sebesar 3,38 dB. Polarisasi bersifat elips jika nilai mainlobe magnitude yang dihasilkan ada diantara 40 dB sampai tak hingga. Oleh karena itu dari gambar 9 dapat dinyatakan polarisasi bersifat ellips. Gambar 10 menunjukkan besarnya impedansi pada antenna saat disimulasikan sebesar (40,64-j14,41) Ω.

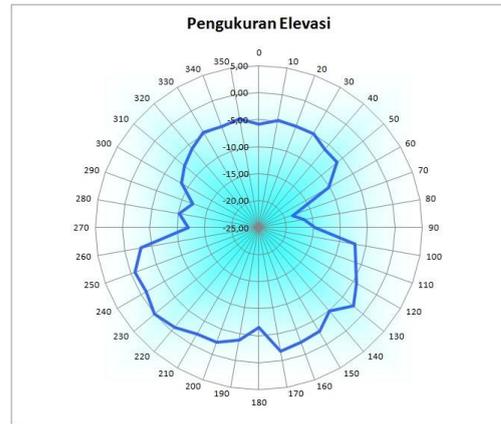


(a)

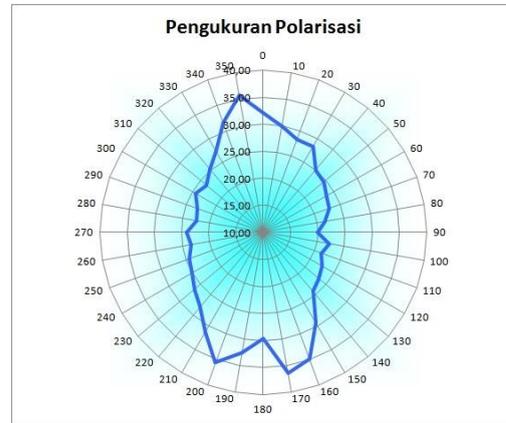


(b)

Gambar 10. Hasil Pengukuran (a) Bandwidth VS SWR ≤ 1,8 (b) Impedansi



(b)



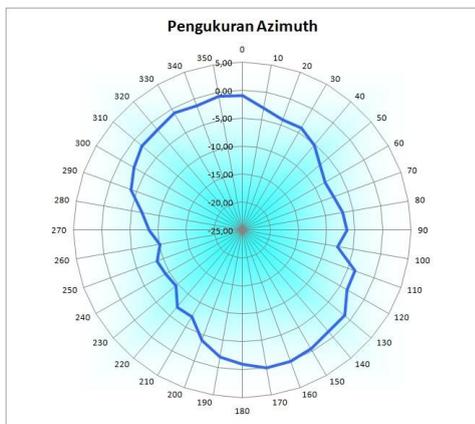
(c)

Gambar 11. Hasil Pengukuran Pola Radiasi (a) Azimuth (b) elevasi (c) Polarisasi

IV. PENGUKURAN DAN ANALISIS

Setelah dilakukan realisasi antenna hasil optimal dari simulasi yaitu pengukuran. Pengukuran dilakukan pada medan dekat dan medan jauh. Pengukuran medan dekat menggunakan perangkat Network Analyzer untuk melihat lebar bandwidth dan impedansi antenna. Dari gambar 10 terlihat bahwa bandwidth yang terlindungi pada $VSWR \leq 1,8$ yaitu 175,125 MHz pada rentang frekuensi (508,9375 – 684,0625) Mhz dan impedansi antenna yang terukur sebesar (57,280-j16,796)Ω.

Pengukuran medan jauh untuk mengukur pola radiasi, polarisasi dan gain. Perangkat yang digunakan saat medan jauh yaitu Signal Generator, Spectrum Analyzer dan antenna referensi. Antenna referensi yang digunakan yaitu dipole dengan gain 2,14 dB dan frekuensi kerja pada 586 MHz. Pada gambar 11 menunjukkan hasil pengukuran pola radiasi. Pola radiasi secara azimuth (gambar 11a) terukur bidireksional dengan pancaran utama pada 160°, pola radiasi elevasi (gambar 11b) terukur bidireksional dengan pancaran utama 230° dan polarisasi (gambar 11c) terhitung secara axial ratio bersifat ellips.



(a)

Pengukuran gain dilakukan dengan metode dua antenna dimana salah satu antenna yang digunakan untuk referensi telah diketahui nilai gainnya.

Tabel 3. Daya Terima Pengukuran Gain

NO	Antena Under Test (dBm)
1	-28.82
2	-28.98
3	-28.73
4	-28.77
5	-28.73
6	-28.88
7	-28.72
8	-28.29
9	-28.69
10	-28.13
$G_t + G_r = 20 \log \frac{4\pi R}{\lambda} + 10 \log \frac{P_r}{P_t}$	Daya diterima rata-rata = 10 log -28.66672217

$$G_r = 20 \log \frac{4\pi R}{\lambda} + 10 \log \frac{586 \times 10^6}{1,357 \times 10^{-3}}$$

$$G_r = 33,8 - 28,67 = 2,09 \text{ dB}$$

Tabel 3 menunjukkan hasil pengukuran gain dengan mengambil *sample* sebanyak 10 kali. Untuk mendapatkan nilai gain dilakukan perhitungan dengan rumus tersebut diatas [1]. Dari persamaan tersebut gain yang tercapai setelah pengukuran sebesar 2,09 dB.

V. KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Kesimpulan yang diambil dari hasil perancangan, realisasi dan pengukuran pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. *Bandwidth* yang tercapai saat pengukuran meningkat sebesar $4,27 \times$ dibandingkan dengan penelitian sebelumnya [12].
2. Dari hasil simulasi, parameter yang sesuai dengan spesifikasi yaitu *bandwidth* sebesar 228,85 MHz dengan polarisasi linier horizontal.
3. *Bandwidth* dan impedansi pada hasil pengukuran terjadi perbedaan disebabkan karena adanya *air gap* diantara kedua substrat.
4. Penggunaan slot fraktal Koch pada *ground plane* mengakibatkan pola radiasi yang dihasilkan bersifat bidireksional.

B. Saran

Untuk mendapatkan performansi yang lebih baik, saran untuk penelitian berikutnya antara lain

1. Untuk mendapatkan hasil pengukuran yang optimal maka disarankan untuk menggunakan teknik tertentu untuk meminimalisasi adanya *air gap* sehingga frekuensi hasil pengukuran tidak bergeser terlalu jauh.
2. Penggunaan metal reflector pada sisi slot dapat menanggulangi sifat pola radiasi bidireksional menjadi unidireksional^[10].
3. Dapat digunakan teknik pencatutan yang lain yang hanya menggunakan sebuah *single layer* yang dapat memberikan performansi yang tidak jauh berbeda dengan antenna pada penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] A. Ismahayati, P. S. (12th-14th December 2011). Design and Analysis of a *MultibandhKoch Fractal Monopole Antena*. *IEEE International RF and Microwave Conference (RFM 2011)*.
- [2] Balanis, C. A. (2005). *ANTENA THEORY ANALYSIS AND DESIGN Third Edition*. Canada: Wiley-Interscience.
- [3] HAKIM, A. R. (2014). *PERANCANGAN DAN REALISASI ANTENA MIKROSTRIP POLARISASI SIRKULAR DENGAN CATUAN PROXIMITY COUPLED UNTUK CIRCULARLY POLARIZED SYNTHETIC APERTURE RADAR (CP-SAR)*. BANDUNG.
- [4] Kraus, J. D. (1997). *ANTENAS Second Edition*. India: Tata McGraw-Hill.
- [5] Nemanja POPRZEN, M. G. (t.thn.). *FRACTAL ANTENAS: DESIGN, CHARACTERISTICS AND APPLICATION*. *Regular paper*.
- [6] Ramesh garg, P. B. (2001). *Microstrip Antena Design Handbook*. Boston London: Artech House.
- [7] Ray, G. K. (2003). *Broadband Microstrip Antenas*. London: Artech House.
- [8] Rian Aditia, Y.C. (n.d.). Perancangan dan Analisis Kinerja Antena Dipole Fraktal Koch Tipe Planar pada Pita Frekuensi UHF Televisi. Makalah Seminar Tugas Akhir
- [9] Setiawan, D. (2010). *Alokasi Frekuensi Kebijakan dan Perencanaan Spektrum Indonesia*. Jakarta: Departemen Komunikasi dan Informatika, Direktorat Jendral Pos dan Telekomunikasi.
- [10] Simons, Rainance N., "Coplanar Waveguide Circuits, Componenets and System", (USA:John Willey and Sons, 2001)
- [11] Wahyu, Yuyu.2009.Pemancar Televisi Digital Standart DVB-T. Bandung. LIPI
- [12] WICAKSONO, H. C. (2013). *PERANCANGAN DAN REALISASI ANTENA MIKROSTRIP LOG PERIODIK*. BANDUNG.