

Antena Fraktal Koch dengan Catuan EMC pada UHF untuk Aplikasi Televisi Digital Terrestrial

Koch Fractal Antenna at UHF Band Using EMC Feeding for Digital Terrestrial Television Applications

Yuyu Wahyu^{a,*}, Ukhty Syakirotnunnikmah^b, Heroe Wijanto^b,
Yana Taryana^a, Arie Setiawan^a

^aPusat Penelitian Elektronika dan Telekomunikasi, Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia.

Komp LIPI Gd 20, Jl Sangkuriang 21/54D, Bandung 40135, Indonesia

^bJurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Telkom,

Jl. Telekomunikasi Terusan Buah Batu Bandung 40257, Indonesia

Abstrak

Televisi merupakan teknologi yang sudah ada sejak beberapa dekade yang lalu. Televisi kini mengalami perkembangan yang awalnya menggunakan modulasi analog, dewasa ini berkembang menggunakan modulasi digital yang harus diimbangi dengan perangkat antenna yang handal. Dilatarbelakangi oleh penelitian sebelumnya, maka pada paper ini akan dirancang antenna dengan *bandwidth* yang lebih lebar agar sesuai dengan rekomendasi dari KOMINFO. Pada paper ini, diajukan rancangan antenna mikrostrip fraktal Koch iterasi kedua dengan teknik slot pada bagian *groundplane*-nya dengan pencatuan *proximity* melalui teknik EMC (*electromagnetically coupled*) menggunakan bahan material 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). Berdasarkan simulasi dan analisis yang telah dilakukan, menunjukkan bahwa dengan menggabungkan antara teknik pencatuan EMC dan fraktal Koch yang dimodifikasi menjadi slot pada bagian *groundplane* mampu meningkatkan *bandwidth* antenna dan 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*, EMC, televisi digital terrestrial.

Abstract

Television is a technology that has been existed since several decades ago. It has advanced from using analogue modulation into using digital modulation that must be balanced with a reliable antenna device. Hence, initiated from the last studies, this research focussed on a large bandwidth antenna for satisfying digital television bandwidth specified by KOMINFO. In this paper, a design of second iteration Koch fractal microstrip antenna is proposed with slotted technique on its groundplane by the proximity feeding applied EMC (*electromagnetically coupled*) technique by 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 EMC feeding and modified Koch fractal as slotted on the groundplane, the technique led to bandwidth improvement. The results have also shown that antenna obtained a bandwidth of 228.6 MHz with VSWR ≤ 1.8 , a measured gain of 2.09 dB, and bidirectional radiation pattern and horizontal ellips polarization.

Keywords: microstrip, Koch fractal, *proximity*, EMC, digital terrestrial television.

I. PENDAHULUAN

Dewasa ini perkembangan teknologi siaran di bidang televisi berkembang dengan pesat. Selama ini sistem siaran yang dipakai adalah sistem siaran analog yang bekerja pada frekuensi 470-806 MHz. Seiring dengan perkembangan teknologi, sistem siaran televisi mulai digunakan sistem siaran digital. Perubahan sistem ini berdampak terhadap perubahan alokasi frekuensi penyiaran televisi karena 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.

Untuk memenuhi kebutuhan salah satu perangkat sistem siaran televisi digital, maka telah dilakukan penelitian pada bagian antenna. Pada penelitian ini telah dilakukan rancangan antenna mikrostrip log periodik dengan patch meander yang berukuran 81,6×50,94 mm [1]. Antena ini dirancang pada frekuensi kerja 700 MHz dan menghasilkan *bandwidth* sebesar 41 MHz. *Bandwidth* yang dihasilkan masih belum memenuhi kebutuhan standar sistem siaran televisi digital. Oleh karena itu untuk mengembangkan penelitian tersebut, perlu digunakan teknik tertentu yang mampu menghasilkan *bandwidth* yang lebih lebar dan sesuai dengan rekomendasi dari KOMINFO.

* Corresponding Author.

Email: yuyuwahyusr@gmail.com

Received: April 13, 2015; Revised: April 24, 2015

Accepted: May 7, 2015

Published: June 30, 2015

© 2015 PPET - LIPI

doi : 10.14203/jet.v15.1-5

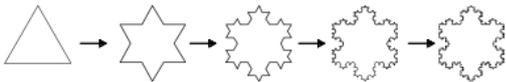
Perbaikan *bandwidth* dapat dilakukan melalui pemilihan antenna jenis fraktal Koch. Pada proses perancangannya dilakukan beberapa iterasi untuk menghasilkan performansi yang dapat memenuhi standar kebutuhan. Berdasarkan hasil iterasi [2], maka iterasi fraktal Koch yang menghasilkan performansi cukup baik terjadi 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. Karena antenna yang dibutuhkan untuk aplikasi televisi digital terrestrial ada pada frekuensi rendah maka digunakan fraktal Koch iterasi-2.

Berdasarkan beberapa pertimbangan tersebut, dalam paper ini diusulkan antenna fraktal koch dengan catuan EMC pada UHF untuk aplikasi televisi digital terrestrial.

II. STRUKTUR DASAR

A. 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.



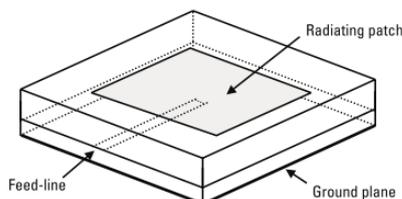
Gambar 1. Proses Iterasi Fraktal Koch [3].

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

Antena mikrostrip fraktal dapat digunakan untuk tujuan mereduksi antenna, menjadikan antenna bersifat *multiband* hanya dengan menggunakan sebuah antenna dan memiliki impedansi *input* yang baik. Antena fraktal ini memiliki bentuk fisik yang kompleks sesuai dengan hasil iterasinya sehingga dalam merancang model antenna ini membutuhkan perhitungan matematis yang teliti [3].

B. EMC (*Electromagnetically Coupled*)

EMC (*electromagnetically coupled*) merupakan teknik pencatutan tidak langsung yaitu dengan menggunakan dua lapisan substrat, *feed line* akan diletakkan di antara kedua substrat. Sehingga letak *patch* berada di atas dua buah substrat [4]. Gambar 2 merupakan konfigurasi bentuk mikrostrip catuan *proximity*.



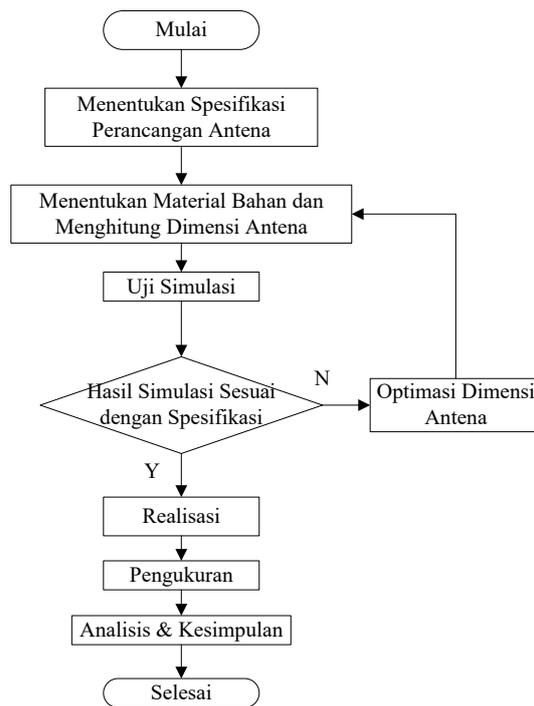
Gambar 2. *Electromagnetically Coupled* [5].

PERANCANGAN DAN REALISASI

Proses perancangan dilakukan dengan menggunakan perangkat lunak simulator perancangan antenna CST berbasis *Finite Integration Technique* (FIT). Perangkat lunak ini dapat memberikan nilai dimensi optimal pada setiap iterasi. Hasil simulasi yang paling optimal kemudian direalisasikan dengan menggunakan bahan material substrat FR4 epoxy yang memiliki konstanta dielektrik 4,2 pada frekuensi 586 MHz dan pada bagian konduktornya digunakan bahan tembaga dengan ketebalan 0,035 mm.

A. Perancangan dan Simulasi

Langkah-langkah perancangan antenna ditunjukkan pada Gambar 3 sebagai berikut:



Gambar 3. Diagram Perancangan Antena.

B. Model Perancangan

Proses perancangan diawali dengan menentukan spesifikasi bentuk antenna dan parameter-parameter yang diinginkan, seperti frekuensi kerja, *bandwidth*, polarisasi, pola radiasi dan *gain* berikut [6], [7].

TABEL 1
SPESIFIKASI ANTENA TELEVISI DIGITAL TERESTRIAL

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

Setelah ditentukan spesifikasi antenna yang tertera pada Tabel 1, kemudian dilakukan perhitungan dimensi mikrostrip, mulai dari substrat, *groundplane* dan *patch*. Dimensi tersebut dihasilkan dari perhitungan secara matematis pada frekuensi kerja 586 MHz.

Untuk mendapatkan dimensi fraktal Koch, digunakan persamaan-persamaan berikut [8]:

$$\lambda = \frac{c}{f} \tag{1}$$

$$h = \frac{\lambda}{4} \tag{2}$$

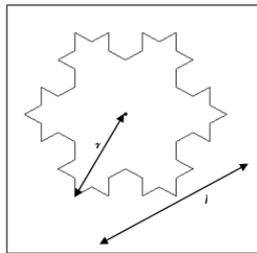
$$l = h \left(\frac{4}{3}\right)^n \tag{3}$$

di mana

- h = sisi segitiga sama sisi (m),
- λ = 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 inisiator dinyatakan dengan l (mm). Sehingga berdasarkan rumus segitiga sama sisi, radius dari inisiator tersebut sebesar $r \approx 74$ mm.



Gambar 4. Geometri Fraktal Koch Iterasi-2.

Proses selanjutnya yaitu menghitung dimensi pencatu dengan menggunakan persamaan *microstripline*. Impedansi saluran transmisi sebesar 50Ω sehingga panjang (l) dan lebar (w) *line* pencatu sebagai berikut [9]:

$$w = \frac{2h}{\pi} \left\{ B - 1 - \ln(2B - 1) + \frac{\epsilon_r - 1}{2\epsilon_r} \left[\ln(B - 1) + 0,39 - \frac{0,61}{\epsilon_r} \right] \right\} \tag{4}$$

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

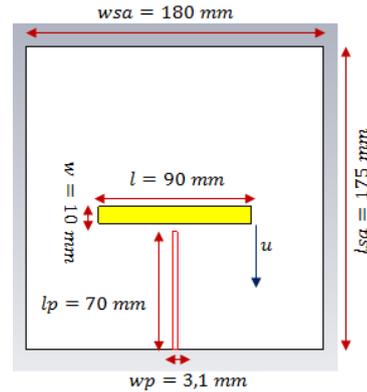
$$w = \frac{2 \times 1,6}{\pi} \left\{ 5,77 - 1 - \ln(2 \times 5,77 - 1) + \frac{4,2 - 1}{2 \times 4,2} \left[\ln(5,77 - 1) + 0,39 - \frac{0,61}{4,2} \right] \right\} \approx 3,1 \text{ (mm)} \tag{6}$$

$$\epsilon_{reff} = \left(\frac{\epsilon_r + 1}{2} \right) + \left(\frac{\epsilon_r - 1}{2} \right) \left(\frac{1}{\sqrt{1 + 12 \frac{h}{w}}} \right) = 3,26 \tag{7}$$

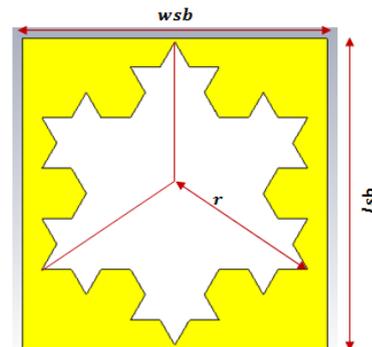
$$\lambda_g = \frac{\lambda_0}{\sqrt{\epsilon_{reff}}} = \frac{\frac{c}{f}}{\sqrt{\epsilon_{reff}}} = \frac{3 \cdot 10^8}{\frac{586 \cdot 10^6}{\sqrt{3,26}}} = 0,28 \text{ (m)} \tag{8}$$

$$l = \frac{\lambda_g}{4} = \frac{0,28}{4} = 70 \text{ (mm)} \tag{9}$$

Dari persamaan di atas dihasilkan panjang pencatu sebesar $l \approx 70$ (mm) dan lebar pencatu sebesar $w \approx 3,1$ (mm). Setelah dilakukan simulasi, maka menghasilkan dimensi yang paling optimal dan parameter parameter yang ditunjukkan oleh Gambar 5 dan Tabel 2.



(a)



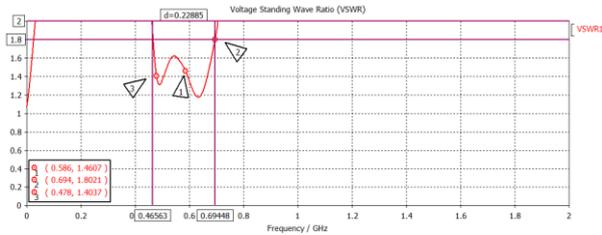
(b)

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

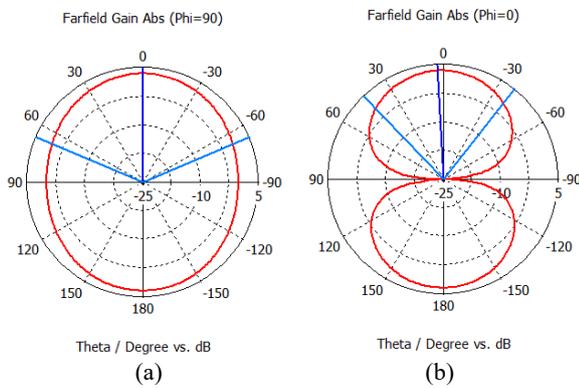
TABEL 2
PARAMETER DIMENSI ANTENA

Parameter	Nilai (mm)	Keterangan
h	1,6	Tebal substrat bawah
ha	1,6	Tebal substrat atas
l	90	Panjang <i>patch</i>
lp	85	panjang pencatu
lsa	175	Panjang substrat atas
lsb	175	Panjang substrat bawah
r	88	Radius
t	0,035	Tebal <i>patch</i>
u	20	Pergeseran <i>patch</i> menuju tepi bawah
w	10	Lebar <i>patch</i>
wp	10	Lebar <i>feed line</i>
wsa	180	Lebar substrat atas
wsb	180	Lebar substrat bawah

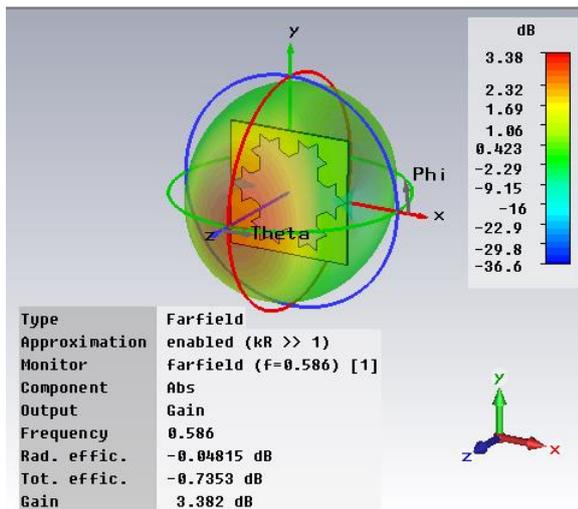
Gambar 6 menunjukkan grafik VSWR hasil simulasi dimana frekuensi yang terlindungi pada $VSWR \leq 1,8$ yaitu pada 465,63-694,48 MHz sehingga memiliki *bandwidth* sebesar 228,85 MHz. Pola radiasi hasil simulasi ditunjukkan pada Gambar 7. Gambar 7 menunjukkan pola radiasi yang dihasilkan pada bidang azimuth 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 dan nilai *mainlobe magnitude* yang dihasilkan ada di antara 40 dB sampai tak hingga.



Gambar 6. Grafik VSWR Hasil Simulasi



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

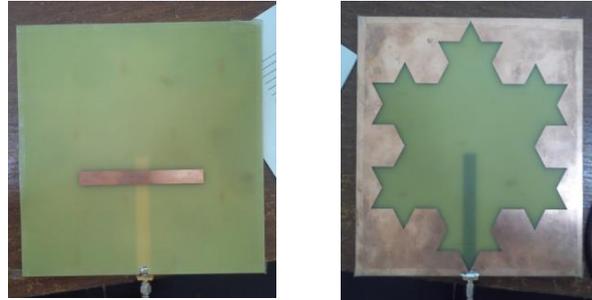


Gambar 8. Gain Hasil Simulasi

PENGUKURAN DAN ANALISIS

Dari hasil simulasi yang paling optimal, kemudian dilakukan proses pabrikan untuk menghasilkan protipe antenna yang ditunjukkan pada Gambar 9. Selanjutnya dilakukan proses pengukuran terhadap prototipe tersebut untuk mendapatkan karakteristik antenna yang sebenarnya.

Pengukuran dilakukan pada medan dekat dan medan jauh. Pengukuran medan dekat dimaksudkan 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 $(57,280-j16,796) \Omega$, sedangkan pengukuran medan jauh dilakukan untuk mengukur pola radiasi, polarisasi dan *gain*.



Gambar 9. Prototipe Antena.

Perangkat yang digunakan saat medan jauh yaitu *signal generator*, *spectrum analyzer*, dan antenna referensi. Antena referensi yang digunakan yaitu dipole dengan *gain* 2,14 dB dan frekuensi kerja pada 586 MHz. Pada Gambar 10 menunjukkan hasil pengukuran pola radiasi. Pola radiasi secara azimuth (Gambar 11 (a)) terukur bidireksional dengan pancaran utama pada 160° , pola radiasi elevasi (Gambar 11 (b)) terukur bidireksional dengan pancaran utama 230° dan polarisasi (Gambar 11 (c)) terhitung secara *axial ratio* bersifat elips. Pengukuran *gain* dilakukan dengan metode dua antenna di mana salah satu antenna yang digunakan untuk referensi telah diketahui nilai *gain*-nya. Tabel 3 menunjukkan hasil pengukuran *gain* dengan mengambil *sample* sebanyak 10 kali. Untuk mendapatkan nilai *gain* dilakukan perhitungan dengan Persamaan 10. Dari persamaan tersebut *gain* yang tercapai setelah pengukuran sebesar 2,09 dB.

$$G_t + G_r = 20 \log \left(\frac{4\pi R}{\lambda} \right) + 10 \log \left(\frac{P_r}{P_t} \right) \quad (10)$$

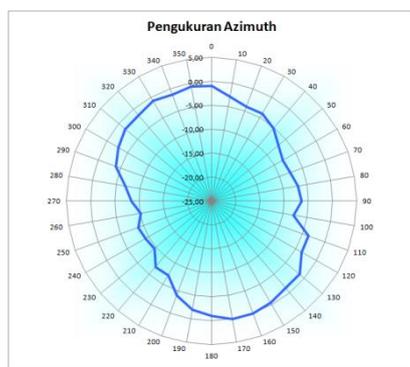
$$2,14 + G_r = 20 \log \left(\frac{4\pi \times 2}{3 \times 10^8} \right) + 10 \log \left(\frac{1,357 \times 10^{-3}}{1} \right)$$

$$2,14 + G_r = 33,8 - 28,67$$

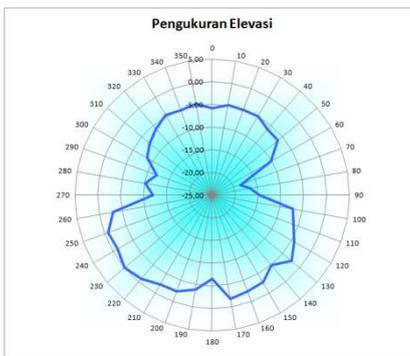
$$G_r = 2,09 \text{ dB}$$

TABEL 3
DAYA TERIMA PENGUKURAN GAIN

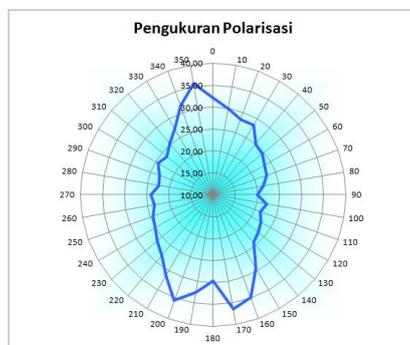
No.	Antena Under Test (dBm)
1	-28.82
2	-28.98
3	-28.73
4	-28.77
5	-28.73
6	-28.88
7	-28.72
8	-28.29
9	-28.69
10	-28.13
Daya terima rata	-28.66672217

Gambar 10. Hasil Pengukuran Bandwidth VSWR $\leq 1,8$.

(a)



(b)



(c)

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

Penggunaan slot fraktal Koch pada *ground plane* mengakibatkan pola radiasi yang dihasilkan bersifat bidireksional, ke depannya hal ini bisa ditanggulangi dengan penggunaan *metal reflector* pada sisi slot sehingga radiasi bidireksional menjadi unidireksional [10].

KESIMPULAN

Perancangan antenna fraktal Koch dengan menggunakan teknik catuan EMC telah dilakukan. Dari hasil simulasi dan pengukuran didapatkan *bandwidth* sebesar 228,6 MHz dengan VSWR $\leq 1,8$, *gain* pengukuran 2,09 dB, dan pola radiasi bidireksional dan polarisasi elips horizontal. Dengan menggabungkan antara teknik pencatuan EMC dan fraktal Koch yang dimodifikasi menjadi slot pada bagian *groundplane* menghasilkan *bandwidth* yang meningkat sebesar 4,27 kali dibandingkan dengan penelitian sebelumnya. Pada *bandwidth* 228,6 MHz dengan polarisasi linier horizontal merupakan parameter yang sesuai dengan spesifikasi.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada PPET LIPI yang telah memfasilitasi pelaksanaan penelitian ini melalui pendanaan DIPA Tematik.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] H. C. Wicaksono, "Perancangan dan realisasi antenna mikrostrip log periodik pada frekuensi 700 MHz untuk aplikasi DVB-T", Skripsi, Universitas Telkom, Bandung, Indonesia, 2013.
- [2] Rian Aditia, Y. Christyono, I. Santoso, "Perancangan dan analisis kinerja antenna dipole fraktal koch tipe planar pada pita frekuensi UHF televise", Makalah Seminar Tugas Akhir, Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro, Semarang, Indonesia, 2011.
- [3] N. Poprzen and M. Gaćanović. (2015). Fractal antennas: design, characteristics and application. [Online]. Available: http://www.phd.etfbl.net/files/Works_PDF/Poprzen%20Nemanj%20a%20.pdf.
- [4] R. Garg, P. Bhartia, I. Bahl, and A. Ittipiboon, *Microstrip Antena Design Handbook*, Norwood, MA-USA: Artech House, Inc., 2001.
- [5] G. Kumar and K. P. Ray, *Broadband Microstrip Antenas*, Norwood, MA-USA: Artech House, Inc., 2003.
- [6] D. Setiawan, *Alokasi Frekuensi Kebijakan dan Perencanaan Spektrum Indonesia*, Jakarta, Indonesia: Departemen Komunikasi dan Informatika, Direktorat Jendral Pos dan Telekomunikasi, 2010.
- [7] Y. Wahyu, "Pemancar televisi digital standart DVB-T", PPET-LIPI, Bandung, Indonesia, Laporan Penelitian, 2009.
- [8] A. Ismahayati, P. J. Soh, R. Hadibah, G. A. E. Vandenbosch, "Design and analysis of a multiband koch fractal monopole antenna". In *Proceedings of 2011 IEEE International RF and Microwave Conference (RFM 2011)*, December 2011.
- [9] C. A. Balanis, *Antena Theory Analysis and Design, 3rd ed.*, Hoboken, NJ-USA: John Wiley & Sons, Inc., 2005.
- [10] R. N. Simons, *Coplanar Waveguide Circuits, Components and System*, New York, NY-USA: John Wiley and Sons, 2001.