

ANALISIS KARAKTERISTIK *MULTIBAND* DAN *WIDEBAND* PADA ANTENA FRAKTAL KOMBINASI TERHADAP ITERASI DENGAN BENTUK GEOMETRI YANG BERBEDA

ANALYSIS OF THE *MULTIBAND* AND *WIDEBAND* CHARACTERISTICS IN FRACTAL COMBINATION ANTENNA WITH RESPECT TO THE DIFFERENT GEOMETRICAL SHAPES IN ITERATION

Anjang Purnomo¹, Bambang Setia N., ST., MT², Budi Syihabuddin, ST., MT³

^{1,2,3}Fakultas Teknik, Telkom University, Bandung

Jl. Telekomunikasi, Dayeuh Kolot Bandung 40257 Indonesia

¹anjang.purnomo@gmail.com, ²bambangsetianugroho@telkomuniversity.ac.id,

³budisyihab@telkomuniversity.ac.id

ABSTRAK

Dalam penelitian ini, dilakukan rekayasa *patch* fraktal *sierpinski* dan *minkowski* dengan cara membedakan geometri fraktal iterasi pertama dan kedua. Analisis *multiband* dilakukan pada konfigurasi *groundplane* penuh, dan analisis *wideband* dilakukan pada konfigurasi *groundplane* terpotong. Kesimpulan dari penelitian diterapkan pada desain antena *ultra-wideband* yang sudah ada untuk pembuktian.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa fraktal *sierpinski* dan *minkowski* konvensional bukanlah yang paling optimal untuk *bandwidth* impedansi keseluruhan. Sifat *multiband* pada *sierpinski* maupun *minkowski* dengan konfigurasi *groundplane* penuh berkaitan erat dengan luasan geometri yang mengubah lintasan dalam dan luar *patch*, serta perubahan impedansi antena yang dependen terhadap frekuensi. Hasil pengukuran membuktikan bahwa sifat *wideband* pada konfigurasi *groundplane* terpotong berubah signifikan terhadap bentuk geometri dengan penskalaan besar, terutama dalam penurunan *return loss*.

Kata kunci : antena fraktal, *multiband*, *wideband*, *minkowski*, *sierpinski*

ABSTRACT

In this study, the *minkowski* and *sierpinski* fractal patch is configured to have different geometrical shape in 1st and 2nd iteration. *Multiband* analysis performed on the full *groundplane* configurations, and *wideband* analysis performed on truncated *groundplane* configurations. The result of this study is applied to *ultra-wideband* antenna already present to prove its validity.

The results of this study showed that the conventional *Minkowski* and *Sierpinski* fractal is not the most optimal in terms of the overall impedance bandwidth. The *multiband* characteristic of *Sierpinski* and *Minkowski* fractal with full *groundplane* configurations closely related to the geometrical area and the changes of frequency-dependent impedance of the fractal antenna. Measurement result show that *wideband* characteristic of the truncated *groundplane* configurations do change significantly for different geometry at large scaling factor, mainly on *return loss* reduction.

Keywords : fractal antenna, *multiband*, *wideband*, *minkowski*, *sierpinski*

1. PENDAHULUAN

Teknologi nirkabel telah mencapai masa dimana satu perangkat multifungsi diharapkan mampu beroperasi pada frekuensi operasi yang berbeda-beda. Hal ini berimplikasi pada meningkatnya kebutuhan jenis antena yang bersifat *multiband* atau *wideband*. Beberapa penelitian menunjukkan bahwa salah satu jenis antena yang memiliki karakteristik tersebut adalah antena fraktal^[10,8]

Istilah fraktal pertama kali dikemukakan oleh B.B.Mandelbrot pada 1970, dan sejak saat itu, bentuk fraktal mulai diterapkan dalam berbagai bidang, termasuk telekomunikasi^[5]. Pada mulanya, bentuk fraktal berkaitan erat dengan kaidah *self-similarity*, yaitu sebuah aturan dimana setiap iterasi fraktal harus menggunakan bentuk geometri dan pola yang sama. Namun pada saat ini, penelitian mulai dilakukan dengan menggunakan kombinasi

bentuk geometri atau bahkan teknik fraktal yang berbeda sekaligus^[2,3,4,8,9].

Penelitian sebelumnya menggunakan kombinasi dengan teknik fraktal *koch* dan *cantor set* ditujukan untuk mendapatkan keliling *patch* yang optimal pada aplikasi *ultra-wideband* di frekuensi 1-5GHz^[2], kombinasi *triangular koch* dan *minkowski* untuk aplikasi *ultra-wideband*^[8], serta kombinasi *giuseppe peano* bersama *sierpinski* untuk miniaturisasi dan aplikasi *multiband*^[9]. Penelitian-penelitian tersebut menghasilkan nama baru dalam ranah antena fraktal, yaitu antena fraktal kombinasi, atau antena fraktal hibrid.

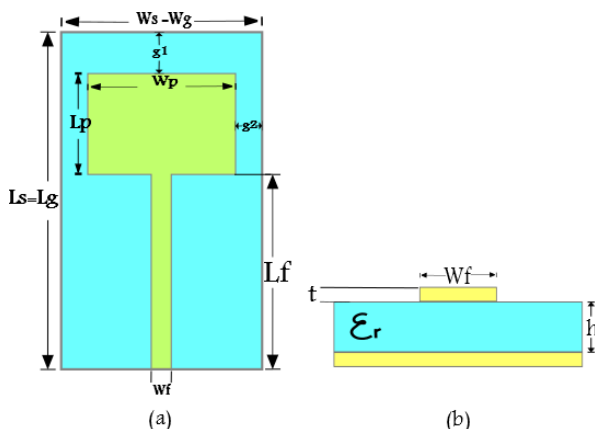
Penelitian ini dilakukan dengan cara keluar dari kaidah *self-similarity*, melakukan rekayasa bentuk di setiap iterasi fraktal *sierpinski* dan *minkowski* sehingga didapatkan karakteristik antena yang berbeda dari fraktal pada umumnya menggunakan

alat bantu simulator CST Microwave Studio 2013. Perbedaan tersebut kemudian diamati dan dianalisis dengan fokus utamanya adalah parameter *return loss* dalam rentang frekuensi 0-10 GHz. Validasi dari kesimpulan dilakukan dengan menerapkannya pada antenna *ultra-wideband* dan melakukan pengukuran.

2. PERANCANGAN & SIMULASI

2.1 Initiator

Initiator atau *patch* iterasi ke-0 dirancang pada frekuensi 2.4 GHz sebagai batasan dimensi *patch* antenna fraktal kombinasi. Dengan menggunakan persamaan *microstrip feedline*, *rectangular patch*^[1] beserta optimasinya^[9], didapatkan dimensi antenna seperti pada gambar 2.1.



Gambar 2.1 *Initiator* (a) Tampak depan (b) Tampak samping

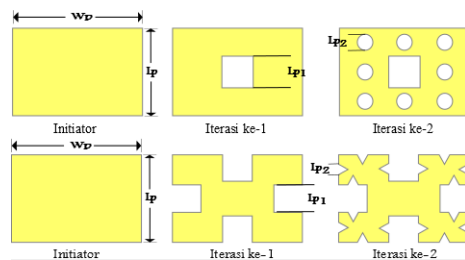
Nilai parameter-parameter pada gambar diatas ditampilkan pada tabel 2.1 dibawah ini.

Tabel 2.1 Nilai parameter *initiator*

Parameter	Nilai (mm)
W_p	36.76
L_p	28.05
W_f	2.96
L_f	50.8
W_g	46.36
L_g	87.44
g_1	8.59
g_2	4.8
h	1.6
t	0.035

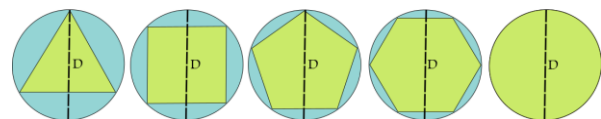
2.2 Patch *sierpinski* dan *minkowski* kombinasi

Patch fraktal kombinasi dirancang dengan batasan ukuran *patch initiator* seperti pada gambar 2.1.



Gambar 2.2 Pembentukan fraktal *sierpinski* iterasi-0 sampai iterasi 2 (3 atas) dan *minkowski* (3 bawah)

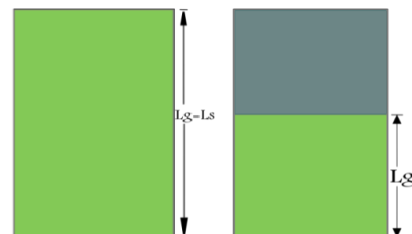
Kombinasi geometri yang digunakan dibentuk dari sebuah lingkaran dengan diameter D seperti pada gambar 3.4. Dimana panjang D untuk iterasi pertama adalah $1/3$ dari L_p dan untuk iterasi kedua adalah $1/9$ dari L_p . Masing-masing geometri mewakili luasan dan keliling yang semakin membesar untuk jumlah sisi yang semakin banyak. Faktor penskalaan diberikan dengan nilai 0.25 hingga 2 pada geometri iterasi kedua teknik fraktal *sierpinski*.



Gambar 2.3 Lima jenis geometri yang digunakan dalam penelitian ini

2.3 Konfigurasi *Groundplane*

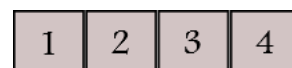
Gambar 2.4 adalah tampak belakang dari antenna fraktal kombinasi. Konfigurasi *groundplane* penuh untuk analisis *multiband*, dan konfigurasi *groundplane* terpotong untuk analisis *wideband*.



Gambar 2.4. Konfigurasi *groundplane* penuh (kiri) dan *groundplane* terpotong (kanan)

2.4 Penamaan Patch Fraktal Kombinasi

Penamaan yang singkat dibutuhkan untuk memudahkan pengamatan hasil simulasi. Gambar 2.5 menampilkan blok penamaan. Blok 1 adalah teknik fraktal *sierpinski* (S) atau *minkowski* (M), blok 2 adalah konfigurasi *groundplane* penuh (T1) atau terpotong (T2), blok 3 dan 4 secara berurutan adalah geometri iterasi pertama dan kedua masing-masing dari segitiga hingga lingkaran secara berurutan dikodekan T, S, P, H, C.



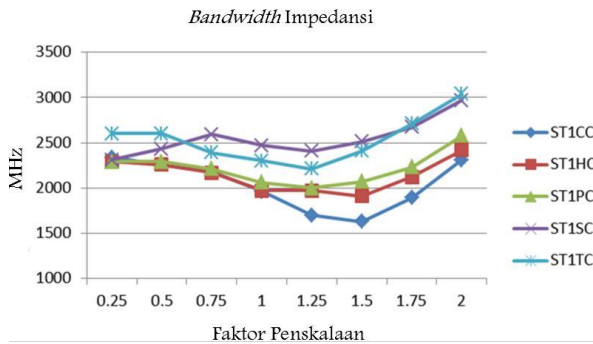
Gambar 2.5 Blok penamaan *patch* fraktal kombinasi

3. SIMULASI DAN REALISASI

Simulasi dilakukan menggunakan aplikasi bantu CST Microwave Studio 2013. Geometri yang berbeda-beda menyebabkan perubahan parameter antenna. Dalam penelitian ini fokus parameter yang dianalisis adalah *return loss*, *bandwidth*, dan potensi miniaturisasi yang secara langsung mempengaruhi karakteristik *multiband* dan *wideband* dari antenna fraktal kombinasi.

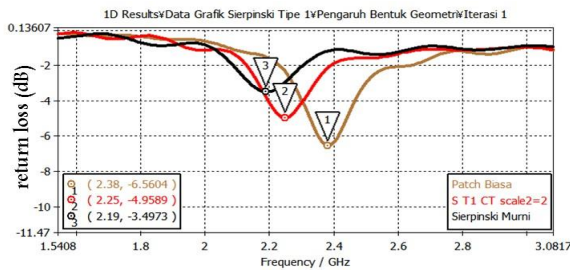
3.1 Sierpinski T1

Dari gambar 3.1 dapat dilihat bahwa optimasi *bandwidth* dengan iterasi pertama segitiga dan iterasi kedua lingkaran mampu mencapai total *bandwidth* 3020 MHz pada penskalaan 2 kali lebih besar.

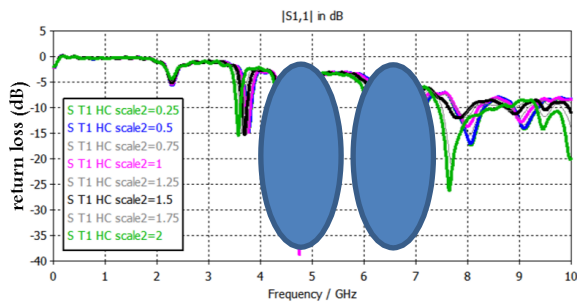


Gambar 3.1 Grafik *Bandwidth Impedansi Sierpinski T1*

Gambar 3.2 menampilkan potensi miniaturisasi jika dibandingkan dengan *patch* biasa dan *sierpinski* konvensional. Terlihat bahwa potensi miniaturisasi kombinasi terbaik *sierpinski* berada diantara *patch* biasa dan *sierpinski* konvensional.



Gambar 3.2 Potensi Miniaturisasi *Sierpinski T1*



Gambar 3.3 Grafik Pengaruh Skala *Sierpinski T1*

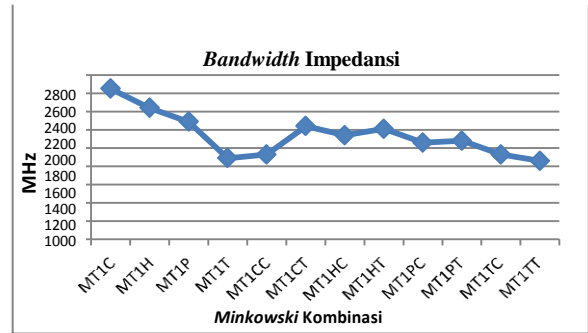
Perubahan luasan geometri dengan skala besar dan luasan lebih besar berimbas pada berubahnya lintasan, serta impedansi *patch* yang bergantung

pada frekuensi sehingga menyebabkan frekuensi resonan terlihat bergeser ke arah frekuensi lebih rendah.

Pada gambar 3.3, dua frekuensi yang berdekatan akan terlihat saling bergabung seiring dengan meningkatnya faktor penskalaan.

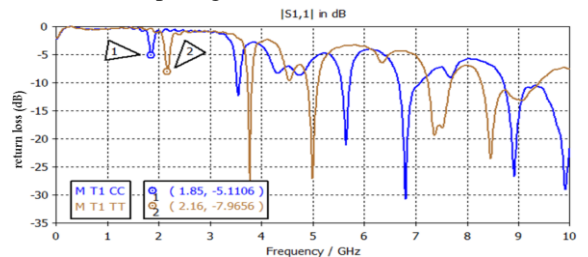
3.2 Minkowski T1

Gambar 3.4 menampilkan tren penurunan *bandwidth* seiring dengan berkurangnya luasan dan keliling bentuk geometri yang digunakan.



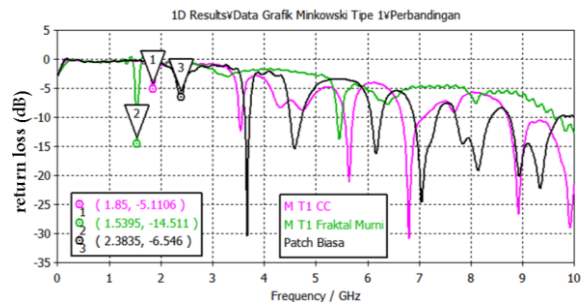
Gambar 3.4 *Bandwidth Impedansi Minkowski Kombinasi T1*

Gambar 3.5 Menunjukkan potensi miniaturisasi pada fraktal *minkowski* kombinasi yang memiliki bentuk geometri terbesar dan terkecil. Dapat disimpulkan bahwa bentuk geometri terbesar yang memiliki keliling tertinggi memiliki potensi miniaturisasi paling baik.



Gambar 3.5 Miniaturisasi terhadap bentuk geometri

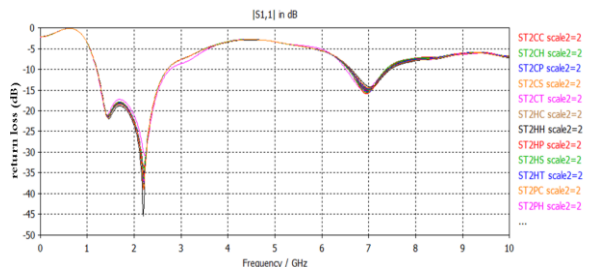
Seperti dilihat pada tabel 3.6 potensi miniaturisasi terbaik tetaplah dimiliki oleh antenna fraktal *minkowski* konvensional. Perbedaannya adalah pada *minkowski* konvensional *bandwidth* keseluruhan jauh lebih kecil yaitu sekitar 490 MHz.



Gambar 3.6 Perbandingan Miniaturisasi

3.3 Sierpinski T2

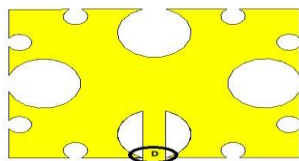
Pada gambar 3.7 dibawah ini, analisisnya sama seperti penelitian sebelumnya pada *sierpinski gasket*^[10]. Butuh perubahan yang sangat besar pada *patch sierpinski* kombinasi untuk melihat pengaruh bentuk geometri terhadap optimasi *return loss* pada konfigurasi *groundplane* terpotong ini.



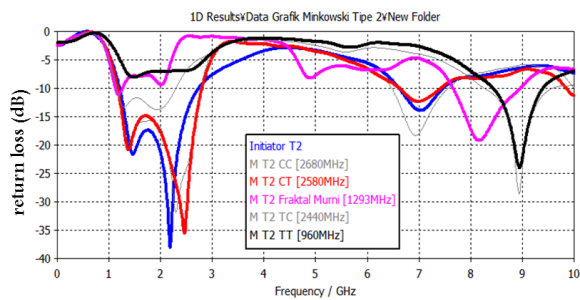
Gambar 3.7 Grafik Pengaruh Geometri dan Skala Sierpinski T2

3.4 Minkowski T2

Karakteristik *wideband* dari *patch minkowski* dipengaruhi oleh celah antara *patch* dengan *stripline*. Pada gambar 3.8 adalah celah daerah D. semakin kecil celahnya, semakin dominan resonan di frekuensi lebih rendah.



Gambar 3.8 Celah yang mempengaruhi sifat *wideband minkowski* T2



Gambar 3.9 Pengaruh geometri dan gap pada *minkowski* T2

3.5 Realisasi

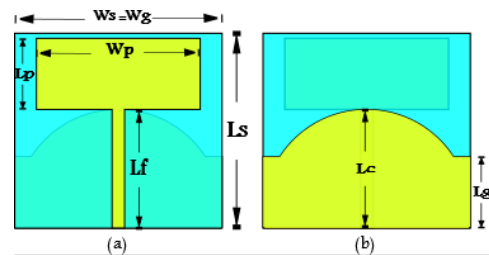
Setelah mempelajari karakteristik dari dua jenis *patch* fraktal pada konfigurasi yang berbeda, dipilih tipe *patch* fraktal yang paling mungkin untuk mencapai optimasi pada antenna UWB dengan spesifikasi pada tabel 3.1

Tabel 3.1 Spesifikasi Antena

Parameter	Nilai
Gain	≥ 0 dBi
Return Loss	< -10 dB
Bandwidth (Return Loss < -10 dB)	7.5 GHz (3.1-10.6 GHz)

Pola Radiasi	Omnidirectional
Substrat PCB FR4 Epoxy	4.6

Dari spesifikasi yang dibutuhkan, hanya konfigurasi *groundplane* penuh yang dapat diaplikasikan karena kebutuhan pola radiasi *omnidirectional*. Maka dengan menggunakan konfigurasi *groundplane* yang sudah digunakan pada penelitian sebelumnya^[2,3,4,8], tapi dengan ukuran yang berbeda didesain antenna Initiator seperti pada gambar 3.10.



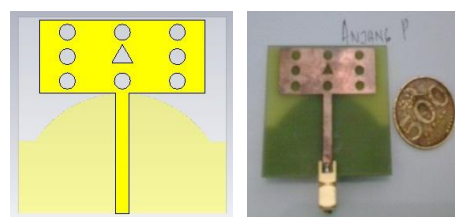
Gambar 3.10 Initiator UWB

Nilai dari parameter-parameter pada gambar 3.10 diatas ditampilkan pada tabel 3.2

Tabel 3.2 Nilai Parameter Antena Initiator

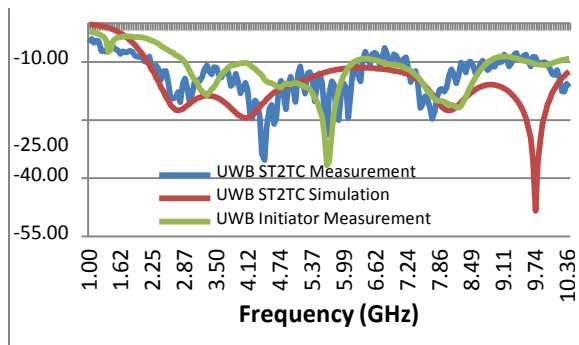
Parameter	Nilai
Ws	46.36 mm
Ls	43.69 mm
Wp	36.76 mm
Lp	16.21 mm
Lg	16 mm
Wf	2.966 mm
Lf	26.72 mm
Lc	26.68 mm

Bentuk fraktal hasil penelitian diterapkan pada antenna initiator UWB kemudian diukur *return loss* sebelum dan setelah diterapkan bentuk fraktal. Gambar 3.11 menampilkan purwarupa antenna fraktal kombinasi.



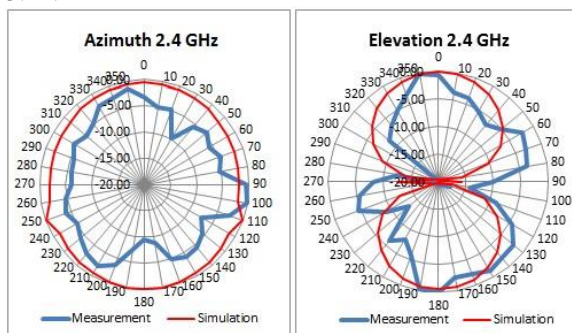
Gambar 3.11 Penerapan Fraktal ST2TC dengan faktor penskalaan 2

Hasil pengukuran *return loss* terbukti menunjukkan adanya optimasi akibat bentuk fraktal yang diterapkan, seperti dilihat pada gambar 3.12.

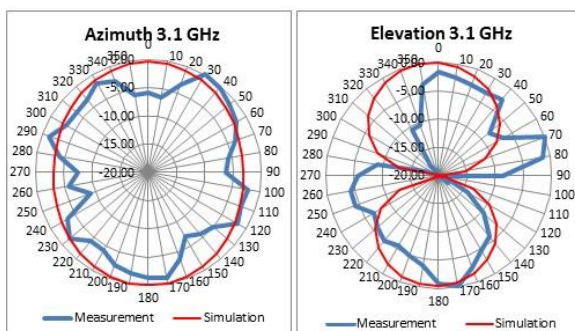


Gambar 3.12 Grafik Pengukuran dan Simulasi

Pengukuran pola radiasi dilakukan pada sampel titik 2.4 & 3.1 GHz seperti pada gambar 3.13 dan 3.14.

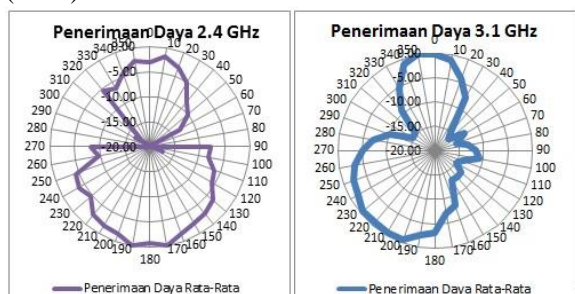


Gambar 3.13 Pola radiasi 2.4 GHz



Gambar 3.14 Pola radiasi 3.1 GHz

Dari gambar 3.15, diketahui bahwa untuk frekuensi 2.4 & 3.1 polarisasi antenna adalah vertikal (linier)



Gambar 3.15 Polarisasi 2.4 & 3.1 GHz

Dari Tabel 3.3, dapat dilihat ada perbedaan gain, dimana gain pengukuran lebih tinggi dari hasil simulasi. Faktor akurasi alat ukur dan tempat pengukuran yang tidak ideal menjadi penyebabnya.

Tabel 3.3 Gain Pengukuran vs Simulasi

Frekuensi (GHz)	Simulasi (dBi)	Pengukuran (dBi)	Perbedaan (dB)
2.4	2.04	4.05	2.01
3.1	2.92	4.45	1.53

4. KESIMPULAN

Kombinasi geometri yang berbeda-beda pada teknik fraktal sierpinski dan minkowski terbukti mempengaruhi karakteristik multiband dan wideband, karena setiap bentuk geometri yang diterapkan memiliki pengaruh penyepadanan yang berbeda-beda serta merubah lintasan menjadi semakin panjang. Dalam penelitian yang menggunakan batasan *patch initiator* 2.4 GHz ini, disimpulkan bahwa bentuk geometri yang paling optimal adalah segitiga untuk iterasi pertama dan lingkaran untuk iterasi kedua dengan faktor penskalaan geometri iterasi kedua sebesar 2. Penerapannya pada antenna *ultra-wideband* membuktikan bahwa pengaruh bentuk fraktal dengan kombinasi tersebut memperbaiki *return loss* dalam rentang pengamatan 0-10 GHz.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Balanis, C. A. (2008). *Modern Antenna Handbook*. Canada: John Wiley & Sons, Inc.
- [2] Choukiker, Y.K.; Behera, S.K., "Design of wideband fractal antenna with combination of fractal geometries," *Information, Communications and Signal Processing (ICICS) 2011 8th International Conference on*, vol., no., pp.1,3, 13-16 Dec. 2011
- [3] Jeemon, B.K.; Shambavi, K.; Alex, Z.C., "Design and analysis of a multi-fractal antenna for UWB application," *Emerging Trends in Computing, Communication and Nanotechnology (ICE-CCN), 2013 International Conference on*, vol., no., pp.644,647, 25-26 March 2013
- [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] Mandelbrot, B. B. (1982). *The Fractal Geometry of Nature*. New York: Freeman.
- [6] Mircea V. Rusu and Roman Baican (2010). *Fractal Antenna Applications, Microwave and Millimeter Wave Technologies from Photonic Bandgap Devices to Antenna and Applications*, Igor Minin (Ed.), ISBN: 978-953-7619-66-4, InTech, Available from: <http://www.intechopen.com/books/microwave-and-millimeter-wavetechnologies-from-photonic-bandgap-devices-to-antenna-and-applications/fractal-antenna-applications>

- [7] Neetu, S. B., & Bansal, R. K. (2013). Design and Analysis of Fractal Antennas based on Koch and *Sierpinski* Fractal Geometries. *International Journal of Advanced Research in Electrical, Electronics and Instrumentation Engineering*, 2110-2116.
- [8] Oraizi, H., & Hedayati, S. (2011). Combined Fractal Geometries for the Design of Wide Band Microstrip Antennas with Circular Polarization. *Progress in Electromagnetics Research Symposium*, (pp. 1262-1267). Suzhou, China.
- [9] Patel, P. P., S. Z., & S. U. (2013). Miniaturized Compact *Patch* Antenna for *Multiband* Applications Using Combination of *Sierpinski* Carpet & Giuseppe Peano Fractal Geometries. *International Journal of Innovative Technology and Exploring Engineering*, 44-47.
- [10] Vinoy, K. J., Fractal shape antenna elements for wide band and multi band wireless applications," Ph.D. Thesis, The Pennsylvania State University, August 2002.
- [11] X. Yang, J. Chiochetti, D. Papadopoulos, and L. Susman, "Fractal Antenna Elements and Arrays," *Appl. Microwave Wireless*, Vol. 11, No. 5, pp. 34-46, May 1999.
- [12] Hecimovic, N., & Marincic, Z. (2008). The Improvements of the Antenna Parameters in Ultra-Wideband Communications.