

SIMULASI ANTENA FRAKTAL KOCH KEPING SALJU PITA ULTRA LEBAR 2,45 GHZ UNTUK SYNTHETIC APERTURE RADAR

SIMULATION OF ULTRA WIDEBAND SNOWFLAKE FRAKTAL KOCH ANTENNA 2,45 GHZ FOR SYNTHETIC APERTURE RADAR

Bintan Agung Dwilaksono,¹Heroe Wijanto²,Edwar³

^{1,2,3}Prodi S1 Teknik Telekomunikasi, Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom, Bandung
¹bintanag@student.telkomuniversity.ac.id,²heroe@telkomuniversity.ac.id,
³edwarm@telkomuniversity.ac.id

Abstrak

Synthetic Aperture Radar merupakan salah satu jenis radar untuk pengambilan citra digital dua dimensi maupun tiga dimensi. SAR menggunakan antenna yang dipasang pada suatu objek bergerak di ketinggian tertentu untuk mengamati suatu wilayah. Antena memancarkan gelombang elektromagnetik sinusoidal secara terus menerus dengan berbentuk pulsa yang dipantulkan oleh permukaan objek lalu diterima dan diolah menjadi citra. Teknologi SAR ini diharapkan untuk menghasilkan citra yang memiliki resolusi yang tinggi. Untuk itu dibutuhkan antenna uniplanar dengan reflektor yang memiliki lebar pita frekuensi yang sangat lebar (*ultra wideband*) dengan polarisasi unidireksional. Dalam tugas akhir ini dirancang dan dianalisis antenna yang bekerja di frekuensi 2450 MHz menggunakan metode *fraktal koch snowflake*, agar mendapatkan dimensi antenna yang lebih kecil dan lebar pita ultra lebih dari 500 MHz atau 20% dari frekuensi kerja antenna. Perancangan dan simulasi dibantu dengan perangkat lunak untuk mendapatkan performa antenna paling optimal. Antenna menggunakan bahan substrat Rogers RT5880 serta tembaga untuk *patch* dan *groundplane*. Berdasarkan analisis hasil rancangan diperoleh antenna dengan karakteristik *bandwidth* dengan batas atas dan bawah di VSWR maksimum 1,5 dengan nilai *return loss* -14 dB sebesar 600,9 MHz. Antenna memiliki pola radiasi unidireksional dengan *gain* sebesar 7,8 dB, polarisasi sirkular dengan arah Right Hand Circular Polarization (RHCP) yang diukur pada arah fasa 90°, dan frekuensi resonansi pada 2450 MHz memiliki VSWR 1,007 dengan nilai *return loss* -50,76 dB. Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa antenna yang dirancang telah memenuhi spesifikasi untuk bekerja sebagai antenna SAR.

Kata Kunci: *Synthetic Aperture Radar, SAR, ultra wideband, fraktal koch snowflake.*

Abstract

Synthetic Aperture Radar is one type of radar for capturing two-dimensional and three-dimensional digital imagery. SAR uses an antenna mounted on a moving object at a certain height to observe a region. The antenna emits sinusoidal electromagnetic waves continuously in the form of pulses reflected by the surface of the object and then received and processed into imagery. This SAR technology is expected to produce high resolution images. For that, a uniplanar antenna with a reflector that has a very wide frequency band (*ultra wideband*) with unidirectional polarization is needed. In this undergraduated thesys, antennas working at a frequency of 2450 MHz are designed and analyzed using the *fractal koch snowflake* method, in order to obtain smaller antenna dimensions and *bandwidth* of ultra wideband more than 500 MHz or 20% of the antenna working frequency. Design and simulation are assisted by software to obtain the optimal antenna performance. The antenna uses Rogers RT5880 *substrate* material as well as copper for *patches* and *groundplanes*. Based on the analysis of the design results, it is obtained an antenna characteristics such as, *bandwidth* with an upper and lower limit at a maximum VSWR of 1,5 with a *return loss* value of -14 dB is 600,9 MHz. The antenna has a unidirectional radiation pattern with a *gain* of 7,8 dB, circular polarization in the direction of Right Hand Circular Polarization (RHCP) which is measured in the 90° phase direction, and the resonant frequency at 2450 MHz has a VSWR of 1,007 with a *return loss* value of -50,76 dB. Thus, it can be concluded that the designed antenna has met the specifications to work as a SAR antenna.

Keywords: *Synthetic Aperture Radar, SAR, ultra wideband, fraktal koch snowflake.*

1 Pendahuluan

Radar merupakan suatu teknologi yang memancarkan gelombang elektromagnetik pada frekuensi radio ke suatu bidang atau wilayah lalu menerima pantulan tersebut dan mengolah informasi dari gelombang yang diterima [1]. Radar dapat digunakan dalam berbagai kebutuhan komersil maupun non-komersil seperti, mengukur jarak suatu benda, mengambil citra digital, informasi cuaca, dan lain lain. Salah satu teknologi radar yang sedang maju untuk pengambilan citra disebut dengan *Synthetic Aperture Radar* (SAR).

SAR merupakan salah satu penerapan teknologi radar yang memanfaatkan objek bergerak yang memancarkan gelombang elektromagnetik secara terus-menerus [2]. Dari gelombang pantul tersebut setelah diolah akan menjadi sebuah citra digital berupa dua dimensi maupun tiga dimensi. Seiring berjalannya waktu hasil citra yang diharapkan dari SAR agar menjadi lebih baik dari segi ketajaman gambar, tingkat ketelitian yang lebih tinggi, dan juga jangkauan yang lebih luas. Salah satu penempatan pita frekuensi di Indonesia untuk pengaplikasian industri, ilmiah, dan medis berada pada frekuensi 2400-2500 MHz dengan frekuensi tengah 2450 MHz seperti yang sudah diatur oleh KEMKOMINFO.

Antena komersil SAR sebelumnya masih memiliki *bandwidth* yang sempit dan juga dimensi antena yang masih besar. Dengan menerapkan konsep *Ultra wideband* pada antena SAR maka didapatkan hasil resolusi citra yang lebih tajam, ukuran yang lebih kecil, dan tingkat ketelitian yang lebih tajam daripada antena *narrowband* [3].

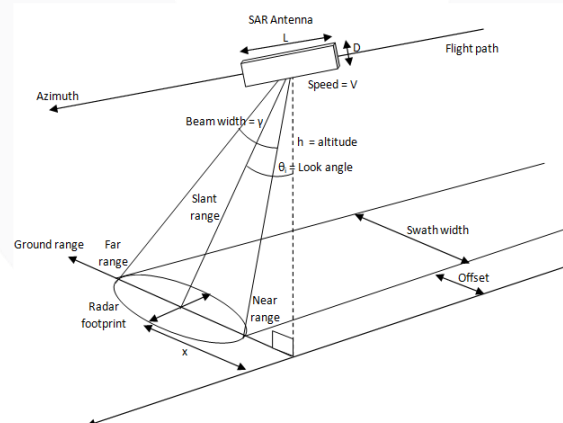
Pada penelitian oleh [Adam Welfin Alfarras] mengenai antena mikrostrip *patch* lingkaran, segitiga, dan *rectangular* dengan menggunakan teknik pencatutan *proximity coupled microstrip feed* untuk SAR menghasilkan *bandwidth* sebesar 14,9 – 36,9 MHz [4]. Oleh sebab itu Tugas Akhir ini membahas tentang perancangan antena yang memenuhi spesifikasi SAR menggunakan metode fraktal *koch snowflake* diharapkan menghasilkan *bandwidth* yang lebih besar dan dimensi antena yang lebih kecil [5].

2 Dasar Teori dan Metodologi

Pada bab ini berisi tentang definisi dan dasar teori dari metode metode yang digunakan untuk merancang Tugas Akhir ini.

2.1 *Synthetic Aperture Radar*

SAR merupakan salah satu penerapan teknologi radar dalam bidang pengambilan citra digital dua dimensi maupun tiga dimensi. SAR pada umumnya dipasang pada objek bergerak seperti pesawat maupun satelit yang memancarkan gelombang elektromagnetik secara terus menerus. Jarak yang di tempuh oleh SAR di atas objek yang pantau menghasilkan perbedaan waktu yang dibutuhkan gelombang elektromagnetik kembali ke antena menciptakan *synthetic antenna aperture*. Semakin besar *synthetic antenna aperture* ini maka semakin bagus resolusi citra yang dihasilkan [2].



Gambar 1 Prinsip kerja SAR [6]

Pada Gambar 1 dapat dilihat antena akan dipasang pada objek bergerak (pesawat terbang atau satelit) yang terbang pada arah *azimuth* sambil mengarahkan antena ke permukaan objek untuk pengambilan citra digital. Hubungan antara ketinggian (h), *incident angle* (θ), *beamwidth* (γ) menghasilkan daerah yang disebut *Radar Footprint* atau daerah yang terkena pancaran antena. *Incident angle* ini sangat penting karena mempengaruhi *radar cross section* objek yang diamati. Jika semakin kecil sudut ini maka daya *backscatter* yang dihasilkan semakin

besar, tetapi mengurangi *range resolution* dan *swath width* [6].

2.2 Ultra-Wideband

Ultra-Wideband (UWB) merupakan penerapan teknologi telekomunikasi di bidang nirkabel yang dapat mentransmisikan data yang besar dalam waktu singkat yang memiliki pita frekuensi yang lebar. Teknologi UWB ini juga memiliki konsumsi daya yang rendah dan impedansi yang stabil [7]. Penggunaan UWB ini biasa digunakan dalam radar citra, radar kendaraan, pelacakan target, *location sensing*, dan di bidang komunikasi.

International Telecommunication Union Radiocommunication Sector (ITU-R) saat ini mendefinisikan UWB sebagai teknologi radio yang memiliki *bandwidth* sinyal yang dipancarkan melebihi 500 MHz atau 20% dari frekuensi pusat [8].

Bandwidth pada SAR sangat mempengaruhi resolusi citra yang didapat. Resolusi citra SAR dibagi menjadi dua yaitu, *ground range resolution* dan *slant range resolution*. *Slant range resolution* atau Δr dapat dicari dengan cara membagi kecepatan cahaya sebesar 3×10^8 m/s dengan dua kali *bandwidth* antenna seperti pada persamaan (2.1) di mana B merupakan *bandwidth* antenna.

$$\Delta r = \frac{c}{2B} \quad (2.1)$$

$$Rr = \frac{c}{2B \sin \theta} \quad (2.2)$$

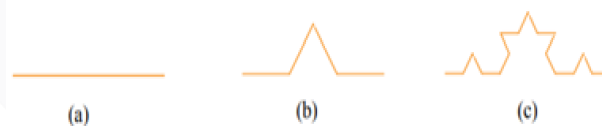
Sedangkan untuk mencari *ground range resolution* atau R_r , dengan cara *slant range resolution* dibagi dengan $\sin \theta$. Semakin kecil nilai tersebut maka semakin bagus citra yang dihasilkan [6].

2.3 Fraktal Koch Snowflake

Antena fraktal didasarkan pada konsep fraktal, yaitu merupakan bentuk geometri yang dihasilkan akibat proses rekursif yang memiliki dimensi fraksional. Metode ini dikemukakan oleh Benoit B. Mandelbrot [9]. Dengan adanya metode ini mendukung pengaplikasian antena mikrostrip pada frekuensi yang lebih kecil dengan memperkecil dimensi antena dan memperlebar *bandwidth* antena itu sendiri [10]. Pola geometri yang *self-similar* ini akan meningkatkan total panjang efektif sehingga luas daerah yang mentransmisikan maupun menerima radiasi gelombang elektromagnetik antena bertambah. Iterasi pada pembuatan antena fraktal dilakukan sampai memenuhi spesifikasi antena yang diinginkan. Semakin banyak iterasi yang digunakan maka semakin lebar *bandwidth* antena tetapi akan mengurangi *gain* dari antena itu [11]. Sehingga memberi keuntungan *gain* yang tinggi dan *bandwidth* yang lebih lebar.

Antena fraktal dibagi menjadi dua, yaitu fraktal acak dan fraktal deterministik. Fraktal acak mengandung unsur keacakan yang mengandung unsur alam. Sedangkan fraktal *deterministic* merupakan hasil dari beberapa salinan yang diacak maupun dirotasi sendiri. Fraktal seperti ini dihasilkan dari proses pemetaan berulang ulang menggunakan komputer dengan algoritma rekursif [9]. Contoh antena fraktal deterministik yaitu Fraktal *Koch snowflake* dan *Gasket Sierpinski*.

Untuk pembuatan antena fraktal *Koch snowflake* dapat disimbolkan dengan L di segmen Euclidian menjadi tiga bagian. Bagian tengah digantikan oleh dua sisi lainnya dari segitiga sama sisi, yang memiliki panjang sisi yang sama seperti pada Gambar 2.4. Untuk merancang fraktal *koch snowflake* dapat menggunakan persamaan (2.3)-(2.5) [12].



Gambar 2.1 Iterasi Fraktal *Koch curve*. (a)perulangan ke-0. (b) perulangan ke-1. (c)perulangan ke-2 [12].

Pada setiap perulangan terjadi penambahan panjang sebesar $4/3$ dari panjang aslinya. Oleh karena itu, panjang kurva Koch ditentukan oleh panjang segmen asli dan waktu iterasi [12]. yaitu

$$L_k = L(4/3)^k \quad (2.3)$$

di mana L merupakan panjang asli, sedangkan L_k merupakan panjang setelah perulangan ke- k . Setelah k -perulangan, panjang bagian yang kecil yaitu $r = (1/3)^k$ sebanyak $N(r)=4^k$ [12]. Setelah beberapa kali perulangan maka akan menghasilkan *patch* antena seperti Gambar 2.5.

Tahapan dalam pembuatan antena fraktal *koch snowflakes* sampai iterasi ke- n seperti berikut:

1. Tentukan panjang gelombang antena menggunakan persamaan (2.4),

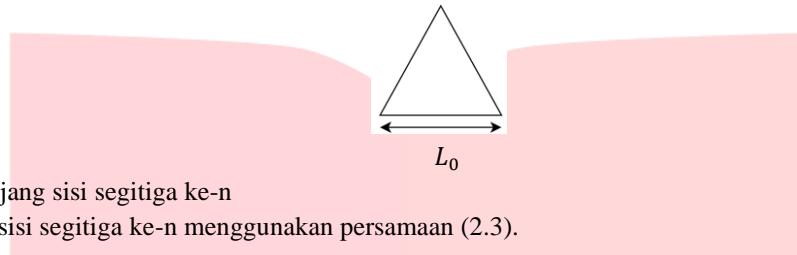
$$\lambda = \frac{c}{f} \quad (2.4)$$

Di mana f merupakan frekuensi kerja antena.

2. Tentukan panjang sisi *patch* segitiga menggunakan persamaan (2.5),

$$L_0 = \frac{\lambda}{4} \tag{2.5}$$

L_0 merupakan panjang awal sisi segitiga.



3. Menghitung panjang sisi segitiga ke-n

Lalu hitung panjang sisi segitiga ke-n menggunakan persamaan (2.3).



Gambar 2.2 Perulangan Fraktal *Koch snowflake*. (a) perulangan ke-0. (b) perulangan ke-1. (c) perulangan ke-2 [12].

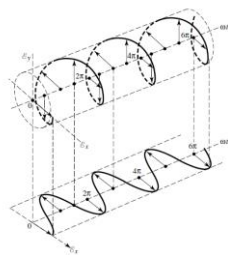
Setelah menghitung panjang *patch* fraktal kita dapat menghitung lebar (W_g) dan panjang *groundplane* (L_g) menggunakan panjang *patch* iterasi ke-0 fraktal *koch snowflake* dengan persamaan (2.6)-(2.7)[9]. Karena menggunakan *patch* initiator segitiga sama sisi L_0 dan W_0 memiliki panjang yang sama.

$$L_g = 6h + L_0 \tag{2.6}$$

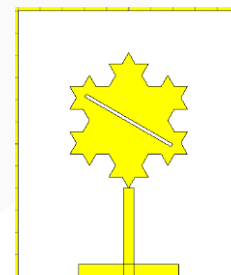
$$W_g = 6h + W_0 \tag{2.7}$$

2.4 Polarisasi Sirkular

Pada umumnya radar citra menggunakan polarisasi sirkular. Hal ini disebabkan oleh kelebihan polarisasi sirkular di mana *receiver* dan *transmitter* bisa diletakkan di tempat yang berbeda dan ketinggian yang berbeda tidak seperti linear yang harus memiliki ketinggian yang sama. Perbedaan bentuk dari polarisasi sirkular dan linear dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4 Polarisasi sirkular dan polarisasi linear [9].



Gambar 5 Antena dengan slot bersudut 30°.

Pada dasarnya antena mikrostrip mempunyai polarisasi linear dengan axial ratio sebesar 40 dB. Polarisasi sirkular didapatkan jika dua gelombang orthogonal bertemu dengan perbedaan fasa 90° atau bisa dibayangkan saling tegak lurus [9]. Cara yang dapat digunakan untuk memperoleh polarisasi sirkular dengan memodifikasi bentuk atau memotong sebagian ujung *patch* atau dengan menggunakan dua atau lebih pencatu.

Untuk menghindari kompleksitas susunan pencatu dua arah, polarisasi sirkular dapat dicapai juga dengan menggunakan pencatu tunggal. Hal ini dicapai dengan menggunakan rongga atau slot asimetri yang tepat, dengan menggunakan slot bersudut 30° seperti Gambar 5 untuk menghasilkan mode dua orthogonal dengan perbedaan fasa 90° [9].

3 Perancangan Antena

Pada bagian ini akan dibahas spesifikasi antena dan juga analisis terhadap metode, fraktal *Koch snowflake*, *partial groundplane*, tebal *substrate*, penggunaan reflektor planar, dan polarisasi sirkular.

3.1 Spesifikasi Antena

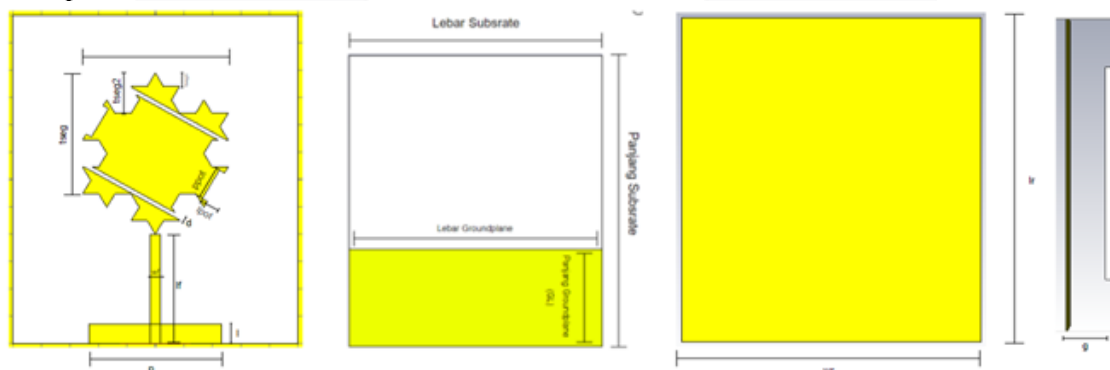
Pada tahap ini kita menentukan spesifikasi antena yang kita rancang untuk antena radar SAR. Spesifikasi antena fraktal *koch snowflakes* pada Tugas Akhir ini berada pada Tabel 3.1. Antena bekerja pada frekuensi 2-3 GHz dengan frekuensi tengah 2,45 GHz sesuai dengan keputusan KEMKOMINFO dalam penempatan pita frekuensi di Indonesia. Untuk *bandwidth* pada saat VSWR 1,5 sebesar 490 MHz diambil dari ketentuan ITU-R berupa 20% dari frekuensi tengah antena [8]. Untuk *gain*, pola radiasi, dan polarisasi diambil dari referensi penggunaan antena UWB untuk aplikasi radar penembus dedaunan [3].

Tabel 3.1 Spesifikasi antena fraktal *koch snowflake*.

Spesifikasi	Keterangan
Frekuensi Kerja	2450 MHz
<i>Bandwidth</i>	490 MHz
VSWR	$\leq 1,5$
<i>Gain</i>	5-6 dB
Polaradiasi	<i>Unidireksional</i>
Polarisasi	Sirkular

3.2 Perancangan Antena

Pada sub-bagian ini akan memperlihatkan parameter ukuran akhir antena yang telah selesai dilakukan optimasi.



Gambar 6 Desain akhir antena.

Tabel 2 Parameter desain akhir antena.

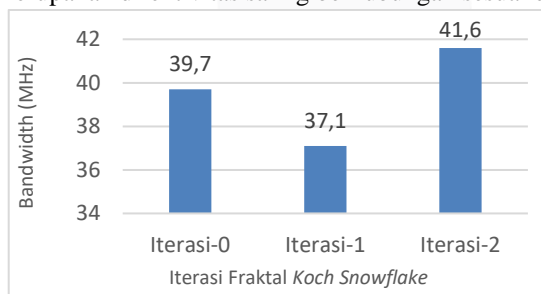
Nomor	Parameter	Nilai (mm)	Keterangan
1	t	0,035	Tebal Konduktor
2	h	3,175	Tebal Substrate
3	ws	100	Lebar Substrate
4	ls	120	Panjang Substrate
5	wf	3,5	Lebar Feed
6	l0	51	Panjang Sisi Fraktal
7	tseg	44,17	Tinggi Segitiga Iterasi-0
8	tseg2	14,72	Tinggi Segitiga Iterasi-1
9	tseg3	7,2	Tinggi Segitiga Iterasi-2
10	gl	43	Panjang <i>Groundplane</i>
11	gw	100	Lebar <i>Groundplane</i>
12	wr	160	Lebar Reflektor
13	lr	180	Panjang Reflektor

Nomor	Parameter	Nilai (mm)	Keterangan
14	g	21	Jarak Groundplane
15	c	40	Panjang Gap Patch
16	d	1,5	Lebar Gap Patch
17	ppot	12	Panjang Patch yang di Potong
18	lpot	7	Lebar Patch yang di Potong
19	jarak	32	Jarak Antara dua Gap pada Patch
20	p	46,25	Lebar Matching Impedance
21	l	7,2	Panjang Matching Impedance
22	lf	40	Panjang Feed

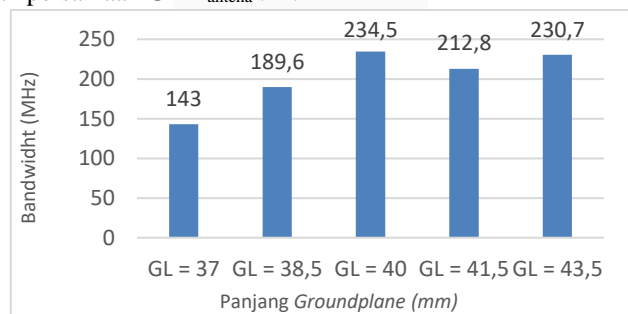
3.3 Analisis Bentuk Fraktal Koch Snowflake

Penggunaan *fraktal Koch snowflake* bertujuan untuk meningkatkan *bandwidth* antenna dengan cara memperluas area yang mentransmisikan dan menerima sinyal pada antenna. Dari hasil yang didapatkan terjadi penurunan *bandwidth* pada iterasi-1 dibandingkan dengan iterasi-0, sedangkan terjadi peningkatan kembali pada iterasi ke-2. Dapat disimpulkan bahwa antenna pada saat iterasi ke-2 dengan ketebalan 1,575 merupakan keadaan paling optimal dibandingkan dengan iterasi ke-0 maupun ke-1 sesuai dengan Gambar 7.

Hal lain yang bisa diamati adalah antenna fraktal *koch snowflake* menggunakan pencatu *line-feed* setiap iterasi menghasilkan *gain* antenna yang negatif. Setelah diamati penyebab *gain* antenna yang negatif disebabkan oleh *efficiency* antenna yang buruk. Pada antenna iterasi-0 memiliki direktivitas 8,03 dB, iterasi-1 memiliki 8,42 dB, dan iterasi-2 memiliki 7,69 dB. *Gain* antenna dengan symbol G , efisiensi antenna dengan symbol ϵ_{antena} , dan D merupakan direktivitas saling berhubungan sesuai dengan persamaan $G = \epsilon_{\text{antena}} \cdot D$.



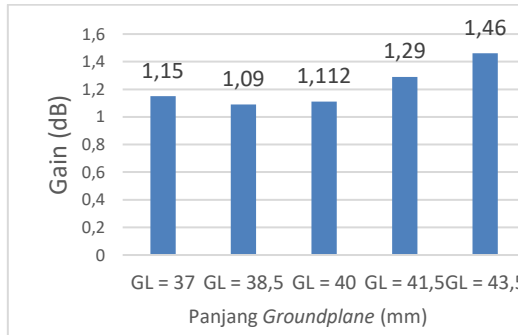
Gambar 7 Pengaruh setiap iterasi terhadap *bandwidth* antenna.



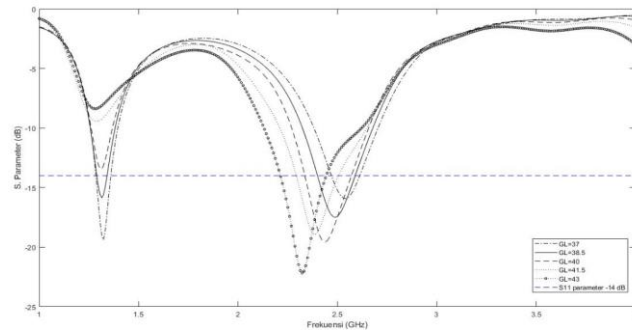
Gambar 8 Pengaruh panjang *groundplane* terhadap *bandwidth*.

3.4 Analisis Parital Groundplane

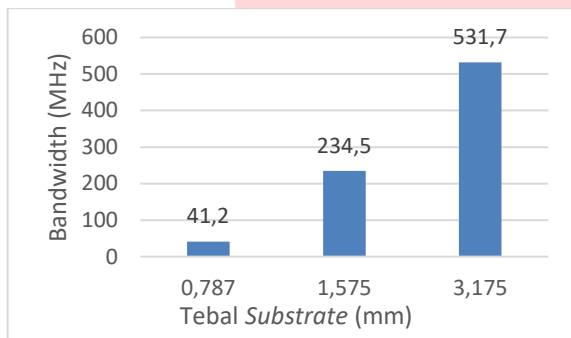
Proses karakterisasi partial *groundplane* dilakukan menggunakan hasil optimasi fraktal iterasi ke-2 dengan cara mengubah panjang *groundplane* yang tersisa di bagian bawah. Hal ini diharapkan menambah *bandwidth* yang diinginkan. Panjang partial *groundplane* dilakukan penambahan panjang sebesar 1,5 mm dimulai dari 37,5 mm hingga 43 mm. Dari Gambar 8 dapat dilihat terjadi kenaikan *bandwidth* yang signifikan setelah penggunaan metode *partial groundplane* dimana terjadi kenaikan 243,75% dengan $GL = 37$ mm, 354,32% dengan $GL = 38,5$ mm, 463,7% dengan $GL = 40$ mm, 411,54 % dengan $GL = 41,5$ mm, dan 454,57% dengan $GL = 43$ mm. Dari Gambar 9 terjadi kenaikan *gain* sebesar 125,67% pada $GL = 37$, 124,33% pada $GL = 38,5$, 124,77% pada $GL = 40$, 128,8% pada $GL = 41,5$, dan 132,59% pada $GL = 43$. Gambar 10 dapat dilihat grafik parameter S_{11} untuk setiap karakteristik *groundplane*. Didapatkan kesimpulan bahwa semakin kecilnya panjang *groundplane* maka terjadi perpindahan frekuensi kerja dari 2450 MHz menjadi 1350 MHz. Dan semakin besar panjang *groundplane* maka terjadi pergeseran frekuensi ke frekuensi yang lebih rendah. Selain menyebabkan perubahan polaradiasi antenna, metode ini juga dapat meningkatkan *bandwidth* dan juga meningkatkan *gain* dikarenakan partial *groundplane* menyebabkan distribusi arus yang lebih bagus. Pengaruh lain penggunaan metode ini yaitu, dapat memperbaiki *gain* antenna yang sebelumnya negatif. Dengan penggunaan *partial groundplane* distribusi arus antenna lebih baik dibandingkan sebelumnya, hal ini menyebabkan meningkatnya efisiensi antenna sehingga *gain* antenna menjadi positif.



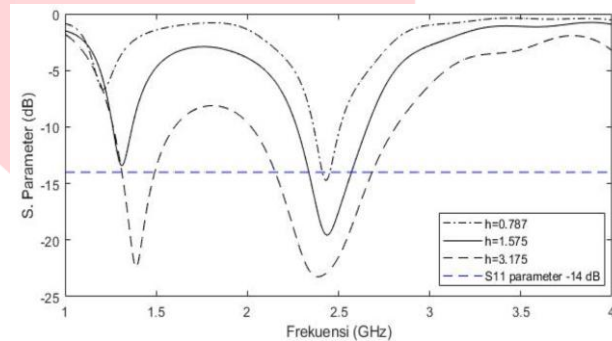
Gambar 9 Pengaruh panjang *groundplane* terhadap *gain*.



Gambar 10 Grafik parameter S_{11} terhadap perubahan *groundplane*.



Gambar 11 Pengaruh Tebal *Substrate* terhadap *bandwidth*.



Gambar 12 Pengaruh Tebal *Substrate* terhadap parameter S_{11} .

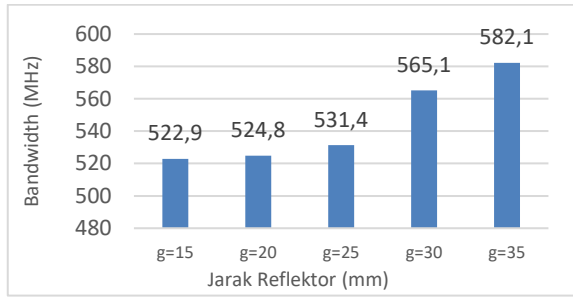
3.1 Analisis Tebal Substrate

Proses karakteristik ini dilakukan setelah pengambilan keadaan paling optimal setelah ditambah dengan partial *groundplane* dengan panjang 40 mm. Bahan *substrate* yang digunakan adalah Duroid RT/5880 dengan tiga macam ketebalan yang ada pada data *sheet* yaitu, 0,787 mm, 1,575 mm, dan 3,175 mm. Pada Gambar 11 dapat ditarik kesimpulan bahwa tebal *substrate* berbanding lurus dengan *bandwidth* yang dihasilkan. Dengan tebal *substrate* ketebalan 0,787 mm dapat menghasilkan besar *bandwidth* sebesar 41,2 MHz, dengan ketebalan 1,575 mm menghasilkan besar *bandwidth* sebesar 234,5 MHz, dan terakhir dengan ketebalan 3,175 mm menghasilkan besar *bandwidth* 531,7 MHz. Sedangkan pengaruh terhadap parameter S_{11} dapat dilihat pada Gambar 12 di mana semakin tipis bahan yang digunakan maka semakin bagus untuk penggunaan aplikasi *single* frekuensi. Sedangkan *substrate* yang tebal menyebabkan munculnya dual frekuensi atau multiband.

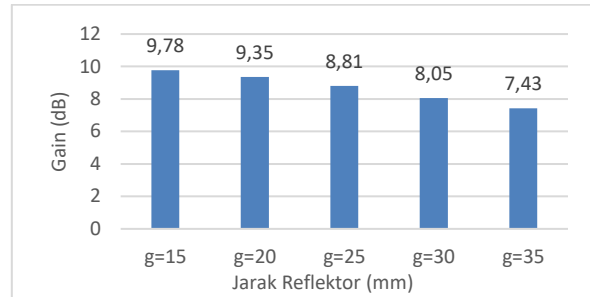
3.2 Analisis Reflektor

Metode ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh jarak reflektor planar berukuran 160×180 , untuk meningkatkan *gain* dari antenna dan juga memperbaiki polarisasi antenna yang bocor ke belakang dikarenakan bagian *groundplane* yang telah dipotong untuk meningkatkan *bandwidth* pada metode sebelumnya. Setelah penambahan reflektor mulai terjadi kenaikan *bandwidth* pada saat jarak reflektor melebihi dari 30 mm. Pada Gambar 13 kita bisa melihat kenaikan *bandwidth* sebesar 6,28% pada $g = 30$ mm, dan 9,55% pada jarak $g = 35$ mm. Untuk jarak 15, 20, dan 25 mm terjadi penurunan *bandwidth* yang tidak terlalu signifikan. Penurunan paling besar terjadi saat jarak $g = 15$ mm sebesar 1,65%.

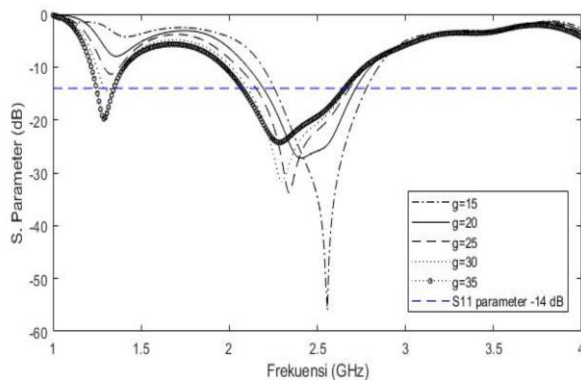
Pada Gambar 14 dapat dilihat setelah penambahan reflektor, jarak reflektor berpengaruh terhadap peningkatan *gain* antenna. Peningkatan paling tinggi pada jarak 15 mm sebesar 6,56 dB dan paling kecil pada jarak 35 mm sebesar 2,3 dB. Jarak reflektor yang semakin dekat dengan antenna menyebabkan *gain* yang semakin meningkat tetapi juga mengurangi *bandwidth* antenna itu sendiri, hal ini juga berlaku sebaliknya dimana semakin jauh reflektor maka *gain* yang dihasilkan semakin kecil tetapi terjadi peningkatan *bandwidth* pada antenna.



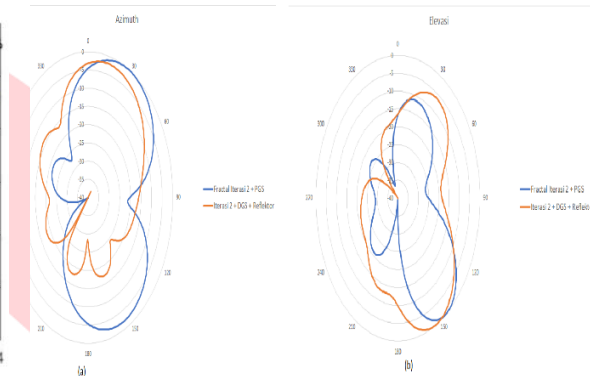
Gambar 13 Pengaruh jarak reflektor terhadap bandwidth.



Gambar 14 Pengaruh jarak reflektor terhadap gain.



Gambar 15 Pengaruh jarak reflektor terhadap parameter S₁₁.



Gambar 16 (a) Polaradiasi Azimuth. (b) Polaradiasi Elevasi.

Sedangkan pada Gambar 15 dapat dilihat semakin jauh jarak reflektor dengan antenna maka akan muncul frekuensi resonansi yang baru di frekuensi sekitar 1300 MHz. Hal lain yang dapat disimpulkan bahwa semakin jauh juga jarak reflektor menyebabkan terjadinya pergeseran frekuensi kerja antenna tersebut.

Pada Gambar 16 dapat dilihat dengan menambahkan reflektor dapat mengatasi polaradiasi antenna yang sebelumnya berupa bidireksional menjadi unidireksional kembali. Hal ini diketahui karena dengan menambahkan reflektor di belakang dapat mengembalikan kembali pancaran gelombang ke belakang antenna kembali ke arah depan sehingga mempengaruhi polaradiasi antenna tersebut.

3.3 Polarisasi Antena

Pada bagian ini dilakukan analisis terhadap tiga bentuk modifikasi patch yang berbeda dengan harapan dapat mendapatkan polarisasi sirkular. Bentuk patch yang dicoba berupa single slot, modifikasi patch dengan slot, dan modifikasi patch dengan dual gap. Bentuk dari antenna yang dianalisis ditampilkan pada Gambar 17.

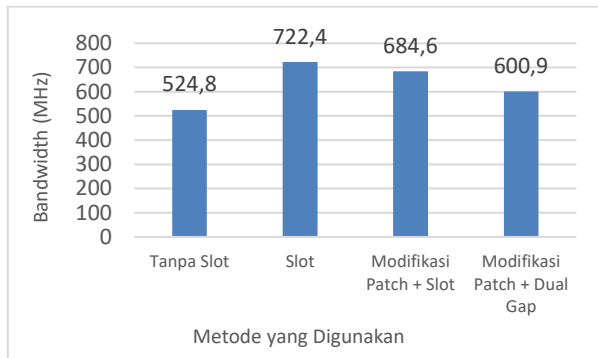


Gambar 17 (a) Single slot. (b) Modifikasi patch dan slot. (c) Modifikasi patch dan dual gap.

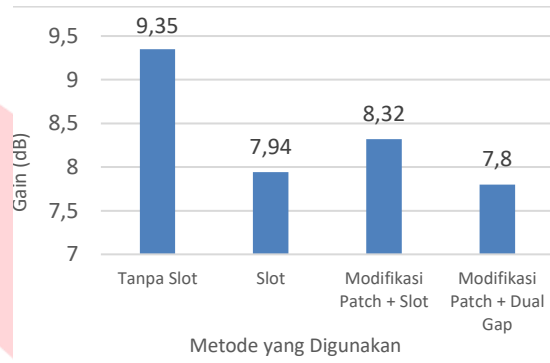
Tabel 3 Parameter karakteristik slot, modifikasi patch dan dual gap.

	Parameter				
	VSWR	Return Loss	Gain	Axial Ratio	Bandwidth (VSWR = 1,5)
Tanpa Slot	1,097	-26,64 dB	9,35 dB	40 dB	524,8 MHz
Dengan Slot	1,044	-33,35 dB	7,94 dB	10,96 dB	722,4 MHz

	Parameter				
	VSWR	Return Loss	Gain	Axial Ratio	Bandwidth (VSWR = 1,5)
Slot + Modifikasi Patch	1,146	-23,3 dB	8,32 dB	5,068 dB	684,6 MHz
Modifikasi Patch + Dual Gap	1,007	-50,76 dB	7,8 dB	2,8 dB	600,9 MHz



Gambar 18 Pengaruh slot, modifikasi patch, dan dual gap terhadap bandwidth.

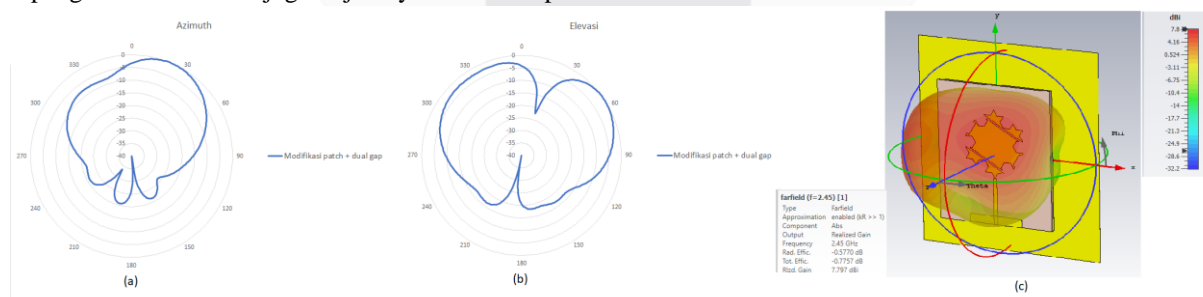


Gambar 19 Pengaruh slot, modifikasi patch, dan dual gap terhadap Gain.

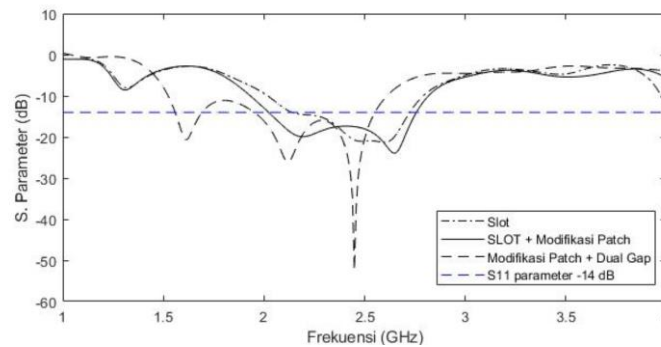
Tabel 3 dan Gambar 18 dapat dilihat terjadinya kenaikan bandwidth sebesar 37,65% pada penggunaan single slot, kenaikan bandwidth sebesar 30,45% pada modifikasi patch dan slot, kenaikan bandwidth sebesar 14,5% dengan menggunakan modifikasi patch dan dual gap dibandingkan pada kondisi sebelum perubahan bentuk pada patch antenna. Sedangkan pada Gambar 19 menjelaskan pengaruh perubahan bentuk patch terhadap gain antenna. Dengan menambahkan satu slot pada antenna menurunkan gain antenna sebesar 15,08%, dengan modifikasi patch dan slot menurunkan gain antenna sebesar 11,01%, dan dengan modifikasi patch dan dual gap menurunkan gap menurunkan gain antenna sebesar 16,57% dibandingkan dengan sebelum dilakukan perubahan bentuk pada patch antenna.

Polaradiasi antenna pada bidang azimuth setelah dioptimasi dapat dikategorikan sebagai unidireksional dengan besar daya maksimum pada sudut 0,7°, 24°, dan 47,3°. Sedangkan pada bidang elevasi daya maksimum terdapat pada sudut 31,85°, 55°, dan 78,15°. Penampakan bentuk radiasi antenna beserta bentuk akhir antenna dapat dilihat pada Gambar 20.

Gambar 21 menunjukkan dengan metode modifikasi patch dan dual gap dapat menghasilkan bandwidth yang lebih besar dibandingkan metode slot dan modifikasi patch. Dari grafik parameter S₁₁ juga dapat ditarik kesimpulan bahwa dari ketiga metode tersebut modifikasi patch dan dual gap menghasilkan nilai return loss yang lebih bagus sehingga gelombang yang dipantulkan kembali ke antenna sangat kecil. Hal lain yang dipengaruhi metode ini juga terjadinya multiband pada antenna tersebut.



Gambar 20 (a) Polaradiasi azimuth. (b) Polaradiasi Elevasi. (c) Gain dan polaradiasi antenna setelah optimasi dalam tampilan 3D. Hasil optimasi pada modifikasi patch dan dual gap.



Gambar 21 Pengaruh slot, modifikasi *patch*, dan dual gap terhadap parameter S_{11} .

Tabel 3 Target pencapaian antenna SAR setelah modifikasi patch

Metode yang digunakan	Parameter						Keterangan
	VSWR	Bandwidth	Gain	Pola Radiasi	Polarisasi	Return Loss	
Spesifikasi Antena	$\leq 1,5$	490 MHz	5-6 dB	Unidireksional	Sirkular	-14 dB	Spesifikasi
Iterasi-2	1,044	41,6 MHz	-4,48 dB	Unidireksional	Linear	-36,32 dB	Tidak Memenuhi
<i>Partial Groundplane</i> $GL=40$	1,238	234,5 MHz	1,11 dB	Bidireksional	Linier	-19,44 dB	Tidak Memenuhi
Tebal <i>Substrate</i> 3,175 mm	1,159	531,7 MHz	3,22 dB	Bidireksional	Linier	-22,61 dB	Tidak Memenuhi
Jarak Reflektor $g = 20$ mm	1,097	524,8 MHz	9,35 dB	Unidireksional	Linear	-26,64 dB	Tidak Memenuhi
Modifikasi <i>Patch</i> + Dual Gap	1,007	600,9 MHz	7,8 dB	Unidireksional	Sirkular	-50,76 dB	Memenuhi

Pada Tabel 4 menjelaskan hasil optimasi dari tahapan-tahapan mulai dari metode fraktal *koch snowflake* iterasi-2, partial groundplane dengan $GL = 40$ mm, tebal *substrate* 3,175 mm, penggunaan reflektor planar berjarak $g = 20$ mm, dan penggunaan modifikasi *patch* ditambah dual gap. Pada tahapan modifikasi *patch* ditambah dual gap dilakukan optimasi akhir antenna dengan cara mengubah jarak reflektor menjadi $g = 21$ mm, dan panjang groundplane sebesar $GL = 43$ mm. Dari hasil tersebut didapatkan antenna dengan parameter yang sudah dicantumkan pada Tabel 4.9. Dengan hasil optimasi tersebut dicapai parameter antenna yang telah memenuhi spesifikasi antenna SAR.

4 Kesimpulan

Dari Tugas Akhir ini dicapai antenna uniplanar dengan karakteristik *bandwidth* dengan batas atas dan bawah di VSWR maksimum 1,5 dengan nilai *return loss* -14 dB sebesar 600,9 MHz. Antenna memiliki pola radiasi unidireksional dengan *gain* sebesar 7,8 dB, polarisasi sirkular dengan arah Right Hand Circular Polarization (RHCP) yang diukur pada arah fasa 90° , dan frekuensi resonansi pada 2450 MHz memiliki VSWR 1,007 dengan nilai *return loss* -50,76 dB dengan menggunakan metode Fraktal *koch snowflake* dengan pencatu line-feed, partial *groundplane*, penebalan *substrate*, penambahan reflektor, dan modifikasi *patch* ditambah dual gap pada *patch* antenna. Adapun beberapa kesimpulan yang didapat dari hasil pengujian dan analisis sebagai berikut:

1. Pada Tugas Akhir ini dicapai antenna uniplanar yang dapat memenuhi spesifikasi antenna SAR yang diinginkan yang bekerja pada frekuensi 2450 MHz.
2. Pada percobaan Tugas Akhir ini fraktal *koch snowflake* iterasi ke-2 menghasilkan *bandwidth* yang paling besar karena memiliki luas dimensi *patch* untuk menerima dan mentransmisikan daya paling besar.

3. Metode fraktal *koch* snowflake iterasi ke-2 menghasilkan *bandwidth* sebesar 41,6 MHz, sehingga dapat disimpulkan belum memenuhi spesifikasi yang dibutuhkan.
4. Penggunaan metode partial *groundplane* dapat meningkatkan *bandwidth* yang signifikan. Metode ini juga mempengaruhi bocornya gelombang yang ditransmisikan ke belakang antenna merubah polaradiasi antenna menjadi bidireksional.
5. Semakin kecil panjang *groundplane* yang digunakan maka terjadi perubahan frekuensi kerja antenna, sedangkan semakin besar panjang *groundplane* maka terjadi pergeseran frekuensi kerja antenna ke frekuensi lebih kecil.
6. Dengan menggunakan ketebalan *substrate* Duroid RT5880 yang berbeda - beda menunjukkan bahwa *substrate* yang lebih tebal menghasilkan *bandwidth* yang lebih besar dan membuat antenna multiband, sedangkan pada *substrate* yang lebih tipis menghasilkan hasil yang sebaliknya.
7. Penggunaan reflektor planar mampu meningkatkan *gain* sebesar 6,13 dB pada antenna dan mengatasi polaradiasi yang berubah disebabkan oleh partial *groundplane*.
8. Jarak reflektor berpengaruh terhadap *gain* dan *bandwidth* antenna. Semakin besar jarak reflektor maka semakin besar *bandwidth* yang dihasilkan akan tetapi *gain* yang didapat semakin kecil, begitu juga untuk sebaliknya.
9. Penggunaan modifikasi *patch* dengan cara memotong sebagian *patch* pada sumbu 30° dan 210° serta menambahkan dual gap dengan kemiringan 30° dapat merubah polarisasi antenna dari linear menjadi sirkular pada arah fasa 90° .

Reference

- [1] M. A. Richards, J. A. Scheer and W. A. Holm, Principles of Modern Radar Basic Principles, 2010.
- [2] A. Moreira, P. Prats-Iraola, M. Younis, G. Kriger, I. Hajnsek and K. P. Papathanassiou, "A Tutorial on Synthetic Aperature Radar," *IEEE Geoscience and Remote Sensing Magazine.*, 2013.
- [3] M. Naveena, D. K. Singh and H. Singh, "Design of UHF Band UWB Antenna for Foliage," *2017 IEEE International Conference on Antenna Innovations & Modern Technologies for Ground, Aircraft and Satellite Applications (iAIM)*, 2017.
- [4] A. Welfin Alfarras, H. Wijanto and A. Dwi Prasetyo, ANALISIS KOMPARATIF KARAKTERISTIK ANTENA MIKROSTRIP PATCH LINGKARAN, SEGI EMPAT, DAN SEGITIGA UNTUK SYNTHETIC APERTURE RADAR 1,27 GHZ, Bandung: Telkom University, 2019.
- [5] D. Sankaranarayanan, D. Venkata Kiran and B. Mukherjee, "Koch snowflake Dielectric Resonator Antenna loaded with a circular metallic patch for wideband applications," *2016 URSI Asia-Pacific Radio Science Conference (URSIAP-RASC)*, 2016.
- [6] S. Muchammad and A. Rahmat, "ANALYSIS OF SAR MAIN PARAMETERS FOR SAR SENSOR DESIGN ON LSA," *International Journal of Remote Sensing and Earth Sciences*, vol. 11, pp. 85-96, 2014.
- [7] H. Huang, Y. Liu, S. Zhang and S. Gong, "Uniplanar Ultrawideband Polarization Diversity," *IEEE Antennas and Wireless Propagation Letters*, vol. 13, pp. 1745-1748, 2014.
- [8] "Characteristics of ultra-wideband technology," International Telecommunication Union Radiocommunication Sector, 2006.
- [9] C. A. Balanis, Antenna Theory Analysis and Design, New York, United States: John Wiley & Sons Inc, 2016.
- [10] S. Tripathi, A. Mohan and S. Yadav, "A Compact Koch Fractal UWB MIMO Antenna," *IEEE Antennas and Wireless Propagation Letters*, vol. 14, pp. 1565-1568, 2015.
- [11] S. M. P. D. A. P. R. Bhatt, "Analysis of ultra wideband fractal antenna designs and their applications for wireless communication: A survey," in *2017 International Conference on Inventive Systems and Control (ICISC)*, 2017.
- [12] Z. Yu, J. Yu, C. Zhu and Z. Yang, "An Improved Koch Snowflake Fractal Broadband," in *2017 IEEE 5th International Symposium on Electromagnetic Compatibility (EMC-Beijing)*, 2017.