PERANCANGAN DAN ANALISIS KINERJA ANTENA MIKROSTRIP DENGAN PATCH SEGIEMPAT PADA FREKUENSI 2,3 GHz UNTUK APLIKASI NANO SATELIT DENGAN TEKNIK MINIATURISASI ANTENA

DESIGN AND WORK ANALYSIS OF SQUARE PATCH MICROSTRIP ANTENNA AT FREQUENCY OF 2,3 GHZ FOR NANO SATELLITE APPLICATION WITH MINIATURIZATION TECHNIQUES

[1]Febri Zenti Ramadhani, [2]Bambang Setia Nugroho, [3]Nachwan Mufti Adriansyah
Program Studi S1 Teknik Telekomunikasi, Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom
Jl. Telekomunikasi No. 1, Desa Sukapura, Dayeuhkolot, Bandung Kabupaten 40257
[1]febridifanfx@student.telkomuniversity.ac.id, [2]bambangsetianugroho@telkomuniversity.ac.id,
[3]nachwanma@telkomuniversity.ac.id

ABSTRAK

Teknologi komunikasi global sedang berkembang pesat seiring dengan banyaknya layanan telekomunikasi yang diselenggarakan, khususnya teknologi antariksa pada komunikasi satelit. Hal tersebut dituangkan dalam sebuah riset nano satelit untuk pengolahan citra digital (DIP). Dibutuhkan sebuah antena sebagai komponen transmisi yang dapat memenuhi kebutuhan tersebut. Jenis yang akan digunakan yakni antena mikrostrip.
Dengan frekuensi kerja 2,325 GHz s.d. 2,375 GHz, antena yang bekerja pada frekuensi tersebut relatif memiliki ukuran yang besar, oleh sebab itu diperlukan suatu teknik optimasi untuk hal tersebut, yaitu miniaturisasi antena. Teknik miniaturisasi antena yang digunakan berupa penambahan celah pada bagian patch, serta menggunakan substrat berbahan FR-04 Epoxy Fiberglass.
Dalam penelitian ini, penguatan antena 11,23 dB, dengan VSWR 1,383, return loss -15,875 dB, mempunyai pola radiasi unidireksional dan polarisasi eliptikal dengan penerapan untuk nano satelit.
Hasil penelitian tersebut digunakan untuk melakukan pengolahan citra digital pada satelit dengan fungsi menerima data hasil transmisi berupa gambar ruang angkasa dan bumi dari satelit yang membutuhkan lebar kanal lebih dari 50 MHz.

Kata Kunci: Antena Mikrostrip, Miniaturisasi Antena, Nano Satelit

ABSTRACT

Global communications technology is growing rapidly along with the number of telecommunications services are held, especially space technology for satellite communications. It stated in a nano-satellite research for digital image processing (DIP). It takes an antenna as a transmission component that can meet those needs. The type that would be used the microstrip antenna.
With operating frequency of 2,325 GHz until 2,375 GHz, the antenna which works at the frequency of relatively large size, and therefore an optimization techniques is required, namely miniaturization of the antenna. The antenna miniaturization techniques used in the form of the addition of slits on the patch, also use a substrate made from Fiberglass Epoxy FR-04.
In this research, the antenna to obtain of 11,23 dB where VSWR of 1,383, return loss of -15,875 dB, unidirectional radiation pattern while eliptical polarization with expected application for nano satellite.
The research are expected to be applied for digital image processing of satellite with the function of receiving data from the transmission of free space and earth images from satellite that requiring bandwidth more than 50 MHz..

Keywords: Microstrip Antenna, Antenna Miniaturization, Nano-Satellite

1. Pendahuluan

Teknologi komunikasi global saat ini berkembang pesat seiring dengan banyaknya layanan telekomunikasi yang diselenggarakan. Salah satunya Indonesia, negara dengan kepulauan terbesar di dunia memiliki sistem geografis yang sangat variatif. Kondisi seperti ini dapat diatasi, salah satu solusinya yaitu dengan menggunakan teknologi nano satelit. Nano satelit merupakan tekonologi satelit yang mengorbit pada daerah orbit bumi rendah (LEO) [1]. Nano satelit dapat difungsikan sebagai alat pencitraan pada daerah yang sulit dijangkau oleh BTS. Dikarenakan bentuknya yang kecil, komponen yang tersusun pada nano satelit

juga berukuran kecil. Hal ini juga berlaku untuk komponen transmisi gelombang elektromagnetik, yaitu antena.

Dalam tugas akhir berikut, penelitian yang dilakukan oleh penulis yakni perancangan antena mikrostrip untuk aplikasi nano satelit dengan bentuk akhir produk yang akan mengalami penyusutan dimensi atau dikenal dengan teknik miniaturisasi. Teknik yang dilakukan berikut yakni dengan pemberian celah pada *patch* segiempat untuk frekuensi kerja 2,3 – 2,4 GHz [2]. Penguatan yang dihasilkan yakni di atas 3 dB, VSWR dengan nilai dibawah 2,00 serta *return loss* dibawah -10 dB, pola radiasi unidireksional dan polarisasi eliptik dengan penerapan *link budget* dan menggunakan model saluran transmisi untuk menghitung dimensi antenna yang diperlukan. Dimesni antena memiliki ukuran maksimum 68,5 cm^2 (19,11cm^2 pada kondisi ideal).

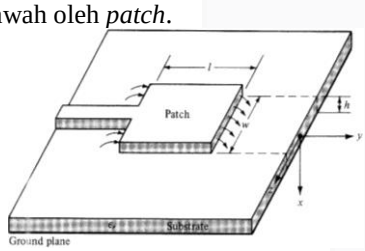
2. Kepustakaan dan teori

2.1 Antena Mikrostrip

Antena mikrostrip merupakan pemanfaatan piranti mikrostrip pada antena yang berfungsi untuk menangkap sinyal elektromagnetik, dan juga berasal dari satelit. Bentuknya disebut lebih kecil dari dimensi secara umum.

Antena ini memiliki tiga bagian lapisan, yakni:

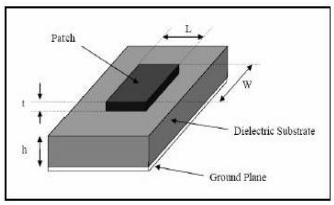
a. *Conducting Patch*, yang berfungsi meradiasikan gelombang ke udara dan terletak pada bagian paling atas. Bentuknya akan memengaruhi hasil akhir antena.
b. Substrat dielektrik, yang menjadi penyalur (media) gelombang elektromagnetik yang dapat memengaruhi parameter antena.
c. *Groundplane*, yang berfungsi sebagai reflektor untuk memantulkan gelombang yang terpancar ke bawah oleh *patch*.



Gambar 1 Gambar Antena Mikrostrip Umum

2.2 Antena Mikrostrip Patch Segiempat

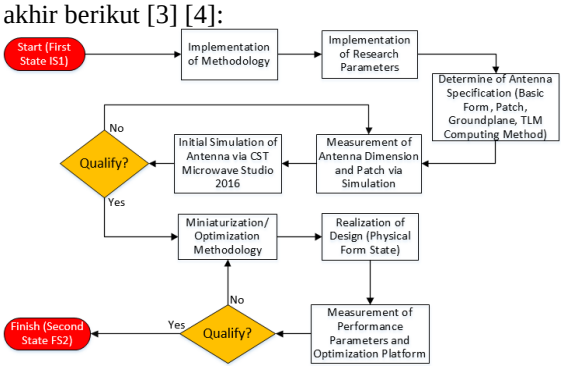
Antena mikrostrip segiempat merupakan antena mikrostrip dengan bentuk patch segiempat berupa persegi panjang. Frekuensi *cut-off* pada mode TM bumbung gelombang akan memberikan frekuensi resonansi pada antena mikrostrip dengan tempelan persegi panjang.



Gambar 2 Antena Mikrostrip *Patch* Segiempat

3. Metodologi Penelitian

Berikut adalah bagan metodologi penelitian tugas akhir berikut [3] [4]:



Gambar 3 Metodologi Penelitian Perancangan Antena Mikrostrip

Langkah awal dari perancangan antena ini adalah dengan menerapkan metodologi konsep dalam merancang produk antenna, lalu menentukan parameter minimal yang dibutuhkan untuk aplikasi nano satelit pada komunikasi, menentukan spesifikasi antena yang dimaksud, penentuan bentuk fisik dari antenna dan parameter turunannya, selanjutnya penentuan dimensi dasar dari antena dengan berbagai rumus dan turunannya serta penerapan *link budget* sebagai sarana awal realisasi yang disajikan sebelum menentukan bahan antena, dilanjutkan dengan simulasi kerja antena menggunakan CST *Microwave Studio software* dengan teknik miniaturisasi. Proses tersebut akan menentukan besaran dimensi antena dan bentuknya secara *real* dan sesuai dengan parameter yang diusulkan. Antena tersebut memiliki bentuk persegi panjang dengan patch segiempat.

Beberapa metode yang digunakan dalam perancangan antena, seperti meningkatkan nilai koefisien dielektrik, memberikan celah pada bagian patch dan membuat jalur baru yang membagi arus menjadi dua. Hasil yang dilihat pada beberapa jurnal tersebut merupakan bagian dari metodologi terakhir yang digunakan dalam penelitian berikut.

Hal terakhir yang dilakukan adalah realisasi perancangan, pengukuran antena dan analisis kinerjanya, serta alasan mengapa terjadi perubahan hasil yang diperoleh pada usulan tugas akhir.

3.1 Karakteristik Antena dan Parameternya

3.1.1 Koefisien Pantul

Merupakan perbandingan antara impedansi input dan impedansi saluran transmisi, dengan rumus:

$$\Gamma(z)=\frac{Z_0-Z_{in}}{Z_0+Z_{in}} \quad (1)$$

Di mana, Γ(z) merupakan koefisien refleksi yang dipantulkan oleh impedansi, Z_0 merupakan kondisi awal impedansi dan Z_{in} impedansi masukan.

3.1.2 *Voltage Stand Wave Ratio* (VSWR)

VSWR merupakan perbandingan tegangan maksimum terhadap tegangan minimum dalam saluran transmisi dengan persamaan:

$$VSWR = \frac{1+|\Gamma(z)|}{1-|\Gamma(z)|} \quad (2)$$

Di mana, $\Gamma(z)$ adalah koefisien pantul dengan nilai $0 \leq \Gamma(z) \leq 1$.

3.1.3 Lebar Kanal (*Bandwidth*)

Lebar kanal merujuk pada suatu standardisasi atas nilai VSWR yang diberikan, biasanya nilai VSWR kurang dari 2 ($VSWR \leq 2$). Lebar kanal dirumuskan:

$$BW = \frac{f_H - f_L}{f_C} \quad (3)$$

Di mana, f_H merupakan nilai frekuensi atas, f_C merupakan nilai frekuensi optimasi dan f_L merupakan nilai frekuensi bawah.

3.1.4 Penguatan (*Gain*)

Penguatan (g*ain*) merupakan perbandingan antara intensitas radiasi antena dengan intensitas radiasi referensi dengan daya masukan yang sama, dengan rumus awal:

$$G = \eta . D \quad (4)$$

$$G = \frac{4\pi}{\lambda^2} A_{eff} \quad (5)$$

Di mana, G merupakan penguatan antena dalam dB, η merupakan efisiensi antena dengan nilai $0 \leq \eta \leq 1$, λ merupakan panjang gelombang, D merupakan direktivitas dan A_{eff} merupakan luasan efektif antena.

3.1.5 *Return Loss* (RL)

Return Loss (RL) merupakan perbandingan antara amplitudo dari gelombang yang direfleksikan terhadap amplituda gelombang yang dikirimkan. *Return loss* (RL) dapat terjadi karena adanya diskontinuitas di antara saluran transmisi dengan impedansi masukan beban (antena).

$$RL = -20 \log \Gamma(z) \quad (6)$$

Di mana, Γ(z) merupakan koefisien refleksi.

3.1.6 *Effective Isotropic Radiated Power* (EIRP)

EIRP adalah energi efektif yang didapat pada *main lobe* dari antena pengirim. Menghitung EIRP adalah dengan menjumlahkan penguatan antena (dalam satuan dBi) dengan level energi (dalam satuan dBm) pada antenna tersebut. Rumus untuk menghitung EIRP sebagai berikut:

$$EIRP_{TX} = P_{TX} - L_f + G_{TX} - C_G \quad (7)$$

Di mana, P_{TX} merupakan daya kirim dalam dBm, L_{fTX} merupakan *loss* daya pada kabel dalam dB dan G_{TX} merupakan penguatan dalam dB.

3.1.7 Sudut Azimuth (A)

$$A = 180 - tan^{-1}\left(\frac{tan\,|\Delta_{long.sb}|}{sin\,lat.sb}\right) \quad (8)$$

Di mana, long.sb merupakan derajat bujur dan lat.sb merupakan derajat lintang,yang digunakan untuk pengorbitan.

3.1.8 Sudut Elevasi (E)

$$E = tan^{-1}\left[\frac{cos\,lat.sb\,cos\,|\Delta_{long.sb}| - 0{,}151}{\sqrt{1-(cos\,lat.sb\,cos\,|\Delta_{long.sb}|)^2}}\right] \quad (9)$$

Di mana, long.sb merupakan derajat bujur dan lat.sb merupakan derajat lintang,yang digunakan untuk pengorbitan.

Sudut azimuth dan elevasi digunakan dalam perhitungan *coverage angle* dan *slant range*, sebagai *link budget* satelit dan antena yang dibutuhkan.

3.1.9 Sudut Cakupan (*cov*)

$$cov = \left[sin^{-1}\left(\frac{R}{R+H_{sat}}\right) cos\frac{E}{180\pi}\right]\frac{180}{\pi} \quad (10)$$

$$cov = sin^{-1}\left(\frac{R}{R+H} cos\,E\right) \quad (11)$$

Di mana, R merupakan jari-jari bumi, H merupakan ketinggian bumi, cov merupakan sudut cakupan dan E merupakan sudut elevasi.

3.1.10 Sudut Polarisasi (ψ)

$$\psi = cos^{-1}\left[\frac{sin\,lat.sb\left(1-\frac{R_E}{r}cos\,lat.sb\,cos\,\Delta long.sb\right)}{\sqrt{1-cos^2\Delta long.sb\,cos^2 lat.sb}\sqrt{1-2\frac{R_E}{r}cos\,lat.sb\,cos\,\Delta long.sb)+\frac{R_E}{r}cos^2 lat.sb}}\right] \quad (12)$$

Di mana, long.sb merupakan derajat bujur dan lat.sb merupakan derajat lintang,yang digunakan untuk pengorbitan.

3.1.11 *Slant Range* (D)

Slant range atau daerah kemiringan merupakan jarak aktual dari sebuah stasiun bumi ke arah satelit, dengan rumus:

$$D = \sqrt{H^2 + R^2 - 2RH\,cos\left(\frac{90-cov-E}{180\pi}\right)} \quad (13)$$

Di mana, R merupakan jari-jari bumi, H merupakan ketinggian bumi, cov merupakan sudut cakupan dan E merupakan sudut elevasi.

3.1.12 *Free Space Loss* (FSL)

Free Space Loss (FSL) adalah *loss* (kerugian) yang terjadi dalam sambungan komunikasi melalui gelombang radio. Formulasi FSL adalah sebagai berikut:

$$FSL = 32{,}45 + 20\,log\left(d_{(km)} f_{(MHz)}\right) \quad (14)$$

$$FSL = 92{,}45 + 20\,log\left(d_{(km)} f_{(GHz)}\right) \quad (15)$$

Perhitungan FSL di atas akan mengalami *obstacle event* yang mendekati *pathloss*, sehingga FSL yang sebenarnya adalah hasil optimasi dari *obstacle event* (penyesuaian 6 dB dari FSL hasil perhitungan), di mana d merupakan jarak dalam km dan f merupakan frekuensi operasi.

3.1.13 *Atmosphere Loss* (atm)

$$atm = 0{,}004 . D \quad (16)$$

Di mana, D merupakan slant range.

3.1.14 *Link Budget Concept*

Konsep *link budget* digunakan untuk mengetahui daya transmit, penerimaan, penguatan dan redaman. Konsep tersebut dituangkan dalam rumus berikut:

$$P_{TX} = P_{RX}(ths) + FM + L_{fRx} - G_{RX} + L_{fTX} - G_{TX} + FSL' \quad (17)$$

dengan:

P_{TX}= Daya transmit (dBm)

$P_{RX}(ths)$= Daya penerimaan *threshold* (dBm)

FM= *Fading Margin* (*Realibility of N-nine*) (dB)

L_{fRx}= Redaman umpan/ kabel pada penerima (dB)

G_{RX}= Penguatan pada penerima (dB)

L_{fTX}= Redaman umpan/ kabel pada transmit (dB)

G_{TX}= Penguatan pada penerima (dB)

FSL= Free Space Loss hasil *obstacle* atau pathloss (dB)

3.1.15 Dimensi Model Saluran Transmisi

Untuk mendapatkan dimensi umum antena mikrostrip, maka digunakan komputasi model saluran transmisi berikut [5]:

Panjang *Patch:* $W = \frac{c}{2f}\sqrt{\left(\frac{\varepsilon_r+1}{2}\right)^{-1}}$ (18)

Permitivitas Efektif:

$$\varepsilon_{eff} = \left(\frac{\varepsilon_r+1}{2}\right) + \left(\frac{\varepsilon_r-1}{2}\right)\sqrt{\left(1+\frac{12h}{W}\right)^{-1}} \quad (19)$$

Selisih lebar: $\Delta l = 0{,}412h\left(\frac{\varepsilon_{eff}+0{,}3}{\varepsilon_{eff}-0{,}258}\right)\left(\frac{\frac{W}{h}+0{,}284}{\frac{W}{h}+0{,}8}\right)$ (20)

Lebar *Patch*: $L = \frac{c}{2f\sqrt{\varepsilon_{eff}}} - 2\Delta l$ (21)

Admitansi Masukan: $Y_{in} = 2G = \frac{1}{45}\left(\frac{W}{\lambda_0}\right)^2 = \frac{1}{R_{in}}$ (22)

Impedansi Keluaran: $Z_{0T} = \sqrt{50R_{in}}$ (23)

Di mana, c merupakan kecepatan cahaya dengan nilai 3 x 10^8 m/s, λ merupakan panjang gelombang, f merupakan frekuensi operasi dalam Hz, ε_r merupakan permitivitas relatif, ε_{eff} merupakan permitivitas efektif, W merupakan panjang *patch* dan L merupakan lebar *patch*, R_{in} merupakan resistor masukan, and Z_{0T} merupakan impedansi keluaran.

Formulasi sintetis (Mencari Dimensi *Patch* Antena), jika diketahui Impedansi Masukan dan Permitivias relatif:

$$\frac{w}{h} = \left(\frac{e^{H'}}{8} - \frac{1}{4e^{H'}}\right)^{-1} \quad (24)$$

$$H' = \frac{Z_0\sqrt{2(\varepsilon_r+1)}}{119.9} + \frac{1}{2}\left(\frac{\varepsilon_r+1}{\varepsilon_r-1}\right)\left(\ln\frac{\pi}{2} + \frac{1}{\varepsilon_r}\ln\frac{4}{\pi}\right) \quad (25)$$

$$H' = \frac{Z_0\sqrt{2(\varepsilon_r+1)}}{119.9} + \frac{1}{2}\left(\frac{\varepsilon_r+1}{\varepsilon_r-1}\right)\left(0{,}4516 + \frac{0{,}2415}{\varepsilon_r}\right) \quad (26)$$

Permitivitas Efektif dengan H', jika w/h < 1,3

a. Formulasi umum

$$\varepsilon_{eff} = \left(\frac{\varepsilon_r+1}{2}\right)\left\{1 - \frac{1}{2H'}\left(\frac{\varepsilon_r-1}{\varepsilon_r+1}\right)\left(\ln\frac{\pi}{2} + \frac{1}{\varepsilon_r}\ln\frac{4}{\pi}\right)\right\}^{-2} \quad (27)$$

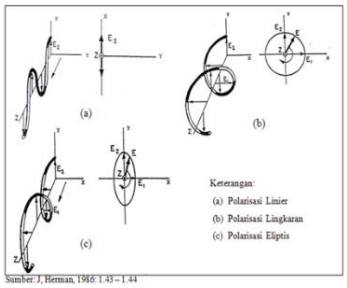
b. Formulasi angka

$$\varepsilon_{eff} = \left(\frac{\varepsilon_r+1}{2}\right)\left\{1 - \frac{1}{2H'}\left(\frac{\varepsilon_r-1}{\varepsilon_r+1}\right)\left(0{,}4516 + \frac{0{,}2415}{\varepsilon_r}\right)\right\}^{-2} \quad (28)$$

3.1.16 Pola Radiasi dan Polarisasi

1. Pola radiasi dapat dibagi menjadi 3 secara umum, yakni:
   a. Unidireksional/ Direksional Searah
   b. Bidireksional/ Direksional Dua Arah
   c. Omnidireksional/ Direksional Segala Arah
2. Polarisasi

Polarisasi merupakan peristiwa perubahan arah getar gelombang yang bersifat acak menjadi satu arah teratur. Bentuk polarisasi dibagi menjadi linear, sirkular dan eliptik seperti ditunjukkan gambar 4 berikut.



Gambar 4 Polarisasi Antena

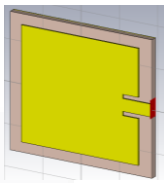
3.2 Spesifikasi Parameter Antena

Berdasarkan hasil komputasi di atas, didapatkan spesifikasi umum dan dimensi antena sebagai berikut:

Tabel 1 Parameter Dasar Pemodelan Simulasi Antena Mikrostrip

No	Aspek	Nilai
a	Sudut Elevasi (E)	34,5°
b	Penguatan antena (*Gain*)	5 dB
c	*Coverage angle* (cov)	26,61°
d	*Slant range* (d)	700,003 km
e	Dimensi (Luas Antena)	19,05 cm^2
f	Panjang *Patch* (W)	3,814 cm
g	Lebar *Patch* (L)	3,006 cm
h	Permitivitas Efektif (ε_{eff})	4,42
i	Impedansi Karakteristik (Z_{0T})	158,52 Ω
j	Lebar Masukan Impedansi (L_1)	0,0622 cm
k	Panjang Impedansi Masukan (W_1)	1,485 cm

Model awal perancangan antena berdasarkan data pada tabel di atas menggambarkan bahwa dimensi antena yang didapatkan berdasarkan kondisi tersebut dengan model saluran transmisi, yakni mempunyai bentang luas substrat sebesar 19,05 cm^2 dan bentang luas patch sebesar 7,595 cm^2. Hal tersebut dijelaskan dalam gambar 5 berikut.



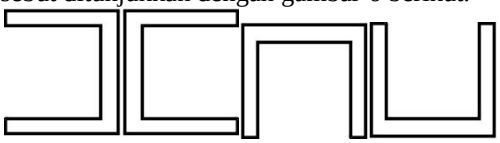
Gambar 5 Gambar Dasar Antena Mikrostrip *Patch* Segiempat

3.3 Teknik Optimasi Antena

Dalam penelitian tugas akhir berikut, penulis menggunakan teknik pemberian celah (*slits*) pada bagian *patch*, yakni disamping kanan dan kiri *feedline* [3] [4] [6].

Hal ini menyebabkan arus yang masuk pada *feedline* dipaksa berjalan memutar mengikuti bentuk *patch* yang telah diberi celah, dan mengakibatkan kinerja antena sedikit menurun, namun masih berada pada taraf yang optimal.

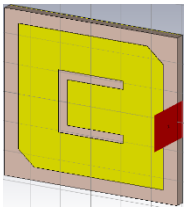
Sistem pemberian celah tersebut menjadi salah satu metodologi yang diaplikasikan untuk mengetahui kinerja antena dengan penerapan metodologi tersebut. Terakhir, penulis menggunakan Teknik memotong sisi bagian patch secara diagonal untuk mendapatkan polarisasi eliptik. Hasil optimasi tersebut ditunjukkan dengan gambar 6 berikut.



Gambar 6 Bentuk Celah pada *Patch* Antena (J, C, N, U)

Bagian *patch* berikut dibentuk dengan model celah berbentuk N pada *patch* antenna mikrostrip. Model celah tersebut yakni berbentuk J, C, N ataupun U,

namun dalam penelitian berikut dibentuk dengan model N dengan panjang 0,25λ_c atau 3,179 cm. Hal tersebut menyebabkan pengecilan dimensi antena yang dikenal dengan efisiensi. Simak pemodelannya pada gambar 7 berikut.



Gambar 7 Antena Mikrostrip *Patch* Segiempat dengan Pemberian Celah Berbentuk (N) pada *Patch*

4. Analisis Data dan Hasil

4.1 Pengolahan Data Simulasi

Pada penelitian tugas akhir berikut, simulasi dalam perancangan antena mikrostrip *patch* segiempat dijabarkan dalam tiga bagian, yakni dimensial, kinerja pengukuran dan direktivitas *farfield* frekuensi.

4.1.1 Dimensi Antena

Berdasarkan simulasi yang dilakukan dalam penelitian di atas, didapatkan hasil pengukuran antena dengan data berikut. Untuk dimensi antena, bentang luas antena yang telah dioptimasi menjadi 12,041 cm^2 dengan luas *patch* 8,715 cm^2 (lihat gambar 7). Luasan area yang ditunjukkan berikut, merupakan pembaruan untuk membuat arus berputar akibat pemberian celah sesuai gambar 6 dan 7 di atas.

Dengan memperhtikan gambar dasar dan gambar optimasi pada sub sebelumnya, hasil tersebut juga disajikan pada tabel berikut (kondisi ideal dengan ε_r=4,3, K dan Z menggunakan ε_r=4,6).

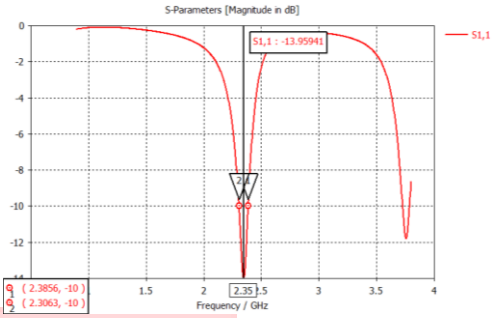
Tabel 2 Pengukuran Simulasi Dimensi Antena Mikrostrip

Aspek	Rincian	Satuan	Keadaan Optimasi		
			IS (F)	1st (K)	3rd (Z)
Substrat Ground plane	Panjang	cm	3,7	3,47	2,75
	Lebar	cm	3,25	3,47	2,75
	Ketebalan	cm	0,16	0,16	0,16
	Luas	cm^2	12,025	12,041	7,563
	Volume	cm^3	1,924	1,927	1,21
	Ketebalan *Groundplane*	cm	0,002	0,002	0,002
Patch	Panjang	cm	3,39	2,959	2,245
	Lebar	cm	2,75	2,959	2,245
	Ketebalan	cm	0,0035	0,0035	0,0035
	Luas	cm^2	8,409	8,715	4,628
	Volume	cm^3	0,0294	0,03048	0,0162
	Massa	gr	0,263	0,277	0,1447
	Panjang *Feed*	cm	0,25	0,2722	0,2525
	Luas celah	cm^2	0,08	0	0,4

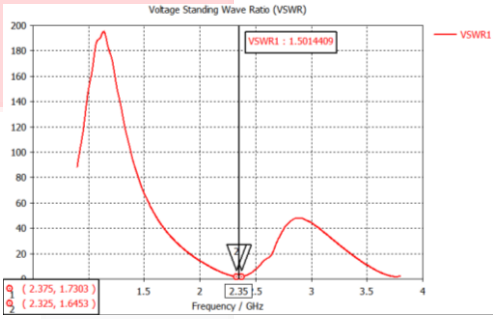
4.1.2 Kinerja Umum Pengukuran Antena

Hasil simulasi parameter yang ditunjukkan berikut merupakan diambil dari optimasi terakhir (ke-3).

Selanjutnya, hasil (parameter) simulasi antena pada CST *Microwave Studio* 2016 menunjukkan nilai *return loss* (RL) sebesar -13,959 dB dengan lebar pita (BW) hasil optimasi menjadi 79,3 MHz yang teroptimasi dan VSWR sebesar 1,501. Hasil tersebut juga disajikan pada gambar 8 dan 9 berikut.

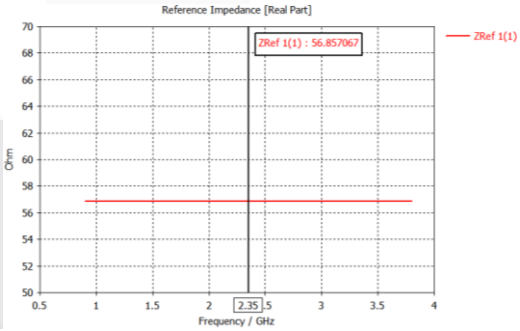


Gambar 8 Parameter-S (*Return Loss*)



Gambar 9 VSWR

Sementara, impedansi referensi antena mencapi nilai optimal sebesar 56,86 Ω. Hasil tersebut juga disajikan pada gambar 10 berikut.



Gambar 10 Impendasi Referensi (dalam Ω)

Hasil tersebut juga disajikan pada tabel 3 berikut untuk parameter kondisi simulasi (sistem ideal dengan ε_r=4,3, optimasi 1 dan 3 dengan ε_r=4,6).

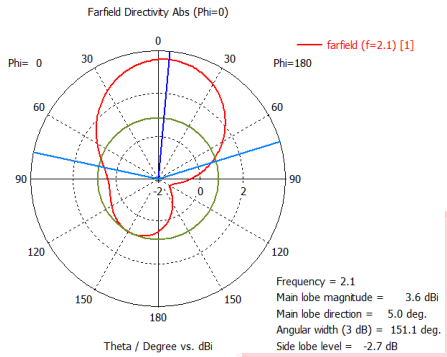
Tabel 3 Parameter Simulasi Antena Mikrostrip

Rincian	Satuan	Keadaan Optimasi		
		IS (F)	1st (K)	3rd (Z)
Parameter S (*Return Loss*)	Mag.	0,0066	0,2533	0,1997
	dB	-43,634	-11,927	-13,992
Lebar Kanal	MHz	50	88,4	79,3
VSWR		1,013	1,68	1,501
Impedansi Referensi	Ohm	72,421	56,85	56,86

4.1.3 Kinerja Direktivitas Antena

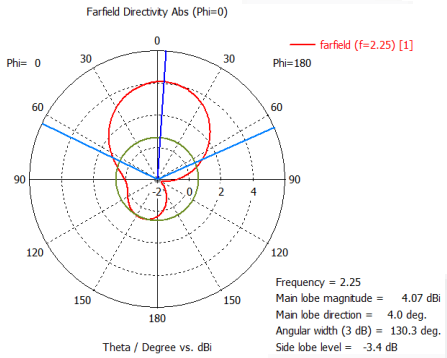
Berikutnya, untuk parameter direktivitas *farfield* setelah dilakukan optimasi (ketiga/ Z), untuk menunjukkan nilai penguatan antena dengan ε_r=4,6.

Pada frekuensi 2,1 GHz, menunjukkan bahwa magnituda maksimum untuk *main lobe* (*gain*) sebesar 3,58 dBi. Hal tersebut ditunjukkan pada gambar 11 berikut.



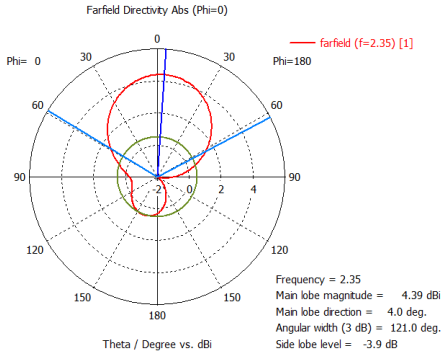
Gambar 11 *Farfield Directivity* (f=2,1 GHz)

Sementara, pada frekuensi 2,25 GHz menunjukkan bahwa magnituda maksimum untuk *main lobe* (*gain*) sebesar 4,06 dBi Hal tersebut ditunjukkan pada gambar 12 berikut.



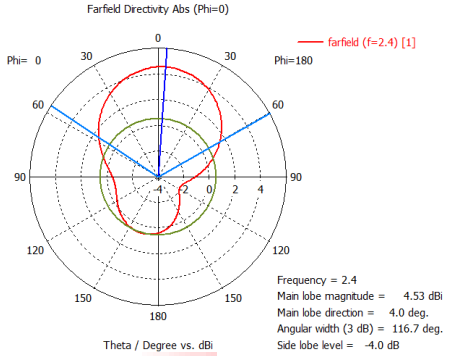
Gambar 12 *Farfield Directivity* (f=2,25 GHz)

Sementara, pada frekuensi 2,35 GHz menunjukkan bahwa magnituda maksimum untuk *main lobe* (*gain*) sebesar 4,37 dBi Hal tersebut ditunjukkan pada gambar 13 berikut.



Gambar 13 *Farfield Directivity* (f=2,35 GHz)

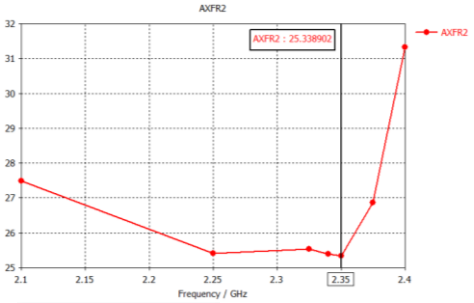
Sementara, pada frekuensi 2,4 GHz menunjukkan bahwa magnituda maksimum untuk *main lobe* (*gain*) sebesar 4,52 dBi Hal tersebut ditunjukkan pada gambar 14 berikut.



Gambar 14 *Farfield Directivity* (f=2,4 GHz)

4.1.1 Kinerja Pemguatan dan Hasil *Axial Ratio*

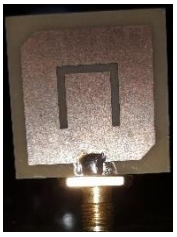
Berdasarkan proses dan hasil pada simulasi, polarisasi antena yang didapatkan yakni eliptik, karena nilai *axial ratio* yang tinggi dan penguatan antena yang di atas 3 dB pada frekuensi operasi tersebut, walaupun untuk realisasinya dengan fabrikasi, hal tersebut dapat dilakukan optimasi. Hasil tersebut disajikan dalam gambar 15 berikut.



Gambar 15 *Axial Ratio* Antena (Optimasi ke-3)

4.2 Pengolahan Data Pengukuran (Validasi)

Sesuai dengan simulasi dan hasil yang telah dijelaskan pada bagian sebelumnya, pada bagian berikut disampaikan hasil realisasi fisik antena dan hasil pengukurannya dalam penelitian berikut yang menampilkan bagian model hasil miniaturisasi, yang digambarkan dalam gambar 16 di bawah sebagai bentuk validasi.



Gambar 16 Fisik Antena Realisasi

Untuk performansi dasar berikut, nilai *return loss* (RL) antena sebesar -15,875 dB, dengan lebar kanal 107,5 MHz, VSWR of 1,501, impedansi (Z) sebesar

45,96 Ω, dan penguatan hasil pengukuran sebesar 11,23 dB.

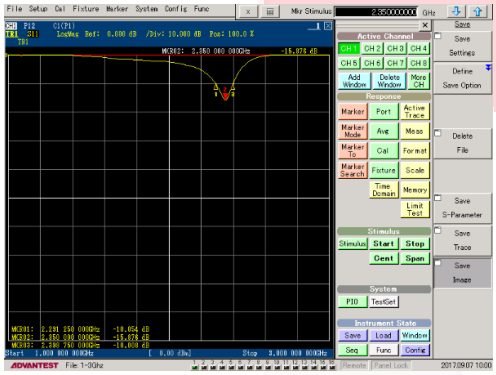
Perhitungan/ komputasi nilai penguatan berasal dari daya kirim (P_{TX}), daya terima (P_{RX}) and daya referensi (P_{ref}), di mana P_{ref} merupakan antena referensi yang digunakan pada laboratorium Pusat Penelitian Elektronika Telekomunikasi, Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia (PPET LIPI).

Rumus yang digunakan untuk mengukur penguatan antena secara praktek, yakni:

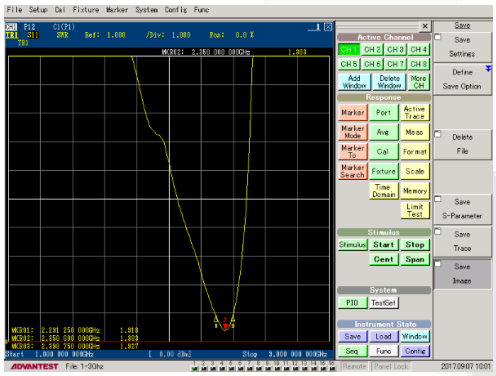
$$G = P_{RX} - P_{TX} + P_{ref} \quad (29)$$

Di mana, P_{RX} dan P_{TX} diukur sebagai antenna uji, masing-masing sebesar -33,02 dB dan -32,25 dB, dan P_{ref} dengan nilai 12 dB yang dilakukan di laboratorium sebagai antena referensi (lihat gambar 16 untuk antena uji).

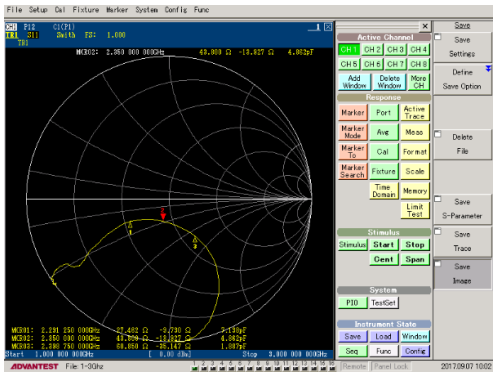
Hasil tersebut ditampilkan pada gambar 17 sampai 19 dan disajikan dalam tabel 4 berikut.



Gambar 17 Parameter-S (*Retrun Loss*)



Gambar 18 VSWR

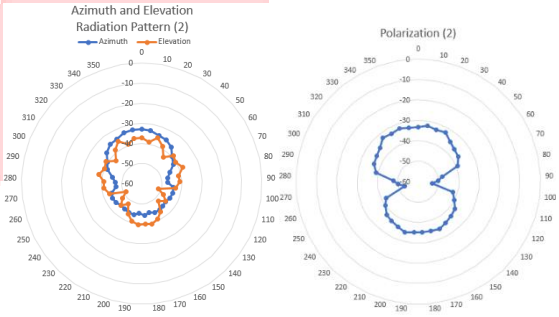


Gambar 19 Impedansi (Z)

Tabel 4 Parameter Pengukuran Realisasi Antena Mikrostrip ε_r=4,6

Rincian	Satuan	Realisasi Model	
		1st (K)	3rd (Z)
Parameter S (*Return Loss*)	Mag.	0,1127	0,1607
	dB	-18,960	-15,875
Lebar Kanal	MHz	83,75	107,5
VSWR		1,254	1,383
Impedansi Referensi	Ohm	48,32	45,96
Penguatan	dB	10,82	11,23

Selanjutnya, untuk pola radiasi yang dibentuk dari antena realisasi yakni unidireksioanl dengan arah horizontal. Sementara, polarisasi yang dibentuk yakni eliptik. Pola-pola tersebut disajikan dalam gambar 20 berikut.



(a) (b)

Gambar 20 (a: Pola Radiasi (Azimuth, Elevasi), b: Polarisasi)

5. Kesimpulan dan Saran

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil perhitungan, perancangan dan analisis yang dilakukan, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

a. Hasil perancangan pada realisasi menunjukkan kualitas berbeda, menjadi lebih terukur, dengan nilai Parameter-S sebesar -15,875 dB, VSWR 1,383 dan *gain* sebesar 11,23 dB, dengan pola radiasi unidireksional dan polarisasi eliptikal.

b. Bagian perancangan pada realisasi menunjukkan performansi yang baik untuk diaplikasikan pada perangkat nano satelit.

5.2 Saran

Pada penelitian berikutnya, diharapkan ada perbaikan antena dalam hal modifikasi, serta pengembangan aplikasi ataupun tujuan penggunaan lainnya, yang masih terkait dengan adopsi teknologi, seperti satelit, radar, *remote sensing* dan sebagainya. Hal tersebut dapat menunjang implikasi produksi (fabrikasi) antena menjadi lebih optimal dan terkomputasi dengan baik.

DAFTAR PUSTAKA

[1] Daryanto, Teknik Dasar Elektronika Komunikasi, Bandung: Sarana Tutorial Nurani Sejahtera, 2012.

[2] Organisasi Radio Amatir Republik Indonesia, "Keputusan tentang Pembagian dan Penggunaan Segmen Band Frekuensi Amatir Radio (Bandplan)," Organisasi Radio Amatir Republik Indonesia, Jakarta, 2009.

[3] M. A. D. Wijaya, Realisasi Antena Mikrostrip Lingkaran pada Frekuensi (420-440) MHz dengan Teknik Miniaturisasi untuk Aplikasi nano Satelit, Bandung: Universitas Telkom, 2013.

[4] G. F. Kurnia, Perancangan dan Realisasi Antena PIFA Array Polarisasi Sirkular pada Frekuensi 2,35 GHz untuk Aplikasi RSPL Nano Satelit, Bandung: Universitas Telkom, 2015.

[5] K. Chang, B. Inder and V. Nair, RF and Microwave Circuit and Component Design for Wireless System, New York: Wiley, 2002.

[6] M. F. Ramadhan, Perancangan dan Realisasi Antena Mikrostrip Array Patch Segitiga Sama Sisi Untuk S-Band Transmitter Satelit Mikro, Bandung: Universitas Telkom, 2015.

[7] P. H. J. R. James, "Handbook Microstrip Antennas," IEEE, Europe, 1989.

[8] J. Krauss, Antennas, New York: Mc. Graw Hill, 1950.

[9] N. M. A. Budi Prasetya, Diktat Kuliah Antena dan Propagasi, Bandung: Institut Teknologi Telkom, 2008.

[10] A. Zamil, Perancangan Antena Mikrostrip Patch Segitiga pada Frekuensi 1,8 GHz untuk Aplikasi LTE, Bandung: Universitas Telkom, 2015.

[11] F. M. Dwijayanto, Perancangan Antena Helix untuk Meningkatkan Daya Terima Sinyal GSM 900 MHz yang Memiliki Level Daya Rendah, Bandung: Universitas Telkom, 2014.

[12] T. J. W. Castro, Antenna System Design for OLFAR's Inter-Satellite Link, Netherlands: University of Twente, 2012.

[13] G. Nuansa, Rancang Bangun Antena Mikrostrip dengan Metamaterial CSRR pada Frekuensi 2,6-2,7 GHz, Depok: Universitas Indonesia, 2012.