

PERANCANGAN DAN REALISASI ANTENA MIKROSTRIP MIMO 4X4 DENGAN CATUAN EMC (ELECTROMAGNETICALLY COUPLED) UNTUK APLIKASI LTE 2,3 GHz

DESIGN AND REALIZATION FOR 4X4 MIMO MICROSTRIP ANTENNA WITH COUPLING EMC (ELECTROMAGNETICALLY COUPLED) FOR LTE 2,3 GHz APPLICATION

Arif Pratama¹, Dr. Ir. Heroe Wijanto, MT.², Dr. Ir. Yuyu Wahyu, MT.³

Prodi S1 Teknik Telekomunikasi, Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom

Jl. Telekomunikasi no. 1 Dayeuhkolot, Bandung, 40257

ariefsobo@gmail.com, heroe.wijanto@gmail.com, yuyuwahyusr@yahoo.com

Abstrak

Pada tugas akhir ini dirancang dan direalisasikan antenna mikrostrip MIMO 4×4 untuk aplikasi pada teknologi LTE pada frekuensi 2,3 GHz. Teknologi MIMO (*Multiple Input Multiple Output*) merupakan sistem komunikasi dengan menggunakan multi antenna baik disisi *transmitter* maupun *receiver*. Dengan teknologi MIMO, empat antenna mikrostrip akan direalisasikan supaya dihasilkan *bandwidth* ≥ 50 MHz. Antena ini akan bekerja pada frekuensi kerja 2,3 GHz yang dapat diaplikasikan dalam LTE (*Long Term Evolution*).

Pada tugas akhir ini dirancang dan direalisasikan antenna MIMO 4 × 4 untuk LTE pada frekuensi 2,3 GHz dengan pencapaian *gain* ≥ 3 dBi dan *bandwidth* mencapai ≥ 50 MHz. Dengan menggunakan catuan EMC (*Electromagnetically Coupled*) dimana menggunakan dua buah substrat guna meningkatkan *bandwidth* antenna.

Pada hasil pengukuran antenna didapatkan hasil $VSWR \leq 2$. *Bandwidth* ≥ 50 MHz pada semua antenna. *Gain* pada antenna pertama 3,38 dBi pada antenna kedua 3,34 dBi, pada antenna ketiga 3,35 dBi, dan pada antenna keempat 3,27 dBi. Pola radiasi yang dihasilkan ketika simulasi dan pengukuran adalah *unidireksional*. Polarisasi yang dihasilkan adalah elips. Berdasarkan ukuran dimensi antenna dan pola radiasi yang dihasilkan, maka antenna ini dapat digunakan sebagai Antena *outdoor* BTS pada teknologi LTE.

Kata kunci: Antena, mikrostrip, MIMO, LTE, EMC

Abstract

In this final project designed and realized microstrip antenna MIMO 4 × 4 for applications on LTE technology at a frequency of 2.3 GHz. Medium MIMO (Multiple Input Multiple Output) is a communication system using a multi antennas both on the transmitter and receiver. With MIMO technology, four microstrip antenna will be realized so that the resulting bandwidth ≥ 50 MHz. This antenna will work at 2.3 GHz operating frequency that can be applied in the LTE (Long Term Evolution).

In this final project designed and realized a 4 × 4 MIMO antenna for LTE at a frequency of 2.3 GHz with achieving ≥ 3 dBi gain and bandwidth reaches ≥ 50 MHz. By using ration EMC (electromagnetically coupled) which uses two substrates in order to increase the bandwidth of the antenna.

On the results of the measurement antenna $VSWR \leq 2$ is obtained. ≥ 50 MHz bandwidth on all antenna. The first antenna gain at 3.38 dBi at both 3:34 dBi antenna, the third antenna is 3.35 dBi, and the fourth 3.27 dBi antenna. Radiation pattern is generated when the simulation and measurement is unidireksional. Polarization obtained is elliptical. Based on the dimensions and radiation pattern of the antenna generated, then this antenna can be used as an outdoor BTS antenna on LTE technology.

Keywords: Antenna, microstrip, MIMO, LTE, EMC

1. Pendahuluan

1.1 Latar Belakang

Teknologi saat ini yang masih terus dikembangkan yaitu 3GPP *Long Term Evolution* (LTE) yang dipasarkan dengan nama 4G. LTE merupakan standar komunikasi nirkabel berbasis GSM dan UMTS/HSDPA untuk akses data dengan kecepatan tinggi. Kementerian Kominfo berencana menambahkan frekuensi 2,3 GHz sebagai frekuensi yang dipakai operator untuk adopsi LTE.

Dalam teknologi LTE dibutuhkan komponen pendukung, salah satunya dibagian transmisi yaitu antenna. Salah satu jenis antenna yaitu antenna mikrostrip MIMO (*Multiple Input Multiple Output*). MIMO adalah

teknologi yang menggunakan beberapa antena untuk secara koheren mengurai lebih banyak informasi dibanding menggunakan satu antena tunggal. Pada penelitian ini dirancang dan direalisasikan antena MIMO 4×4 dengan keunggulan memberikan bandwidth yang lebih besar. Dengan konfigurasi MIMO 4×4, berarti akan ada 4 susunan antena yang mampu meningkatkan *transfer rate* dan performa konektivitas *wireless*.^[3]

Antena yang akan dirancang akan menggunakan catuan EMC (*Electromagnetically Coupled*) yang mana diharapkan dapat memberikan *bandwidth* yang lebih lebar dan juga dapat meningkatkan performansi radiasi pada antena. Dengan perancangan dan realisasi dari antena mikrostrip MIMO 4×4 dengan bentuk *patch* antena persegi panjang yang diharapkan dapat bermanfaat dalam perkembangan teknologi khususnya pada teknologi antena untuk teknologi LTE. Serta dapat menjadikan analisis penelitian ini sebagai pembandingan dengan teknologi-teknologi yang lainnya. Dengan desain antena yang sudah direalisasikan, antena dapat digunakan sebagai antena outdoor BTS dikarenakan ukuran dimensi dari antena yang direalisasikan tidak dapat diaplikasikan sebagai antena UE (*User Equipment*).

1.2 Tujuan Penelitian

1. Merancang antena mikrostrip MIMO 4×4 untuk aplikasi teknologi LTE.
2. Merancang antena supaya didapatkan bandwidth yang lebih lebar.
3. Mensimulasikan antena sesuai spesifikasi antena yang sudah ditetapkan.
4. Merealisasikan antena mikrostrip yang sudah dirancang dan disimulasikan.

1.3 Rumusan Masalah

1. Bagaimana merancang antena mikrostrip MIMO 4×4.
2. Bagaimana mendapatkan dimensi antena yang tepat untuk antena mikrostrip MIMO 4×4 yang bekerja pada frekuensi kerja 2.3 GHz.
3. Bagaimana pemilihan lokasi pabrikasi yang tepat untuk merealisasikan antena mikrostrip yang sudah dirancang.

1.4 Batasan Masalah

1. Antena yang digunakan antena mikrostrip MIMO 4×4.
2. Bahan substrat yang digunakan adalah FR-4.
3. Fokus pada antena mikrostrip MIMO 4×4.
4. Perangkat lunak yang digunakan untuk perancangan adalah CST 2014.
5. Tidak membahas LTE secara mendetail, karena hanya sebagai pengaplikasian dari antena yang akan dirancang.
6. Hasil realisasi antena akan digunakan sebagai antena *outdoor* BTS.

1.5 Metodologi Penelitian

Metodologi yang digunakan dalam penyusunan tugas akhir ini adalah perancangan, simulasi dan perealisasi. Perancangan dilakukan dengan melakukan beberapa tahap perhitungan yang berdasarkan teori yang ada, kemudian melakukan simulasi antena dengan mengubah nilai-nilai penyusun komponennya agar mendapatkan spesifikasi yang diharapkan.

Tahap terakhir adalah merelaisasikan antena yang sudah dirancang dan disimulasiin kedalam bentuk PCB dengan bahan FR-4. Setelah direalisasikan antena diukur dan dianalisa kembali.

2. Dasar Teori dan Metodologi Perancangan

2.1 Dasar Teori

a. Antena Mikrostrip *Single Patch*

Mikrostrip sendiri berasal dari dua kata yaitu *micro* (sangat kecil) dan *strip* (bilah/potongan), sehingga antena mikrostrip dapat di definisikan sebagai antena yang memiliki bentuk seperti bilah/potongan yang ukurannya sangat kecil^[2]. Secara umum, antena mikrostrip terdiri dari 3 bagian, yaitu *patch*, substrat, dan *ground plane*. *Patch* posisinya berada di atas substrat, sedangkan *ground plane* terletak pada bagian paling bawah^[6].

b. Dimensi Antena

Adapun rumus guna menentukan panjang dan lebar antena mikrostrip yaitu sebagai berikut:

1. Panjang patch antena mikrostrip (W)^[12]

$$W = \frac{c}{2 \sqrt{\epsilon_r + 0.3} \left(\frac{c}{f} + 0.264 \right)} \quad (2.1)$$

2. Lebar patch antena mikrostrip (L)^[12]

$$\Delta l = 0.412h \frac{\left(\epsilon_r + 0.3 \right) \left(\frac{W}{h} + 0.264 \right)}{\left(\epsilon_r + 0.258 \right) \left(\frac{W}{h} + 0.8 \right)} \quad (2.2)$$

Dimana ϵ_r adalah konstanta dielektrik relatif yang dirumuskan sebagai berikut^[12]:

$$\epsilon_{eff} = \frac{\epsilon_r + 1}{2} + \frac{\epsilon_r - 1}{2} \left(\frac{h}{W} \right)^{0.725} \quad (2.3)$$

$$\frac{\sqrt{1+12 \frac{h}{W}}}{W}$$

Kemudian cari nilai l_{eff} yang merupakan panjang patch efektif yang dapat dirumuskan dengan [12]:

$$l_{eff} = \frac{c}{2 \sqrt{\epsilon_{eff}}} \quad (2.4)$$

Setelah mendapatkan nilai l_{eff} maka nilai L atau lebar antena mikrostrip dapat dihitung dengan menggunakan rumus berikut [12]:

$$l = l_{eff} - 2\Delta l \quad (2.5)$$

Untuk menghitung ukuran substrat dan groundplane dapat menggunakan rumus berikut ini :

$$W_0 \geq 6h + l \quad (2.6)$$

$$W_g \geq 6h + W \quad (2.7)$$

c. Antena Mikrostrip MIMO 4x4

Antena mikrostrip MIMO 4x4 akan disusun antena mikrostrip sebanyak 4 buah. Adapun perumusan guna mendapatkan nilai dari jarak antar antena yaitu sebagai berikut.

$$d = \frac{\lambda}{2} \quad (2.8)$$

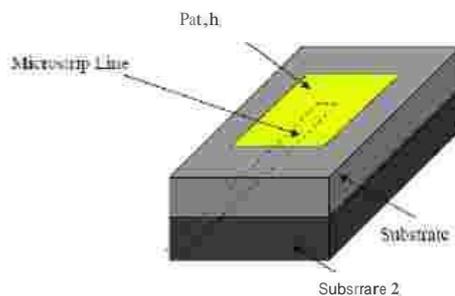
Dimana nilai λ yaitu :

$$\lambda = \frac{\lambda_0}{\sqrt{\epsilon_r}} \quad (2.9)$$

Dan nilai $\lambda_0 = \frac{c}{f}$ (2.10)

d. Teknik Pencatuan EMC (Electromagnetically Coupled)

Ada beberapa teknik pencatuan dan masing-masing memiliki kelebihan dan kekurangan masing-masing. Dalam tugas akhir ini akan digunakan teknik catuan *Electromagnetically Coupled* (EMC). Dua substrat dielektrik akan digunakan jika teknik pencatuan ini diterapkan. Saluran pencatu terletak diantara dua substrat tersebut dan elemen peradiasi tereletak pada substrat bagian atas.



Gambar 2.1 *Electromagnetically Coupled* (EMC) [10]

Lebar pencatu dapat dihitung melalui rumus berikut ini:

$$B = \frac{60r^2}{\sqrt{\epsilon_{eff}}} \quad (2.11)$$

$$W_0 = \frac{2h}{\pi} \left\{ \beta - 1 - \ln(2\beta - 1) + \frac{\beta}{2\epsilon_r} \left[\ln(\beta - 1) + 0.39 - \frac{0.61}{\beta} \right] \right\} \quad (2.12)$$

Matching impedance dapat menggunakan transformator $\lambda/4$. Saluran yang mempunyai panjang $\lambda/4$ disisipkan diantara saluran utama dan beban yang tidak match.

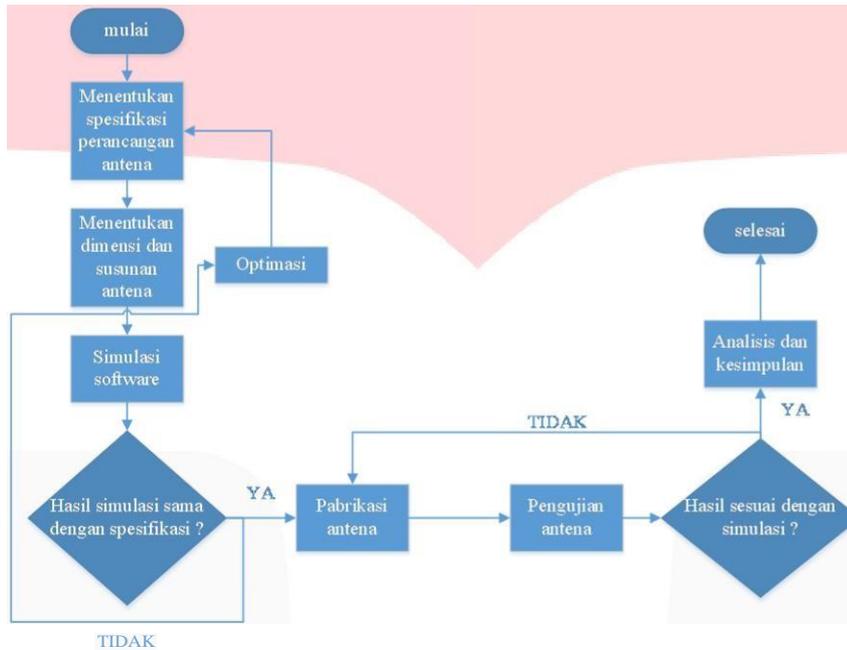
Cara mencari panjang transformator $\frac{W}{4}$ yaitu :

Dimana nilai λ merupakan panjang gelombang pada bahan dielektrik didapat dari : (2.13)

$$\lambda = \frac{c}{f \sqrt{\epsilon_r}}$$
 (2.14)

2.2 Metodologi Perancangan

Dalam proses perancangan antenna mikrostrip ini, langkah pertama yaitu menentukan frekuensi kerja, kemudian menentukan karakteristik dari antenna yang akan dirancang. Setelah itu tahap pemilihan substrat sebagai elemen peradiasi. Setelah semua parameter dari antenna sudah diketahui, lakukan perhitungan guna menentukan ukuran dimensi antenna mikrostrip yang akan dirancang



Gambar 2.2 Alur Diagram

2.2.1 Spesifikasi Perancangan Antena

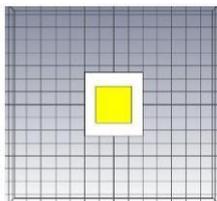
Adapun spesifikasi antenna yang akan dirancang sebagai berikut:

- a. Frekuensi kerja : 2300 MHz
- b. *Bandwidth* : ≥ 50 MHz
- c. *VSWR* : ≤ 2
- d. *Gain* : ≥ 3 dBi
- e. Pola radiasi : Unidireksional
- f. *Patch* : Persegi Panjang
- g. *Coupling* : ≤ -20 dB

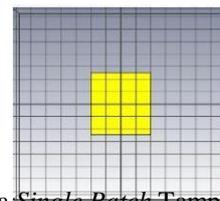
Penentuan spesifikasi antenna didasarkan pada nilai-nilai spesifikasi antenna yang layak untuk direalisasikan. Seperti nilai dari *VSWR* yang baik adalah kurang dari sama dengan 2. Jika nilai *VSWR* melebihi nilai tersebut maka antenna dikatakan tidak layak untuk direalisasikan. Dan juga nilai dari *coupling* yang akan mempengaruhi performa setiap antenna dan baiknya isolasi antar antenna yang nilainya tidak boleh lebih dari sama dengan -20 dB.

2.2.2 Tahap Perancangan Antena

Tahap perancangan antenna yaitu tahap menghitung dimensi antenna yang akan disimulasikan dan direalisasikan. Penentuan ukuran dimensi antenna sesuai rumus (2.1-2.7)



Gambar 2.3 (a) Antena *Single Patch* Tampak Depan



Gambar 2.3 (b) Antena *Single Patch* Tampak Depan

Berikut dimensi antenna sebelum dan sesudah dioptimasi.

Tabel 2.1 Dimensi Antena

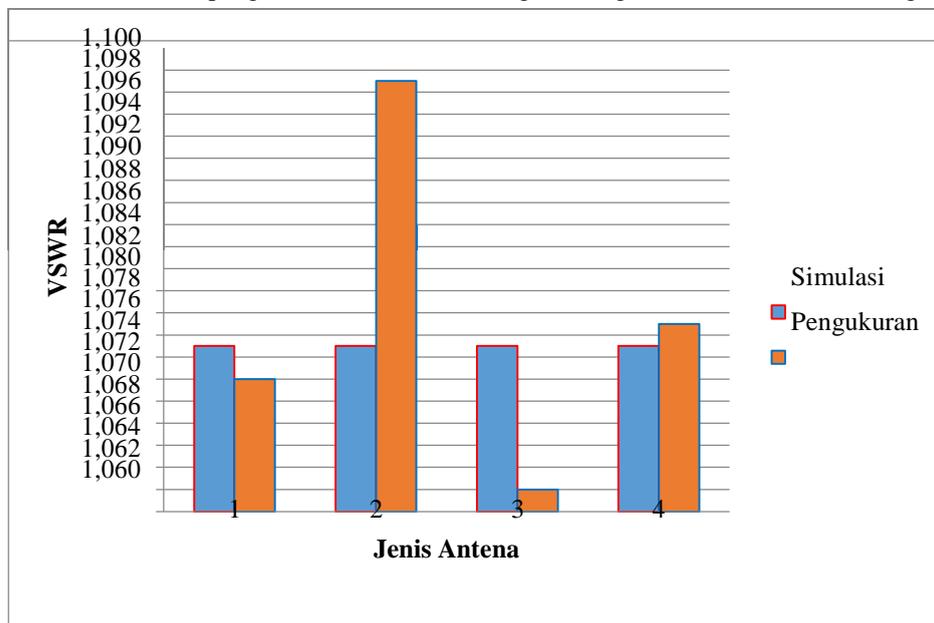
No.	Dimensi Antena (mm)	Ukuran Sebelum Dioptimasi (mm)	Ukuran Setelah Dioptimasi (mm)
1.	W (Panjang Patch)	39.6	28.285
2.	L (Lebar Patch)	30.72	25
3.	Wf (Lebar Feed)	3.21	3.21
4.	Lf (Panjang Feed)	16.1	16.1
5.	Wg (Panjang Substrate)	49.2	49.2
6.	Lg (Lebar Substrate)	40.32	40.32
7.	Wg (Panjang Groundplane)	49.2	49.2
8.	Lg (Lebar Groundplane)	40.32	40.32

3. Pembahasan

3.1 Pengukuran

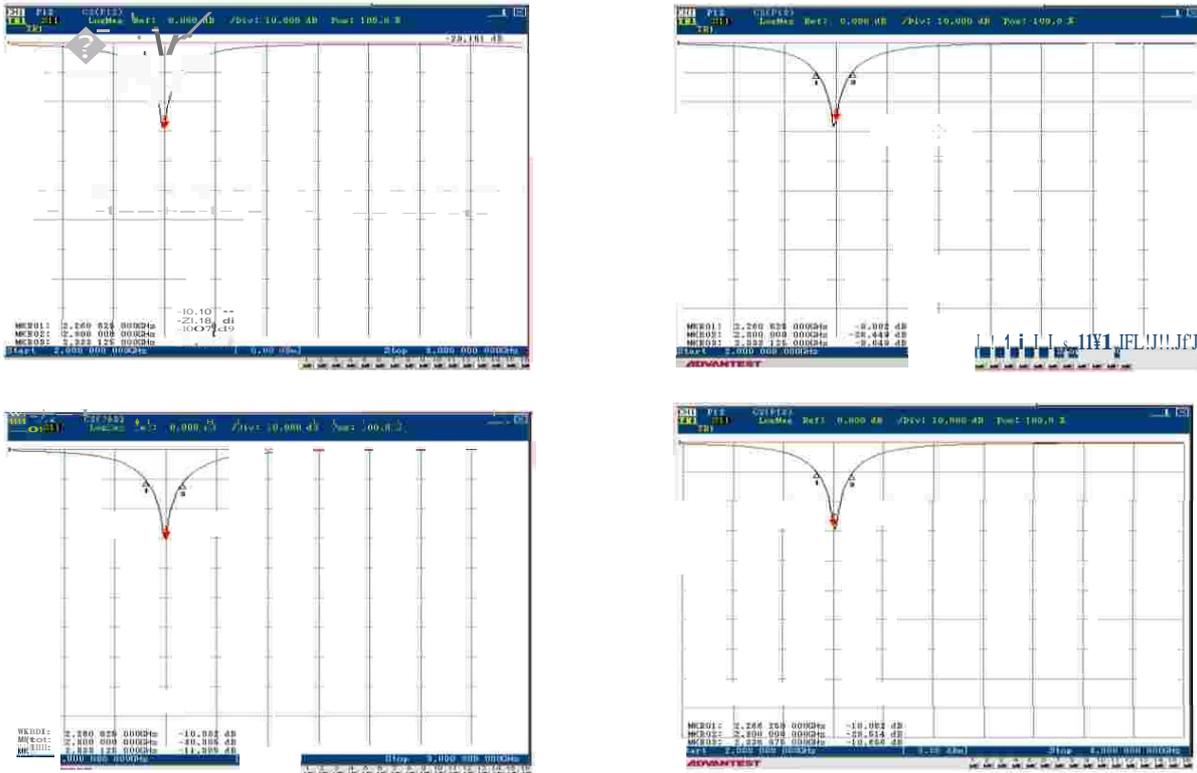
3.1.1 Hasil Pengukuran

Antena yang sempurna yaitu antena yang tidak memiliki koefisien pantul, sehingga menyebabkan VSWR bernilai 1. Berikut hasil pengukuran VSWR dibandingkan dengan simulasi dalam bentuk grafik.



Gambar 3.1 Grafik Perbandingan Pengukuran dan Simulasi VSWR Keempat Antena

Pengukuran Return Loss (S11) menunjukkan besarnya sinyal yang dipantulkan kembali ke sumber. Semakin kecil nilai Return Loss maka semakin kecil pula daya yang dipantulkan kembali menuju sumber, sehingga terjadi transfer daya maksimum. Hasil pengukuran dapat dilihat pada gambar 3.2.



Gambar 3.2 Hasil pengukuran *Return Loss* dan *bandwidth* pada Antena 1,2,3, dan 4

Dari gambar diatas juga didapatkan nilai dari *bandwidth* .

Tabel 3.1 Hasil Pengukuran VSWR

Frekuensi	Antena Pertama	Antena Kedua	Antena Ketiga	Antena Keempat
2,3 GHz	1,072	1,099	1,062	1,077

Tabel 3.2 Hasil Pengukuran *Bandwidth*

Daya	Antena Pertama	Antena Kedua	Antena Ketiga	Antena Keempat
-10 dB	72,5 MHz	72,5 MHz	72,5 MHz	70,625 MHz

Berikut adalah hasil pengukuran *mutual coupling* yang didapatkan dari parameter S antena.

Tabel 4.3 Hasil Pengukuran *Mutual Coupling*

Frekuensi	S12 & S21	S13 & S31	S14 & S41	S23 & S32	S24 & S42	S34 & S43
2,5	-21,495	-24,331	-24,545	-25,808	-24,807	-21,899

Perbandingan hasil pengukuran dan simulasi parameter S di atas menunjukkan bahwa pada hasil pengukuran terjadi perubahan parameter S dari hasil simulasi. Parameter S yang baik bernilai ≤ -20 dB yang menunjukkan baiknya isolasi antara kedua antena.

Pengukuran impedansi menunjukkan besar impedansi *filter* dibandingkan dengan impedansi catuan *input* dan *output*. Impedansi menyatakan *matching* perangkat yang dirancang. Hasil pengukuran impedansi dapat dilihat pada tabel 4.4

Tabel 4.4 Hasil Pengukuran Impedansi

Frekuensi	Antena Pertama	Antena Kedua	Antena Ketiga	Antena Keempat
2,5 GHz	50,492 – j3,467	50,424 – j4,766	50,355 – j3,016	46,577 – j1,190

Dari hasil pengukuran, impedansi antena yang didapat bukan merupakan resistif murni karena mengandung bilangan imajiner yang menandakan bahwa impedansi antena tersebut merupakan reaktansi kapasitif.

Pada simulasi didapatkan *axial* rasio sebesar 21,200. Pada antena yang telah direalisasikan memiliki nilai *axial ratio* sebesar 18,624 pada antena pertama, 19,300 pada antena kedua, 20,070 pada antena ketiga, dan 19,645 pada antena keempat yang artinya antena tersebut memiliki polarisasi elips.

Gain antena yang didapatkan pada pengukuran sebesar 3,38 dBi untuk antena pertama, 3,34 dBi untuk antena kedua, 3,35 dBi untuk antena ketiga, dan 3,27 dBi untuk antena keempat, sedangkan pada simulasi didapatkan 3,360 dBi pada setiap hasil simulasi antena.

4. Kesimpulan dan Saran

4.1 Kesimpulan

Kesimpulan yang dapat diambil dari seluruh proses perancangan dan realisasi ini adalah sebagai berikut:

1. Semua Antena yang dirancang dan direalisasikan dapat bekerja pada rentang frekuensi yang sesuai dengan spesifikasi yaitu 2,3 GHz dengan $VSWR \leq 2$. *Mutual Coupling* keempat antena dari hasil pengukuran ≤ -20 dB, *Gain* antena pertama 3,38 dBi, antena kedua 3,34 dBi, antena ketiga 3,35 dBi, antena keempat 3,27 dBi.
2. Perubahan dimensi pada *patch* dan substrat setelah proses optimasi mempengaruhi pergeseran nilai frekuensi kerja dan juga membuat $VSWR$ menjadi lebih baik.
3. Pola radiasi yang dihasilkan antena adalah *unidireksional*. Sedangkan polarisasi yang dihasilkan antena adalah elips.

4.2 Saran

Untuk mendapatkan performansi antena yang cukup baik, maka ada beberapa hal yang bisa dijadikan saran sebagai perkembangan ke depannya, antara lain:

1. Untuk mendapatkan hasil antena mikrostrip yang lebih baik, disarankan untuk memilih bahan *substrat* yang lebih baik daripada FR-4 untuk penelitian yang lebih lanjut.
2. Untuk meningkatkan performansi antena, selain beberapa faktor di atas, disarankan juga untuk memperhatikan faktor-faktor lain, seperti: ketelitian dalam pemasangan konektor dan pengukuran antena sebaiknya dilakukan di ruangan yang ideal seperti *anechoic chamber* dan menggunakan alat yang ukur yang lebih modern dan akurat.
3. Fabrikasi antena sebaiknya dilakukan dengan lebih presisi agar didapatkan hasil realisasi antena yang sesuai dengan simulasi.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Constantine A. Balanis : “Antenna Theory Analysis and Design Second Edition,” John Wiley & Son, inc , 1997.
- [2] David M. Pozar, Daniel H. Schaubert : “Microstrip Antennas: The Analysis and Design of Microstrip Antennas and Arrays,” John Wiley & Son, inc , 1995.
- [3] Ezio Biglieri, Robert Calderbank, Anthony Constantinides, Andrea Goldsmith, Arogyaswami Paulraj, and H.Vincent Poor : “MIMO Wireless Communications,” Cambridge.
- [4] Moray Rumney , Agilent Technologies : “LTE and the Evolution to 4G Wireless Design and Measurement Challenges, 2nd Edition ,” John Wiley & Son,inc ,2013

- [5] R. Q. Lee , NASA Lewis Res. Center, Cleveland, OH, USA and K. F. Lee : "Experimental Study of the Two-layer Electromagnetically Coupled Rectangular Patch Antenna," *IEEE Trans. Antennas Propagat.*, vol.38, 1990.
- [6] Ramesh Garg, Prakash Bhartia, Inder Bahl, Apisak Ittipoboon : “ Microstrip Antenna Design Handbook,” Artech House, inc , Norwood, 2001.
- [7] Warren L.stutzman , Gary A. Thiele : “Antenna Theory Analysis and Design Third Edition,” John Wiley & Son, inc , 2012.
- [8] Wira P, Gega : “Perancangan dan Implementasi Antena Mikrostrip *Wideband* MIMO 3×3 untuk WiMAX pada Frekuensi 2 GHz - 3 GHz,” Telkom University, 2014.
- [9] <http://100line.files.wordpress.com/2014/03/article-2012december-wireless-mimo-driving-fig1.jpg>
- [10] <http://4.bp.blogspot.com/-osPfflKYN18/UwL-qE2vXHI/AAAAAAAAADw/E41L5h1u608/s1600/Untitled.png>
- [11] <http://casdoper.blogspot.com/2014/02/antena-mikrostrip.html>
- [12] <http://lib.ui.ac.id/file?file=digital/116740-T%2023541-Rancang%20bangun-Literatur.pdf>