

Rancang Bangun Antena Biquad pada Frekuensi Kerja LTE (*Long Term Evolution*) 710 MHz

Yonard Hanudry Subroto Putra¹⁾, Emilia Roza²⁾ & Dwi Astuti Cahyasiwi³⁾

^{1,2,3)}Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik

Universitas Muhammadiyah Prof. DR. HAMKA

Jl. Tanah Merdeka no.6 Kampung Rambutan Ciracas Jakarta Timur DKI Jakarta 13830

Telp.(021) 87782739, Fax. (021) 87782739

E-mail: yonard.hanudry@gmail.com

Abstrak

Antena merupakan tulang punggung jaringan nirkabel. Antena sangat penting sebagai perangkat penyesuai (*matching device*) antara sistem pemancar dengan udara bila antena berfungsi sebagai media radiasi gelombang radio dan sebagai perangkat penyesuai dari udara ke sistem penerima. Desain antena ideal yang diharapkan adalah antena yang mempunyai nilai $VSWR \leq 2$, nilai *return loss* ≤ -10 , gain yang tinggi dan bandwidth yang lebar. Dalam perancangan ini akan membahas tentang rancang bangun antena biquad pada frekuensi kerja LTE (*Long Term Evolution*) 710 Mhz. Perancangan antena biquad ini dilakukan menggunakan software MMANA-GAL Basic V 3.0.0.31. Pada simulasi antena menunjukkan antena bekerja pada range frekuensi 692 – 728 MHz dengan bandwidth sebesar 36 MHz. Pada simulasi antena juga diperoleh nilai *VSWR* 1,65, nilai *return loss* sebesar -12,22. Berdasarkan hasil pengukuran terhadap prototype antena diperoleh hasil nilai *VSWR* sebesar 1,89, nilai *return loss* sebesar -10,45 dB. Prototype Antena Biquad bekerja pada range frekuensi dimulai dari 623,5 MHz – 710 MHz dan memiliki bandwidth sebesar 86 MHz.

Kata kunci: antena dipole loop, antena biquad, LTE (*Long Term Evolution*)

1 PENDAHULUAN

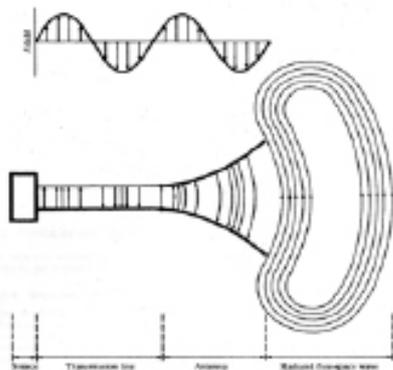
Antena dianggap sebagai tulang punggung sistem nirkabel. Antena sangat penting sebagai perangkat penyesuai (*matching device*) antara system pemancar dengan udara bila antena berfungsi sebagai media radiasi gelombang radio dan sebagai perangkat penyesuai dari udara ke sistem penerima. Bentuk dan desain antena ideal yang diharapkan adalah antena yang mempunyai gain yang tinggi, efisiensi tinggi, bobot yang ringan. Penyesuaian kebutuhan kondisi di lapangan dalam bentuk arah grid atau point to point sangat ditentukan oleh model struktur antena. Arah grid yaitu radiasi power output antena radial ke satu arah sama kuat. Sedangkan point to point adalah pancaran satu titik ke titik lain dalam jangkauan jarak yang lebih jauh dari arah grid. Ini terjadi karena pemusatan power output oleh struktur antena kedalam satu arah saja.

Untuk itu dibutuhkan suatu perancangan desain antena yang dapat memenuhi berbagai macam kebutuhan transmisi yang ideal. Dari berbagai macam bentuk antenna ideal yang diharapkan, penulis memilih untuk membahas tentang antena biquad. Hal ini dikarenakan desainnya yang sederhana, efisien, ekonomis, dan kinerja antenna yang memadai. Penulis melakukan analisis perancangan antena biquad pada frekuensi 710 MHz untuk aplikasi teknologi 4G LTE (*Long Term Evolution*).

2 KAJIAN PUSTAKA

Antena didefinisikan sebagai “sebuah alat logam yang digunakan untuk meradiasikan atau menerima gelombang radio”. Menurut “The IEEE Std 145-1983), definisi antenna adalah suatu bagian dari sistem telekomunikasi nirkabel yang

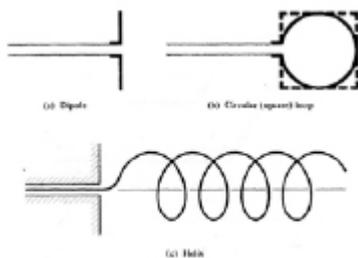
digunakan untuk memancarkan atau menerima gelombang radio[1].



Gambar 1 Antena Sebagai Alat Transisi [1]

Gelombang terpandu adalah gelombang dengan sedikit rugi-rugi dalam saluran transmisi, sedangkan gelombang ruang hampa adalah gelombang yang dipancarkan ke ruang bebas sehingga membentuk lapisan-lapisan. Gelombang terpandu yang mengalir sepanjang saluran transmisi diradiasikan menjadi gelombang ruang hampa. Daerah transisi antara gelombang terpandu dan gelombang ruang hampa dapat disebut antenna[1].

2.1 Antena Kawat (Wire Antenna)



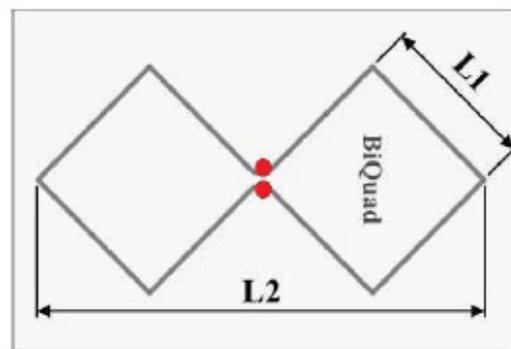
Gambar 2 Konfigurasi Antena Kawat [1]

Antena Kawat biasanya digunakan di mobil, gedung, perkapalan, penerbangan, dll. Ada beberapa macam bentuk dari antenna kawat, seperti antenna kawat lurus (dipol), loop, dan helix, seperti pada gambar 2 di atas. Antena Loop tidak hanya berbentuk lingkaran, tapi juga dapat berbentuk persegi panjang, kotak, elips, ada juga

yang menggabungkan 2 antena persegi yang biasa dikenal dengan antenna biquad. Antenna biquad prinsip kerjanya sama dengan antenna loop persegi, namun antenna biquad dibentuk dari 2 antenna loop persegi yang digabungkan. Antena Circular Loop yang paling banyak digunakan karena bentuknya yang simple dan sederhana[1].

2.2 Antena Biquad

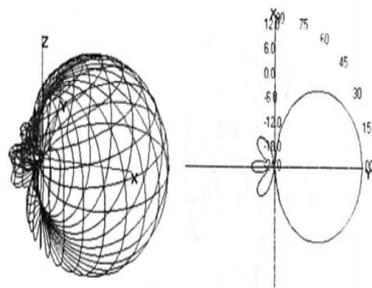
Antena Biquad merupakan antenna kawat dipole loop persegi ganda dengan reflektornya berbentuk sebuah flat panel dengan lebar sisi yang sedikit lebih panjang daripada rangkaian dipolnya sehingga bertindak seolah-olah sebagai bidang yang tak terhingga luasnya. Letak reflektor tidak jauh dari dipolnya yang bertujuan untuk mengurangi radiasi kearah belakang. Dengan jarak yang kecil antara antenna dengan reflektornya, maka susunan ini akan menghasilkan gain yang lebih besar pada radiasi kearah depan. Antena ini terdiri dari 2 buah antenna loop persegi yang digabungkan menjadi satu, sehingga antenna biquad memiliki 2 loop. Bentuk antenna biquad seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3 di bawah ini.



Gambar 3 Konfigurasi Antena Biquad

Gain yang dihasilkan oleh antenna dengan large flat sheet reflektor relatif tergantung dari jarak dipolnya. Semakin jauh jarak dipolnya, gain yang diperoleh akan semakin kecil namun bandwidthnya akan semakin besar. Sedangkan pola radiasi antenna biquad pada umumnya

berbentuk lobe seperti terlihat pada gambar 4 berikut ini.[3]



Gambar 4 Pola radiasi Antena Biquad

2.2.1 Dimensi Antena Biquad

Antena biquad merupakan perpaduan 2 antena quad yang dirancang dalam 1 elemen. Panjang elemen driven antena biquad adalah 1λ yang mana nilai panjang gelombangnya (λ) yang dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$(\lambda) = \frac{c}{f} (m) \quad (2.1)$$

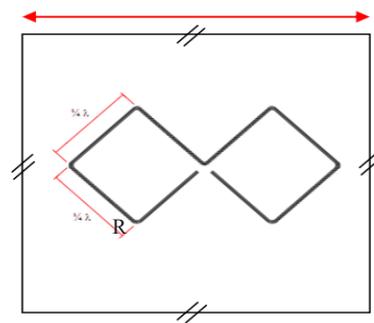
Dengan : λ = Panjang gelombang (m)
 c = Kecepatan gelombang cahaya $3 \times 10^8 \times 10^8$ m/s
 f = Frekuensi gelombang kerja (Hz)

Untuk rancangan dipole antena biquad didapat dari panjang gelombang $1/8\lambda$. Jarak dipole biquad yang digunakan sejauh $1/8\lambda$ dari reflektornya. Reflektor antena biquad berbentuk bujur sangkar dengan lebar sisi yang sedikit lebih panjang daripada rangkaian dipolnya, dengan ukuran dapat dirumuskan sebagai berikut: [3]

$$R = R_a + 0,1 R_a \quad (2.2)$$

Dengan: R = Panjang elemen reflektor (m)
 R_a = Panjang elemen dipolnya (m)

Perencanaan ukuran desain antena biquad dapat digambarkan sebagai berikut :



Gambar 5 Rancangan Ukuran Desain Antena Biquad [3]

2.2.2 Kelebihan Antena Biquad

Beberapa kelebihan antena Biquad diantaranya:

- Dapat menghemat ruang karena desainnya yang kecil dibandingkan antena kawat panjang.
- Memiliki nilai gain yang lebih besar kearah depan
- Dapat meningkatkan kinerja sistem transmitter yang sederhana.

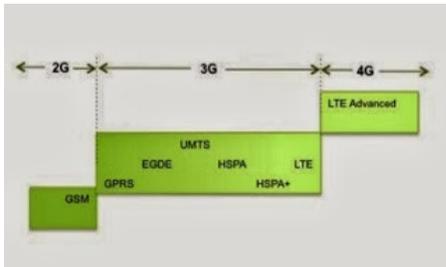
Berdasarkan karakteristik dari antenna biquad yang di jelaskan diatas maka penulis memilih Antena Biquad untuk dijadikan bahan penelitian dalam penulisan tugas akhir ini.

Kesimpulannya, antena ideal adalah antena yang dapat memancarkan semua daya yang dikirim kepadanya dari arah yang diinginkan atau arah lain. Dalam prakteknya, keadaan ideal tersebut tidak dapat dicapai, namun dapat dibuat mendekati. Terdapat berbagai jenis antena saat ini dan masing-masing jenis antena dapat mengambil bentuk yang berbeda untuk mencapai karakteristik radiasi yang diinginkan untuk aplikasi tertentu.[1]

a. LTE (Long Term Evolution)

LTE adalah sebuah nama baru dari layanan yang mempunyai kemampuan tinggi dalam sistem komunikasi bergerak yang merupakan langkah menuju generasi ke-4 (4G) dari teknologi radio yang dirancang untuk meningkatkan kapasitas dan

kecepatan jaringan telepon mobile. LTE adalah suatu proyek dalam third generation partnership project(3GPP). Evolusi jaringan seluler sampai ke teknologi LTE ditunjukkan pada gambar dibawah ini [6]



Gambar 6 Evolusi Jaringan[6]

LTE (*Long Term Evolution*) diciptakan untuk memperbaiki teknologi sebelumnya. Kemampuan dan keunggulan dari LTE terhadap teknologi sebelumnya selain dari kecepatannya dalam transfer data tetapi juga karena LTE dapat memberikan *coverage* dan kapasitas dan layanan yang lebih besar, mengurangi biaya dalam operasional, mendukung penggunaan *multiple*-antena, *fleksibel* dalam penggunaan *bandwidth* operasinya dan juga dapat terhubung atau terintegrasi dengan teknologi yang sudah ada. [4] Menurut standar, LTE memberikan kecepatan uplink hingga 50 megabit per detik (Mbps) dan kecepatan downlink hingga 100 Mbps dengan bandwidth mencapai 20 MHz. Tidak diragukan lagi, LTE akan membawa banyak manfaat bagi jaringan seluler. Perkembangan telekomunikasi menurut standar 3GPP terlihat pada Gambar 7.[7]



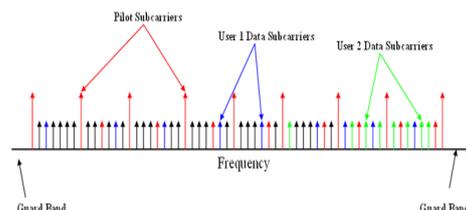
LTE (*Long Term Evolution*) dapat beroperasi pada salah satu pita spectrum seluler yang telah dialokasikan yang termasuk kedalam standar IMT-2000 yaitu (450, 850, 900, 1800, 1900, 2100 MHz) maupun pada pita spectrum yang baru seperti 700 MHz dan 2,5 GHz. [5]

2.3.1 Teknologi LTE

Teknologi LTE sendiri merupakan pengembangan teknologi dari aplikasi GSM dan CDMA yang sudah ada di Indonesia saat ini. Bila pada GSM (2G), berevolusi menjadi GPRS (2,5G), yang dilanjutkan dengan EDGE, serta EDGE Evolved. Maka di WCDMA (3G), berevolusi menjadi HSPA (3,5G) dan HSPA+, maka solusi berikutnya adalah penggunaan LTE yang mempunyai layanan kapasitas gigabytes di atas semuanya. Teknologi yang membuat LTE dapat memberikan kemampuan lebih, yaitu[7]:

2.3.1.a OFDMA(DL)/SC-FDMA(UL)

OFDMA dapat meningkatkan spektral efisiensi sedangkan SC-FDMA memiliki keunggulan dalam efisiensi daya. Selain itu, penggunaan kedua teknik multiple access tersebut membuat rancangan Rx lebih sederhana sehingga harga user equipment (UE) menjadi lebih murah. Teknologi LTE Menggunakan OFDM-based pada suatu air interface yang sepenuhnya baru yang merupakan suatu langkah yang radikal dari 3GPP. Merupakan pendekatan evolusiner berdasar pada peningkatan advanced dari CDMA. Teknologi OFDM-based dapat mencapai data rates yang tinggi dengan implementasi yang lebih sederhana menyertakan biaya relatif lebih rendah dan efisiensi konsumsi energi pada perangkat kerasnya.



Gambar 8 Orthogonal frequency division multiple access-OFDMA[8]

Gambar 8 merupakan modulasi OFDMA yang menghindari permasalahan yang disebabkan oleh pemantulan *multipath* dengan mengirimkan pesan per bits secara perlahan. Beribu-Ribu subkanal *narrow* menyebar untuk mengirimkan banyak pesan dengan kecepatan yang rendah secara serempak kemudian mengkombinasikan pada penerima kemudian tersusun menjadi satu pesan yang dikirim dengan kecepatan tinggi. Metode ini menghindari distorsi yang disebabkan oleh *multipath*. Subkanal *narrow* pada OFDMA dialokasikan pada basis *burst by burst* menggunakan suatu algoritma yang memperhatikan faktor-faktor yang mempengaruhi RF (*Radio Frequency*) seperti kualitas saluran, *loading* dan interferensi. LTE menggunakan OFDMA pada *downlink* dan *single carrier – Frequency Division Multiple Access (SC-FDMA)* pada uplink nya. SC-FDMA secara teknis serupa dengan OFDMA tetapi lebih cocok diaplikasikan pada *devicehandheld* karena lebih sedikit dalam konsumsi baterai.

2.4 SPESIFIKASI LTE

Spesifikasi utama LTE menurut 3GPP, LTE dapat dilihat pada table 1.[10]

Tabel 1 Spesifikasi Utama LTE

	Details
Peak downlink speed 64QAM(Mbps)	100 (SISO), 172 (2x2 MIMO), 326 (4x4 MIMO)
Peak uplink speeds (Mbps)	50 (QPSK), 57 (16QAM), 86 (64QAM)
Channel bandwidth (MHz)	1.4, 3, 5, 10, 15, 20 MHz
Duplex schemes	FDD dan TDD
Mobility	0 – 15 km/h (Optimised) 15 – 120 km/h (High performance) 120 – 350 km/h (Mobility maintained) 350 – 500 km/h (Under consideration Depending on frequency band)
Spectral efficiency	Downlink: 3 – 4 times Rel 6 HSDPA Uplink: 2 – 3 x Rel 6 HSUPA
Access Schemes	OFDMA (Downlink) SC-OFDMA (Uplink)

Cell Range	~ 5 km: Best Throughput, Spectrum Efficiency and mobility ~ 30 km: mobility as defined above, some degradation in throughput, Spectrum Efficiency ~ 100 km: Supported, degradations accepted
Modulation types supported	QPSK, 16QAM, 64QAM (Uplink dan Downlink)

3 PERANCANGAN ANTENA

Perancangan diawali dengan menentukan frekuensi kerja antena biquad, bentuk antena biquad, tinggi antena dari *ground*, dan jenis lapisan bahan antena.

Antena biquad ini akan dirancang sebagai pemancar yang bekerja pada frekuensi 710 MHz. Simulasi dilakukan dengan bantuan perangkat lunak MMANA-GAL Basic V.3.0.0.31 untuk memperoleh dimensi bentuk dan parameter antena biquad.

Berikut adalah tahap-tahap yang dilakukan untuk membuat dan mensimulasikan antena biquad pada frekuensi 710 MHz

- Perancangan model antena biquad.
- Simulasi dari model yang diperoleh.
- Pembuatan prototype antena biquad.
- Pengukuran antena biquad.

Dalam perancangan antena Biquad ini, Bahan utama yang digunakan adalah tembaga baik itu dalam pembuatan antena dan reflektornya. Untuk bahan tembaga diketahui :

- Konstanta dielektrik relatif (ϵ_r) = 1
- Konduktivitas tembaga (σ) = $5,8 \times 10^{-7}$
 $5,8 \times 10^{-7}$ mho m^{-1}

Untuk frekuensi kerja 710 MHz, dapat diketahui nilai panjang gelombangnya dengan perhitungan :

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

$$= \frac{3 \times 10^8}{710 \times 10^6}$$

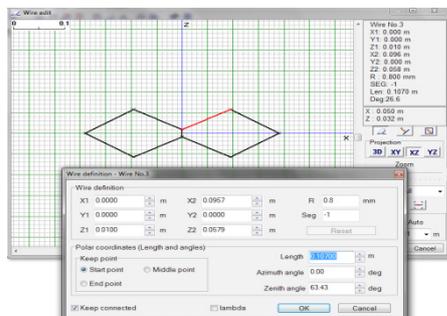
$$= 0,4225 \text{ m}$$

Sehingga untuk rancangan dipole antenna dibuat dari panjang gelombang $1/2\lambda$ yang dibentuk menjadi dipole lipat yang memiliki bentuk berupa persegi sama sisi yang masing-masing sisinya memiliki panjang $1/8 \lambda$. Adapun perhitungannya sebagai berikut:

- $\lambda = 0,4225 \text{ m}$
- $\frac{1}{2}\lambda = \frac{1}{2}(0,4225)$
= $0,21125 \text{ m}$
- $\frac{1}{4}\lambda = \frac{1}{4}(0,21125)$
= $0,105625 \text{ m}$
- $\frac{1}{8}\lambda = \frac{1}{8}(0,105625)$
= $0,0528125 \text{ m}$

3.1 Hasil Simulasi Antena

Setelah melakukan beberapa kali percobaan pada software, akhirnya didapatkan dimensi akhir antenna, dan nilai SWR terendah yaitu 1,3. Ini menunjukkan bahwa salah satu parameter yang dibutuhkan untuk menunjang kinerja antenna yang baik yaitu nilai $SWR \leq 2$. Hasil simulasi inilah yang di jadikan pedoman untuk pembuatan prototype pada tahap selanjutnya.



Gambar 9 Panjang sisi akhir antenna

No.	F (MHz)	R (Ohm)	X (Ohm)	SWR 50	Gn dBd	Ga dB	FS dB	Elev	Ground	Add H	Polar
20	710.0	38.38	0.8887	1.3	3.94	6.09	-17.67	52.0	Free	—	vert
19	710.0	36.1	-0.51	2.16	3.85	6.0	-17.01	51.0	Free	—	vert
18	710.0	36.1	-0.51	2.16	3.85	6.0	-17.01	51.0	Free	—	vert
17	710.0	34.17	-0.81	2.7	3.79	5.94	-15.81	49.7	Free	—	vert
16	710.0	33.72	-0.9	11.6	3.54	5.69	-13.77	44.7	Free	—	vert
15	710.0	31.54	-2.29	35.5	3.3	5.45	-12.2	37.0	Free	—	vert
14	710.0	41.67	-427.3	88.6	3.08	5.23	-10.9	23.0	Free	—	vert
13	710.0	67.68	-734.3	162	2.92	5.07	-10.07	—	Free	—	vert
12	710.0	67.68	-734.3	162	2.92	5.07	-10.07	—	Free	—	vert

Gambar 10 Hasil akhir Parameter Antena

Tabel 2 Hasil Parameter Antena pada Simulasi

Hasil Simulasi	Frekuensi Kerja 692 – 728 MHz	Frekuensi Resonansi 710 MHz
VSWR	$\leq 1,65$	1,3
Gain (dB)	≥ 6	6,11
Bandwidth (MHz)	36	-
Return Loss (dB)	$\leq -12,22$	-17,22
Impedansi Antena (Ω)	-	$(38,81 + j2,571)$

4 HASIL PENGUKURAN ANTENA

Pengukuran prototype antenna biquad ini dilakukan pada tanggal 6 November 2015 di Laboratorium Departemen Teknik Elektro, Universitas Indonesia, Depok. Pengukuran ini dilakukan oleh staf laboran yang bernama Ria Andaliza. Pada pengukuran parameter antenna yang meliputi nilai VSWR, Return Loss dan impedansi antenna ini menggunakan Network Analyzer tipe AgilentN5230C.

4.1 VSWR

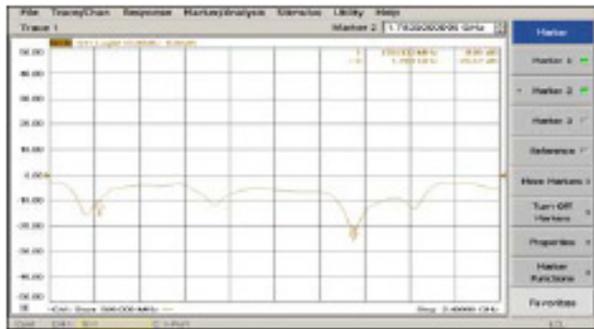


Gambar 11 Grafik nilai VSWR

Dari pengukuran nilai VSWR menggunakan Network Analyzer tersebut, diperoleh 2 frekuensi yang memiliki nilai VSWR terendah, yaitu pada frekuensi 652 MHz dan 1,784 GHz yang masing-masing memiliki nilai VSWR 1,3 dan 1,1. Ini menunjukkan bahwa frekuensi kerja antenna biquad

optimal yang di desain semula 710 MHz memiliki nilai VSWR yang lebih besar dibanding pada frekuensi 652 MHz, meskipun demikian pada frekuensi 710 MHz masih memiliki nilai $VSWR \leq 2$ yaitu sebesar 1,89. Dari hasil pengukuran antenna diperoleh rentang frekuensi kerja dimulai dari 623,5 MHz – 710 MHz dan memiliki bandwidth sebesar 86,5 MHz.

4.2 RETURN LOSS



Gambar 12 Grafik nilai Return Loss

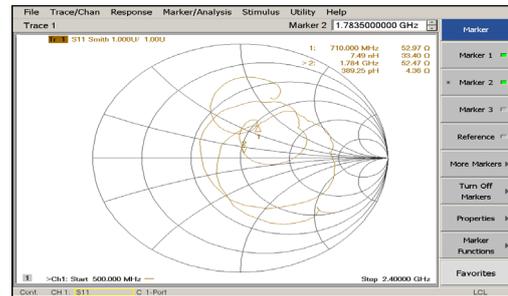
Dari hasil pengukuran diperoleh nilai return loss yang rendah berada di frekuensi 1,788 GHz dan 652 MHz sebesar -25,57 dB dan -17,72 dB. Sedangkan pada frekuensi kerja yang di harapkan yaitu 710 MHz memiliki nilai return loss -9,95 dB, namun pada saat pengambilan gambar hasil pengukuran ini, kondisi nilai nya tidak stabil atau kurang presisi. Nilai return loss sendiri dapat diperoleh dari rumus (2.7) dan (2.8)

$$|\Gamma| = \frac{VSWR - 1}{VSWR + 1} \tag{2.7}$$

$$RL = 20 \log |\Gamma| \tag{2.8}$$

Dari hasil penghitungan nilai return loss dari rumus tersebut, diperoleh nilai return loss antenna yang memiliki nilai VSWR 1,89 sebesar -10,45 dB, kondisi ini menunjukkan bahwa nilai return loss sudah memenuhi kriteria yang diinginkan yaitu ≤ -10 .

4.3 IMPEDANSI ANTENA



Gambar 13 Smith Chart

Dari hasil impedansi antenna pada smith chart diatas diperoleh nilai impedansi antenna pada frekuensi 710 MHz adalah $52,97\Omega + j33,40$ dan pada frekuensi 1,784 GHz adalah $52,47\Omega + j4,36$.

4.4 ANALISA HASIL SIMULASI DAN PENGUKURAN

Setelah diperoleh hasil pengukuran parameter antenna yang meliputi nilai VSWR, return loss dan impedansi antenna, selanjutnya hasil tersebut dibandingkan dengan hasil simulasi. Berikut ini tabel perbandingan nilai parameter antenna seperti VSWR, impedansi masukan dan return loss yang dihasilkan dari pengukuran dan dari hasil simulasi

Tabel 2 Perbandingan hasil simulasi dan pengukuran

Hasil Simulasi		Hasil Pengukuran	
Frekuensi Kerja (MHz)	692 - 728	Frekuensi Kerja (MHz)	623,5 – 710
VSWR	1,65	VSWR	1,89
Bandwidth (MHz)	36	Bandwidth (MHz)	86,5
Return Loss (dB)	-12,22	Return Loss (dB)	-10,45

Dari tabel 2 diatas maka dapat dilihat bahwa prototype antenna yang di hasilkan memiliki nilai parameter VSWR yang lebih besar di bandingkan dengan hasil simulasi, hal yang sama juga terjadi pada nilai return loss antenna yang lebih besar

dibandingkan hasil pada simulasi antena. Maka diperoleh bahwa nilai hasil simulasi lebih baik dibanding dari hasil pengukuran. Hal ini bisa disebabkan oleh beberapa faktor. Diperlukan ketelitian dalam pembuatan prototype antena ini, karena kesalahan sedikit saja terhadap bentuk, panjang sisi, dan sudut antena menyebabkan perubahan nilai-nilai parameter antena yang cukup berarti. Nilai impedansi input yang dihasilkan pun akan ikut berubah seiring dengan perubahan nilai VSWR, maka hasil nilai impedansi input hasil simulasi lebih baik daripada hasil pengukuran dikarenakan besar impedansi input dipengaruhi oleh nilai VSWR. Begitu juga nilai return loss pada antena, semakin rendah nilai VSWR maka semakin baik pula nilai return loss nya.

Akan tetapi perbedaan nilai parameter yang didapat tidak terlalu signifikan, terbukti dari nilai VSWR hasil pengukuran dikatakan cukup baik dikarenakan nilai VSWR pada pengukuran 1,89 masih sesuai karakteristik yang di harapkan, yaitu nilai $VSWR \leq 2$, begitu juga dengan nilai return loss hasil pengukuran sebesar -10,45 dB, nilai ini juga masih sesuai karakteristik yang diharapkan, yaitu nilai return loss ≤ -10 .

Perbedaan nilai parameter yang didapat dari hasil simulasi dan pengukuran dapat disebabkan oleh beberapa faktor, diantaranya :

1. Fabrikasi antena yang dihasilkan kurang presisi dengan rancang bangun pada simulasi.
2. Proses penyolderan konektor ke kawat yang kurang baik sehingga hasil pengukuran menjadi kurang akurat.
3. Terdapat rugi-rugi daya dari kabel coaxial dan juga konektor yang digunakan selama proses pengukuran.

5 SIMPULAN DAN SARAN

5.1 Simpulan

1. Hasil dari pengukuran prototype antena bekerja pada frekuensi 623,5 - 710 MHz dengan nilai VSWR 1,89, sedangkan pada simulasi antena bekerja pada frekuensi 692 – 728 MHz dengan nilai VSWR 1,65. Ini menunjukkan bahwa adanya perbedaan nilai parameter antena pada simulasi dengan nilai parameter antena pada pengukuran, tetapi hasil ini masih memenuhi kriteria yang diharapkan, yaitu nilai $VSWR \leq 2$.
2. Prototype antena yang di hasilkan memiliki bandwidth sebesar 86 MHz sedangkan pada simulasi diperoleh bandwidth sebesar 36 MHz, besar nilai return loss yang diperoleh pada simulasi -17,72 dB sedangkan pada pengukuran -10,45 dB.
3. Dari data pada pengukuran juga menunjukkan antena yang dihasilkan dapat bekerja pada frekuensi 1,784 GHz dengan nilai VSWR sebesar 1,11.

5.2 Saran

1. Dibutuhkan ketelitian dan ukuran dimensi yang presisi pada saat fabrikasi antena, karena perbedaan nilai sedikit saja dapat mempengaruhi kinerja dan frekuensi kerja pada antena.
2. Seharusnya proses penyolderan konektor ke kawat secara bersih dan tidak terlalu tebal dapat memaksimalkan hasil nilai parameter antena.
3. Dalam pengukuran prototype antena sebaiknya dilakukan pengukuran terhadap semua parameter antena yang dibutuhkan, seperti nilai VSWR, Return Loss, Gain, Polarisasi dan Pola Radiasi.

KEPUSTAKAAN

- [1] Balanis, Constantine A. “*Antenna Theory Analysis and Design*”. 2nd ed. Jhon Wiley & Sons Inc. Kanada. 2005.
- [2] Kraus, J. D. “*Antennas*”. 2nd ed. MC. Graw Hill. New Delhi. 1988.
- [3] Fadila, Dwi dan Rudy Yuwono .”*Antena Biquad untuk WLAN 2,4 GHz*”.Jurnal EECCIS Vol. IV,No 2. 2010.
- [4] Uke Kurniawan, Galuh Prihatmoko, Denny Kusuma Hendraningrat, Sigit Dedi Purwanto. “*Teknologi Seluler LTE*”. Rekayasa Sains, 2011.
- [5] Ikeyanti. “*Penerapan Jaringan 4G untuk Kemajuan Teknologi dan Telekomunikasi di Indonesia*”. Paper IT (Etika Profesi). Samarinda. 2011.
- [6] <http://repository.usu.ac.id/bitstream/123456789/29936/4/Chapter%20II.pdf> S.Siburian2011 [21 pebruari 2015]
- [7] Rohde dan schwarz <http://www2.rohdeschwarz.com/product/AMUK59.html> [21 pebruari 2015]
- [8] Miriam Bank, M. Bank, M. Haridim, B. Hill “OFDMA in high-speed mobile system, pilots and simulation problem Int’l. J. Of Communications, 1(4), 2007 (173-179)”. (<http://en.wikipedia.org/wiki/OFDMA> diakses tanggal 21 Pebruari 2015).
- [9] International journal of Advanced Science and Technology. “*Study on Coexistence between Long Term Evolution and Digital Broadcasting services*”. Vol. 38. Januari. 2012
- [10] ETSI TS 136 101 V10.3.0 (2011-06) *LTE; Evolved universal terrestrial radio access (E-UTRA); User Equipment (UE) radio transmission and reception* (3GPP TS 3 6.101 version 10.2.0 release 10).