

**RANCANG BANGUN ANTENA V-DOUBLE DIPOLE PADA
FREKUENSI KERJA LTE (*Long Term Evolution*) 710 MHz**

SKRIPSI

Disusun untuk Memenuhi Persyaratan Kelulusan Sarjana Teknik Elektro



Oleh:

Canty Subastari

10030250013

PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO TELEKOMUNIKASI

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH PROF. DR. HAMKA

JAKARTA

2015

Halaman Persetujuan

RANCANG BANGUN ANTENA V-DOUBLE DIPOLE PADA FREKUENSI
KERJA LTE (*Long Term Evolution*) 710 MHz

SKRIPSI

Dibuat untuk Memenuhi Persyaratan Kelulusan Sarjana Teknik Elektro

Oleh :

Canty Subastary
1003025013

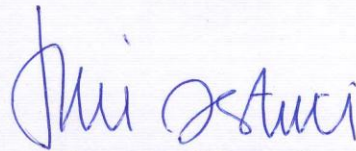
Telah diperiksa dan Disetujui untuk Diajukan ke Sidang Ujian Skripsi Program
Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik UHAMKA

Pembimbing I



.....
Drs. Arjoni Amir, Bsc., M.T

Pembimbing II



.....
Dwi Astuti Cahyasiwi, S.T., M.T

Mengetahui,

Ketua Program Studi Teknik Elektro
Fakultas Teknik UHAMKA



.....
Oktarina Heriyani, S.Si., M.T

Halaman Pegesahan

RANCANG BANGUN ANTENA V-DOUBLE DIPOLE PADA FREKUENSI
KERJA LTE (*Long Term Evolution*) 710 MHz

SKRIPSI

Oleh:
Canty Subastary
1003025013

Telah diuji dan dinyatakan lulus dalam Sidang Ujian Skripsi Program Studi
Teknik Elektro Fakultas Teknik UHAMKA
Jakarta 26 November 2015

Pembimbing I :
Drs. Arjoni Amir, Bsc., M.T

Pembimbing II :
Dwi Astuti Cahyasiwi, S.T., M.T

Penguji I :
Kun Fayakun, S.T., M.T

Penguji II :
Emilia Roza, S.T., M.Pd., M.T

Mengesahkan,
Dekan
Fakultas Teknik Uhamka



.....
M. Muirudin, S.T., M.T

Mengetahui,
Ketua Program Studi
Teknik Elektro

.....
Oktarina Heriyani, S.Si., M.T

PERNYATAAN KEASLIAN

Saya yang bertandatangan dibawah ini :

Nama : Canty Subastari

NIM : 1003025013

Judul Skripsi : Rancang Bangun Antena V-Double Dipole pada Frekuensi
Kerja LTE (Long Term Evolution) 710 MHz

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa karya tulis ini merupakan observasi, pemikiran dan pemaparan asli. Apabila terdapat referensi terhadap karya orang lain atau pihak lain, saya lakukan dengan menyebut sumber secara jelas.

Demikian pernyataan ini dibuat secara sadar dan bersungguh-sungguh.



Penulis

Canty Subastari

1003025013

ABSTRAK

Antena dipole merupakan antena yang dapat dikembangkan dalam berbagai aplikasi. Salah satunya pada aplikasi 4G LTE (*Long Term Evolution*) yang memiliki kawasan frekuensi kerja di 710 Mhz. Antena dipole ini dibuat menggunakan kawat tembaga dan dipotong sesuai ukuran agar dapat beresonansi pada frekuensi kerja yang diinginkan. Perencanaan antena dipole ini memiliki tujuan untuk mendapatkan nilai *Return Loss* ≤ 10 dB dan nilai *VSWR* ≤ 2 dengan *Bandwidth* 12 Mhz. Hasil simulasi antena V-Double Dipole menunjukkan dalam frekuensi kerja antara 700 Mhz – 720 Mhz antena ini memiliki nilai *Return Loss* -13,07 dB dengan Nilai *VSWR* 1,575. Sedangkan pada Frekuensi resonansi 710 Mhz mendapatkan nilai *VSWR* sebesar 1,04. Sementara pada hasil pengukuran antena prototype menunjukkan dalam frekuensi kerja antara 685 Mhz – 718,5 Mhz, antena ini memiliki nilai *Return Loss* -13.19 dB dengan *VSWR* 1.53 dan pada frekuensi yang diinginkan 710 Mhz memiliki nilai *VSWR* 1,32.

Kata Kunci : Antena Dipole, LTE 710 Mhz, VSWR, Return Loss

ABSTRACT

Dipole antenna is an antenna that can be developed in a variety of applications . One of them on the application of 4G LTE (Long Term Evolution), which has a working frequency region in Mhz. Antena dipole 710 is made using copper wire and cut to size in order to resonate at the desired operating frequency. The dipole antenna design has a goal to get the value of ≤ 10 dB Return Loss and VSWR ≤ 2 with 12 Mhz bandwidth . The simulation results V - Double Dipole antenna indicates the working frequencies between 700 MHz - 720 MHz This antenna has a value of -13.07 dB Return Loss Rated VSWR of 1.575 while the resonant frequency of 710 Mhz get VSWR of 1.04 . While the results show the prototype antenna measurement in the working frequency between 685 MHz - 718.5 MHz , this antenna has a value of -13.19 dB Return Loss with a VSWR of 1.53 and on the desired frequency of 710 MHz has a VSWR of 1.32 .

Keywords : Antenna Dipole , LTE 710 Mhz , VSWR , Return Losss

KATA PENGANTAR

Segala puji bagi Allah SWT, atas segala nikmat iman, kesehatan dan kekuatan dari-Nya sehingga Skripsi ini dapat terselesaikan. Shalawat serta salam tak lupa kami panjatkan kepada Nabi Muhammad SAW, yang senantiasa mengikuti ajarannya sampai akhir zaman. Skripsi ini dilakukan untuk memenuhi persyaratan memperoleh gelar sarjana strata satu (S1) Fakultas Teknik Elektro Telekomunikasi Muhammadiyah Prof. Dr. Hamka.

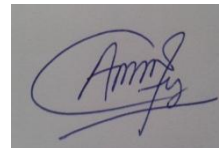
Hal ini tak lepas dari bantuan dan dukungan berbagai pihak. Sehingga dalam kesempatan yang berbahagia ini penulis ingin menyampaikan rasa terimakasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Kedua Orang tua Bapak Basram Chaniago dan Ibu Surahmayanti yang telah melahirkan, mendidik dan mencurahkan rasa kasih sayangnya kepada penulis sehingga dapat memaknai arti dari suatu kehidupan secara bijak dengan tada henti-hentinya selalu mengingat bahwa kehidupan ini tidaklah abadi.
2. Kepada Bapak Ir.Arjoni Amir MT selaku Dosen Pembimbing 1 dan Ibu Dwi Astuti Cahyasiwi ST.,MT selaku Dosen Pembimbing 2 yang telah memberikan bimbingan, wawasan dan bantuan pemikiran untuk menyelesaikan skripsi ini.
3. Kepada teman-teman ELEKTRO 2010 Yonard Hanudry SP, Katrin Imaniyah, Ayu Prihantini, Yulia Kartika, Agung Budi S, Restu P, dan Ridwansyah H. Asisten Laboratorium Teknik Elektro saudara Kiki dan

Mulyadi. Badan Eksekutif Mahasiswa Fakultas Teknik UHAMKA 2012-2013 , Seluruh kader IMM FT UHAMKA Serta Ario Kilat Buono yang telah memberikan semangat, bantuan serta dukungan selama ini. Terimakasih atas rasa kekeluargaan dan cinta yang selama ini tercurahkan kepada diri penulis.

Penulis berharap supaya ada kritik dan saran yang membangun dalam penulisan ini. Dengan harapan agar untuk ke depannya bisa menjadi contoh dan menjadi motivasi buat mahasiswa lain untuk mengembangkan skripsi yang dibuat ini.

Jakarta , November 2015

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Canty Subastari', enclosed in a grey rectangular box.

Canty Subastari

DAFTAR ISI

Halaman Judul	i
Halaman Persetujuan	ii
Halaman Pengesahan	iii
Pernyataan Keaslian	iv
Abstrak	v
Kata Pengantar	vii
Daftar Isi	xi
Daftar Gambar	xiii
Daftar Tabel	xv
Daftar Istilah	xvi

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Batasan Masalah	2
1.4 Tujuan	3
1.5 Metode Perancangan	3
1.6 Sistem Penulisan	4

BAB II Dasar Teori

2.1 Konsep Antena	6
2.1.1 Antena Isotropis	7
2.1.2 Antena Omnidirectional	8
2.1.3 Antena Directional	8
2.1.4 Antena Phase Array	9
2.1.5 Antena Optimal	9

2.1.6	Antena Adaptif	10
2.2	Jenis-Jenis Antena	10
2.2.1	Antena Kawat (<i>Wire Antenna</i>)	10
2.2.1.a	Antena Dipole	11
2.2.1.b	Karakteristik Antena Dipole	12
2.2.1.c	Konfigurasi Antena Dipole	13
2.2.2	Antena Aparture	13
2.2.3	Antena Mikrostrip	13
2.2.4	Antena Susun (<i>Array Antena</i>)	14
2.2.5	Antena Reflektor (<i>Reflektor Antena</i>)	14
2.2.6	Antena Lensa (<i>Lens Antena</i>)	15
2.3	Parameter Antena	15
2.3.1	Impedansi Masukan	15
2.3.2	Polarisasi	16
2.3.2.a	Polarisasi Linier	17
2.3.2.b	Polarisasi Melingkar	17
2.3.2.c	Polarisasi Ellips	18
2.3.3	<i>Gain</i> dan <i>Directivity</i>	18
2.3.4	Polaradiasi	19
2.3.5	<i>Return Loss</i>	22
2.3.6	Lebar Pita (<i>Bandwidth</i>)	22
2.3.7	VSWR (<i>Voltage Standing Wave Ratio</i>)	23
2.4	LTE (<i>Long Term Evolution</i>)	24

2.4.1	Teknologi LTE	26
	2.4.1.a <i>Orthogonal Frequency Division Multiple</i>	
	<i>Access-OFDMA</i>	26
2.4.2	Arsitektur LTE	27
	2.4.2.a eNodeB	29
	2.4.2.b <i>Mobile Management Entity</i> (MME)	29
	2.4.2.c <i>Serving Gateway</i>	29
	2.4.2.d <i>Home Subscriber</i> (HSS)	30
2.4.3	Spesifikasi LTE	31
2.4.4	Operasi Band LTE E-UTRA	32
2.5	Jenis Antena LTE	35
	2.5.1 4G LTE Antena	35
	2.5.2 4G LTE Grid Parabolic Antena	35
	2.5.3 4G LTE Mobile Antena	36
 BAB III PERANCANGAN DAN PEMBUATAN		
3.1	Perancangan Antena	37
3.2	Proses Simulasi Antena V-Double Antena menggunakan	40
	Perangkat Lunak MMANA-GAL	
3.3	Pembuatan Antena Prototype V-Double Dipole	46
 BAB IV ANALISA HASIL SIMULASI DAN PENGUKURAN		
4.1	Hasil Simulasi	49
	4.1.1 VSWR	50
	4.1.2 <i>Gain</i>	50

4.1.3	<i>Return Loss</i>	51
4.1.4	Polarisasi	51
4.2	Hasil Pengukuran Prototype	52
4.2.1	Pengukuran Port Tunggal.....	53
4.2.2	<i>Return Loss</i>	54
4.2.3	<i>VSWR</i>	55
4.2.4	<i>Smith Chart</i>	56
4.3	Analisis Hasil Simulasi dan Pengukuran Antena	56
 BAB V KESIMPULAN DAN SARAN		
5.1	Kesimpulan.....	58
5.2	Saran.....	59
DAFTAR PUSTAKA		60
LAMPIRAN-LAMPIRAN		61

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Antena sebagai Pengirim dan Penerima Gelombang	6
Gambar 2.2	Antena Isotropis	7
Gambar 2.3	Antena Omnidirectional	8
Gambar 2.4	Antena Directional	9
Gambar 2.5	Jenis Antena Wire	10
Gambar 2.6	Bentuk Antena Dipole	11
Gambar 2.7	Antena Mikrostrip	14
Gambar 2.8	Antena Reflektor.....	14
Gambar 2.9	Antena Lensa	15
Gambar 2.10	Polarisasi Linier	17
Gambar 2.11	Polarisasi Melingkar	17
Gambar 2.12	Polarisasi Ellips	18
Gambar 2.13	Parameter Polaradiasi	20
Gambar 2.14	Sifat Polaradiasi	22
Gambar 2.15	Evolusi Jaringan	25
Gambar 2.16	Evolusi 3GPP	25
Gambar 2.17	OFDMA	26
Gambar 2.18	Arsitektur LTE	28
Gambar 2.19	Antena Yagi 4G LTE	35
Gambar 2.20	Antena Grid Parabolic 4G LTE	35
Gambar 2.21	Antena Mobile 4G LTE	36
Gambar 3.1	Diagram Alir	38
Gambar 3.2	Tahapan Pertama memasukan frekuensi kerja pada tab <i>frequency</i>	40
Gambar 3.3	Desain Antena V-Double Dipole 30 ⁰	41
Gambar 3.4	Desain Antena V-Double Dipole 45 ⁰	41
Gambar 3.5	Desain Antena V-Double Dipole 60 ⁰	42
Gambar 3.6	Kolom memasukan material antena	42
Gambar 3.7	Kalkulasi nilai awal parameter	43
Gambar 3.8	Penambahan panjang sisi Antena	44
Gambar 3.9	Penambahan panjang sisi Antena	45
Gambar 3.10	Kawat Tembaga	47
Gambar 3.11	Konektor Tipe N-Female dan N-Male	47
Gambar 3.12	Kabel Coaxial RG-8	47

Gambar 3.13	Sketsa sudut 45°	48
Gambar 3.14	Prototype V-Double Dipole	48
Gambar 4.1	Desain Akhir Antena V-Double Dipole	49
Gambar 4.2	Grafik VSWR Antena V-Double Dipole pada simulasi	50
Gambar 4.3	Grafik Nilai Gain pada Simulasi	51
Gambar 4.4	Farfield Plots pada Simulasi	52
Gambar 4.5	Grafik Return Loss hasil pengukuran	54
Gambar 4.6	Grafik VSWR hasil Pengukuran	55
Gambar 4.7	Smith Chart hasil pengukuran pada Network Analyzer	56

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Spesifikasi Utama LTE	31
Tabel 2.2	Operasi Band E-UTRA	32
Tabel 2.3	Kanal Band E-UTRA	33
Tabel 3.1	Kalkulasi Nilai Awal Simulasi	44
Tabel 3.2	Kalkulasi Nilai Penambahan Panjang sisi Antena Antena	46
Tabel 4.1	Nilai VSWR Pada Simulasi	50
Tabel 4.2	Parameter Antena pada Simulasi	52
Tabel 4.3	Hasil Pengukuran perancangan Antena	53
Tabel 4.4	Perbandingan Hasil Simulasi dan Hasil Perancangan	57

DAFTAR ISTILAH

<i>Amplitudo</i>	: Pengukuran skalar yang nonnegatif dari besar osilasi suatu gelombang.
<i>Bandwidth</i>	: Range frekuensi kerja dimana antenna masih dapat bekerja.
<i>Beamwidth</i>	: Sudut dari <i>patern</i> antenna (horisontal atau vertikal).
<i>Coaxial Cable</i>	: Jenis kabel dengan inti dari tembaga dan dikelilingi oleh anyaman halus kabel tembaga lain.
<i>dB (decibel)</i>	: Rasio antara kekuatan daya pancar <i>signal</i> .
<i>dBi (dB isotropic)</i>	: Penguatan dari sebuah antenna terhadap suatu antenna standard imaginari (<i>isotropic</i> antenna).
<i>Digital Signal Processor (DSP)</i>	: Pengolahan Sinyal Digital.
<i>Enhanced Data Rates for GSM Evolution (EDGE)</i>	: Merupakan teknologi lanjutan dari GSM.
<i>FBR (Front Back Ratio)</i>	: Kemampuan antenna menerima sinyal.
<i>Gain</i>	: Kemampuan antenna mengarahkan radiasi.
<i>General Packet Radio Service (GPRS)</i>	: Suatu teknologi yang memungkinkan pengiriman data lebih cepat dibandingkan dengan penggunaan teknologi <i>Circuit Switch Data</i> (CSD).
<i>Global System for Mobile Communication</i>	: Sebuah teknologi komunikasi selular yang bersifat digital.
<i>Ground Plane</i>	: Reflektor.
<i>High Speed Packed Access (HSPA)</i>	: Koleksi protokol telepon genggam dalam ranah 3,5G yang memperluas dan memperbaiki kinerja protokol <i>Universal Mobile Telecommunications System</i> (UMTS).
<i>High Speed Uplink Packet Access (HSUPA)</i>	: Merupakan salah satu protokol ponsel yang memperbaiki <i>uplink</i> .

<i>Interferensi</i>	: Interaksi antar gelombang di dalam suatu daerah.
<i>LTE (Long Term Evolution)</i>	: Sebuah standar komunikasi akses data <i>nirkabel</i> .
<i>Matching</i>	: Kondisi dimana Z atau impedansi sesuai dengan beban impedansi (50 ohm) untuk antena.
<i>Mobility Management Entity (MME)</i>	: Node kontrol utama pada jaringan akses LTE.
<i>MHz (Megahertz)</i>	: Satuan ukuran frekuensi 1 MHz sama dengan satu juta siklus per detik.
<i>Quality of Service</i>	: Mutu layanan.
<i>Radio Network Controller (RNC)</i>	: Mengatur alokasi dan penggunaan sumber daya radio.
<i>Signal to interference ratio (SIR)</i>	: Rasio untuk gangguan sinyal.
<i>Serving Gate Way (SGW)</i>	: Berfungsi untuk merutekan dan meneruskan paket data <i>user</i> dan juga berfungsi sebagai <i>mobility anchor</i> saat <i>handover</i> antar eNodeB serta untuk menghubungkan LTE dengan jaringan lain yang sudah ada.
<i>UMTS (Universal Mobile Telephone System)</i>	: Salah satu dari sistem telepon bergerak generasi ketiga (3G) yang dikembangkan dalam kerangka kerja IMT-2000 ITU.
<i>VSWR</i>	: Perbandingan (ratio) antara tegangan rms maksimum dan minimum

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Antena adalah salah satu komponen yang dikembangkan dalam sistem komunikasi. Antena merupakan daerah transisi antara saluran transmisi dan ruang bebas, sehingga antena berfungsi sebagai pemancar atau penerima gelombang elektromagnetik.

Dimana pada sisi penerima antena akan menerima gelombang elektromagnetik dan mengubahnya menjadi sinyal yang dapat diproduksi oleh radio penerima. Sedangkan pada sisi pemancar antena mengubah energi *Radio Frequency* (RF) menjadi medan elektromagnetik yang akan dipancarkan ke udara [1].

Teknologi komunikasi nirkabel yang berkembang serta kebutuhan komunikasi yang semakin luas sehingga menjadikan bertambahnya popularitas sistem *nirkabel* pengembangan antena. Teknologi komunikasi menuntut adanya antena yang berukuran kecil, ringan, murah, dan unjuk kerja yang baik. Antena dipole dapat memenuhi kriteria semacam itu, antena dipole memiliki keunggulan profilnya rendah dan murah untuk dimanufaktur.

Pada kesempatan ini penulis melakukan perkembangan Tugas Akhir dari saudara Muhammad Fahrul Zein yaitu “Rancang Bangun Antena V

Dipole pada Frekuensi 144,2 MHz". Dimana untuk perkembangannya dibuat menjadi V-Double Dipole pada frekuensi 710 Mhz untuk aplikasi teknologi 4G LTE (*Long Term Evolution*).

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang, penulis akan merumuskan masalah yang ada, agar tidak terjadi kerancuan. Adapun masalah yang akan dibahas adalah :

- Bagaimana pengaruh sudut 30^0 , 45^0 dan 60^0 pada nilai VSWR hasil simulasi.
- Bagaimana Perbandingan antara hasil simulasi dengan hasil pengukuran antenna prototype yang di ujicoba.

1.3 Batasan Masalah

Batasan-batasan masalah antara lain :

- Sudut antenna yang diteliti dalam simulasi adalah 30^0 , 45^0 dan 60^0 .
- Melakukan Simulasi untuk perancangan antenna menggunakan perangkat lunak (*software*) Mmana-Gal Basic V.3.0.0.31.
- Pembuatan antenna prototype diambil dari sudut yang memiliki nilai VSWR sebesar ≤ 2 .

1.4 Tujuan

Tujuan dari perancangan ini adalah:

Rancang bangun antenna V-Double Dipole untuk frekuensi kerja 710 Mhz dengan perbandingan sudut yang sudah di analisis untuk mendapatkan nilai $VSWR \leq 2$ dan $Return Loss \leq -10 dB$ serta $Bandwidth$ 12 Mhz .

1.5 Metode Perancangan

Dalam perancangan antenna ini dibutuhkan informasi-informasi yang berhubungan dengan tema yang akan dibahas, yaitu mengenai teori dasar perancangan antenna dipole. Dalam hal ini tentunya membutuhkan data-data mengenai masalah serta hal-hal yang mempengaruhi kinerja antenna.

Adapun tahapan-tahapan penelitian yang dilakukan yaitu:

1. Studi Literatur

Studi literatur dapat diartikan sebuah penelitian untuk mendapatkan gambaran yang menyeluruh tentang informasi-informasi yang dibutuhkan untuk melanjutkan suatu penelitian. Terkait dengan perancangan ini, informasi didapat dari pengumpulan data dengan mencari referensi-referensi dari buku-buku atau literatur baik secara fisik atau *online* maupun yang didapat dari perkuliahan antenna dan propagasi, yang membahas mengenai objek yang akan diteliti.

2. Simulasi dan Pembuatan Antena Prototype

Simulasi bertujuan untuk memudahkan perancangan membubrikasi antena agar dapat mengidentifikasi sudut, dan panjang *wire* yang akan menghasilkan nilai $VSWR \leq 2$. Kemudian pembuatan antena prototype setelah mendapatkan hasil nilai $VSWR$ terkecil dari hasil simulasi. Pembuatan antena menggunakan alat dan bahan yang sederhana tetapi tetap menghasilkan kinerja antena yang optimal.

3. Pengujian dan Pengukuran

Ujicoba antena dilakukan pada ruangan hampa udara untuk mengukur kinerja antena apakah hasil dari simulasi yang dibuat sama dengan hasil dari pengukuran prototype.

1.6 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan yang dipergunakan dalam perancangan ini adalah:

BAB I Pendahuluan, membahas tentang latar belakang, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan, metode perancangan serta sistematika penulisan.

BAB II Dasar Teori, berisi dasar-dasar teoritis yang menunjang dalam pembuatan antena dipole dalam perancangan ini.

BAB III Perancangan dan Pembuat Antena, membahas tentang perancangan umum maupun uraian diagram alir pola fikir perancangan, perancangan proses dalam simulasi dan langkah pabrikasi.

BAB IV Analisa Hasil Simulasi dan Pengukuran, menjelaskan dan memaparkan tentang pengujian antena prototype kemudian hasilnya dibandingkan

dengan hasil yang didapat di simulasi. Lalu dianalisa kembali apakah telah sesuai dengan tujuan pembuatan pada bab 1.

BAB V Simpulan dan Saran, berisi kesimpulan dari penulis tentang kegiatan perancangan yang dilakukan beserta saran yang dapat penulis berikan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1]. Tri.Joko,Yohanes.2008. “*Antenna Wireless Untuk Rakyat*”. Yogyakarta:CV Andi Ofset.
- [2]. Balanis, Constantine A. “*Antenna Theory Analysis and Design*”. 2nd ed. Jhon Wiley & Sons Inc. Kanada. 2005.
- [3]. Dwian Prakoso,Angga. 2012, *Perancangan dan Realisasi susunan 8 Patch Antena Mikrostrip Rectangular Pada Frekuensi 2,9-3,1 Ghz untu Radar Pengawas Pantai*, Proyek Akhir, Institut Teknologi Telkom, Bandung.
- [4]. Alaydrus,Mudrik.2011.*Antenna Prinsip dan Aplikasi*.Yogyakarta.Graha Ilmu.
- [5]. Lesmana,Ridwan.2001.*Antena Dipole*.Jakarta:LEMLOKTA.
- [6]. Pengetahuan dasar radio Komunikasi. *Antenna dipole dan monopole*.1998.Organisasi Amatir Radio Indonesia Pusat.
- [7]. Nakor,Punit S. 2004. *Design of a compact microstrip Patch Antenna for use in wireless/cellular devices*. The Florida state university, Thesis.
- [8]. Kraus, J. D. “*Antennas*”. 2nd ed. MC. Graw Hill. New Delhi. 1988.
- [9]. Adriansyah, Nachan Mufti, 2004. *Konsep dasar Antena*. Mobile Communication Laboratory.
- [10]. S.Siburian(2011).Skripsi Universitas Sumatra Utara [21 pebruari 2015]
- [11]. Rohde dan schwarz [AMUK59](#). [21 pebruari 2015]

- [12]. International journal of Advanced Science and Technology. “*Study on Coexistence between Long Term Evolution and Digital Broadcasting services*”. Vol. 38. Januari. 2012
- [13]. 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 36.101 version 10.2.0 release 10).