

repository.ub.ac.id

**PERENCANAAN DAN PEMBUATAN
ANTENA PLANAR MONOPOLE UNTUK ANTENA EKSTERNAL
MOBILE PHONE CDMA**

**SKRIPSI
KONSENTRASI TELEKOMUNIKASI**

*Diajukan untuk memenuhi sebagian persyaratan
memperoleh gelar Sarjana Teknik.*



Disusun oleh :

YAN WIDANTI FEMINIA

NIM. 0610632032

**DEPARTEMEN PENDIDIKAN NASIONAL
UNIVERSITAS BRAWIJAYA
FAKULTAS TEKNIK
MALANG**

2009



PENGANTAR

Alhamdulillah, segenap puji dan syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT. Yang telah melimpahkan rahmat, hidayah, ridho, nikmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini dengan judul “**Perencanaan dan Pembuatan Antena Planar Monopole untuk Antena Eksternal Mobile Phone CDMA**”. Tidak lupa shalawat serta salam semoga senantiasa tercurahkan untuk Rasulullah Muhammad SAW beserta keluarga, sahabat, kerabat dan para pengikutnya sampai akhir jaman.

Dengan kesungguhan dan rasa rendah hati, penyusun mengucapkan terima kasih kepada Bapak Ir. H. Erfan Achmad Dahlan, MT dan Bapak Dwi Fadila K., ST., MT. sebagai dosen pembimbing atas saran, konsultasi, motivasi, kesabaran dan waktu dalam pengerjaan hingga penyelesaian skripsi ini. Tidak terkecuali, ucapan terima kasih penulis haturkan kepada :

1. Bapak Ir. Heru Nurwarsito, Mkom. selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro.
2. Bapak Rudy Yuwono, ST. MSc. selaku Sekretaris Jurusan Teknik Elektro.
3. Ibu Ir. Endah Budi P., MT. selaku Ketua Kelompok Dosen dan Keahlian Teknik Telekomunikasi.
4. Bapak, Ibu dosen serta segenap staf dan karyawan Jurusan Teknik Elektro baik secara langsung maupun tidak langsung yang telah banyak membantu dalam menyelesaikan skripsi ini.
5. Kedua orang tuaku tercinta Mama dan Papa, kakak-kakakku serta adikku sebagai orang-orang yang sangat support dan terima kasih atas doa, kasih sayang, perhatian serta dorongan yang telah engkau berikan padaku.
6. Rekan-rekan mahasiswa Jurusan Teknik Elektro dan paket C khususnya, terima kasih atas semangat, dukungan dan doanya.
7. Semua pihak yang tidak dapat kami sebutkan satu persatu, sehingga skripsi ini dapat terselesaikan dengan sebaik – baiknya.

Penyusun menyadari bahwa yang tersusun dalam skripsi ini masih sangat banyak kekurangannya dan jauh dari sempurna, hal ini tidak lain karena keterbatasan materi dan pengetahuan yang dimiliki penyusun. Karena itu kritik dan saran sangat kami harapkan demi kesempurnaan penyusunan skripsi ini.

Akhir kata, penulis mengharapkan semoga yang terdapat dalam skripsi ini bermanfaat untuk kita semua, rekan-rekan mahasiswa khususnya dan bagi seluruh pembaca pada umumnya.

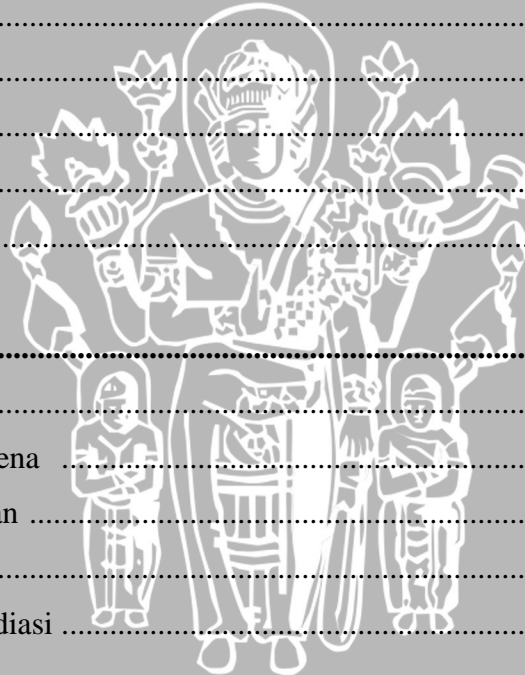
Malang, Agustus 2009

Penulis



DAFTAR ISI

PENGANTAR	i
DAFTAR ISI	iii
DAFTAR GAMBAR	vi
DAFTAR GRAFIK	viii
DAFTAR TABEL	ix
DAFTAR LAMPIRAN	x
ABSTRAK	xi
I. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	1
1.3 Ruang Lingkup	2
1.4 Tujuan	2
1.5 Sistematika Penulisan.....	2
II. DASAR TEORI	3
2.1 Gambaran Umum	3
2.2 Parameter-parameter antena	4
2.2.1 Impedansi Masukan	4
2.2.2 Polarisasi	6
2.2.3 Daerah Medan Radiasi	7
2.2.4 Pola Radiasi	8
2.2.4.1 <i>Lobe-lobe</i> pola radiasi dan <i>Beamwidth</i>	10
2.2.5 Keterarahan (<i>Directivity</i>)	11
2.2.6 Penguatan (<i>Gain</i>) Antena	11
2.2.7 <i>VSWR</i> (<i>Voltage Standing Wave Ratio</i>)	12
2.2.8 <i>Return Loss</i>	12
2.2.9 Lebar Pita (<i>Bandwidth</i>)	13
2.3 Antena Planar Monopole	14
2.3.1 Rumus Umum Dimensi <i>Patch</i> Antena Planar Monopole	15



2.3.2 Karakteristik Bentuk Geometri <i>Patch</i> Peradiasi Antena Planar Monopole	16
2.3.3 Antena Planar Monopole <i>Rugby Ball</i>	18
2.4 IE3D™ (MoM – Based EM Simulator)	21

III. METODOLOGI **26**

3.1 Studi literatur	26
3.2 Pengumpulan Data	26
3.3 Perencanaan dan pembuatan antena planar monopole	26
3.4 Rancangan pengujian	26
3.4.1 Pengukuran <i>return loss</i> , koefisien pantul dan <i>VSWR</i>	26
3.4.2 Pengukuran <i>gain</i> antena	27
3.4.3 Pengukuran pola radiasi	27
3.4.4 Pengukuran polarisasi	27
3.4.5 Pengukuran Keterarahan (<i>directivity</i>)	27
3.4.6 Perhitungan <i>Bandwidth</i>	27
3.5 Analisis Antena	28
3.6 Pengambilan kesimpulan dan saran	28

IV. PERENCANAAN DAN PEMBUATAN ANTENA PLANAR

MONOPOLE UNTUK ANTENA EKSTERNAL *MOBILE PHONE*

CDMA dengan RANGE FREKUENSI 824 – 894 MHz **29**

4.1 Tinjauan Umum	29
4.2 Spesifikasi substrat dan bahan konduktor	29
4.3 Perencanaan dimensi antena planar monopole	30

V. PENGUJIAN DAN ANALISIS HASIL PENGUKURAN ANTENA

PLANAR MONOPOLE UNTUK ANTENA EKSTERNAL *MOBILE*

***PHONE* CDMA dengan RANGE FREKUENSI 824 – 894 MHz** **38**

5.1 Pendahuluan	38
5.2 Pengukuran <i>Return Loss</i> , Koefisien Pantul dan Perhitungan <i>VSWR</i>	38
5.2.1 Alat-alat yang digunakan	38
5.2.2 Prosedur Pengukuran	38
5.2.3 Hasil Pengukuran	40

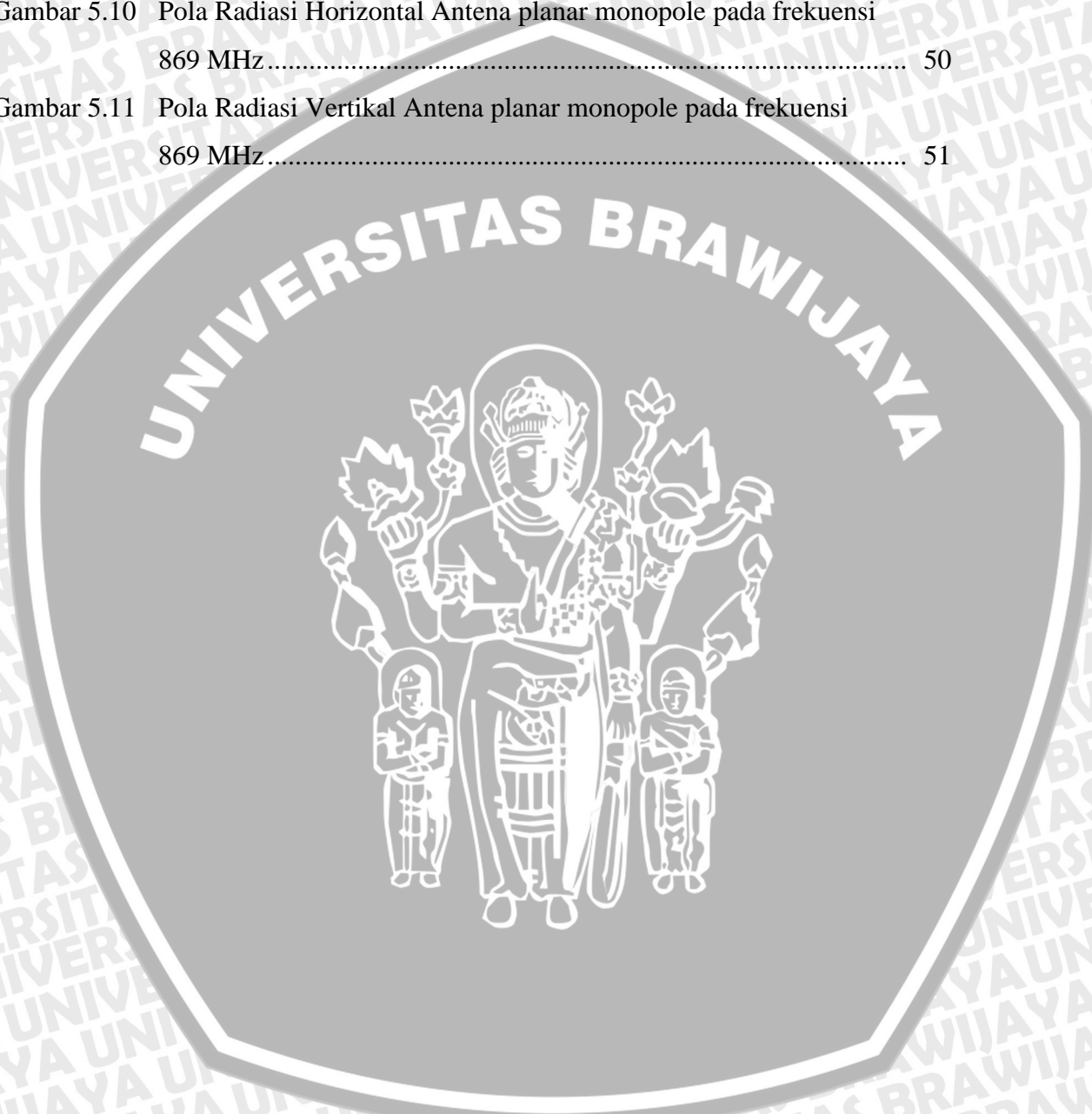


5.2.4 Analisis Hasil Pengukuran	42
5.3 Pengukuran <i>Gain</i> Antena	42
5.3.1 Alat-alat yang digunakan.....	42
5.3.2 Prosedur Pengukuran.....	42
5.3.3 Hasil Pengukuran.....	44
5.3.4 Analisis Hasil Pengukuran	44
5.4 Pengukuran Polarisasi	45
5.4.1 Alat-alat yang digunakan.....	45
5.4.2 Prosedur Pengukuran.....	45
5.4.3 Hasil Pengukuran.....	46
5.4.4 Analisis Hasil Pengukuran	47
5.5 Pengujian Pola Radiasi	48
5.5.1 Alat-alat yang digunakan.....	48
5.5.2 Prosedur Pengukuran.....	48
5.5.3 Hasil Pengukuran.....	49
5.5.4 Analisis Hasil Pengukuran	50
5.6 Perhitungan Keterarahan (<i>Directivity</i>)	51
5.6.1 Cara Perhitungan	51
5.6.2 Hasil Perhitungan	52
5.7 Perbandingan RL, VSWR, Pola Radiasi, directivity, dan gain antena antara Hasil Simulasi dengan Hasil Pengukuran	52
VI. PENUTUP	55
6.1 Kesimpulan	55
6.2 Saran	56
DAFTAR PUSTAKA	57
LAMPIRAN	

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1.	Bentuk umum polarisasi	6
Gambar 2.2.	Pembagian daerah medan radiasi	7
Gambar 2.3.	Pola radiasi	9
Gambar 2.4.	Pola radiasi antena dalam koordinat <i>Rectangular</i> dan skala dB	10
Gambar 2.5.	Macam-macam bentuk elemen planar monopole	14
Gambar 2.6.	Struktur dasar antena planar monopole	14
Gambar 2.7.	Struktur dasar antena ellips	15
Gambar 2.8.	Tipe geometri antena planar monopole	16
Gambar 2.9.	Distribusi arus pada antena planar monopole	17
Gambar 2.10.	Bentuk antena <i>Rugby Ball</i>	19
Gambar 2.11.	Medan E_i terjadi pada struktur metal S	23
Gambar 2.12.	<i>Flow chart basic IE3D EM simulation</i>	25
Gambar 4.1.	Bentuk Geometri Antena <i>Rugby Ball</i>	30
Gambar 4.2.	Bentuk Geometri Antena Planar Monopole <i>circular-ellips</i>	30
Gambar 4.3.	Pembentukan <i>polygon</i> menjadi $\frac{1}{2}$ ellips dan $\frac{1}{2}$ lingkaran	31
Gambar 4.4.	Pemotongan 10,5 mm pada <i>polygon</i> $\frac{1}{2}$ lingkaran	31
Gambar 4.5.	Penggabungan 2 <i>polygon</i>	32
Gambar 4.6.	Antena telah terpasang port	32
Gambar 4.7.	Display <i>meshing</i> antena	33
Gambar 4.8.	Gain <i>pattern elevation</i> polar pada frekuensi 800 MHz	35
Gambar 4.9.	Gain <i>pattern azimuth</i> polar pada frekuensi 800 MHz	36
Gambar 4.10.	Gain <i>pattern</i> polar pada frekuensi 800 MHz	36
Gambar 4.11.	Distribusi Arus pada permukaan antena planar monopole frekuensi 850 MHz	37
Gambar 4.12.	Vektor Distribusi Arus pada permukaan antena planar monopole frekuensi 850 MHz	37
Gambar 5.1.	Rangkaian Pengukuran <i>Return Loss</i>	39
Gambar 5.2.	Tampilan <i>Return Loss</i> pada monitor <i>Spectrum Analyzer</i>	39
Gambar 5.3.	Tampilan <i>Return Loss</i> pada monitor <i>Spectrum Analyzer</i>	40
Gambar 5.4.	Rangkaian Pengukuran Gain Antena	42
Gambar 5.5.	Rangkaian Pengukuran Gain Antena	43

Gambar 5.6	Gambar posisi antena planar monopole	43
Gambar 5.7	Rangkaian Pengukuran Polarisasi Antena.....	45
Gambar 5.8	Bentuk Polarisasi antena planar monopole pada frekuensi 869 MHz	47
Gambar 5.9	Rangkaian Pengukuran Pola Radiasi Antena	48
Gambar 5.10	Pola Radiasi Horizontal Antena planar monopole pada frekuensi 869 MHz	50
Gambar 5.11	Pola Radiasi Vertikal Antena planar monopole pada frekuensi 869 MHz.....	51

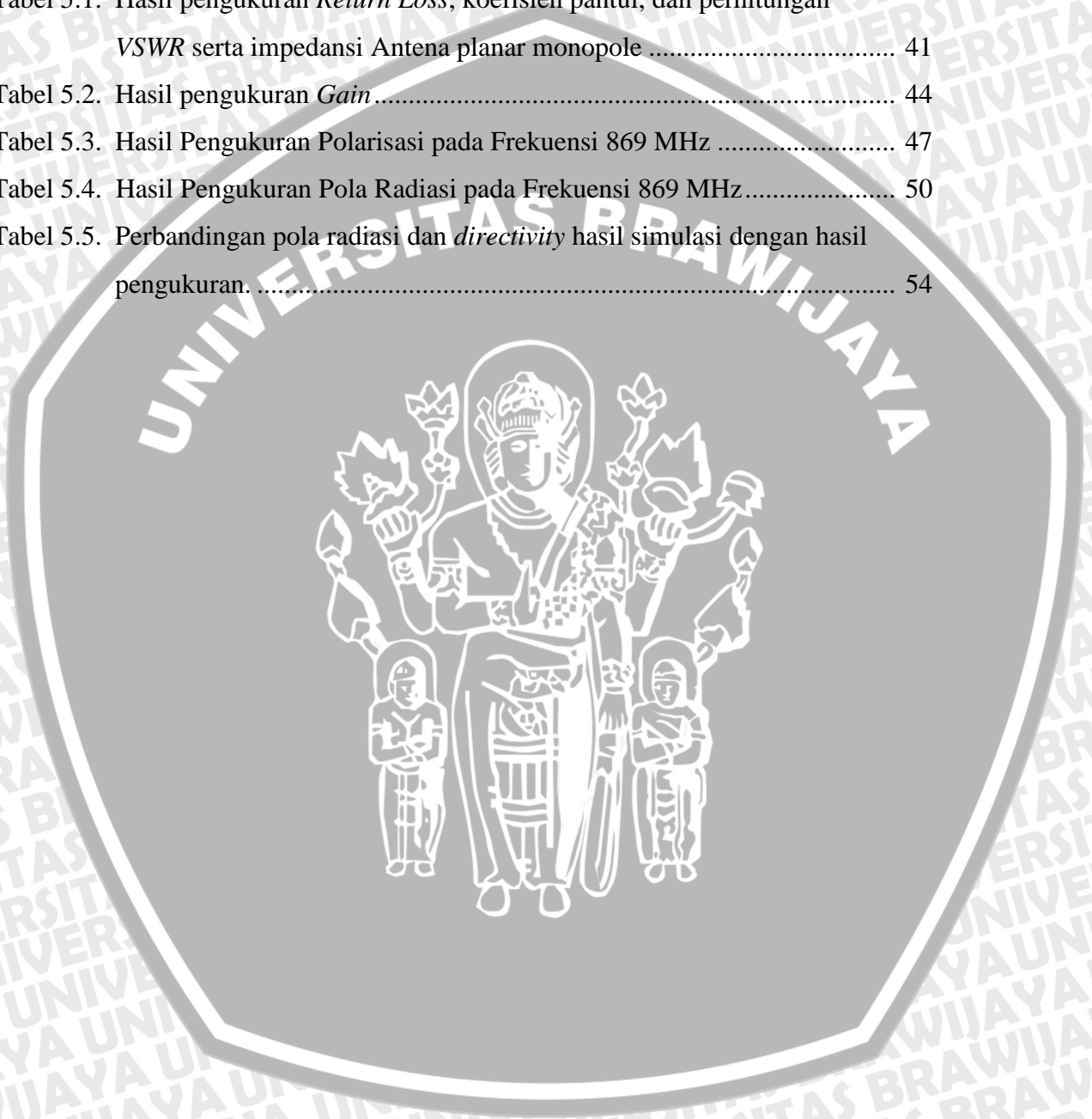


DAFTAR GRAFIK

Grafik 2.1. Variasi $\left \frac{1}{1 + j\lambda_n} \right $ dari antenna pada gambar 2.9.....	17
Grafik 2.2. Variasi VSWR dari antenna pada gambar 2.9	18
Grafik 2.3. Perbandingan RL antenna <i>Rugby Ball</i> antara simulasi dengan pengukuran	20
Grafik 2.4. Perbandingan VSWR antenna <i>Rugby Ball</i> antara simulasi dengan pengukuran	20
Grafik 2.5. Perbandingan Impedansi antenna <i>Rugby Ball</i> antara simulasi dengan pengukuran	21
Grafik 4.1. Hasil simulasi VSWR pada sweep frekuensi 700 MHz – 2 GHz	33
Grafik 4.2. Hasil simulasi S_{11} pada sweep frekuensi 700 MHz – 2 GHz	34
Grafik 4.3. Hasil simulasi gain pada sweep frekuensi 700 MHz – 2 GHz	34
Grafik 4.4. Hasil simulasi <i>Directivity</i> pada sweep frekuensi 700 MHz – 2 GHz.....	35
Grafik 5.1. Grafik fungsi VSWR terhadap frekuensi	41
Grafik 5.2. Perbandingan nilai Return Loss hasil pengukuran dengan hasil simulasi antenna planar monopole.....	53
Grafik 5.3. Perbandingan nilai VSWR hasil pengukuran dengan hasil simulasi antenna planar monopole.....	53
Grafik 5.4. Perbandingan nilai gain hasil pengukuran dengan hasil simulasi antenna planar monopole.....	54

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1. Karakteristik antena untuk <i>user</i> seluler	4
Tabel 2.2. Dimensi antena <i>Rugby Ball</i>	19
Tabel 5.1. Hasil pengukuran <i>Return Loss</i> , koefisien pantul, dan perhitungan <i>VSWR</i> serta impedansi Antena planar monopole	41
Tabel 5.2. Hasil pengukuran <i>Gain</i>	44
Tabel 5.3. Hasil Pengukuran Polarisasi pada Frekuensi 869 MHz	47
Tabel 5.4. Hasil Pengukuran Pola Radiasi pada Frekuensi 869 MHz	50
Tabel 5.5. Perbandingan pola radiasi dan <i>directivity</i> hasil simulasi dengan hasil pengukuran.	54



DAFTAR LAMPIRAN

LAMPIRAN 1:	BEBERAPA SIMULASI ANTENA PLANAR MONOPOLE DENGAN BERBAGAI UKURAN H_a dan PERHITUNGANNYA	58
LAMPIRAN 2:	BEBERAPA SIMULASI ANTENA PLANAR MONOPOLE DENGAN BERBAGAI UKURAN H_a dan W_a	60
LAMPIRAN 3:	SURAT PERNYATAAN PELAKSANAAN PRAKTIKUM	63



ABSTRAK

YAN WIDANTI FEMINIA, Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Brawijaya, Agustus 2009, Perencanaan dan Pembuatan Antena Planar Monopole untuk Antena Eksternal Mobile Phone CDMA, Dosen Pembimbing : Ir. Erfan Achmad Dahlan, MT dan Dwi Fadila Kurniawan, ST., MT.

Faktor yang mempengaruhi kualitas penerimaan informasi yang diterima pada komunikasi wireless ini, diantaranya adalah kondisi propagasi, posisi BTS beserta lingkungannya, kesempurnaan antena, kelebaran bandwidth pancaran, dan power. Upaya yang masih mungkin dan efektif untuk meningkatkan kualitas penerimaan informasi pada komunikasi seluler CDMA yang diterima adalah dengan menyempurnakan antenanya. Karena untuk propagasi dan posisi stasiun, kita cenderung tidak dapat berbuat banyak dan dengan menaikkan power secara teknis merupakan usaha yang paling mudah, akan tetapi rasanya ini adalah usaha yang kurang efektif dan cenderung merupakan suatu pemborosan.

Tujuan dari kajian ini adalah untuk menganalisis kebutuhan antena dalam komunikasi seluler CDMA, merancangnya, dan membuatnya dengan harapan didapatkan bisa menambah performansi antena eksternal *mobile phone* CDMA, bagus dalam hal *bandwidth* mencakup range frekuensi 824-894 MHz, $VSWR < 2$, $gain > 3$ dB, Return Loss < -10 dB.

Analisa dan perancangan dimensi elemen peradiasi antena planar monopole untuk antena eksternal *mobile phone* CDMA ini digunakan metode empiris berdasarkan referensi yang ada. Kemudian disimulasikan menggunakan *software* perancangan antena Zeland IE3D™ sampai didapatkan dimensi elemen peradiasi antena sesuai dengan parameter yang diinginkan. Setelah dimensi antena didapatkan kemudian dilakukan fabrikasi antena tersebut.

Pada analisis dari data hasil pengujian yang dilakukan di Laboratorium Antena dan Propagasi Politeknik Negeri Malang didapatkan hasil sebagai berikut: pada frekuensi kerja 824 MHz – 894 MHz antena memiliki nilai *Return Loss* sebesar -13 dB dan *VSWR* sebesar 1,57, dengan pola radiasi *undirectional* dan polarisasi *ellips*, antena memiliki nilai *gain* 15,15 dBi serta nilai *directivity* sebesar 5,91dB.

Kata kunci : Antena planar monopole, frekuensi, *VSWR*, polarisasi, *gain*

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar belakang

Kemajuan teknologi komunikasi menunjukkan perkembangan yang sangat pesat, khususnya komunikasi wireless. Perangkat komunikasi ini membutuhkan antena untuk mengirim dan menerima sinyal informasi. Salah satu jenisnya adalah antena planar monopole. Antena planar monopole merupakan sebuah perangkat yang mempunyai gain yang cukup besar dengan bentuk elemen radiasi yang cukup kecil. Antena tersebut menggunakan bahan aluminium dengan konstanta dielektrik (ϵ_r) = 2.

Salah satu perangkat bagian alat komunikasi yang sangat penting adalah antena. Kualitas sebuah antena sangat mempengaruhi kualitas informasi yang diterima. Maka antena sebagai salah satu perangkat telekomunikasi harus dibuat dengan fleksibel, praktis dan tetap berkualitas. Salah satu jenis antena yang berkembang saat ini adalah antena planar monopole.

Antena planar monopole yang dirancang dengan mengkombinasikan bentuk elemen radiasi lingkaran dan elips ini dialokasikan pada range frekuensi 824 MHz – 894 MHz, sehingga dapat diaplikasikan pada komunikasi selular CDMA.

Keuntungan dari penggunaan bentuk elemen peradiasi lingkaran dan elips daripada kotak atau yang lain adalah karena planar lingkaran memiliki nilai VSWR dan bandwidth yang jauh lebih baik. Dan dipilih elips sebagai kombinasinya daripada lingkaran penuh adalah bentuk antena tetap ramping akan tetapi dapat memperpanjang dimensi antena sehingga didapatkan parameter frekuensi yang diinginkan..

Dalam pembuatan skripsi ini, simulasi dengan menggunakan software Zeland IE3D™.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan permasalahan yang ada, maka rumusan masalah dalam penulisan skripsi ini adalah:

1. Bagaimana merancang dan membuat antena planar monopole untuk antena eksternal *mobile phone* CDMA.
2. Bagaimana mensimulasikan antena planar monopole untuk antena eksternal *mobile phone* CDMA dengan menggunakan program IE3D™.

3. Bagaimana performansi antenna yang dirancang ditinjau dari *Return Loss*, VSWR, gain, polarisasi, dan pola radiasi.
4. Perbandingan parameter-parameter antenna hasil perencanaan dengan parameter-parameter antenna hasil pengujian dan pengukuran.

1.3 Ruang Lingkup

Berdasarkan permasalahan yang disebutkan diatas, maka pada penulisan skripsi ini diberikan batasan pada hal-hal sebagai berikut:

1. Karakteristik antenna yang sesuai digunakan untuk *user* seluler CDMA adalah bekerja pada range frekuensi 824-894 MHz, gain di atas 3 dB, polarisasi vertikal linear, dan *input impedance* 50 Ω
2. Antenna yang dirancang adalah antenna planar monopole.
3. Bahan yang digunakan adalah aluminium dengan konstanta dielektrik (ϵ_r) = 2.
4. Simulasi parameter antenna menggunakan software Zeland IE3DTM yang meliputi Return Loss < -10dB, VSWR < 2, koefisien pantul, gain > 3 dBi, pola radiasi directional dan polarisasi vertikal linear.
5. Pengukuran parameter antenna meliputi Return Loss, VSWR, koefisien pantul, gain, pola radiasi dan polarisasi.

1.4 Tujuan

Tujuan dalam penulisan skripsi ini adalah merencanakan dan merealisasikan antenna planar monopole sebagai antenna eksternal *mobile phone* CDMA dengan alokasi frekuensi 824 MHz - 894 MHz.

1.5 Sistematika Penulisan

BAB I Pendahuluan yang memuat latar belakang, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan, metodologi dan sistematika penulisan.

BAB II Membahas teori dasar yang berhubungan dengan perencanaan dan pembuatan antenna planar monopole.

BAB III Metodologi, menjelaskan tentang tahapan penyelesaian skripsi.

BAB IV Menjelaskan proses perancangan dan pembuatan antenna, serta simulasinya.

BAB V Menjelaskan tentang langkah-langkah pengujian serta analisis terhadap hasil pengujian.

BAB VI Penutup, memuat kesimpulan dan saran skripsi ini.

BAB II DASAR TEORI

2.1 Umum

Antena merupakan suatu komponen yang penting pada sistem komunikasi yang berfungsi sebagai sarana untuk memancarkan dan menerima gelombang elektromagnetik. Dengan kata lain antena sebagai media peralihan antara ruang bebas (*free space*) dengan saluran transmisi, yakni dari gelombang elektromagnetik menjadi energi listrik atau sebaliknya (Balanis, 1982:1)

Antena yang baik adalah antena yang mempunyai rugi-rugi daya sekecil-kecilnya dan mampu menerima atau meneruskan gelombang elektromagnetik dengan optimum.

Kualitas sebuah antena sangat mempengaruhi kualitas informasi yang diterima. Maka antena sebagai salah satu perangkat telekomunikasi harus dibuat dengan fleksibel, praktis dan tetap berkualitas. Salah satu jenis antena yang berkembang saat ini adalah antena planar monopole.

Untuk saat ini, pengalokasian band frekuensi kerja komunikasi seluler di Indonesia untuk teknologi GSM adalah 900 MHz (890 MHz – 960 MHz) dan 1800 MHz (1710 MHz – 1880 MHz), sedangkan untuk teknologi CDMA bekerja pada alokasi frekuensi 800 MHz (824 MHz – 894 MHz) dan 1900 MHz (1850 MHz – 1990 MHz). Sedangkan antena planar monopole yang akan dirancang dialokasikan pada range frekuensi 824MHz – 894 MHz, sehingga dapat diaplikasikan pada komunikasi seluler CDMA.

Sejalan dengan perkembangan industri komunikasi tanpa kabel, sistim komunikasi seluler sebagai alat komunikasi suara diharapkan dapat menyediakan kapasitas sebesar mungkin dengan kualitas komunikasi yang makin meningkat. Sedangkan saat ini permasalahan mendasar pada sistem komunikasi bergerak, adalah terbatasnya spektrum frekuensi yang tersedia. Sehingga untuk mendapatkan kapasitas yang besar pada spektrum yang tersedia digunakan teknik penggunaan ulang frekuensi (*frequency reuse*) dan teknik akses jamak tertentu. Inilah salah satu keunggulan yang dimiliki sistim seluler CDMA yaitu kapasitas yang dapat disediakan lebih besar dibandingkan sistim akses jamak lainnya, selain itu kapasitasnya bersifat fleksibel tergantung pada kualitas yang dikehendaki.

Sedangkan untuk karakteristik antena yang sesuai untuk digunakan *user* seluler CDMA ada pada tabel 2.1

Parameter	Specification
Frequency	824-894 MHz
Gain	3dBi
Polarization	Vertical linear
Input Impedance	50 Ω

Tabel 2.1. Karakteristik antena untuk *user* seluler

Sumber : www.google.com/Low Profile Integrated GPS and Cellular Antenna.pdf

Pada bab ini akan dibahas beberapa teori penunjang untuk perencanaan dan pembuatan antena planar monopole yang menggunakan elemen peradiasi kombinasi lingkaran dan ellipsis, teori dasar dan parameter dasar antena yang akan dihitung dan diukur. Parameter-parameter dasar tersebut meliputi polarisasi, pola radiasi, *gain*, *VSWR*, *return loss* (RL), dan *bandwidth*.

2.2 Parameter-parameter Antena

Parameter-parameter antena adalah suatu hal yang sangat penting untuk menjelaskan performansi suatu antena. Berkaitan dengan penulisan skripsi ini, diperlukan beberapa parameter-parameter antena yang akan memberi informasi performansi suatu antena.

2.2.1 Impedansi Masukan

Pada frekuensi resonansi nilai besarnya impedansi masukan elemen peradiasi adalah (Herrera.M, 1999: 3) :

$$Z_{in} = 90 \cdot \frac{\epsilon_r^2}{\epsilon_r - 1} \left(\frac{L}{W} \right)^2 \Omega \quad (2-1)$$

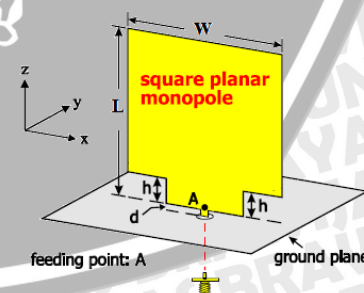
dengan :

Z_{in} = impedansi masukan elemen peradiasi (Ω)

L = panjang elemen peradiasi (mm)

W = lebar elemen peradiasi (mm)

Dengan memperbesar lebar *patch* antena maka besarnya impedansi masukan dapat berkurang.



Penyesuaian Impedansi (*Matching Impedance*)

Impedansi masukan elemen peradiasi harus ada kesesuaian impedansi antara impedansi karakteristik saluran transmisi, elemen peradiasi dan impedansi di ruang bebas hal ini dimaksudkan agar sinyal yang diterima antenna akan maksimum. Selanjutnya impedansi *matching* didapat dengan menggunakan persamaan berikut :

$$Z_T = \sqrt{Z_o \cdot Z_{in}} \quad (2-3)$$

dengan :

$$Z_T = \text{impedansi transformer } (\Omega)$$

$$Z_o = \text{impedansi karakteristik saluran transmisi } (\Omega)$$

$$Z_{in} = \text{impedansi beban } (\Omega)$$

Impedansi terminal antenna perlu diketahui, hal ini untuk keperluan pemindahan daya dari atau menuju antenna. Secara umum impedansi terminal antenna didefinisikan sebagai impedansi yang ditimbulkan antenna pada terminalnya, dapat dituliskan (Balanis, 1982):

$$Z_A = R_A + jX_A \quad (2-4)$$

dengan :

$$Z_A = \text{Impedansi terminal antenna } (\Omega)$$

$$R_A = \text{Resistansi terminal antenna } (\Omega)$$

$$X_A = \text{Reaktansi terminal antenna } (\Omega)$$

Daya total yang disuplai ke antenna adalah (Balanis, 1982):

$$P_{in} = I^2 \cdot R_A \quad (2-5)$$

Dengan daya yang dipancarkan antenna:

$$P_{rad} = I^2 \cdot R_{rad} \quad (2-6)$$

dengan :

$$P_{in} = \text{daya input antenna (watt)}$$

$$I = \text{arus rms pada terminal antenna (ampere)}$$

$$R_{rad} = \text{resistansi radiasi } (\Omega)$$

$$P_{rad} = \text{daya yang diradiasikan antenna (watt)}$$

Diketahui bahwa $Z_{ant} = R_{ant} + X_{ant}$ sedangkan $R_{ant} = R_{loss} + R_{rad}$. Untuk daya yang didisipasikan pada R_{loss} adalah *loss* berupa panas pada antenna. Panasnya antenna ini disebabkan oleh dielektrik atau *loss* konduksi.

Impedansi antenna juga dapat diperoleh dari koefisien pantul dengan persamaan sebagai berikut (Edgar Hund, 1989: 44) :



$$|\Gamma| = \left| \frac{Z_{ant} - Z_c}{Z_{ant} + Z_c} \right| \quad (2-7)$$

sehingga diperoleh:

$$Z_{ant} = Z_c \left(\frac{1 + |\Gamma|}{1 - |\Gamma|} \right) \quad (2-8)$$

dengan :

Z_{ant} = impedansi antena (Ω)

Z_c = impedansi karakteristik (Ω)

Γ = koefisien pantul

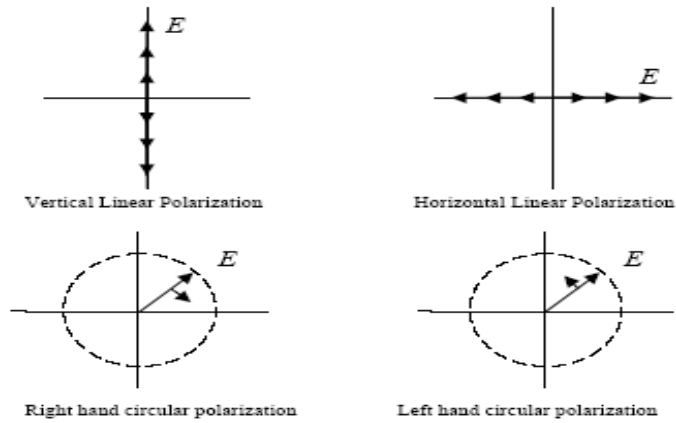
2.2.2 Polarisasi

Polarisasi merupakan salah satu parameter antena yang digambarkan sebagai arah vektor gelombang medan elektrik yang diradiasikan. Polarisasi juga dapat diartikan sebagai arah getaran gelombang radio atau dalam bahasa yang lebih tepat adalah arah medan elektrik gelombang radio yang dibangkitkan dari sebuah antena.

Polarisasi dari antena tergantung oleh polarisasi vektor medan listrik yang diradiasikan. Dengan kata lain, posisi dan arah dari medan listrik dengan referensi permukaan bumi atau tanah menggambarkan bentuk polarisasi gelombang tersebut.

Polarisasi dari gelombang yang teradiasi, merupakan sifat-sifat gelombang elektromagnetik yang menggambarkan perubahan arah dan nilai relatif vektor medan listrik sebagai fungsi waktu.

Kedua antena, baik pada pemancar maupun pada penerima, harus memiliki polarisasi yang sama agar gelombang yang dipancarkan dapat diterima secara maksimum. Jika kedua antena yang terpolarisasi secara linier tidak sama orientasinya, maka akan terjadi penurunan transfer energi akibat ketidaksetaraan (*mismatch*) polarisasi.



Gambar 2.1. bentuk umum polarisasi

Sumber: Punit S. Nakar, 2004: 21

Polarisasi isolasi adalah redaman pada antenna akibat adanya perubahan polarisasi. Atau perbandingan daya suatu polarisasi antenna terhadap daya polarisasi yang lain dari polarisasi tersebut. Polarisasi isolasi dapat dihitung dengan persamaan :

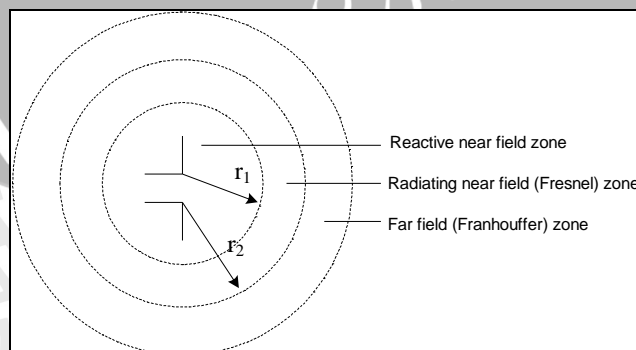
$$A = 10 \log \frac{P_2}{P_1} \text{ (dB)} \tag{2-9}$$

dengan :

- A = Polarisasi isolasi (dB)
- P_1 = daya mula-mula (watt)
- P_2 = daya yang diperlukan jika polarisasi berubah (watt)

2.2.3 Daerah Medan Radiasi

Daerah medan radiasi suatu antenna adalah daerah di mana radiasi antenna tersebut masih dapat diterima dengan baik. Daerah medan radiasi ini disebut juga jangkauan sinyal dari suatu antenna sebagaimana ditunjukkan dalam gambar 2.3.



Gambar 2.2. Pembagian daerah medan radiasi antenna

Sumber: Balanis, 1982: 22

dengan $r_1 = 0,62\sqrt{D^3/\lambda}$,

$$r_2 = 2D^2/\lambda$$

r_1 dan r_2 = jarak medan radiasi (m)

Daerah medan radiasi terbagi menjadi tiga, yaitu :

- *Reactive Near-Field Zone*

Pada daerah ini, medan reaktif sangat mendominasi.

Batas daerah ini:

$$r < 0,62\sqrt{D^3/\lambda} \quad (2-10)$$

- *Radiating Near-Field (Fresnel) Zone*

Adalah daerah medan di antara *reactive near field zone* dan *far field zone*.

Pada daerah ini, medan radiasi sangat berpengaruh. Dan distribusi medan sudut (*angular field distribution*) bergantung pada jarak dari antenna.

Batas daerah ini:

$$0,62\sqrt{D^3/\lambda} \leq \text{daerah Fresnel} < 2D^2/\lambda \quad (2-11)$$

- *Far-Field (Franhouffer) Zone*

Adalah daerah medan antenna dengan distribusi medan sudut sangat tidak bergantung pada jarak dari antenna.

Batas daerah ini :

$$2D^2/\lambda \leq r < \infty \quad (2-12)$$

dengan r = jarak medan radiasi (m)

λ = panjang gelombang (m)

D = dimensi antenna (m)

Pola medan pada daerah ini mempunyai komponen-komponen medan saling tegak lurus.

2.2.4 Pola Radiasi

Karakteristik antenna seperti *beamwidth* dan *Front to Back Ratio* (F/B) akan lebih mudah ditentukan bila diketahui bentuk pola radiasinya. Pola radiasi antenna didefinisikan gambaran secara grafis sifat-sifat radiasi medan jauh dari antenna sebagai fungsi koordinat

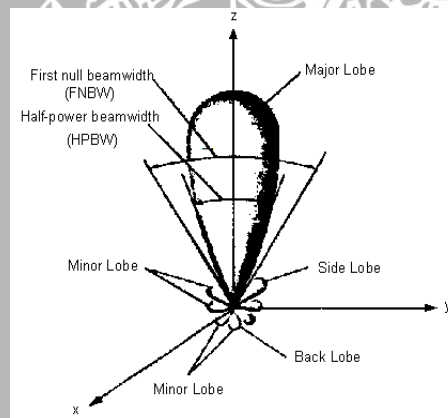
repository.ub.ac.id

ruang (tiga dimensi). Sifat-sifat radiasi ini meliputi intensitas radiasi, kuat medan, dan polarisasi (Balanis, 1982).

Pengukuran pola radiasi dilakukan dari sudut 0° sampai 360° . Hasil perhitungan dapat diplot pada diagram polar, yang selanjutnya dapat dicari nilai -3 dB *beamwidth* setengah dayanya. Nilai -3 dB *beamwidth* setengah daya yang telah diketahui diplot terhadap fungsi frekuensi kerja, baik untuk pola radiasi horisontal maupun pola radiasi vertikal.

Pola radiasi dapat diukur dengan menggerakkan probe antenna di sekitar antenna yang diukur pada jarak yang tetap, kemudian mencatat respons sebagai fungsi koordinat sudut (θ, ϕ) pada radius konstan.

Pola radiasi ditentukan pada pola daerah medan jauh dan digambarkan sebagai fungsi koordinat – koordinat arah sepanjang radius konstan, dan digambarkan pada koordinat ruang. Sifat – sifat radiasi meliputi intensitas radiasi, kuat medan, sudut fasa dan polarisasi. Koordinat – koordinat ditunjukkan pada Gambar 2.4. Jejak daya yang diterima pada radius tetap disebut pola daya. Sedangkan grafik variasi ruang medan listrik dan medan magnet sepanjang radius tetap disebut pola medan.



Gambar 2.3. Pola Radiasi

Sumber: Balanis, 1982: 31

Lebar berkas $\frac{1}{2}$ daya (*half power beamwidth* / HPBW) adalah lebar sudut pada 3 dB dibawah maksimum. Untuk menyatakan lebar berkas biasanya dalam satuan derajat. Pada gambar 2.4 tampak pola radiasi yang terdiri dari *lobe-lobe* radiasi yang meliputi *main lobe* dan *minor lobe* (*side lobe*). *Main lobe* adalah *lobe* radiasi yang mempunyai arah radiasi maksimum. Sedangkan *minor lobe* adalah radiasi pada arah lain yang sebenarnya tidak diinginkan (Stutzman, 1981: 29). Pola radiasi antenna dapat dihitung dengan

UNIVERSITAS BRAWIJAYA

perbandingan antara daya pada sudut nol derajat (radiasi daya maksimum) dengan daya pada sudut tertentu. Maka pola radiasi (P) dinyatakan (Balanis, 1982):

$$P(\text{dB}) = 10 \cdot \log \frac{P_o}{P_T} \quad (2-13)$$

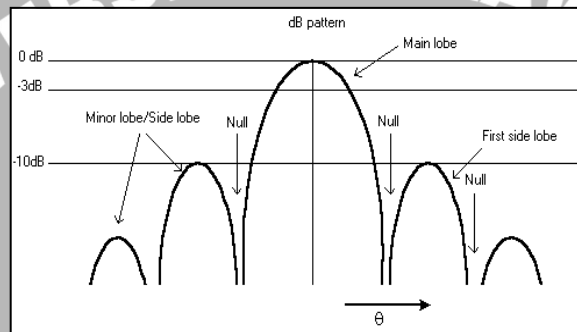
$$P(\text{dB}) = 10 \cdot \log P_o - 10 \cdot \log P_T \quad (2-14)$$

dengan :

P = intensitas radiasi antenna pada sudut tertentu (dB)

P_o = daya yang diterima antenna pada sudut 0° (watt)

P_T = daya yang diterima antenna pada sudut tertentu (watt)



Gambar 2.4. Pola radiasi antenna dalam koordinat *Rectangular* dan skala dB
(Sumber: Balanis, 1982)

2.2.4.1 Lobe-lobe Pola Radiasi dan *Beamwidth*

Pola radiasi terdiri dari *lobe-lobe* radiasi yang meliputi *Main Lobe* dan *Minor Lobe*. *Main Lobe* adalah arah radiasi maksimum antenna. Sedangkan *Minor Lobe* yang terdiri dari *Side Lobe* dan *Back Lobe* adalah radiasi pada arah lain yang biasanya tidak dikehendaki.

Sebagian besar antenna dirancang untuk mengkonsentrasikan energi pada satu arah tertentu. Ukuran konsentrasi pada *main lobe* tersebut dinamakan *Beamwidth*. *Half Power Beamwidth* (HPBW) didefinisikan sebagai sudut antara titik-titik di mana pada titik tersebut pancaran utama dari pola daya adalah setengah daya maksimum. *Beam Area* adalah sudut solid dari daya yang diradiasikan antenna, yang terdiri dari *main beam area* dan *minor-lobe beam area* dengan rumusan sebagai berikut (Kraus, 1988):

$$\Omega_A \approx \Omega_M + \Omega_m \quad (\text{steradian}) \quad (2-15)$$

dengan :

$$\Omega_A = \text{beam area (steradian) atau (radian}^2\text{) atau (derajat}^2\text{)}$$

$$\Omega_M = \text{main beam area (steradian) atau (radian}^2\text{) atau (derajat}^2\text{)}$$

$$\Omega_m = \text{minor-lobe beam area (steradian) atau (radian}^2\text{) atau (derajat}^2\text{)}$$

dengan mengabaikan *minor lobe*, maka diperoleh (Kraus, 1988) :

$$\Omega_A \approx \theta_{HP} \cdot \phi_{HP} \quad (\text{steradian}) \quad (2-16)$$

atau

$$\Omega_A \approx 3283 \times \theta_{HP}^{\circ} \cdot \phi_{HP}^{\circ} \quad (\text{derajat}^2) \quad (2-17)$$

dengan:

$$\theta_{HP} = \text{half-power beam width pada bidang } \theta \text{ (radian)}$$

$$\phi_{HP} = \text{half-power beam width pada bidang } \phi \text{ (radian)}$$

$$\theta_{HP}^{\circ} = \text{half-power beam width pada bidang } \theta \text{ (derajat)}$$

$$\phi_{HP}^{\circ} = \text{half-power beam width pada bidang } \phi \text{ (derajat)}$$

$$\Omega_A = \text{beam area (steradian) atau (radian}^2\text{) atau (derajat}^2\text{)}$$

2.2.5 Keterarahan (*Directivity*)

Keterarahan (*directivity*) dari suatu antena didefinisikan sebagai "perbandingan antara intensitas radiasi maksimum dengan intensitas radiasi dari antena referensi *isotropis*". Keterarahan dari sumber *non-isotropis* adalah sama dengan perbandingan intensitas radiasi maksimumnya di atas sebuah sumber *isotropis* (Balanis, 1982: 29). Nilai keterarahan (*directivity*) diperoleh dari pengukuran pola radiasi. Keterarahan pada antena secara umum dinyatakan dari persamaan di bawah ini (Balanis, 1982: 494):

$$D_o = 10 \cdot \log \frac{4 \cdot \pi \cdot U_{\max}}{P_{\text{rad}}} \quad (2-18)$$

$$P_{\text{rad}} = \phi_{hp}^0 \theta_{hp}^0 \quad (2-19)$$

dengan:

$$D_o = \text{directivity (dB)}$$

$$U_{\max} = \text{intensitas radiasi maksimum (watt)}$$

$$P_{\text{rad}} = \text{daya radiasi total (watt)}$$

$$\Phi = \text{sudut lebar berkas setengah daya (-3 dB) untuk pola radiasi vertikal}$$

$$\theta = \text{sudut lebar berkas setengah daya (-3 dB) untuk pola radiasi horisontal}$$

2.2.6 Penguatan (*Gain*) Antena

Penguatan daya disini mempunyai pengertian yang tidak sama dengan penguatan daya yang sering dijumpai pada *amplifier*. Penguatan daya disini berarti perbandingan daya yang dipancarkan oleh suatu antena tertentu dibandingkan dengan daya yang dipancarkan oleh suatu antena isotropis yang bentuk polanya seperti bola. *Radiator* isotropis sebenarnya adalah konsep teoritis, sedang pada prakteknya *gain* antena biasanya dibandingkan dengan intensitas radiasi sebuah antena standar *dipole* $\frac{1}{2} \lambda$ yang besarnya 1,64 kali pada arah radiasi maksimum atau 2,15 dB. Sehingga besar *gain* terhadap sumber isotropis adalah (Stutzman, 1981: 39):

$$G = 1,64 \times \frac{P_U}{P_R} \quad (2-20)$$

$$G(\text{dB}) = 10 \log 1,64 \frac{P_U}{P_R} \quad (2-21)$$

$$G = 2,15 + P_U(\text{dBm}) - P_R(\text{dBm}) \quad (2-22)$$

dengan:

G = *gain* antena uji (dB)

P_U = daya yang diterima antena uji (W)

P_R = daya yang diterima antena referensi (W)

2.2.7 *VSWR* (*Voltage Standing Wave ratio*)

VSWR suatu antena merupakan perbandingan antara jumlah tegangan datang dan tegangan pantul dengan selisih antara tegangan datang dan tegangan pantul. Nilai *VSWR* dapat diperoleh dari koefisien pantul dengan persamaan (Edgar Hund, 1989: 43):

$$VSWR = \frac{1 + |\Gamma|}{1 - |\Gamma|} \quad (2-23)$$

dengan Γ dapat diperoleh dari persamaan:

$$P_r = \Gamma^2 \cdot P_{out} \quad (2-24)$$

$$\Gamma^2 = \frac{P_r}{P_{out}} \quad (2-25)$$

dengan :

Γ = koefisien pantul

P_r = daya terpantul (W)

P_{out} = daya keluaran (W)

2.2.8 Return Loss (RL)

Return loss adalah salah satu parameter yang digunakan untuk mengetahui berapa banyak daya yang hilang pada beban dan tidak kembali sebagai pantulan. *Return loss* adalah parameter seperti *VSWR* yang menentukan *matching* antara antena dan *transmitter*.

Koefisien pantul (*reflection coefficient*) adalah perbandingan antara tegangan pantul dengan tegangan datang (*forward voltage*). Antena yang baik akan mempunyai nilai *return loss* dibawah -10 dB, yaitu 90% sinyal dapat diserap, dan 10%-nya terpantulkan kembali. Koefisien pantul dan *return loss* didefinisikan sebagai (Punit, 2004: 19):

$$\Gamma = \frac{V_r}{V_i} \tag{2-26}$$

$$RL = -20 \cdot \log \Gamma \text{ (dB)} \tag{2-27}$$

dengan :

Γ = koefisien pantul

V_r = tegangan gelombang pantul (*reflected wave*) (volt)

V_i = tegangan gelombang datang (*incident wave*) (volt)

RL = *return loss* (dB)

Untuk *matching* sempurna antara pemancar dan antena, maka nilai $\Gamma = 0$ dan $RL = \infty$ yang berarti tidak ada daya yang dipantulkan, sebaliknya jika $\Gamma = 1$ dan $RL = 0$ dB maka semua daya akan dipantulkan.

2.2.9 Lebar Pita (Bandwidth)

Bandwidth antena didefinisikan sebagai rentang frekuensi antena dengan beberapa karakteristik, sesuai dengan standar yang telah ditentukan. Untuk *Broadband* antena, *bandwidth* dinyatakan sebagai perbandingan frekuensi operasi atas (*upper*) dengan frekuensi bawah (*lower*). Sedangkan untuk *Narrowband* antena, maka *bandwidth* antena dinyatakan sebagai persentase dari selisih frekuensi di atas frekuensi tengah dari lebar bidang (Balanis, 1982: 47).

Untuk persamaan *bandwidth* dalam persen (B_p) atau sebagai rasio *bandwidth* (B_r) dinyatakan sebagai (Punit, 2004: 22) :

$$B_p = \frac{f_u - f_l}{f_c} \times 100\% \tag{2-28}$$

$$f_c = \frac{f_u + f_l}{2} \quad (2-29)$$

$$B_r = \frac{f_u}{f_l} \quad (2-30)$$

dengan :

B_p = bandwidth dalam persen (%)

B_r = bandwidth rasio

f_u = frekuensi atas (Hz)

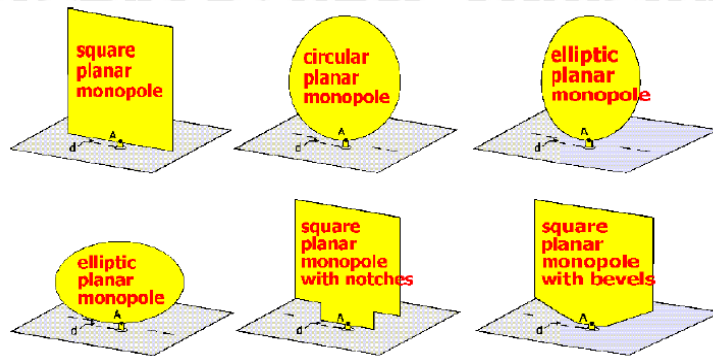
f_l = frekuensi bawah (Hz)

2.3 Antena Planar Monopole

Antena planar merupakan suatu pengembangan dari antena mikrostrip dimana pada dasarnya antena planar ini memiliki karakteristik fisik yang lebih sederhana dan bandwidth yang cukup lebar. Antena planar ini bekerja pada alokasi frekuensi UHF (300 MHz – 3 GHz) sampai dengan X Band (5,2 GHz – 10,9 GHz) sehingga, antena planar dapat digunakan untuk antena telepon selular/wireless, komunikasi satelit, maupun komunikasi radar.

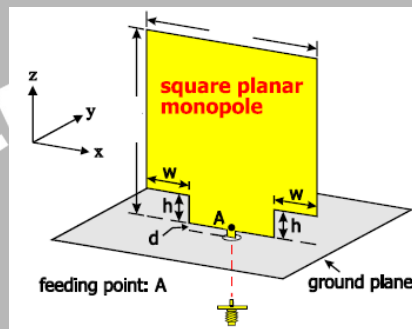
Antena planar secara umum terdiri dari elemen peradiasi (patch) dan groundplane. Patch berfungsi untuk meradiasikan gelombang elektromagnetik, sedangkan groundplane berfungsi sebagai reflektor seperti tembaga atau perak. Proses transformasinya gelombang ke udara terjadi ketika gelombang tersebut mencapai tepian dari patch yang kemudian sebagian gelombang dipantulkan dan sebagian lagi dipancarkan.

Patch pada antena planar memiliki berbagai macam bentuk seperti lingkaran atau segiempat. Bentuk-bentuk geometri antena planar monopole dalam perancangan biasanya digunakan bentuk-bentuk yang sederhana seperti yang terdapat pada Gambar 2.5, dan untuk struktur dasar antena planar monopole dapat dilihat pada Gambar 2.6.



Gambar 2.5. Macam-macam bentuk elemen planar monopole

Sumber: (Kin-Lu Wong ,2003:4)



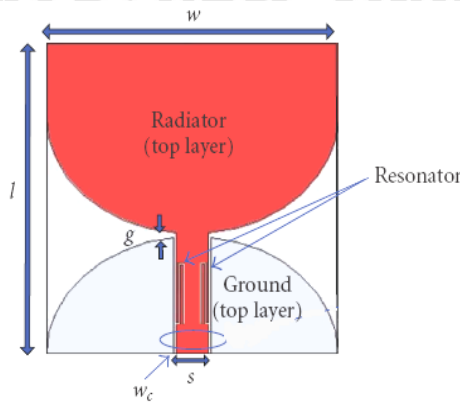
Gambar 2.6. Struktur dasar antenna planar monopole

Sumber: (Kin-Lu Wong, 2003:7)

2.3.1 Rumus Umum Dimensi Patch Antena Planar Monopole

Setiap substrat memiliki nilai konstanta dielektrik (ϵ_r) yang berkisar antara $2 \leq \epsilon_r \leq 12$. Untuk performansi antenna pemilihan substrat sangat berpengaruh, semakin tebal substrat maka konstanta dielektriknya kecil sehingga *bandwidth* juga semakin lebar tetapi dimensi akan bertambah besar begitu juga sebaliknya. Karena itu perlu dipikirkan antara bentuk antenna dengan performansinya.

Sedangkan yang terlihat pada Gambar 2.7 adalah salah satu contoh struktur dimensi antenna planar monopole dengan patch ellips dimana ukuran dimensi *patch* peradiasinya ditentukan dengan menggunakan persamaan (2-31). Dengan demikian, untuk menentukan dimensi elemen peradiasi, maka terlebih dahulu harus ditentukan frekuensi lower (f_l) yang digunakan.



Gambar 2.7. Struktur antenna ellipsis
 Sumber : (Amin M. Abbosh,2008:2)

$$w = l = \frac{c}{2f_l \sqrt{\epsilon_r}} \quad (\text{m}) \quad (2-31)$$

dengan :

$$l = w = \frac{1}{2} \lambda \text{ medium substrat}$$

w = diameter *major* pada *ellips*, untuk diameter yang kedua adalah $0,5w$

f_l = frekuensi lower

ϵ_r = konstanta dielektrik substrat (F/m), $\epsilon_r < 4$

c = 3×10^8 m/s

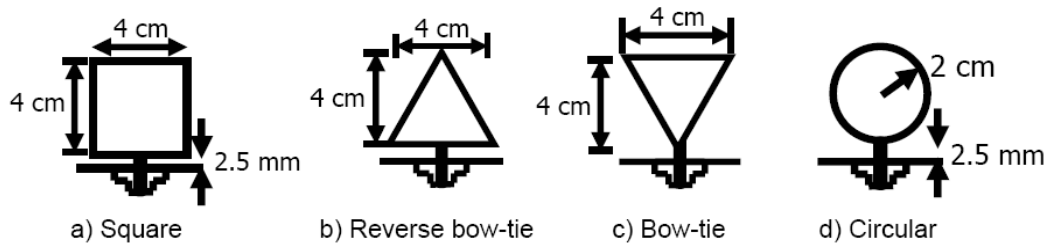
sedangkan untuk menentukan jarak antara elemen peradiasi dengan ground plane, maka syaratnya adalah $g \ll$ ketebalan substrat (h), dan untuk mendapatkan bandwidth paling

lebar diasumsikan $g = \frac{1}{3} h$.

2.3.2 Karakteristik Bentuk Geometri Patch Peradiasi Antena Planar Monopole

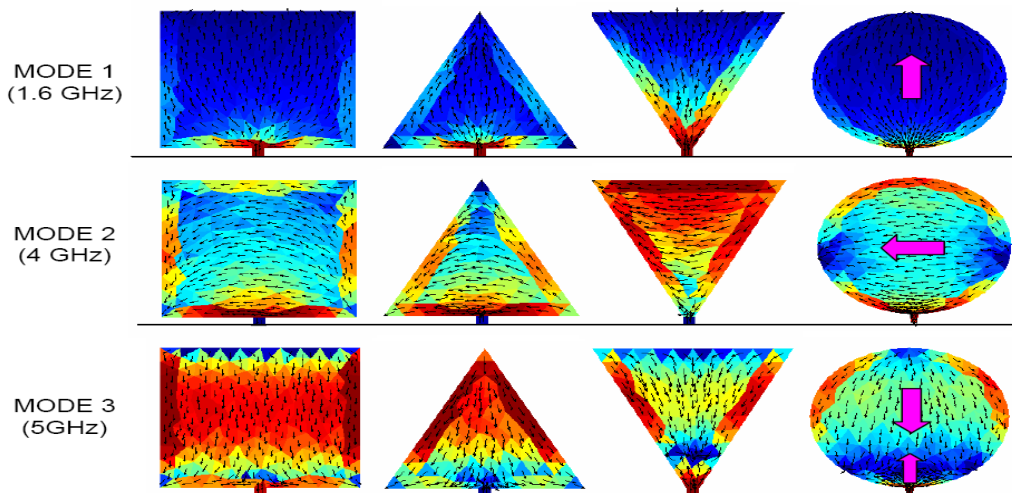
Bentuk *patch* peradiasi dari antena planar monopole mempengaruhi besar bandwidth dari antena tersebut. Ini didasarkan dari penelitian yang dilakukan oleh Marta Cabedo Fabrés, Eva Antonino Daniel Sánchez Escuderos, dan Miguel Ferrando Bataller di University Politechnic Valencia “*On the Influence of the Shape of Planar Monopole Antennas in the Impedance Bandwidth Performance*”, dengan mengetahui distribusi arus permukaan dari masing-masing antena dapat diketahui karakteristik dari beberapa bentuk geometris antena planar monopole, dan dari penelitian ini menunjukkan bahwa bentuk *patch* peradiasi bentuk *circular* untuk antena planar monopole memiliki karakteristik lebih bagus dibandingkan bentuk *patch* peradiasi yang lain. Untuk karakteristik dari masing-

masing bentuk patch peradiasi *square*, *reverse bow-tie*, *bow-tie*, dan *circular* dapat dilihat pada Gambar 2.8, Gambar 2.9, Grafik 2.1, dan Grafik 2.2

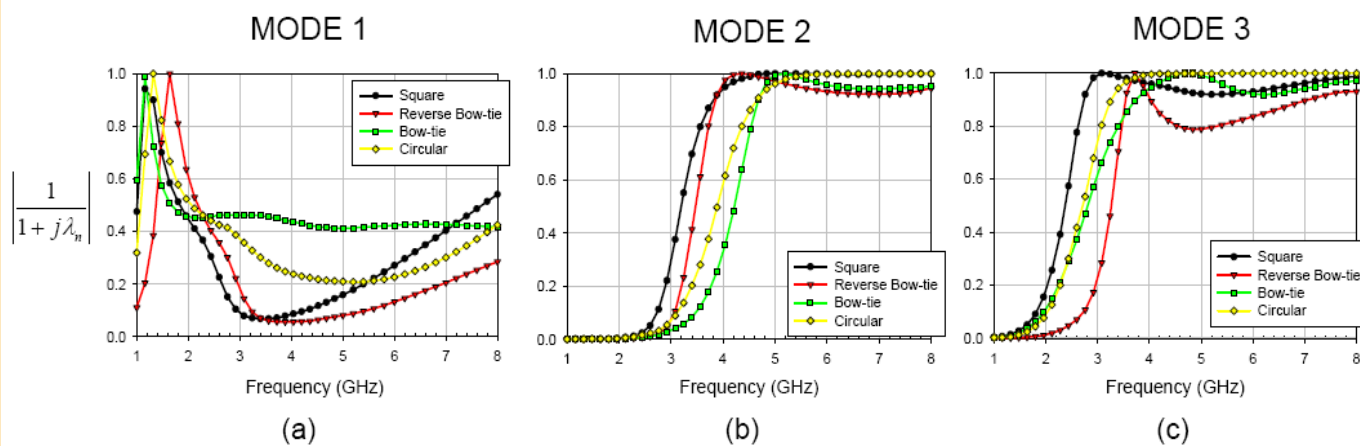


Gambar 2.8 Tipe geometri antenna planar monopole
Sumber: http://w3.iec.csic.es/URSI/articulos_modernos/articulos_gandia_2005/articulos/ACE2/668.pdf

Gambar 2.8 menunjukkan empat bentuk geometri patch peradiasi yang berbeda, yang akan diuji coba sehingga diketahui karakteristik (distribusi arus dan VSWR) dari masing-masing bentuk patch peradiasi. Untuk karakteristik yang pertama yaitu distribusi arus (J_n) pada masing-masing patch peradiasi ditunjukkan pada Gambar 2.9. Dari gambar tersebut tampak bahwa pada masing-masing patch peradiasi menampakkan vektor dan tingkat distribusi arus yang berbeda-beda pada setiap tingkatan frekuensi. Dari gambar ini dapat disimpulkan bahwa posisi *current null* berpindah ke bagian puncak monopole saat frekuensi ditingkatkan. Sehingga dapat disimpulkan bahwa total arus permukaan antenna yang diradiasikan pada setiap tingkatan frekuensi yang berbeda akan berbeda-beda seperti yang ditunjukkan pada Grafik 2.1. Dimana pada frekuensi MODE 1 tampak bahwa pada frekuensi rendah, peradiasian terjadi pada frekuensi resonansi saja sedangkan pada frekuensi yang lebih tinggi yaitu pada MODE 2 dan MODE 3 tampak bahwa peradiasian terjadi pada banyak frekuensi. Dengan demikian, peradiasian antenna pada frekuensi rendah lebih efisien dibandingkan pada frekuensi yang lebih tinggi. Akan tetapi pada frekuensi yang lebih tinggi akan memiliki bandwidth yang lebih lebar. Hal ini lebih diperkuat dengan melihat nilai VSWR yang ditunjukkan pada Grafik 2.2.

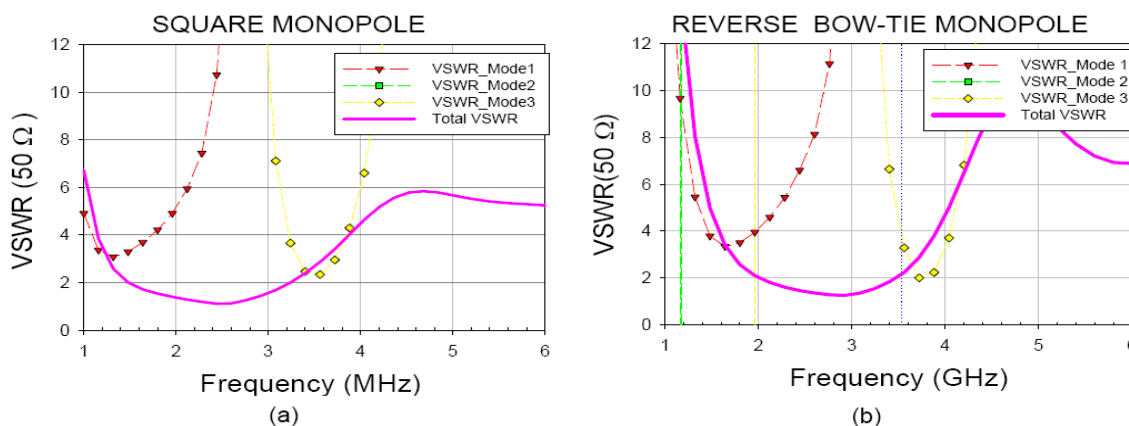


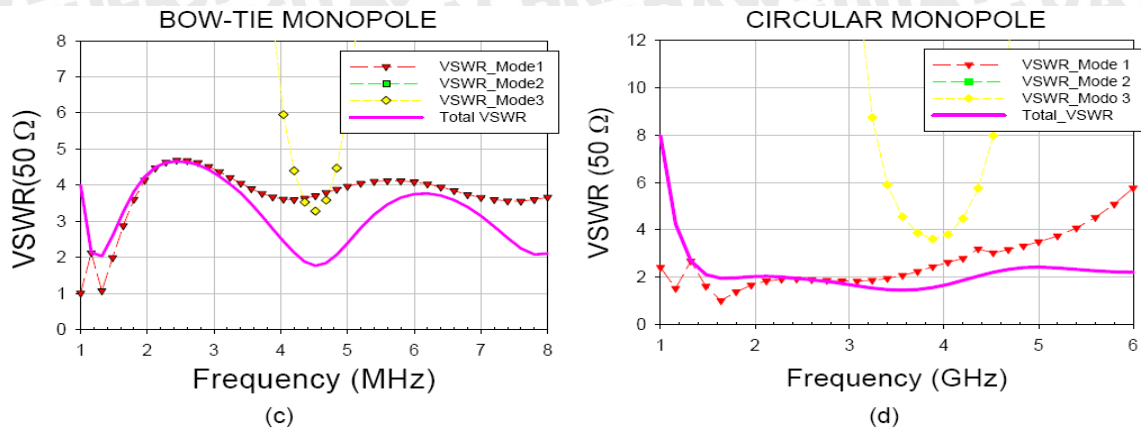
Gambar 2.9 Distribusi arus pada antenna planar monopole



Grafik 2.1 Variasi $\left| \frac{1}{1+j\lambda_n} \right|$ dari antenna pada gambar 2.9

Sumber: http://w3.iec.csic.es/URSI/articulos_modernos/articulos_gandia_2005/articulos/ACE2/668.pdf





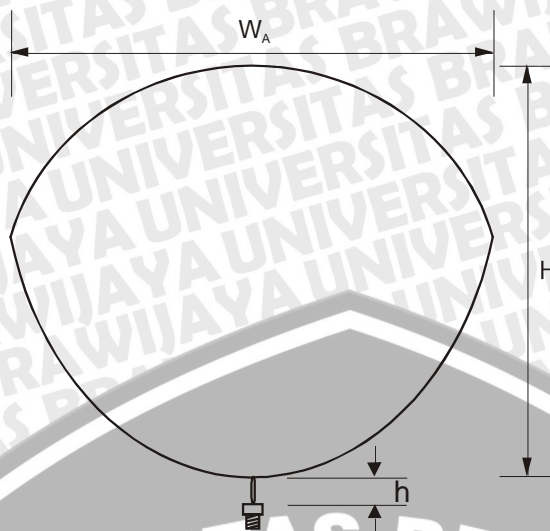
Grafik 2.2 Variasi VSWR dari antenna pada gambar 2.9
 Sumber: http://w3.iec.csic.es/URSI/articulos_modernos/articulos_gandia_2005/articulos/ACE2/668.pdf

Dari Gambar 2.2 juga ditunjukkan bahwa *patch* peradiasi antenna planar monopole *circular* memiliki nilai VSWR yang paling bagus daripada *patch* peradiasi yang lain (*square*, *bowtie*, dan *reverse bowtie*). Dalam penelitian ini disebutkan bahwa bandwidth yang dihasilkan oleh antenna planar monopole dengan *patch* peradiasi *circular* mencapai 93% sedangkan untuk *square* dan *inverse bow-tie* masing-masing 83% dan 57% sedangkan untuk *bow-tie* sangat kecil pada dua band frekuensi yang berbeda.

2.3.3 Antena Planar Monopole Rugby Ball

Antena Rugby-Ball adalah sebuah antenna dengan desain yang baru. Struktur dasar dari antenna ini adalah *circular*. Hanya saja ada modifikasi pada bagian atas dari *circular*, yaitu menggabungkannya dengan lingkaran yang lain dengan penyesuaian diameter agar tepat bisa digabungkan. Untuk lebih jelasnya bisa dilihat pada Gambar 2.10. Dari gambar tersebut tampak bahwa bagian bawah antenna memiliki diameter yang lebih kecil dibandingkan antenna bagian atas. Akan tetapi, antenna bagian atas memiliki luas area permukaan yang lebih kecil. Sedangkan di sisi lain, peletakan *feed point* akan berpengaruh pada impedansi antenna. Sehingga kita harus berhati-hati untuk menempatkan *feed point* ini.





Gambar 2.10 Bentuk antena *Rugby-ball*
 (Sumber : Thesis Rudy Yuwono, ST, MT)

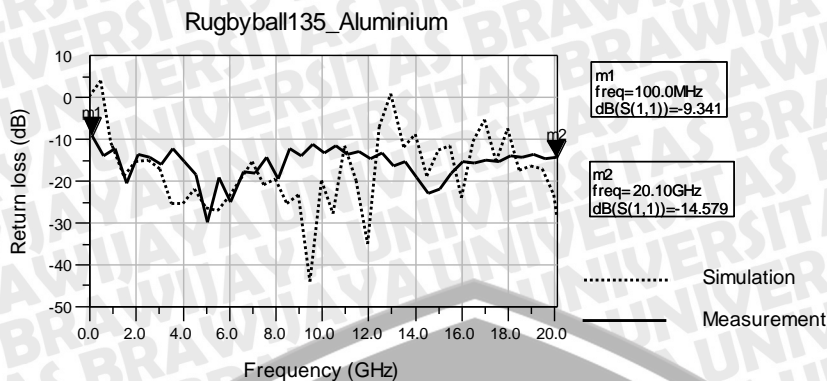
Untuk parameter antena *Rugby-ball* ditunjukkan pada Tabel 2.2

Dimension of Antenna	Symbol	Size/Value
Height of antenna	H_A	115 mm
Width of antenna	W_A	135 mm
Height of feed point	H	1 mm

Tabel 2.2 Dimensi antena *Rugby ball*
 (Sumber : Thesis Rudy Yuwono, ST, MT)

Untuk bahan substrat antena adalah aluminium. Aluminium adalah metal konduktor yang unggul pada *heat* dan *electricity*. Karena inilah, kemudian membuat aluminium banyak digunakan sebagai bahan *power transmission lines*. Sebuah kabel aluminium beratnya ½ lebih besar daripada kabel tembaga dengan *conductive capacity* yang sama. Ini bagus jika digunakan sebagai *reflector of both visible light and radiated heat*. Aluminium ini efektif sebagai elemen peradiasi elektromagnetik, konduktor yang bagus, non-magnetik, non-toxic, dan mudah untuk fabrikasinya.

Karakteristik RL, VSWR, dan impedansi antena *Rugby-ball* ini dapat dilihat pada Grafik 2.3 – Grafik 2.5



Gambar 2.3 Perbandingan RL antenna Rugbyball antara simulasi dengan pengukuran

(Sumber : Thesis Rudy Yuwono, ST, MT)

Keterangan Grafik 2.3:

Measurement

Upper Frequency = $f_u = 20.1$ GHz

Lower Frequency = $f_L = 0.1$ GHz

Ratio of Bandwidth = $f_U : f_L$
 = 20.10:0.1
 = 201:1

Percent of Bandwidth

$$B_{pc} = 2 \frac{f_U - f_L}{f_U + f_L} \times 100\%$$

$$= 2 \frac{20.10 - 0.1}{20.10 + 0.1} \times 100 = 198\%$$

Simulation

Upper Frequency = $f_u = 12$ GHz

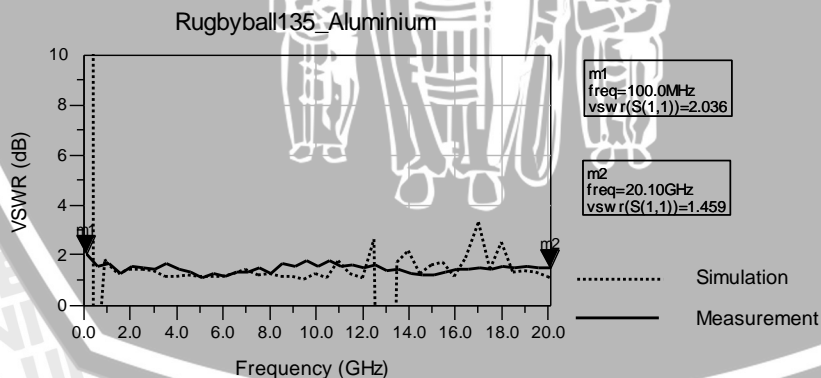
Lower Frequency = $f_L = 0.9$ GHz

Ratio of Bandwidth = $f_U : f_L$
 = 12:0.9
 = 13.3:1

Percent of Bandwidth

$$B_{pc} = 2 \frac{f_U - f_L}{f_U + f_L} \times 100\%$$

$$= 2 \frac{12 - 0.9}{12 + 0.9} \times 100\% = 172.1\%$$



Gambar 2.4 Perbandingan VSWR antenna Rugbyball antara simulasi dengan pengukuran

(Sumber : Thesis Rudy Yuwono, ST, MT)

Keterangan Grafik 2.4:

Measurement

Upper Frequency = $f_u = 0.1$ GHz

Lower Frequency = $f_L = 20.1$ GHz

Simulation

Upper Frequency = $f_u = 0.9$ GHz

Lower Frequency = $f_L = 12$ GHz



$$\begin{aligned} \text{Ratio of Bandwidth} &= f_U : f_L \\ &= 20.1:0.1 \\ &= 201:1 \end{aligned}$$

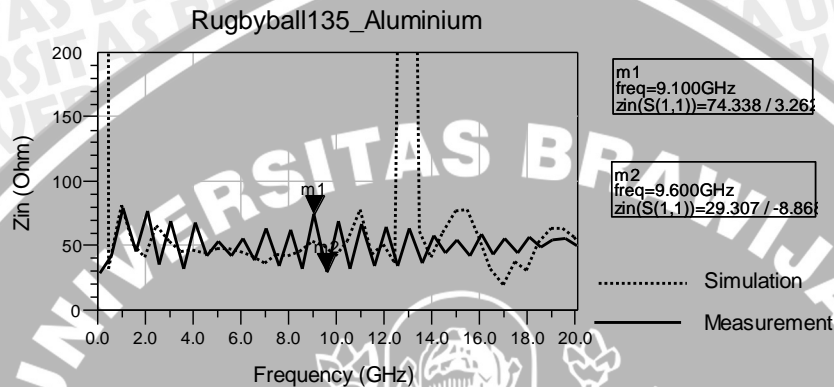
Percent of Bandwidth

$$\begin{aligned} B_{pc} &= 2 \frac{f_U - f_L}{f_U + f_L} \times 100\% \\ &= 2 \frac{20.10 - 0.1}{20.10 + 0.1} \times 100 = 198\% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Ratio of Bandwidth} &= f_U : f_L \\ &= 12:0.9 \\ &= 13.3:1 \end{aligned}$$

Percent of Bandwidth

$$\begin{aligned} B_{pc} &= 2 \frac{f_U - f_L}{f_U + f_L} \times 100\% \\ &= 2 \frac{12 - 0.9}{12 + 0.9} \times 100\% = 172.1\% \end{aligned}$$



Gambar 2.5 Perbandingan Impedansi antenna Rugbyball antara simulasi dengan pengukuran
(Sumber : Thesis Rudy Yuwono, ST, MT)

Impedansi antenna berkisar 50 Ohm pada 4,5 GHz – 6,5 GHz dan antara 14,5 GHz – 20,10 GHz.

Dengan nilai return loss, VSWR, and impedansi antenna, Rugbyball termasuk kategori antenna *ultra wide band* (UWB). Tipe antenna ini bisa diimplementasikan untuk UWB monostatic microwave radar yang dikembangkan di HFT Department University of Kassel.

2.4 IE3D™ (MoM – Based EM Simulator)

Bila distribusi arus listrik di permukaan antenna dapat diketahui, maka karakteristik pancaran dari antenna tersebut dapat dianalisa atau dihitung dengan mudah. Dengan kata lain, bila distribusi arus listrik dapat ditentukan dengan benar, maka karakteristik antenna dapat dianalisa dengan benar pula. Biasanya karakteristik suatu antenna ditunjukkan dengan menggunakan *pattern* pancaran (*radiation pattern*), *axial ratio*, *input impedance*, dll.

Distribusi arus listrik di permukaan suatu antenna dapat ditentukan secara eksperimen maupun teori. Metode secara eksperimen dapat dilakukan bila

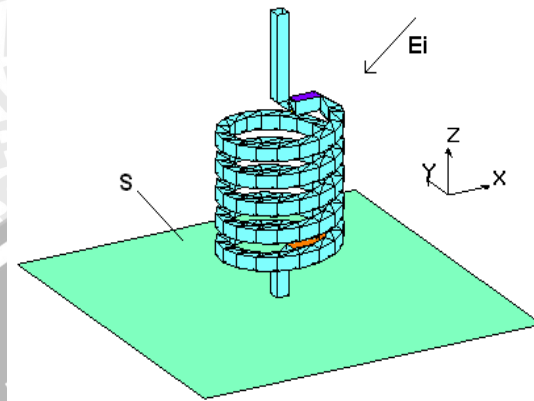
pengaruh gangguan gelombang elektromagnetik dianggap tidak ada pada saat alat pengukur dihubungkan ke antena yang akan diukur. Alasan ini hanya dapat dilakukan untuk menentukan distribusi arus listrik antena pada pengukuran frekuensi rendah, sedangkan pada frekuensi tinggi (misalnya gelombang mikro) biasanya tidak bisa diterapkan. Sebaliknya metoda secara teori dapat digunakan untuk segala frekuensi, disamping pengaruh akibat pengukuran dapat dihindari pula.

Dan simulator IE3D yang akan digunakan pada skripsi ini adalah simulasi *electromagnetic*, dengan *methode of moment*, dan berteknologi tinggi dengan tingkat akurasi analisa yang tinggi dan dapat digunakan untuk mendesain *complicated microwave* dan *RF printed circuit*, jenis-jenis antena, rangkaian digital *high-speed* dan sebagainya. IE3D adalah simulasi yang terintegrasi di dalamnya simulator *full-wave electromagnetic*, optimalisasi dalam analisa, dan untuk desain 3D dan planar microwaves, MMIC, RFIC, RFID, antena, rangkaian digital, dan *high-speed printed circuit boards* (PCB). Sejak diperkenalkan secara formal pada tahun 1993 oleh IEEE *International Microwave Symposium* (IEEE IMS 1993), sejak itu pula IE3D telah dipakai sebagai standar industri sebagai simulator planar dan 3D *electromagnetic*, dan beberapa kemajuan teknologi yang sejenis. IE3D paling kompatible, mudah digunakan, efisien dan akurat sebagai simulator *electromagnetic*.

Penyelesaian yang digunakan dalam IE3D secara keseluruhan adalah dengan menggunakan persamaan Maxwell yang menjadi dasar dalam setiap penurunan rumus-rumus gelombang elektromagnetik. Dengan menggunakan penurunan persamaan Maxwell maka akan didapatkan penyelesaian untuk medan listrik dan medan magnet. IE3D dalam menyelesaikan persamaan Maxwell yang berbentuk integral adalah dengan menggunakan fungsi Green. Hal ini adalah untuk merepresentasikan medan listrik dan medan magnet dari persamaan arus listrik yang berupa rumusan integral yang rumit dan dari persamaan arus magnet yang diturunkan dari distribusi permukaan medan listrik. Dalam praktisnya, *user* IE3D cukup hanya dengan mendesain sedemikian rupa antenanya untuk bisa mendapatkan antena dengan parameter yang diinginkan. Contohnya adalah antena mikrostrip, maka cukup dengan mendesain desain yang akan dicetak pada permukaan PCB dan mengkombinasi bentuk-bentuk yang diinginkan. Dan apa yang dilakukan itu hanya merupakan sebagian kecil dari proses dibandingkan

dengan panjangnya penurunan persamaan Maxwell untuk bisa mengetahui performansi antenna yang dilakukan simulator IE3D.

Berikut ini adalah pembahasan masalah elektromagnetik *scattering* secara umum pada IE3D simulator,



Gambar 2.11. Medan E_i terjadi pada struktur metal S

Sumber : (IE3D manual)

Pada gambar 2.11 ditunjukkan gambar *display meshing* sebuah antenna helix sebagai sebuah konduktansi beserta nilai dielektriknya. Pada antenna tersebut terjadi medan E_i yang akan menghalangi untuk terinduksinya distribusi arus di permukaannya. Induksi arus akan terbentuk di medan yang kedua untuk memenuhi *boundary condition* pada metal konduktor tersebut. Untuk tipe konduktivitas yang tinggi, induksi arus akan mengalir di permukaan konduktor dan pada *boundary condition*,

$$E(\mathbf{r}) = Z_s(\mathbf{r}) \cdot \mathbf{J}(\mathbf{r}), \mathbf{r} \in S \quad (2-32)$$

Dimana, S : konduktansi permukaan;

$E(\mathbf{r})$: total tangential medan permukaan;

$\mathbf{J}(\mathbf{r})$: distribusi arus permukaan;

$Z_s(\mathbf{r})$: impedansi konduktor

Ketika dielektrik berlapis, kita dapat menuliskan total field sebagai berikut :

$$E(\mathbf{r}) = E_i(\mathbf{r}) + \int_S \mathbf{G}(\mathbf{r}|\mathbf{r}') \cdot \mathbf{J}(\mathbf{r}') ds' \quad (2-33)$$

Dimana, $\mathbf{G}(\mathbf{r}|\mathbf{r}')$: dyadic Green's function untuk dielektrik;

$E_i(\mathbf{r})$: field pada konduktansi permukaan;

$\mathbf{G}(\mathbf{r}|\mathbf{r}')$ memenuhi boundary condition pada setiap tingkatan dielektrik kecuali boundary condition pada konduktor S

Substitusi persamaan (2.33.) pada persamaan (2.32) dan menghasilkan rumus integral sebagai berikut,

$$Z_s(\mathbf{r}) \mathbf{J}(\mathbf{r}) = \mathbf{E}_i(\mathbf{r}) + \int_S \mathbf{G}(\mathbf{r}|\mathbf{r}') \cdot \mathbf{J}(\mathbf{r}') ds' \quad (2-34)$$

Nilai field dan impedansi permukaan sudah didapatkan maka Green's function dapat diturunkan. Jadi hanya nilai distribusi arus $\mathbf{J}(\mathbf{r})$ yang belum diketahui,

Dengan asumsi distribusi arus sebagai fungsi dasar,

$$\mathbf{J}(\mathbf{r}) = \sum_n I_n \mathbf{B}_n(\mathbf{r}), n= 1, 2, \dots \quad (2-35)$$

Sehingga dihasilkan,

$$Z_s(\mathbf{r}) \sum_n I_n \mathbf{B}_n(\mathbf{r}) = \mathbf{E}_i(\mathbf{r}) + \sum_n I_n \int_S \mathbf{G}(\mathbf{r}|\mathbf{r}') \cdot \mathbf{B}_n(\mathbf{r}') ds' \quad (2-36)$$

Dengan prosedur Galerkin, persamaan (2.36.) dapat diubah menjadi sebuah matriks,

$$\int_S ds \mathbf{E}_i(\mathbf{r}) \cdot \mathbf{B}_n(\mathbf{r}) = \sum_n I_n \left\{ \int_S ds Z_s(\mathbf{r}) \mathbf{B}_m(\mathbf{r}) \cdot \mathbf{B}_n(\mathbf{r}) - \int_S ds \int_S ds' \mathbf{B}_m(\mathbf{r}) \cdot \mathbf{G}(\mathbf{r}|\mathbf{r}') \cdot \mathbf{B}_n(\mathbf{r}') \right\}, n = 1, 2, \dots \quad (2-37)$$

Prosedure Galerkin adalah untuk menyelesaikan persamaan (2-36) dengan sebuah fungsi yaitu fungsi yang sama dengan fungsi dasar, yaitu berupa infinite number. Oleh karena itu, pada persamaan (2-37) berupa infinite dimensional. Persamaan (2-37) akan tepat jika fungsi dasar pada persamaan (2-35) telah lengkap. Akan tetapi, persamaan (2-37) tidak bisa diselesaikan karena hanya dapat menguraikan beberapa variabel yang spesial dan permasalahan pada persamaan ini adalah *infinite dimensional*. Persamaan ini dapat diselesaikan hanya dengan mendapatkan penyelesaian numerik dengan memotong *infinite series* dengan bentuk *finite number*. Secara matematik, pemotongan itu adalah dengan sebuah proses proyeksi. Diproyeksikan *infinite dimension* terhadap *finite dimension*. Jika didapatkan *finite dimension*, misalnya *major component* yang dijadikan sebagai penyelesaian semua itu berupa *finite dimension*, maka akan didapatkan pendekatan yang sangat bagus. Setelah proyeksi itu, persamaan (2-37) akan menjadi persamaan matriks N,

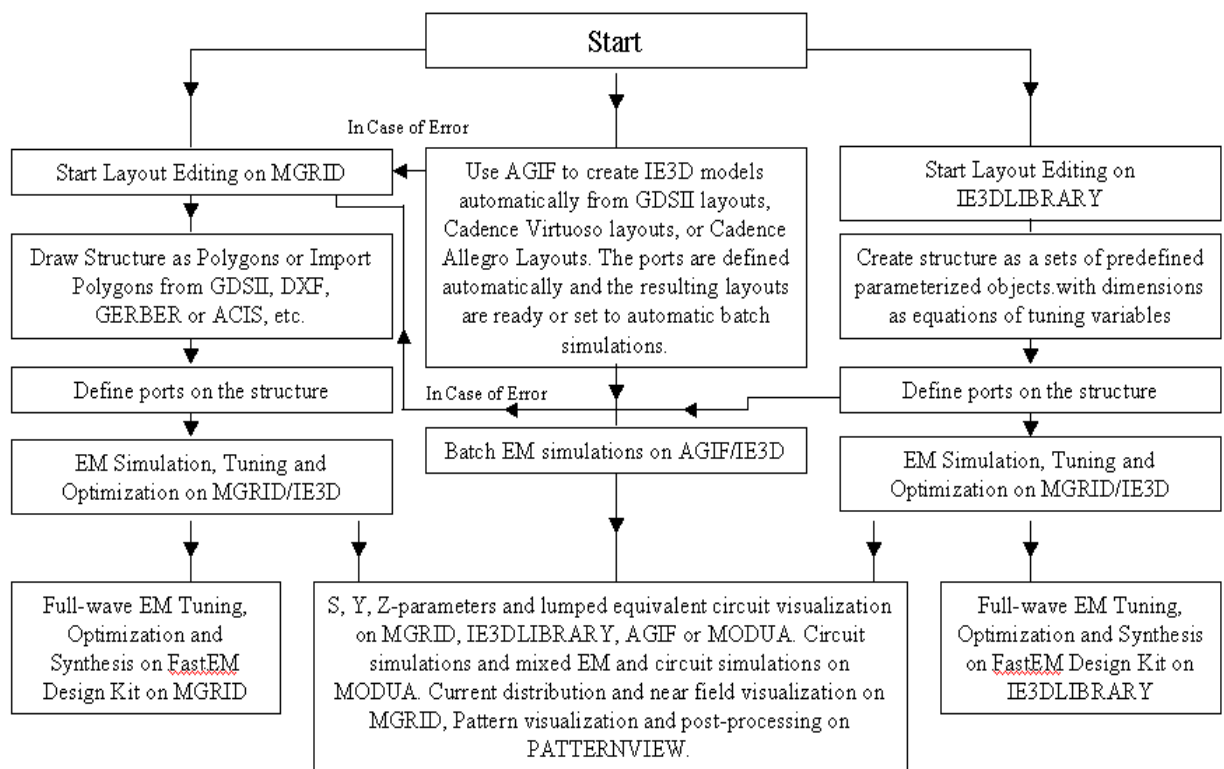
$$[Z_{mn}] [I_m] = [V_m] \quad (2-38)$$

Dimana, N adalah jumlah bentuk finite,

$$Z_{mn} = \int_S ds Z_s(\mathbf{r}) \mathbf{B}_m(\mathbf{r}) \cdot \mathbf{B}_n(\mathbf{r}) - \int_S ds \int_S ds' \mathbf{B}_m(\mathbf{r}) \cdot \mathbf{G}(\mathbf{r}|\mathbf{r}') \cdot \mathbf{B}_n(\mathbf{r}') \quad (2-39)$$

$$\mathbf{V}_m = \int_S ds \mathbf{E}_i(\mathbf{r}) \cdot \mathbf{B}_n(\mathbf{r}) \quad (2-40)$$

Solusi persamaan (2-38) adalah koefisien dari pengembangan persamaan distribusi arus (2-35). Setelah nilai distribusi arus didapatkan, kita dapat menghitung s-parameter, radiation patterns, RLC equivalent circuit, distribusi near field dan beberapa parameter yang lain yang diinginkan. Inilah *method of moment*, formula yang tidak simple alias kompleks, dari rumus (2-38) sampai (2-40).



Gambar 2.12. Flow chart basic IE3D EM simulation.
 Sumber : (IE3D manual)

BAB III METODOLOGI

Kajian yang dilakukan dalam skripsi ini adalah mengenai perencanaan dan pembuatan antena planar monopole untuk antena eksternal mobile phone CDMA dengan jangkauan frekuensi 824MHz – 894MHz.

Metodologi yang digunakan dalam skripsi ini adalah :

1.5 Studi literatur

Melakukan kajian pustaka untuk memahami karakteristik dari antena planar monopole, dan instrumen yang menggunakan antena eksternal untuk komunikasi CDMA.

1.5 Pengumpulan data

Data yang digunakan adalah data primer dan data sekunder. Data primer diperoleh dari hasil pengukuran di Laboratorium Antena dan Propagasi di Politeknik Negeri Malang. Data sekunder diperoleh dari studi literatur dan hasil simulasi program.

1.5 Perencanaan dan pembuatan antena planar monopole

Dalam merancang dimensi elemen peradiasi antena planar monopole digunakan metode empiris berdasarkan referensi yang ada. Kemudian disimulasikan menggunakan *software* perancangan antena sampai didapatkan dimensi elemen peradiasi antena sesuai dengan parameter yang diinginkan. Setelah dimensi antena didapatkan kemudian dilakukan fabrikasi antena tersebut.

1.5 Rancangan pengujian

Untuk mengetahui karakteristik dari antena yang sudah difabrikasi maka dilakukan pengukuran terhadap beberapa parameter antena pada alokasi sweep frekuensi yaitu dari 824MHz – 894MHz . Pengukuran ini diperlukan karena hasil dari pengukuran lapangan akan menunjukkan performansi antena yang sebenarnya. Pengukuran ini meliputi:

3.4.1 Pengukuran *Return Loss*, koefisien pantul dan *VSWR*.

Alat yang digunakan untuk parameter ini adalah *Spectrum Analyzer* dilengkapi dengan *Directional Coupler* yang dioperasikan pada jangkauan frekuensi dengan interval tertentu.

3.4.2 Pengukuran gain antena.

Alat yang digunakan adalah *Signal Generator*, *Spectrum Analyzer* dan 2 buah antena dipole $\lambda/2$ (sebagai antena referensi dan pemancar). Antena ini digunakan sebagai antena standar dengan nilai penguatan yang sudah diketahui sebelumnya. Penguatan antena ini kemudian dibandingkan dengan penguatan antena yang diukur (antena planar monopole).

3.4.3 Pengukuran pola radiasi

Peralatan yang digunakan adalah *Signal Generator*, *Spectrum Analyzer* dan antena dipole $\lambda/2$ sebagai antena referensi.

Pengukuran dilakukan dengan cara memutar antena penerima (antena planar monopole) mulai dari 0° sampai dengan 360° dengan antena dipole $\lambda/2$ tetap pada posisinya. Tujuan dari pengukuran ini adalah untuk mengetahui pola radiasi antena dari setiap sudut azimut pada bidang horisontal dan elevasi untuk bidang vertikal.

3.4.4 Pengukuran polarisasi

Tujuan pengukuran ini adalah untuk mengetahui pola perambatan medan elektrik dari antena yang dibuat. Antena yang diukur diberlakukan sebagai antena penerima dan antena dipole $\lambda/2$ sebagai antena pemancarnya. Pengukuran dilakukan dengan cara memutar antena penerima (antena planar monopole) dengan interval sudut tertentu terhadap bidang vertikal sampai 360° .

Peralatan yang digunakan adalah *Signal Generator*, *Spectrum Analyzer*, dan antena dipole $\lambda/2$ sebagai antena referensi.

3.4.5 Perhitungan Keterarahan (*Directivity*)

Untuk menghitung *directivity* antena dapat dilakukan setelah didapatkan nilai sudut lebar berkas setengah daya (*half power beamwidth*) untuk pola radiasi. Penghitungan *directivity* ini bertujuan untuk mengetahui keterarahan antena.

3.4.6 Perhitungan *Bandwidth*

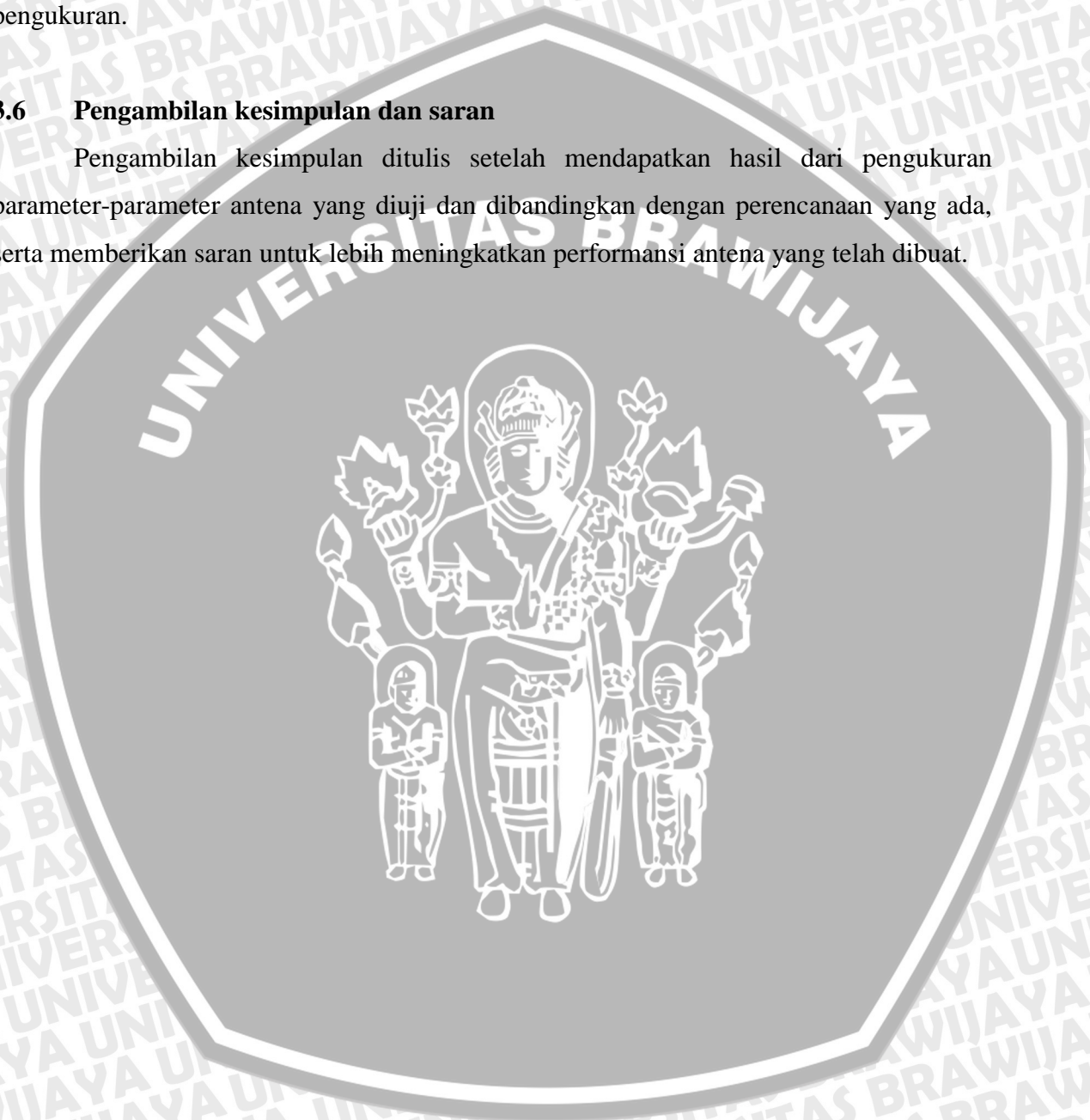
Perhitungan ini dilakukan dengan menghitung selisih antara frekuensi atas dan frekuensi bawah pada pengukuran nilai $VSWR \leq 2$ setelah pengukuran dan plot grafik $VSWR$ terhadap frekuensi kerja antena.

3.5 Analisis antena

Tahap selanjutnya adalah analisis antena yang telah dibuat (antena planar monopole). Pada tahap ini dilakukan perhitungan dan perbandingan parameter-parameter antena hasil perencanaan dengan parameter-parameter antena hasil pengujian dan pengukuran.

3.6 Pengambilan kesimpulan dan saran

Pengambilan kesimpulan ditulis setelah mendapatkan hasil dari pengukuran parameter-parameter antena yang diuji dan dibandingkan dengan perencanaan yang ada, serta memberikan saran untuk lebih meningkatkan performansi antena yang telah dibuat.



BAB IV

PERENCANAAN DAN PEMBUATAN ANTENA PLANAR MONOPOLE UNTUK ANTENA EKSTERNAL *MOBILE PHONE* CDMA DENGAN RANGE FREKUENSI 824MHz – 894MHz

4.1 Tinjauan Umum

Salah satu perangkat bagian alat komunikasi yang sangat penting adalah antenna. Kualitas sebuah antenna sangat mempengaruhi kualitas informasi yang diterima. Maka antenna sebagai salah satu perangkat telekomunikasi harus dibuat dengan fleksibel, praktis dan tetap berkualitas. Salah satu jenis antenna yang berkembang saat ini adalah antenna planar monopole.

Antena planar monopole yang dirancang memiliki karakteristik yaitu bekerja pada range frekuensi (824MHz – 894MHz), sehingga dapat diaplikasikan pada komunikasi selular CDMA.

Dalam bab ini akan dibahas mengenai penentuan bahan substrat, konduktor. Selanjutnya akan dilakukan penghitungan pola radiasi, *VSWR*, *return loss*, *directivity*, *gain*, *bandwidth*, dan polarisasi pada frekuensi kerja antenna dengan menggunakan teori yang telah dijelaskan pada bab II.

4.2 Spesifikasi substrat dan bahan konduktor

Dalam perancangan antenna planar monopole perlu diketahui terlebih dahulu mengenai substrat yang akan digunakan. Bahan substrat yang digunakan adalah sebagai berikut :

- Konstanta dielektrik (ϵ_r) = 2
- Konduktivitas aluminium = $3.77E+007$ S/m
- Ketebalan konduktor (t) = 0.002 m = 2 mm

Dimensi antenna Rugby - Ball

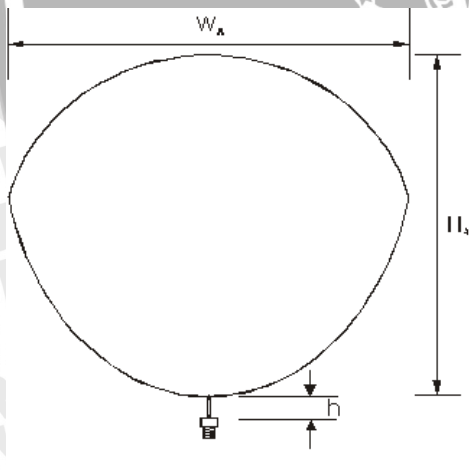
- Height of antenna (H_A) = 145 mm
- Width of antenna (W_A) = 100 mm
- Height of feed point (h) = 1 mm
- Impedansi karakteristik saluran = 50 Ω

4.3 Perencanaan Dimensi antena planar monopole

Ide dasar pembuatan antena *Rugby Ball* yang ada pada Thesis Rudy Yuwono, ST, MT. menginspirasi pembuatan antena planar monopole pada tugas akhir ini, selanjutnya mengenai perencanaan antena planar monopole ini akan dijelaskan berikut ini.

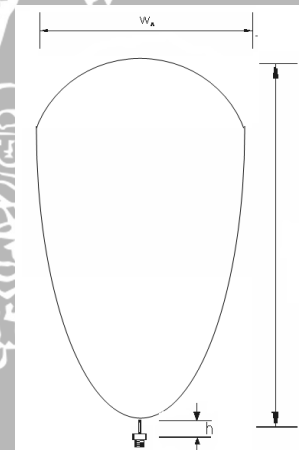
Dalam merancang dimensi elemen peradiasi antena planar monopole ini digunakan metode empiris dengan menggunakan persamaan (2-31). Kemudian mensimulasikannya dengan beberapa kali simulasi sampai didapatkan dimensi elemen peradiasi antena sesuai dengan parameter yang diinginkan. Untuk perhitungan dan simulasi beberapa ukuran dimensi antena planar monopole dengan kombinasi *patch ellips* dan *circular* ini bisa dilihat pada lampiran 1. dan lampiran 2.

Antena planar monopole yang akan dibuat, terbentuk dari setengah ellips dan tembereng lingkaran. Untuk setengah ellips bagian bawah diambil dari ellips yang memiliki $R_{primer} = 50 \text{ mm}$, $R_{sekunder} = 105 \text{ mm}$; untuk tembereng lingkaran diambil dari lingkaran yang memiliki $R = 51 \text{ mm}$. Sehingga terbentuk antena planar monopole sebagai berikut :



Gambar 4.1. Bentuk Geometri Antena *Rugby Ball*

(Sumber : A Novel Rugby Ball Antena for UWB Communications)

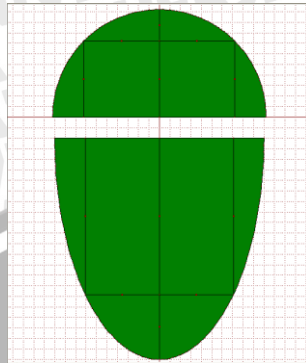


Gambar 4.2. Bentuk Geometri Antena Planar Monopole *circular-ellips*

(Sumber : perencanaan)

Berikut adalah tahap-tahap pembuatan simulasi elemen peradiasi dari antena planar monopole yang akan dibuat :

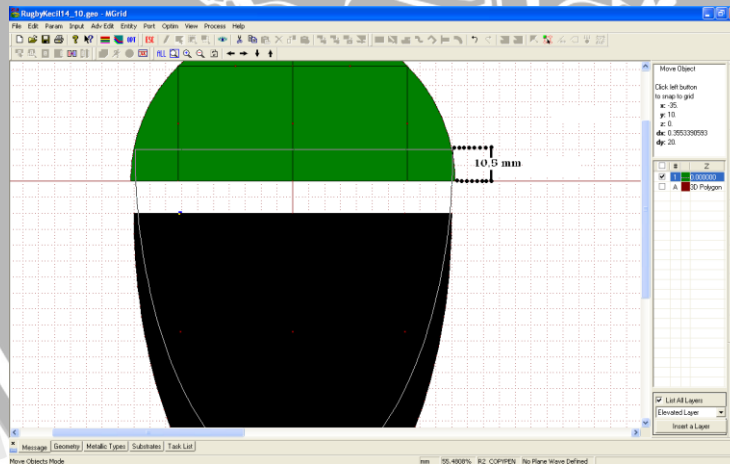
1. Pertama-tama adalah membentuk setengah ellips dan setengah lingkaran dari ellips yang memiliki $R_{\text{primer}} = 50 \text{ mm}$ dan $R_{\text{sekunder}} = 105 \text{ mm}$ dan dari lingkaran yang memiliki $R = 51 \text{ mm}$.



Gambar 4.3. Pembentukan *polygon* menjadi $\frac{1}{2}$ ellips dan $\frac{1}{2}$ lingkaran

Sumber: Simulasi

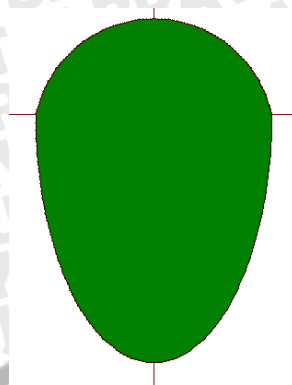
2. Kemudian sebelum digabungkan antara setengah ellips dan setengah lingkarannya, maka perlu dipotong sebagian bawah dari setengah lingkaran agar cocok dengan lebar diameter ellips. Yaitu dipotong sebesar 10,5 mm,



Gambar 4.4. Pemotongan 10,5 mm pada *polygon* $\frac{1}{2}$ lingkaran

Sumber: Simulasi

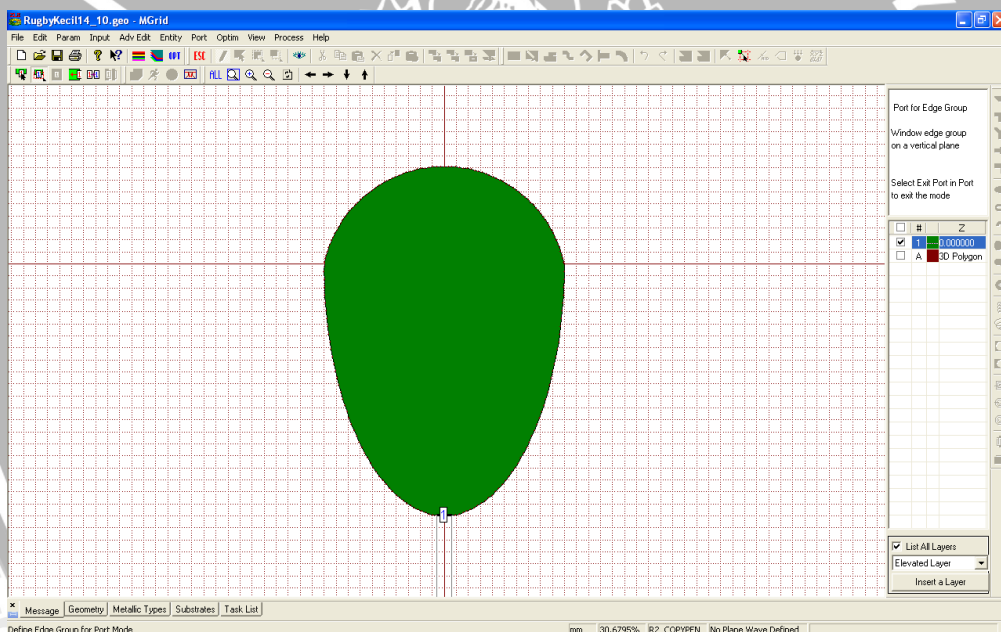
3. Kemudian 2 *polygon* tersebut digabungkan, sehingga terbentuklah elemen antena planar monopole menjadi seperti berikut,



Gambar 4.5. Penggabungan 2 polygon

Sumber: Simulasi

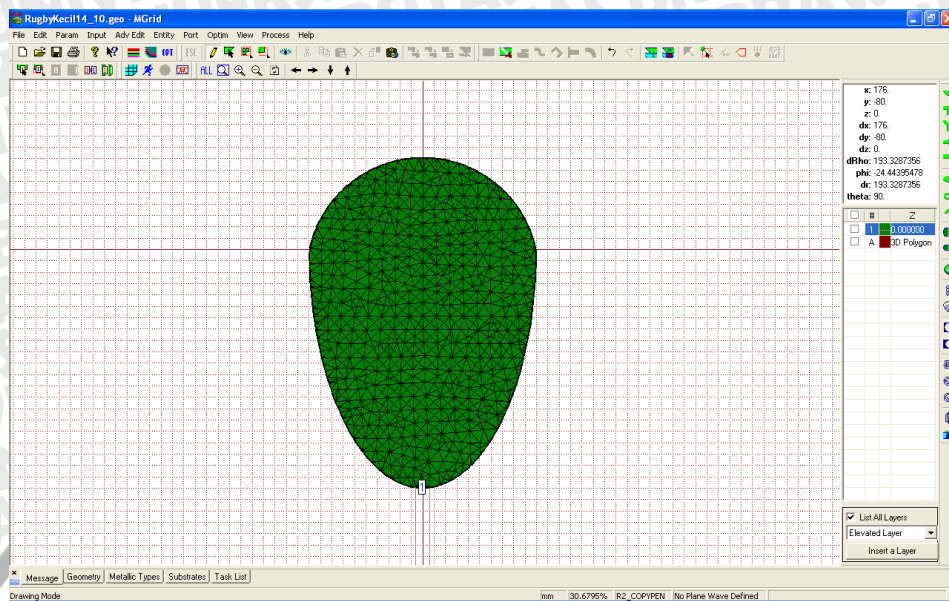
4. Apabila bentuk antenna telah disempurnakan maka langkah selanjutnya adalah dapat membentuk port sebagai *feeder* dari antenna.



Gambar 4.6. Antena telah terpasang Port

Sumber: Simulasi

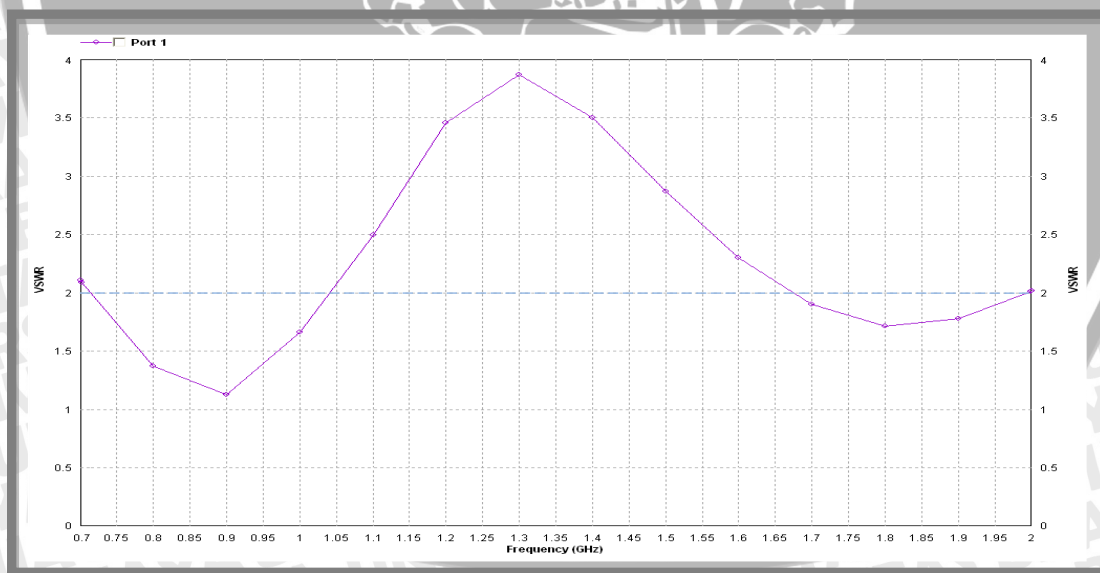
5. Setelah Port terpasang, antenna siap di simulasikan. Namun sebelumnya kita tentukan dulu "Display Meshing".



Gambar 4.7. Display Meshing Antena

Sumber: Simulasi

Kemudian dilakukan simulasi dengan menggunakan simulator Zeland IE3D™, dan didapatkan hasil simulasi sebagai berikut :



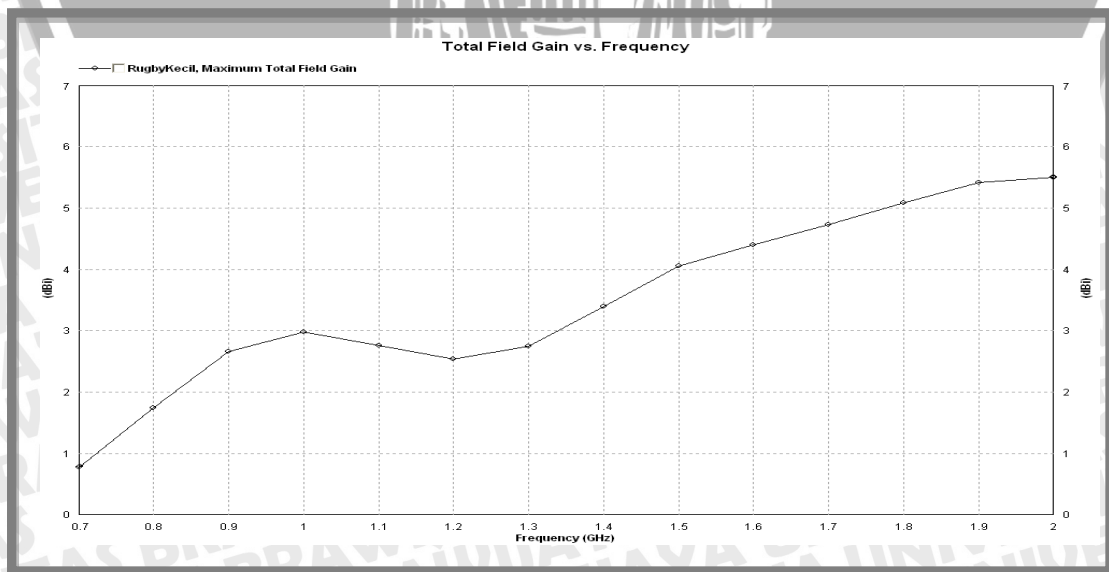
Grafik 4.1 Hasil simulasi VSWR pada sweep frekuensi 700MHz – 2 GHz

sumber : Simulasi

Dari simulasi di atas menunjukkan bahwa besarnya *bandwidth* yaitu pada rentang nilai VSWR ≤ 2 . Pada nilai VSWR < 2 dimulai dari 0.71 GHz sampai 1,04 GHz sehingga

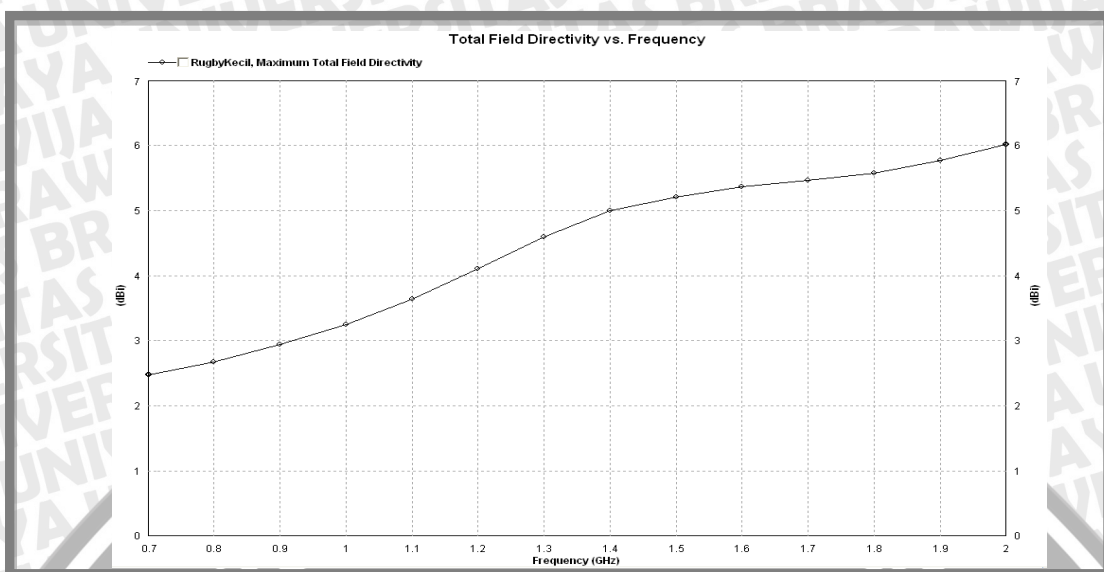
Grafik 4.2 Hasil simulasi S_{11} pada sweep frekuensi 700MHz – 2 GHz
sumber : Simulasi

Simulasi pada Grafik 4.2 menunjukkan nilai S_{11} dari antenna. Untuk nilai S_{11} sebuah antenna bekerja dengan baik jika nilai $S_{11} < -10$ dB. Pada Grafik 4.2 menunjukkan bahwa antenna mampu bekerja dengan baik pada range frekuensi 0.71GHz - 1,04GHz dan dari frekuensi 1,67GHz – 2 GHz.



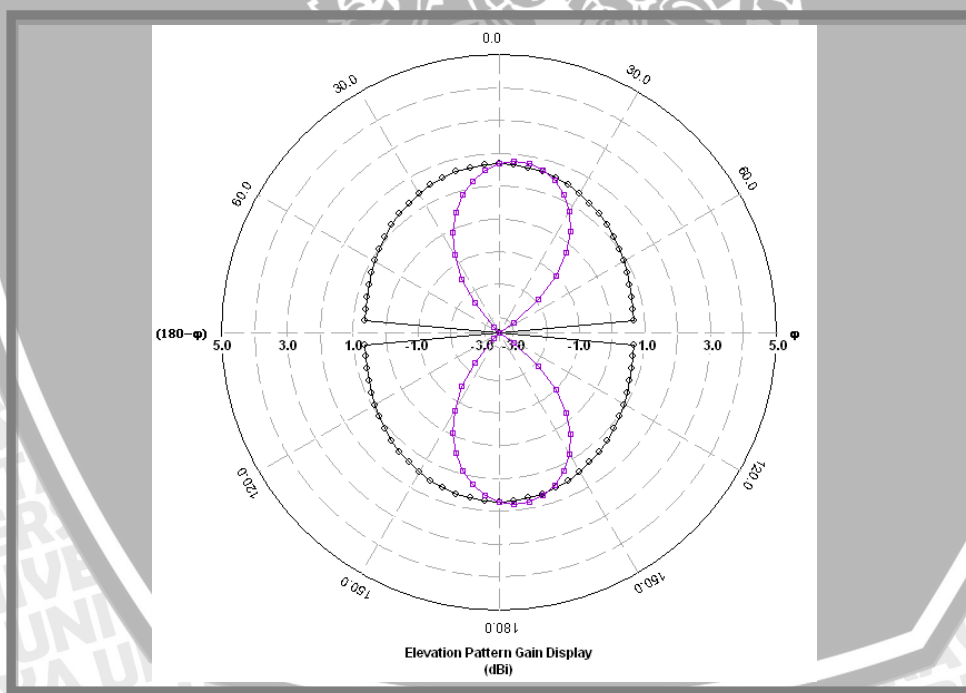
Grafik 4.3 Hasil simulasi gain pada sweep frekuensi 700MHz – 2 GHz

sumber : Simulasi



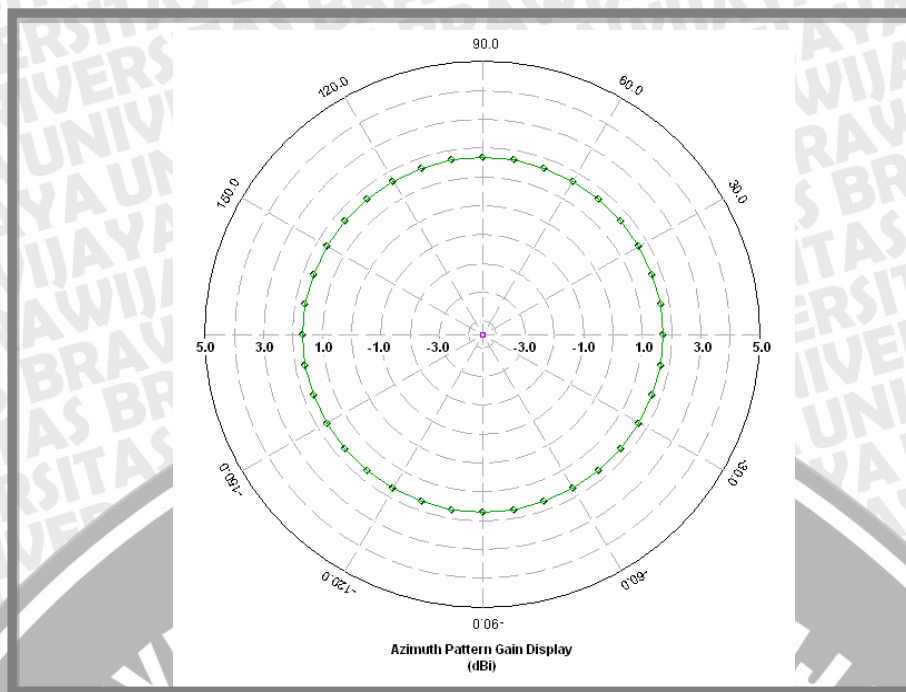
Grafik 4.4 Hasil simulasi *Directivity* pada sweep frekuensi 700MHz – 2 GHz

sumber : Simulasi



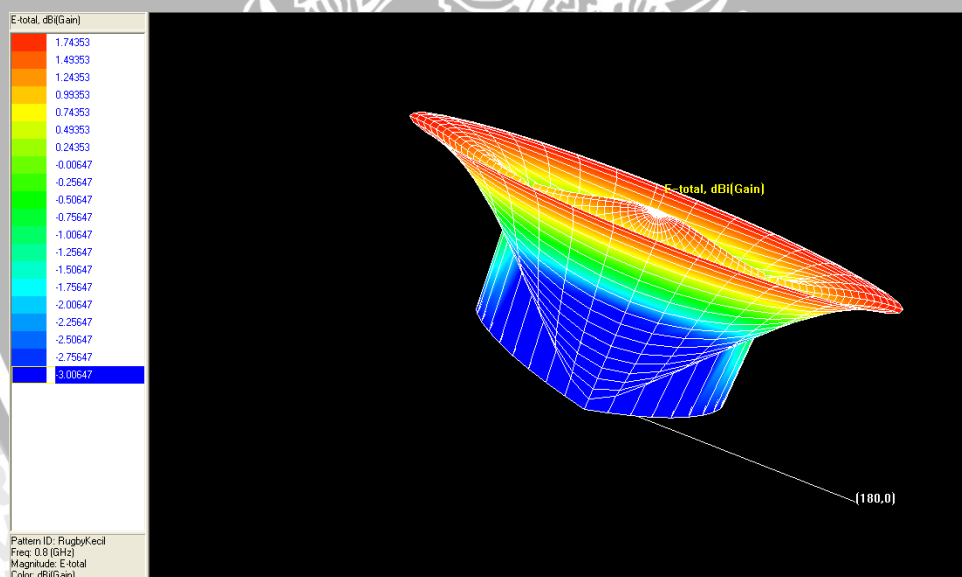
Gambar 4.8 Gain *Pattern Elevation* polar pada frekuensi 800 MHz

Sumber: Simulasi



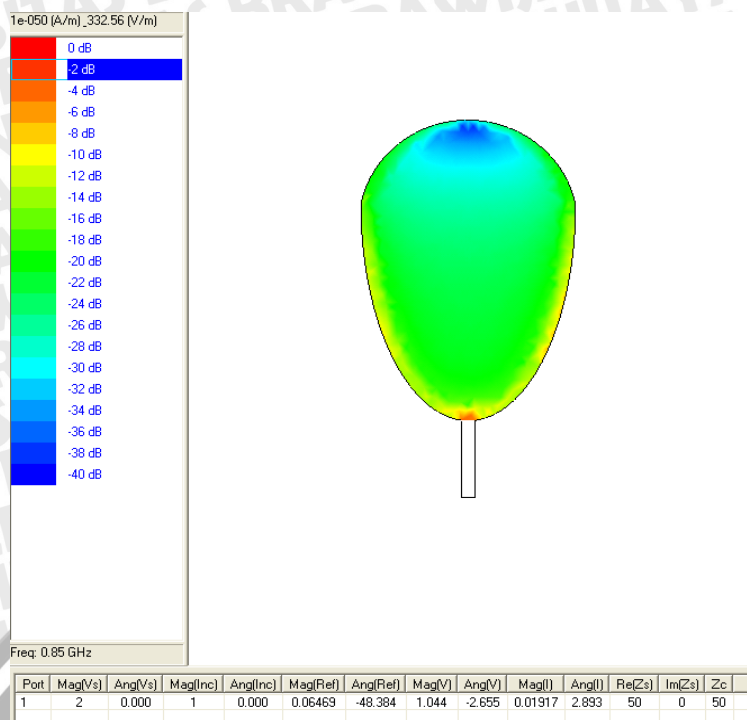
Gambar 4.9 Gain *Pattern Azimuth* polar pada frekuensi 800 MHz

Sumber: Simulasi



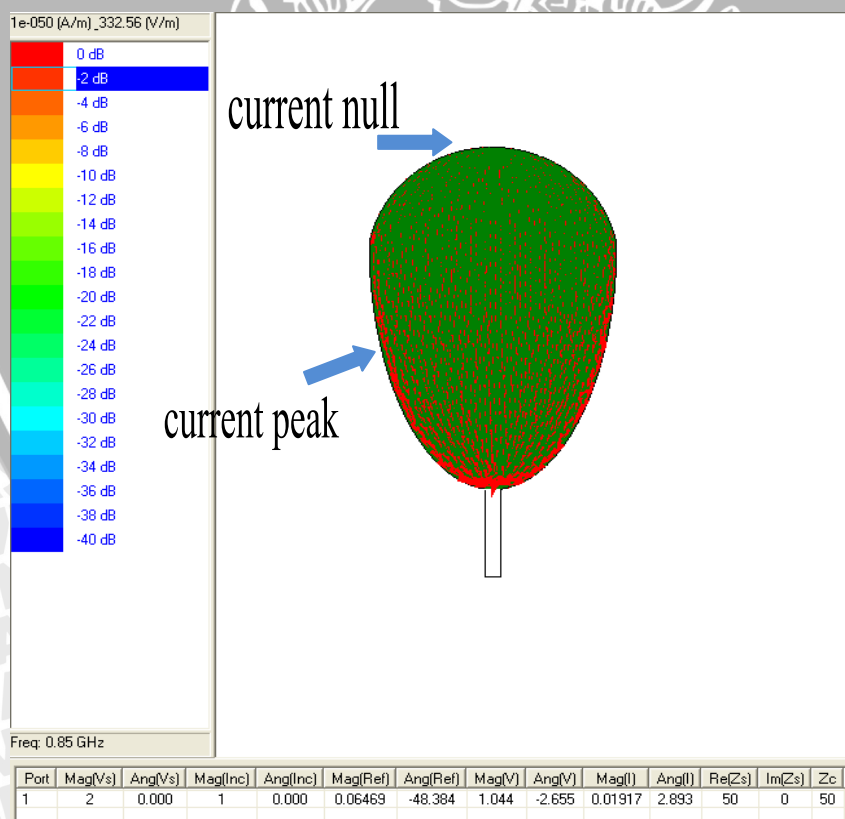
Gambar 4.10 Gain *Pattern* polar pada frekuensi 800 MHz

Sumber: Simulasi



Gambar 4.11 Distribusi Arus pada permukaan antenna planar monopole frekuensi 850 MHz

Sumber: Simulasi



Gambar 4.12 Vektor Distribusi Arus pada permukaan antenna planar monopole frekuensi 850 MHz

Sumber: Simulasi

BAB V

PENGUJIAN DAN ANALISIS HASIL PENGUKURAN ANTENA PLANAR MONOPOLE UNTUK ANTENA EKSTERNAL *MOBILE* *PHONE* CDMA DENGAN RANGE FREKUENSI 824MHz – 894MHz

5.1 Pendahuluan

Untuk mengetahui karakteristik antena planar monopole untuk antena eksternal *mobile phone* CDMA dari range frekuensi 824MHz – 894MHz yang sudah dilengkapi dengan rugby ball antena yang telah dirancang dan dibuat, maka dilakukan pengukuran terhadap parameter-parameter antena tersebut terhadap frekuensi kerjanya. Selanjutnya, dari pengukuran parameter-parameter antena yang diperoleh akan dilakukan analisis terhadap hasil pengukuran yang diperoleh.

Tujuan dari pengukuran ini adalah untuk mendapatkan data-data karakteristik antena yang telah dibuat. Dalam hal ini pengukuran yang dilakukan meliputi :

- Pengukuran *Return Loss*, koefisien pantul dan perhitungan *VSWR*.
- Pengukuran *gain* antena.
- Pengukuran pola radiasi.
- Pengukuran polarisasi.

Pengukuran parameter-parameter tersebut dilakukan di Laboratorium Antena dan Propagasi di Politeknik Negeri Malang.

5.2 Pengukuran *Return Loss*, Koefisien Pantul dan Perhitungan *VSWR*

5.2.1 Alat-alat yang digunakan

- *Spectrum Analyzer* GSP-B27 2,7 GHz *GW INSTEK*
- Antena uji (antena antena planar monopole dengan menggunakan *ground plane*).
- *Directional Koplek*
- Konektor SMA (*N-Connector*).
- Kabel dengan Adapter SMA – BNC *Connector*

5.2.2 Prosedur Pengukuran

1. Menghidupkan alat ukur *Spectrum Analyzer* dan dikalibrasi dengan menghubungkan singkat Tx dan Rx. Dan referensi sinyal yang digunakan -10 dbm, maka pada TX dan RX juga akan sama menunjukkan -10 dbm pada semua frekuensi
2. Mengatur range frekuensi dengan *Start* pada 700 MHz dan *End* pada 2700MHz

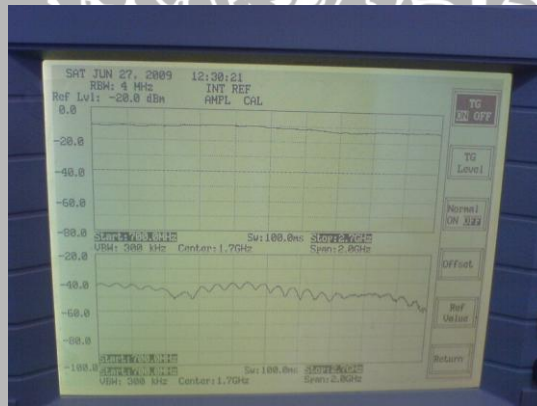
- Menghubungkan *Directional Kopler* (ket : terjadi pelemahan / kopling 20 dB). Dan pada menghubungkan sisi Output dengan Antena Planar Monopole sedangkan pada bagian *Sampling* dihubungkan dengan Rx *Spectrum Analyzer*, sehingga terbentuk rangkaian seperti pada gambar 5.1.



Gambar 5.1 Rangkaian Pengukuran *Return Loss*

Sumber : Pengujian

- Mengatur Tx *Spectrum Analyzer* pada posisi ON maka akan terlihat grafik *Return Loss* pada monitor bagian bawah.

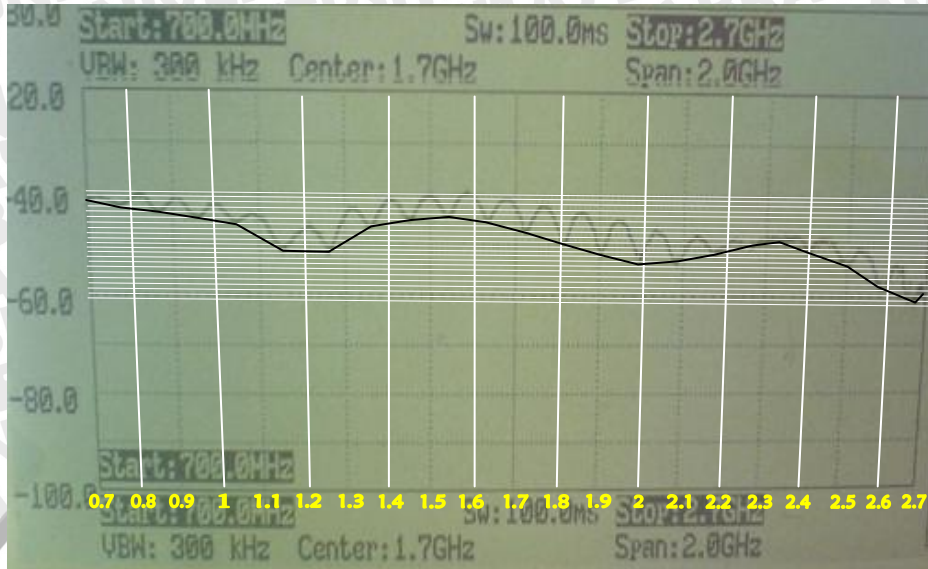


Gambar 5.2 Tampilan *Return Loss* pada monitor *Spectrum Analyzer*

Sumber : Pengujian

- Mencatat nilai *Return Loss* yang ditunjukkan oleh alat ukur *RF Network Analyzer* pada frekuensi 700 MHz – 2700 MHz.
- Dengan persamaan 2-20, diperoleh besarnya nilai *VSWR* dan koefisien pantul untuk setiap frekuensi yang diukur.

5.2.3 Hasil Pengukuran



Gambar 5.3 Tampilan *Return Loss* pada monitor *Spectrum Analyzer*

(Sumber : Hasil Pengujian)

Dari hasil pengukuran impedansi dan koefisien pantul dapat dihitung nilai *VSWR* antenna. Perhitungan nilai *VSWR* dengan persamaan 2-23 dan 2-27 adalah sebagai berikut:

$$f_r = 800 \text{ MHz}$$

$$RL = -13 \text{ dB}$$

$$RL = 20 \log \Gamma \text{ (dB)}, \Gamma = 0.22387$$

$$VSWR = \frac{1 + |\Gamma|}{1 - |\Gamma|} = \frac{1 + 0.22387}{1 - 0.22387} = 1.57689$$

Dengan cara perhitungan yang sama, data hasil pengukuran *Return Loss*, koefisien pantul dan *VSWR* antenna dapat dilihat pada tabel 5.1.

HASIL PENGUKURAN RETURN LOSS DAN ANALISA SWR

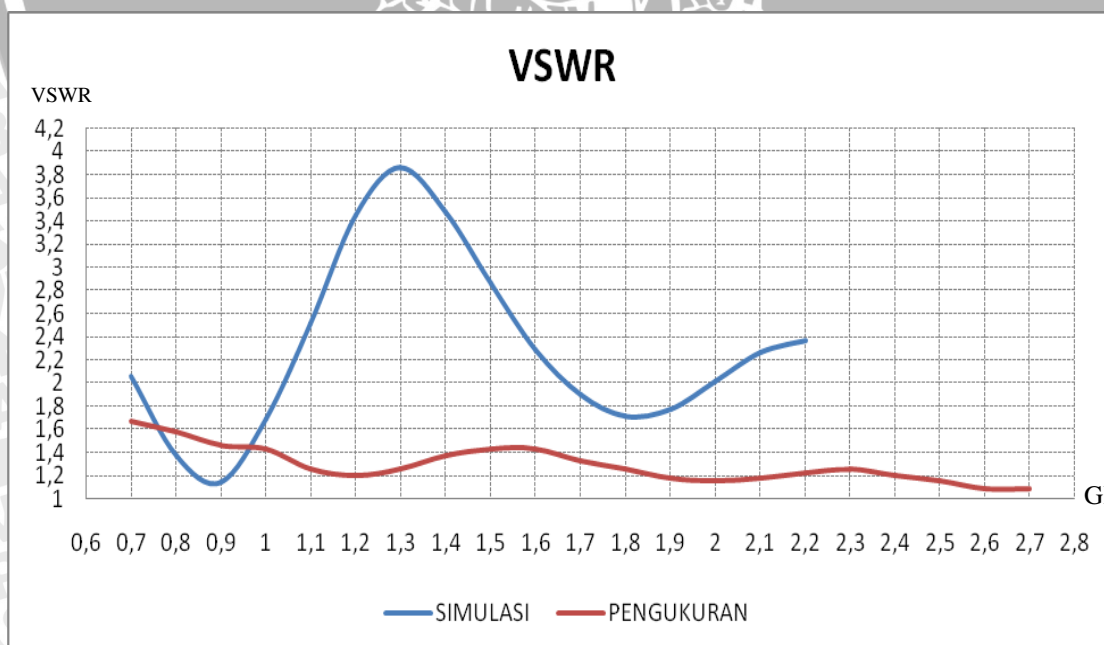
Frequency (MHz)	Level Sinyal SA (dBm)	RL (dBm)	Koefisien Pantul	VSWR		Impedansi (Z _A)
				UT	SIMULASI	
700	-42	-12	0,25119	1,6709	2,062	83,54498
800	-43	-13	0,22387	1,57689	1,367	78,84475
900	-44	-14	0,19953	1,49852	1,139	74,92602
1000	-45	-15	0,17783	1,43258	1,696	71,62904
1100	-49	-19	0,1122	1,25276	2,518	62,63822
1200	-51	-21	0,08913	1,19569	3,452	59,78456

Frequency (MHz)	Level Sinyal SA (dBm)	RL (dBm)	Koefisien Pantul	VSWR		Impedansi (Z_A)
				UT	SIMULASI	
1300	-49	-19	0,1122	1,25276	3,859	62,63822
1400	-46	-16	0,15849	1,37668	3,481	68,8339
1500	-45	-15	0,17783	1,43258	2,857	71,62904
1600	-45	-15	0,17783	1,43258	2,287	71,62904
1700	-47	-17	0,14125	1,32898	1,897	66,44884
1800	-49	-19	0,1122	1,25276	1,714	62,63822
1900	-52	-22	0,07943	1,17257	1,776	58,62868
2000	-53	-23	0,07079	1,15238	2,014	57,61883
2100	-52	-22	0,07943	1,17257	2,262	58,62868
2200	-50	-20	0,1	1,22222	2,363	61,11111
2300	-49	-19	0,1122	1,25276	-	62,63822
2400	-51	-21	0,08913	1,19569	-	59,78456
2500	-53	-23	0,07079	1,15238	-	57,61883
2600	-58	-28	0,03981	1,08292	-	54,14613
2700	-58	-28	0,03981	1,08292	-	54,14613

Tabel 5.1 Hasil pengukuran *Return Loss*, koefisien pantul, perhitungan VSWR, dan impedansi Antena Planar Monopole

(Sumber : Hasil Pengujian)

Selanjutnya dari data hasil pengukuran VSWR dapat dibuat grafik fungsi VSWR terhadap frekuensi, seperti ditunjukkan pada Gambar 5.4.



Grafik 5.1 Grafik fungsi VSWR terhadap frekuensi

(Sumber : Hasil Pengujian)

5.2.4 Analisis Hasil Pengukuran

Berdasarkan hasil pengukuran, antenna planar monopole dengan ground plane ini memiliki nilai *Return loss* maupun *VSWR* yang berbeda-beda. Pada frekuensi kerja 824 - 894 MHz antenna memiliki nilai *Return Loss* sebesar -13 dB dan *VSWR* sebesar 1,57, dan pada frekuensi 1850 - 1990 MHz didapatkan nilai *Return Loss* sebesar -22 dB dan *VSWR* 1,17, hal ini berarti antenna dapat bekerja dengan frekuensi kerja yang direncanakan dan masih dalam batas yang diijinkan yaitu $RL \leq -10$ dB dan $1 \leq VSWR \leq 2$.

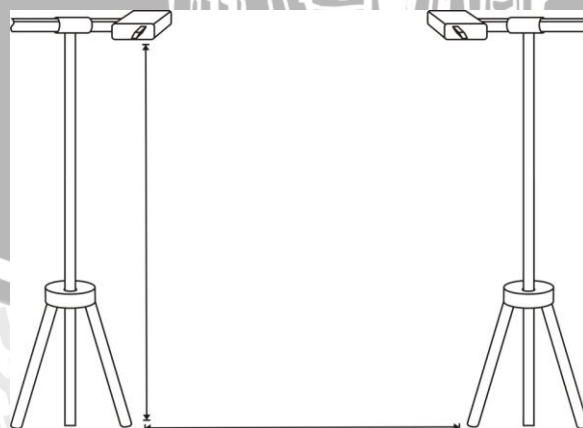
5.3 Pengukuran Gain Antena

5.3.1 Alat-alat yang digunakan

- *Signal Generator* 86568 0.1 - 990 MHz *Hewlett Packard*.
- *Spectrum Analyzer* 7802 1 GHz *Hung Chang*.
- Dua buah antenna standar *dipole sleeve $\lambda/2$*
- Antena uji (antena planar monopole dengan menggunakan reflektor dan groundplane)
- Konektor SMA (N-Connector).
- Kabel dengan Adapter SMA – BNC Connector
- Dua Buah Tiang penyangga

5.3.2 Prosedur Pengukuran

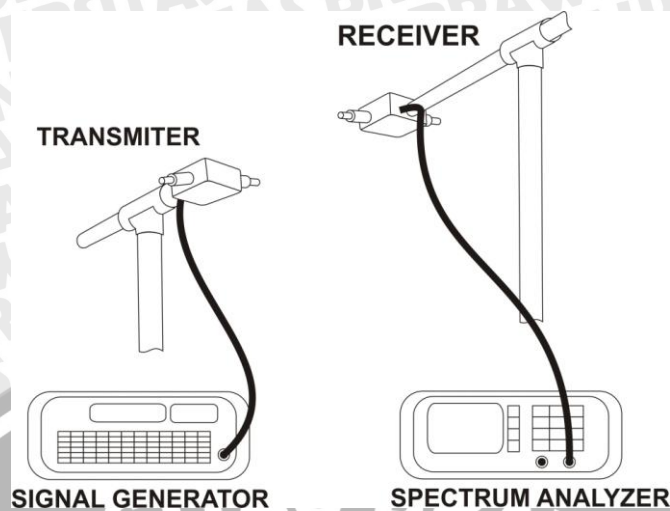
1. Merangkai peralatan seperti pada gambar 5.4



Gambar 5.4 Rangkaian Pengukuran Gain Antena

(Sumber : Pengujian)

2. Antena standar *dipole $\lambda/2$* dipasang sebagai antenna pemancar dan yang kedua dipasang sebagai antenna referensi pada sisi penerima.



Gambar 5.5 Rangkaian Pengukuran Gain Antena

(Sumber : Pengujian)

3. *Signal Generator* diatur pada frekuensi 804 MHz dengan amplitudo -10dBm, kemudian catat daya antenna *dipole $\lambda/2$* (Rx) yang terukur pada *Spectrum Analyzer*.
4. *Signal Generator* dinaikkan frekuensinya secara bertahap dengan step 20 MHz sampai pada frekuensi 984 MHz dan catat daya antenna *dipole $\lambda/2$* yang terukur pada *Spectrum Analyzer*.
5. Antena *dipole $\lambda/2$* pada penerima (referensi) diganti dengan antenna uji (antena planar monopole) hasil perancangan.
6. Mengulangi langkah 3 - 4 dan mencatat daya yang diterima oleh antenna uji yang terukur pada *Spectrum Analyzer*.



Gambar 5.6 Gambar posisi antenna planar monopole

(Sumber : Pengujian)

5.3.3 Hasil Pengukuran

Pada pengukuran gain antenna ini, akan diperoleh beberapa data yaitu daya antenna referensi (P_R), daya antenna yang diuji (P_U), dan *gain* antenna yang diuji (G_{AUT}). Untuk hasil pengukuran dapat dilihat pada tabel 5.2.

Frekuensi (MHz)	P antenna (dBm)		Gain UT
	$P_{referensi}$ (Dipole $\lambda/2$)	P_{UT} (Monopole Planar)	
804	-54	-43	13.15
824	-53	-40	15.15
844	-45	-42	5.15
864	-50	-36	16.15
884	-50	-45	7.15
904	-48	-46	4.15
924	-51	-42	11.15
944	-53	-42	13.15
964	-52	-42	12.15
984	-50	-47	5.15
Gain (dBi)			10.25

Tabel 5.2 Hasil pengukuran *Gain*

Sumber : Hasil Pengujian

Nilai *Gain* antenna (G) yang diuji diperoleh dari perhitungan data hasil pengukuran dengan menggunakan persamaan 2-19 di bawah ini :

$$f_r = 824 \text{ MHz}$$

$$P_R = -53 \text{ dBm}$$

$$P_U = -40 \text{ dBm}$$

$$G_R = 2,15 \text{ dBi}$$

$$G_{AUT} (dBi) = G_R (dBi) + 10 \log \left(\frac{W_U}{W_R} \right)$$

$$G_{AUT} (dBi) = G_R (dBi) + P_U (dBm) - P_R (dBm)$$

$$G_{AUT} (dBi) = 2.15 (dBi) - 40 (dBm) - (-53) (dBm) = 15,15 \text{ dBi}$$

5.3.4 Analisis Hasil Pengukuran

Pada pengukuran ini digunakan antenna referensi adalah antenna *dipole* $\lambda/2$ dengan nilai *gain* standar 2,15 dBi.

Pada frekuensi perencanaan antenna yaitu 824 MHz antenna memiliki nilai *gain* 15,15 dBi dan sesuai dengan perencanaan yaitu nilai *gain* > 3 dBi.

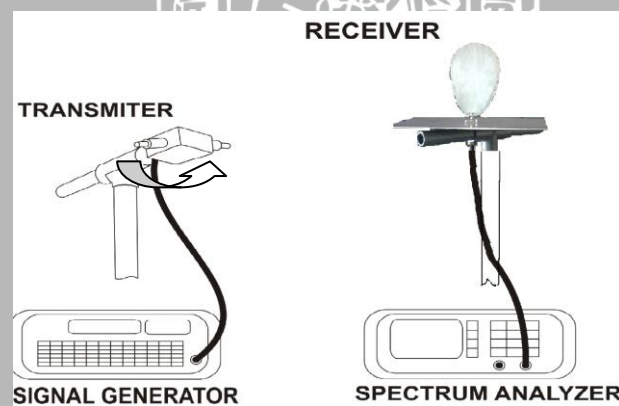
5.4. Pengukuran Polarisasi

5.4.1. Alat-alat yang digunakan

- *Signal Generator* 86568 0.1 - 990 MHz *Hewlett Packard*.
- *Spectrum Analyzer* 7802 1 GHz *Hung Chang*.
- 1 buah antenna standar *dipole sleeve $\lambda/2$*
- Antena uji (antena planar monopole dengan menggunakan reflektor dan groundplane)
- Konektor SMA (N-Connector).
- Kabel dengan Adapter SMA – BNC Connector
- Dua Buah Tiang penyangga dengan skala sudut putar

5.4.2. Prosedur Pengukuran

1. Memasang antenna *dipole sleeve $\lambda/2$* sebagai antenna pemancar dengan menghubungkannya ke *Signal Generator* menggunakan kabel koaksial, seperti ditunjukkan pada gambar 5.7.



Gambar 5.7. Rangkaian Pengukuran Polarisasi Antena

Sumber : Pengujian

2. Memasang antenna uji (antena Planar monopole) sebagai antenna penerima dengan menghubungkannya ke *Spectrum Analyzer* menggunakan kabel koaksial, seperti ditunjukkan pada gambar 5.7.

3. Memposisikan antenna pemancar sejajar dengan antenna uji, kemudian mengatur *Sweep Oscillator* pada frekuensi 896 MHz.
4. Memutar antenna pemancar (antenna *dipole sleeve $\lambda/2$*) pada sumbu horizontal antenna, dari 0° sampai 360° dengan interval 10° , dan mencatat nilai daya yang ditunjukkan oleh *Spectrum Analyzer* pada tiap-tiap interval pemutaran.
5. Menghitung harga normalisasi untuk tiap sudut putarnya.

5.4.3. Hasil Pengukuran

Berdasarkan hasil pengukuran polarisasi yang dilakukan, maka diperoleh nilai daya yang diterima oleh antenna uji (antenna Planar monopole) yang diputar 10° pada sumbu horizontal. Nilai daya yang diterima tersebut kemudian dinormalisasi, sehingga data hasil pengukuran dapat diubah ke dalam bentuk diagram polar. Data hasil pengukuran polarisasi pada frekuensi 869 MHz terlihat dalam Tabel 5.3.

Sudut	Level terima (dBm)	Normalisasi
0	-47	-7
10	-47	-7
20	-47	-7
30	-45	-5
40	-40	0
50	-40	0
60	-42	-2
70	-45	-5
80	-40	0
90	-46	-6
100	-48	-8
110	-49	-9
120	-49	-9
130	-45	-5
140	-45	-5
150	-44	-4
160	-43	-3
170	-41	-1
180	-42	-2
190	-41	-1
200	-41	-1
210	-45	-5
220	-44	-4
230	-45	-5
240	-46	-6
250	-49	-9
260	-49	-9
270	-46	-6

280	-40	0
290	-41	-1
300	-40	0
Sudut	Level terima (dBm)	Normalisasi
310	-40	0
320	-40	0
330	-43	-3
340	-47	-7
350	-45	-5

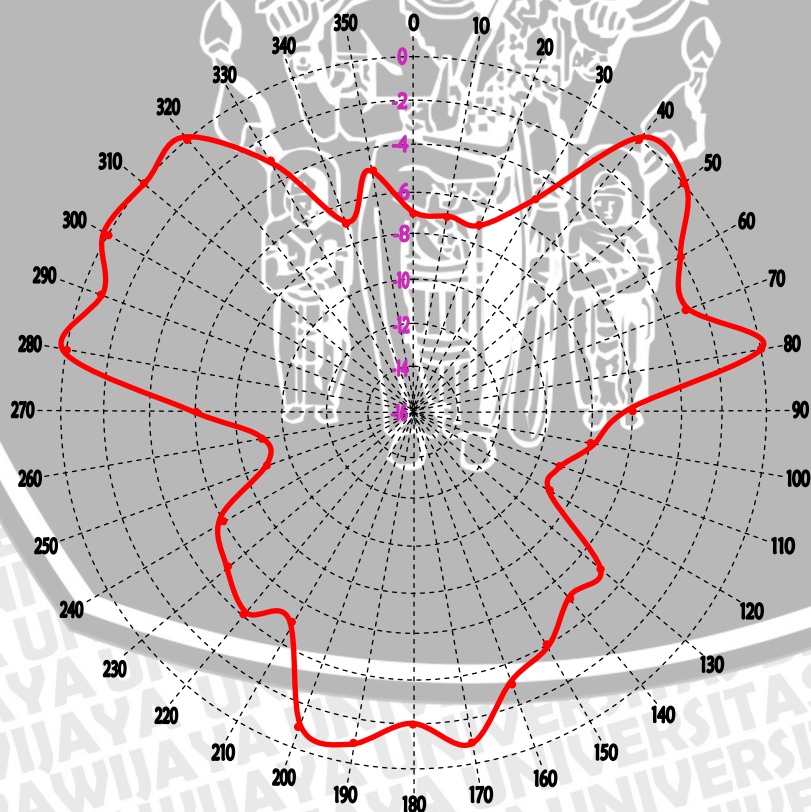
Tabel 5.3. Hasil Pengukuran Polarisasi pada Frekuensi 869 MHz

Sumber : Hasil Pengujian

5.4.4. Analisis Hasil Pengukuran

Berdasarkan data hasil pengukuran polarisasi dalam Tabel 5.3, dengan mengubah data nilai daya yang telah dinormalisasi ke dalam bentuk diagram polar, maka dapat diketahui bentuk polarisasi antenna yang diuji (antena planar monopole) tersebut. Bentuk polarisasi antenna yang diuji pada frekuensi 869 MHz dapat dilihat dalam gambar 5.8,

Berdasarkan gambar 5.8 antenna ini dapat digolongkan sebagai antenna yang berpolarisasi yaitu ellipsis.



Gambar 5.8. Bentuk Polarisasi antenna planar monopole pada frekuensi 869 MHz

Sumber : Hasil Pengujian

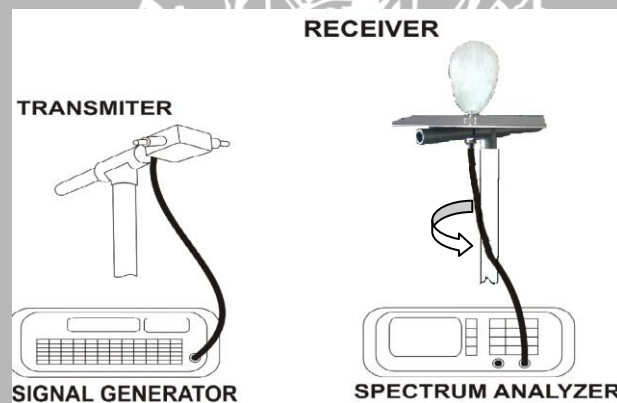
5.5. Pengujian Pola Radiasi

5.5.1. Alat-alat yang digunakan

- *Signal Generator* 86568 0.1 - 990 MHz *Hewlett Packard*.
- *Spectrum Analyzer* 7802 1 GHz *Hung Chang*.
- 1 buah antena standar *dipole sleeve $\lambda/2$*
- Antena uji (antena planar monopole dengan menggunakan reflektor dan groundplane)
- Konektor SMA (*N-Connector*).
- Kabel dengan Adapter SMA – BNC *Connector*
- Dua Buah Tiang penyangga dengan skala sudut putar

5.5.2. Prosedur Pengukuran

1. Memasang antena *dipole sleeve $\lambda/2$* sebagai antena pemancar dengan menghubungkannya ke *Signal Generator* menggunakan kabel koaksial, seperti ditunjukkan pada gambar 5.9.



Gambar 5.9. Rangkaian Pengukuran *Pola Radiasi* Antena

(Sumber : Pengujian)

2. Memasang antena uji (antena planar monopole) sebagai antena penerima dengan menghubungkannya ke *Spectrum Analyzer* menggunakan kabel koaksial, seperti ditunjukkan pada gambar 5.9.
3. Mengatur *Signal Generator* pada frekuensi 896 MHz.
4. Memutar antena uji (antena planar monopole) secara horizontal, dari 0° sampai 360° dengan interval 10° , dan mencatat nilai daya yang ditunjukkan oleh *Spectrum Analyzer* pada tiap-tiap interval pemutaran.
5. Menghitung harga normalisasi untuk tiap sudut putarnya.
6. Memutar antena pemancar dan antena uji (antena planar monopole) pada sumbunya sejauh 90° , untuk mendapatkan nilai *Pola Radiasi* Vertikal.

5.5.3. Hasil Pengukuran

Berdasarkan hasil pengukuran pola radiasi yang dilakukan, maka diperoleh nilai daya yang diradiasikan oleh antenna uji (antena planar monopole). Pola radiasi yang diperoleh yaitu Pola Radiasi Horizontal dan Pola Radiasi Vertikal. Data hasil pengukuran Pola Radiasi Horizontal dan Pola Radiasi Vertikal pada frekuensi 869 MHz terlihat dalam Tabel 5.4.

No.	Sudut (°)	Pola Radiasi Horizontal		Pola Radiasi Vertikal	
		Daya pada Spectrum Analyzer (dBm)	Normalisasi (dB)	Daya pada Spectrum Analyzer (dBm)	Normalisasi (dB)
1	0	-49	-9	-49	-9
2	10	-50	-10	-50	-10
3	20	-51	-11	-53	-13
4	30	-54	-14	-53	-13
5	40	-55	-15	-55	-15
6	50	-53	-13	-55	-15
7	60	-53	-13	-55	-15
8	70	-52	-12	-55	-15
9	80	-51	-11	-55	-15
10	90	-56	-16	-56	-16
11	100	-50	-10	-54	-14
12	110	-49	-9	-52	-12
13	120	-46	-6	-51	-11
14	130	-43	-3	-49	-9
15	140	-44	-4	-49	-9
16	150	-41	-1	-46	-6
17	160	-40	0	-42	-2
18	170	-44	-4	-40	0
19	180	-45	-5	-46	-6
20	190	-42	-2	-43	-3
21	200	-42	-2	-42	-2
22	210	-45	-5	-41	-1
23	220	-48	-8	-45	-5
24	230	-46	-6	-43	-3
25	240	-47	-7	-45	-5
26	250	-49	-9	-49	-9
27	260	-49	-9	-48	-8
28	270	-51	-11	-55	-15
29	280	-56	-16	-54	-14
30	290	-53	-13	-53	-13
31	300	-52	-12	-55	-15

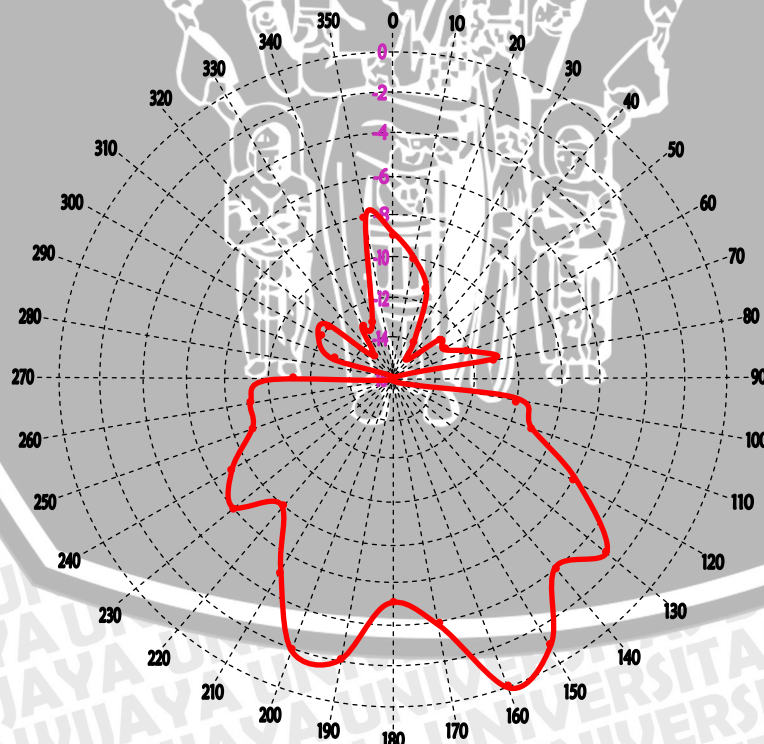
No.	Sudut (°)	Pola Radiasi Horizontal		Pola Radiasi Vertikal	
		Daya pada Spectrum Analyzer (dBm)	Normalisasi (dB)	Daya pada Spectrum Analyzer (dBm)	Normalisasi (dB)
32	310	-52	-12	-52	-12
33	320	-55	-15	-54	-14
34	330	-53	-13	-53	-13
35	340	-53	-13	-53	-13
36	350	-48	-8	-48	-8

Tabel 5.4. Hasil pengukuran Pola Radiasi pada frekuensi 869 MHz.

Sumber : Hasil Pengujian

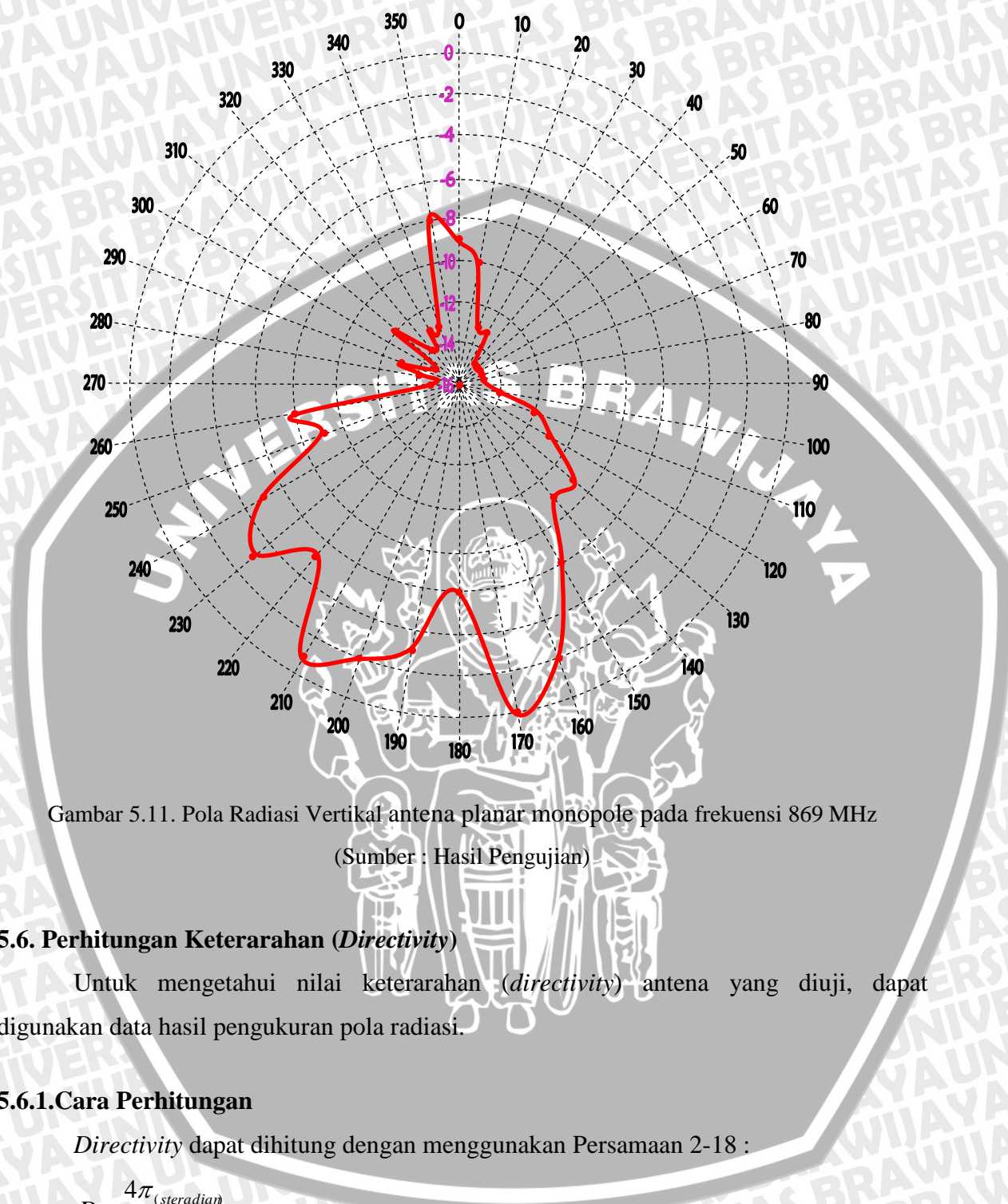
5.5.4. Analisis Hasil Pengukuran

Berdasarkan Tabel 5.4 dapat digambarkan bentuk pola radiasi antenna hasil perancangan pada diagram polar, sebagaimana ditunjukkan pada gambar 5.10 dan 5.11 untuk frekuensi 869 MHz. Berdasarkan gambar tersebut dapat diketahui bahwa bentuk pola radiasi antenna hasil perancangan (antena planar monopole) adalah *unidirectional*, yaitu memiliki intensitas radiasi maksimum hanya pada satu arah tertentu saja.



Gambar 5.10. Pola Radiasi Horizontal antenna planar monopole pada frekuensi 869 MHz

(Sumber : Hasil Pengujian)



Gambar 5.11. Pola Radiasi Vertikal antenna planar monopole pada frekuensi 869 MHz
(Sumber : Hasil Pengujian)

5.6. Perhitungan Keterarahan (*Directivity*)

Untuk mengetahui nilai keterarahan (*directivity*) antenna yang diuji, dapat digunakan data hasil pengukuran pola radiasi.

5.6.1. Cara Perhitungan

Directivity dapat dihitung dengan menggunakan Persamaan 2-18 :

$$D = \frac{4\pi_{(steradian)}}{\theta \cdot \phi_{(radian^2)}}$$

$$\begin{aligned} 1 \text{ steradian} &= 1 \text{ radian}^2 \\ &= \left(\frac{180}{\pi}\right)^2 \text{ (derajat}^2\text{)} \end{aligned}$$

sehingga,

$$D \approx \frac{4\pi \left(\frac{180}{\pi}\right)^2 (\text{derajat}^2)}{\theta_{HP}^{\circ} \phi_{HP}^{\circ} (\text{derajat}^2)} \approx \frac{41000}{\theta_{HP}^{\circ} \phi_{HP}^{\circ}}$$

dengan :

D = directivity

θ = beamwidth pola radiasi vertikal (rad)

Φ = beamwidth pola radiasi horisontal (rad)

θ_{HP}° = beamwidth pola radiasi vertikal (derajat)

ϕ_{HP}° = beamwidth pola radiasi horisontal (derajat)

5.6.2. Hasil Perhitungan

Berdasarkan data hasil pengukuran pola radiasi, diperoleh nilai -3dB beamwidth pola radiasi horisontal untuk frekuensi 869 MHz adalah 105° ($\phi_{HP}^{\circ} = 105^{\circ}$), dan nilai -3dB beamwidth pola radiasi vertikal adalah 100° ($\theta_{HP}^{\circ} = 100^{\circ}$). Maka nilai directivity antenna hasil perencanaan adalah :

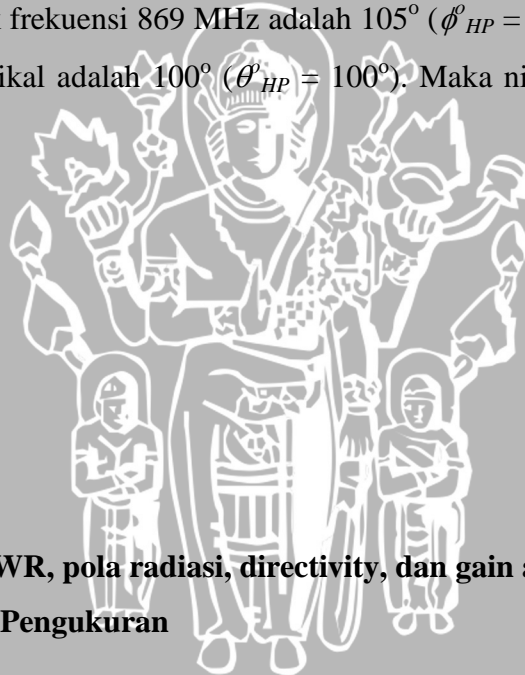
Frekuensi 869 MHz:

$$D = \frac{41000}{105^{\circ} \cdot 100^{\circ}}$$

$$= 3,90$$

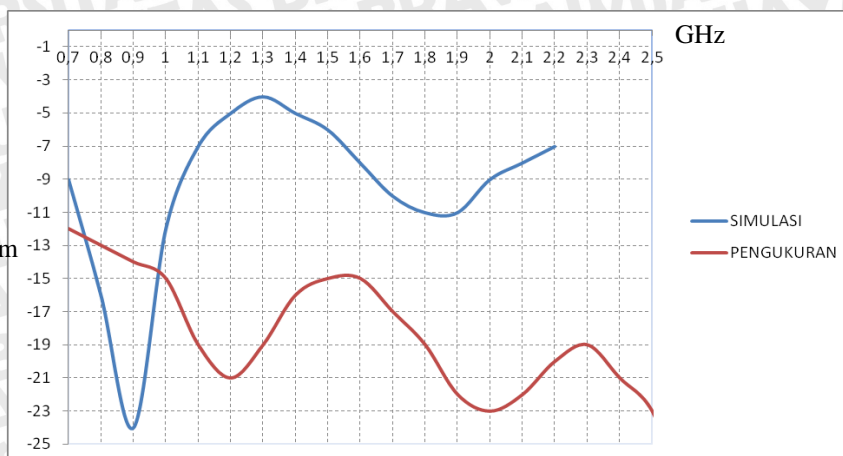
$$D_{(dB)} = 10 \log 3,9$$

$$= 5,91 \text{ dB}$$

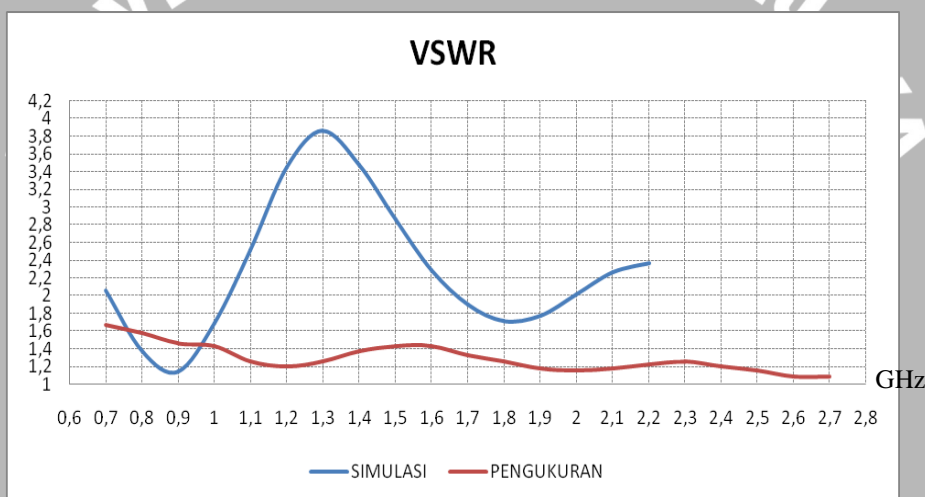


5.7. Perbandingan RL, VSWR, pola radiasi, directivity, dan gain antenna antara Hasil Simulasi dengan Hasil Pengukuran

Grafik 5.2 sampai Grafik 5.4 dan Tabel 5.5 menunjukkan perbandingan performansi antenna secara umum antara hasil simulasi dengan hasil pengukuran. Dan dari data-data tersebut menunjukkan bahwa hasil pengukuran lebih baik daripada hasil simulasi.



Grafik 5.2 Perbandingan nilai Return Loss hasil pengukuran dengan hasil simulasi antenna planar monopole (Sumber : Hasil Pengujian)



Grafik 5.3 Perbandingan nilai VSWR hasil pengukuran dengan hasil simulasi antenna planar monopole (Sumber : Hasil Pengujian)

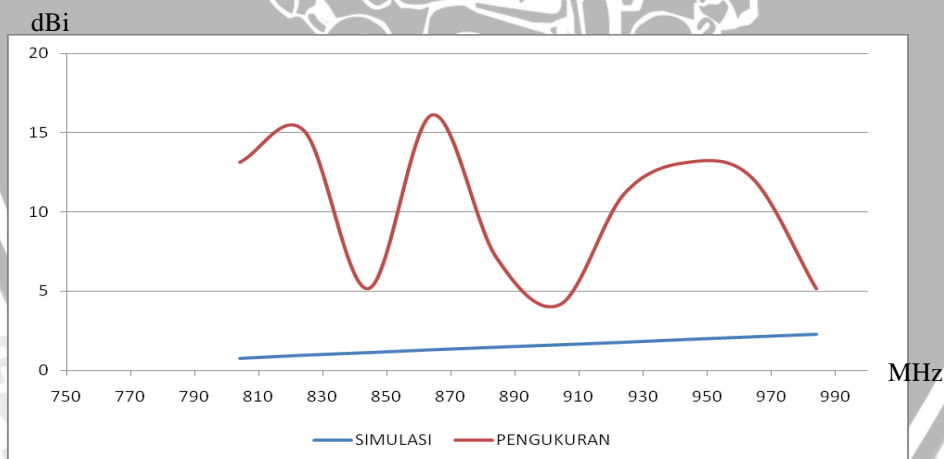
Keterangan dari Grafik 5.2 dan Grafik 5.3 :

Pengukuran	Simulasi
$f_u = 2.7 \text{ GHz}$	1. $f_u = 1.04 \text{ GHz}$
$f_L = 0.7 \text{ GHz}$	$f_L = 0.71 \text{ GHz}$
Ratio of Bandwidth = $f_u : f_L$ = 3.9 : 1	Ratio of Bandwidth = $f_u : f_L$ = 1.5 : 1
Percent of Bandwidth $B_{pc} = 2 \frac{f_u - f_L}{f_u + f_L} \times 100\%$	Percent of Bandwidth $B_{pc} = 2 \frac{f_u - f_L}{f_u + f_L} \times 100\%$

$= 2 \frac{2.7 - 0.7}{2.7 + 0.7} \times 100 = 117.6\%$	$= 2 \frac{1.04 - 0.71}{1.04 + 0.71} \times 100 = 37.7\%$
	<p>2. $f_u = 2 \text{ GHz}$ $f_L = 1.67 \text{ GHz}$ <i>Ratio of Bandwidth</i> $= f_u : f_L$ $= 1.2 : 1$ <i>Percent of Bandwidth</i> $B_{pc} = 2 \frac{f_u - f_L}{f_u + f_L} \times 100\%$ $= 2 \frac{2 - 1.67}{2 + 1.67} \times 100 = 18\%$</p>

No.	Parameter	Hasil Simulasi	Hasil Pengukuran
1.	Pola radiasi pada $f = 800 \text{ MHz}$	bidirectional	undirectional
2.	Directivity pada $f = 869 \text{ MHz}$	2.67347 dBi	5,91 dB

Tabel 5.5. Perbandingan pola radiasi dan directivity hasil simulasi dengan hasil pengukuran
(Sumber : Hasil Pengujian)



Grafik 5.4 Perbandingan nilai gain hasil pengukuran dengan hasil simulasi antenna planar monopole
(Sumber : Hasil Pengujian)

BAB VI PENUTUP

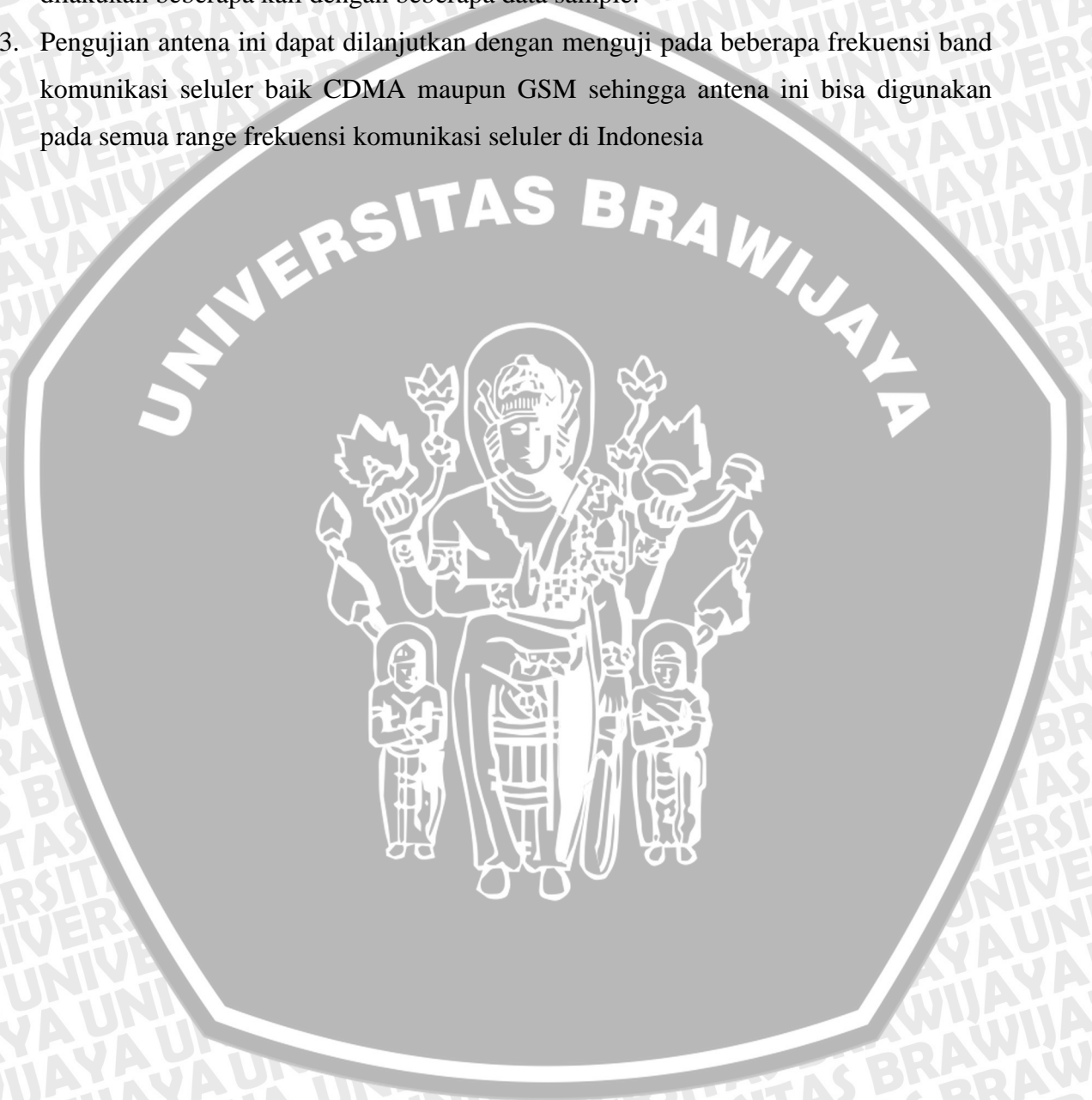
6.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil perancangan antenna, pembuatan antenna, pengujian dan pengukuran antenna, serta analisis parameter-parameter antenna, dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Berdasarkan hasil perancangan dan pembuatan, antenna planar monopole ini dirancang dengan menggunakan simulasi IE3D™ dan dibuat dengan menggunakan bahan alumunium dengan ketebalan 2 mm
2. Dari hasil simulasi, antenna planar monopole dengan patch ellips-circular ini mampu bekerja pada range frekuensi CDMA yaitu 824 – 894 MHz.
3. Performansi antenna planar monopole dari hasil pengukuran :
 - Nilai VSWR antenna planar monopole hasil pembuatan dalam frekuensi kerja yang direncanakan yaitu 824-894 MHz memiliki nilai sebesar 1,57. Nilai VSWR antenna ini masih dalam batas yang diijinkan ($1 < \text{VSWR} < 2$). Untuk nilai Return Loss, memiliki nilai sebesar -13 dB yang masih dalam batas diijinkan yaitu $< -10\text{dB}$.
 - Nilai *gain* antenna pada frekuensi kerja yang direncanakan yaitu 824-894 MHz, hasil penguatan sebesar 15,15 dBi
 - Hasil pengukuran pola radiasi, untuk bidang horizontal maupun vertikal yang diplotkan pada diagram polar, menunjukkan bahwa bentuk pola radiasi antenna planar monopole ini pada hasil pembuatan adalah unidirectional, dengan sudut $\phi_{HP} = 105^\circ$ dan $\theta_{HP} = 100^\circ$ untuk frekuensi 869 MHz.
 - Hasil pengukuran polarisasi menunjukkan bahwa antenna memiliki polarisasi *ellips*. Hasil perhitungan *directivity* menunjukkan antenna ini memiliki nilai *directivity* sebesar 5,91 dB.
4. Perbandingan hasil performansi antenna secara umum antara hasil simulasi dengan hasil pengukuran menunjukkan bahwa hasil pengukuran lebih baik daripada hasil simulasi.

6.2. Saran

1. Perencanaan antena planar monopole ini dapat ditambah dengan merencanakan penggunaan ground plane dan reflektor yang didesain sedemikian rupa sehingga didapatkan dimensi yang simple dan memberikan pengaruh yang cukup signifikan pada performansi antena lebih baik dari yang saat ini.
2. Dalam melakukan pengukuran, untuk ketepatan dan ketelitian maka pengukuran dilakukan beberapa kali dengan beberapa data sample.
3. Pengujian antena ini dapat dilanjutkan dengan menguji pada beberapa frekuensi band komunikasi seluler baik CDMA maupun GSM sehingga antena ini bisa digunakan pada semua range frekuensi komunikasi seluler di Indonesia



DAFTAR PUSTAKA

Balanis, Constantine A. 1982. *Antena Theory: Analysis and Design, 2nd Edition*. John Wiley and Sons, Inc.

Hund, Edgar. 1989. *Microwave Communications*. McGraw-Hill International, New York.

Kraus, John Daniel. 1988. *Antennas*. McGraw-Hill International, New York.

Nakar, Punit S. 2004. *Design of a Compact Microstrip Patch Antenna for use in Wireless/Cellular Devices*. The Florida State University. Thesis.

Stutzman, Warren L. and G. A. Thiele. 1981. *Antenna Theory and Design*. John Willey and Son, Inc. New York.

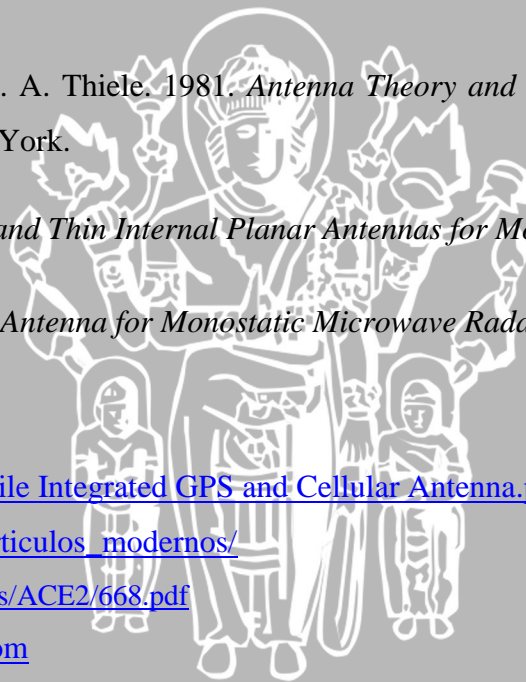
Wong, Kin-Lu. 2003. *EMC and Thin Internal Planar Antennas for Mobile Devices*

Yuwono, Rudy. 2005. *UWB Antenna for Monostatic Microwave Radar*. Universitat of Kassel. Thesis

[www.google.com/Low Profile Integrated GPS and Cellular Antenna.pdf](http://www.google.com/Low_Profile_Integrated_GPS_and_Cellular_Antenna.pdf)

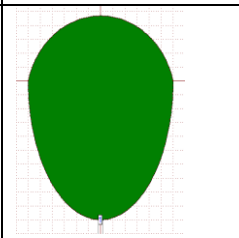
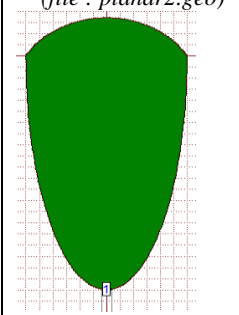
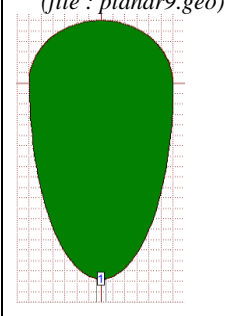
http://w3.iec.csic.es/URSI/articulos_modernos/articulos_gandia_2005/articulos/ACE2/668.pdf

Anonymous. www.zeland.com




Lampiran 1

Tabel beberapa simulasi berbagai ukuran Ha Antena Planar Monopole patch *ellips-circular* dan membandingkannya dengan perhitungan :

No.	Bentuk Dimensi	Ukuran Dimensi		Frekuensi	Return Loss	VSWR	Gain	Bandwidth
		Ha	Wa					
1.		73 mm	60 mm	0,7 GHz	0.062	198.237	-14.944	$f_l = 1.4 \text{ GHz},$ $f_u = 2.14 \text{ GHz}$ $BW = 740 \text{ MHz}$
				0,8 GHz	-0.922	19.179	-5.199	
				0,9 GHz	-2.033	8.502	-2.892	
				1 GHz	-3.236	5.321	-2.141	
				1,1 GHz	-4.533	3.928	-1.475	
				1,2 GHz	-6.026	3.009	-0.858	
				1,3 GHz	-7.501	2.458	-0.268	
				1,4 GHz	-9.414	2.022	0.299	
				1,5 GHz	-11.824	1.679	0.844	
				1,6 GHz	-15.201	1.431	1.367	
				1,7 GHz	-19.023	1.252	1.858	
				1,8 GHz	-19.925	1.231	2.284	
				1,9 GHz	-16.039	1.375	2.613	
				2 GHz	-12.626	1.611	2.903	
				2,1 GHz	-10.197	1.886	3.070	
				2,2 GHz	-8.659	2.170	3.202	
2,3 GHz	-7.586	2.443	3.272					
2,4 GHz	-6.882	2.649	3.347					
2,5 GHz	-6.526	2.786	3.441					
2.	<i>(file : planar2.geo)</i> 	122mm	60mm	0,7 GHz	-5.128	3.500	-0.641	$f_l = 862 \text{ MHz},$ $f_u = 1.22 \text{ GHz}$ $BW = 358 \text{ MHz}$
				0,8 GHz	-7.970	2.337	0.166	
				0,9 GHz	-11.463	1.719	0.937	
				1 GHz	-15.194	1.420	1.697	
				1,1 GHz	-14.884	1.443	2.461	
				1,2 GHz	-10.81	1.817	2.478	
				1,3 GHz	-7.620	2.424	2.266	
				1,4 GHz	-5.589	3.214	2.012	
				1,5 GHz	-4.708	3.779	2.028	
				1,6 GHz	-4.723	3.768	2.467	
				1,7 GHz	-5.372	3.337	2.907	
				1,8 GHz	-6.500	2.777	3.347	
				1,9 GHz	-8.111	2.297	3.786	
				2 GHz	-10.406	1.867	4.226	
				2,1 GHz	-13.931	1.507	4.665	
				2,2 GHz	-20.039	1.226	5.105	
2,3 GHz	-23.350	1.149	5.281					
2,4 GHz	-16.035	1.378	5.457					
2,5 GHz	-12.248	1.650	5.511					
3.	<i>(file : planar9.geo)</i> 	125 mm	60 mm	0,7 GHz	-5.178	3.469	-0.522	$f_l = 852 \text{ MHz},$ $f_u = 1.22 \text{ GHz}$ $BW = 368 \text{ MHz}$
				0,8 GHz	-8.312	2.293	0.304	
				0,9 GHz	-12.015	1.674	1.054	
				1 GHz	-16.539	1.348	1.868	
				1,1 GHz	-15.577	1.404	2.584	
				1,2 GHz	-10.516	1.838	2.501	
				1,3 GHz	-7.341	2.505	2.262	
				1,4 GHz	-5.338	3.337	2.605	
				1,5 GHz	-4.609	3.860	2.915	
				1,6 GHz	-4.765	3.740	3.242	
				1,7 GHz	-5.489	3.247	3.568	
				1,8 GHz	-6.736	2.709	3.895	

				1,9 GHz	-8.519	2.203	4.221	
				2 GHz	-11.102	1.775	4.564	
				2,1 GHz	-15.327	1.430	4.891	
				2,2 GHz	-20.490	1.211	5.208	
				2,3 GHz	-18.147	1.285	5.348	
				2,4 GHz	-13.039	1.566	5.398	
				2,5 GHz	-10.431	1.851	5.445	

No.	Bentuk Dimensi	Ukuran Dimensi		Frekuensi	Return Loss	VSWR	Gain	Bandwidth
		Ha	Wa					
4.	(file: planar10.geo) 	134mm	60mm	0,7 GHz	-6.626	2.755	-0.032	a. $f_l = 789$ MHz, $f_u = 1.12$ GHz BW = 335 MHz b. $f_l = 1.79$ MHz, $f_u = 2.35$ GHz BW = 560 MHz
				0,8 GHz	-10.144	1.888	0.771	
				0,9 GHz	-14.368	1.474	1.594	
				1 GHz	-14.909	1.442	2.400	
				1,1 GHz	-10.622	1.841	2.400	
				1,2 GHz	-7.095	2.588	2.114	
				1,3 GHz	-5.036	3.546	1.767	
				1,4 GHz	-4.303	4.118	1.848	
				1,5 GHz	-4.634	3.866	2.457	
				1,6 GHz	-5.662	3.181	3.248	
				1,7 GHz	-7.269	2.531	3.897	
				1,8 GHz	-9.581	1.996	4.166	
				1,9 GHz	-13.148	1.566	4.540	
				2 GHz	-19.777	1.232	4.978	
				2,1 GHz	-22.821	1.160	5.231	
				2,2 GHz	-14.692	1.454	5.319	
				2,3 GHz	-10.717	1.823	5.343	
				2,4 GHz	-8.651	2.171	5.360	
				2,5 GHz	-7.716	2.389	5.427	

Perhitungan dimensi patch peradiasi antenna planar monopole :

$$Ha = \frac{c}{2f_l \sqrt{\epsilon_r}} \quad (m)$$

$$f_l = \frac{c}{2Ha \sqrt{\epsilon_r}}$$

Dimana :

$$l = w = \frac{1}{2} \lambda \text{ medium substrat}$$

w = diameter major pada ellipsis

untuk diameter yang kedua adalah 0,5w

f_l = frekuensi lower

ϵ_r = konstanta dielektrik substrat (F/m), $\epsilon_r < 4$

c = 3×10^8 m/s

Perhitungan pada beberapa frekuensi lower :

$$1. f_l = \frac{c}{2Ha \sqrt{\epsilon_r}} \text{ Hz} \rightarrow f_l = \frac{3 \cdot 10^8}{2 \cdot 0,073 \cdot \sqrt{2}} = 1,452 \text{ GHz}$$

$$2. f_l = \frac{c}{2Ha \sqrt{\epsilon_r}} \text{ Hz} \rightarrow f_l = \frac{3 \cdot 10^8}{2 \cdot 0,122 \cdot \sqrt{2}} = 869,393 \text{ MHz}$$

$$3. f_l = \frac{c}{2Ha\sqrt{\epsilon_r}} \text{ Hz} \rightarrow f_l = \frac{3 \cdot 10^8}{2 \cdot 0,125 \cdot \sqrt{2}} = 848,528 \text{ MHz}$$

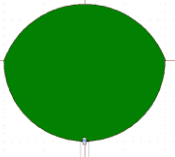
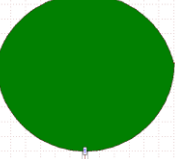
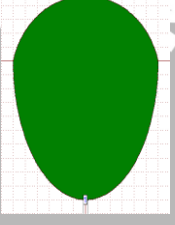
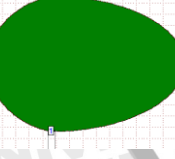
$$4. f_l = \frac{c}{2Ha\sqrt{\epsilon_r}} \text{ Hz} \rightarrow f_l = \frac{3 \cdot 10^8}{2 \cdot 0,134 \cdot \sqrt{2}} = 791,537 \text{ MHz}$$

Dengan demikian, panjangnya H_a menentukan frekuensi lower yang akan digunakan dan mempengaruhi lebar bandwith. Dan untuk nilai W_a berdasarkan tabel pada lampiran 2 menunjukkan bahwa semakin lebar W_a maka akan membuat gain antenna semakin besar.

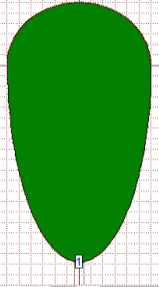

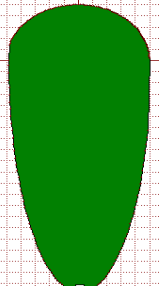


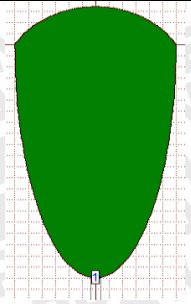
Lampiran 2

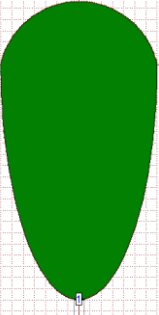
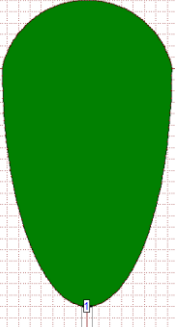
Tabel Beberapa simulasi berbagai ukuran Ha&Wa Antena Planar Monopole dengan patch *ellips-circular*

No.	Bentuk Dimensi	Ukuran	Frekuensi <i>Seluler</i>	Return Loss	VSWR	Gain	Bandwidth
1		Ha = 17 mm Wa = 20 mm	800 Mhz – 2 Ghz	> 0.314511	> 18	-	-
2		Ha = 53 mm Wa = 60 mm	800 Mhz – 2 Ghz	> -9.09	> 2.09	-	-
3		Ha = 73 mm Wa = 60 mm	CDMA : 824 – 894 MHz 1850 – 1990 MHz GSM : 890 – 960 MHz 1710 – 1880 MHz 1850 – 1990 MHz	-1.15 – -1.98 -17.977 -12.88	8.86 – 16.93 1.29 – 1.59	-4.62 -3.0 2.45 2.87	$f_l = 1.4$ GHz, $f_u = 2.14$ GHz BW = 740 MHz
4		Ha = 60 mm Wa = 73 mm	CDMA : 824 – 894 MHz 1850 – 1990 MHz GSM : 890 – 960 MHz 1710 – 1880 MHz 1850 – 1990 MHz	-0.12 – 0.68 -10.52 – -11.88	203.86 – 36.49 1.84 – 1.67	- 13.45 6.43 0.99 1.52	$f_l = 1.807$ GHz, $f_u = 2.5$ GHz BW = 693 MHz

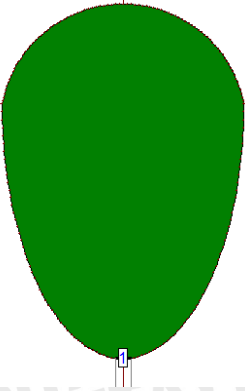
						1.52	
--	--	--	--	--	--	------	--

No.	Bentuk Dimensi	Ukuran	Frekuensi <i>Seluler</i>	Return Loss	VSWR	Gain	Bandwidth
5		Ha = 125 mm Wa = 60 mm	CDMA : 824 – 894 MHz 1850 – 1990 MHz GSM : 890 – 960 MHz 1710 – 1880 MHz 1850 – 1990 MHz	-8.95 – -11.82 -15.45 – -17.53 -11.5 – -14.78 -13.42 – -15.88 -15.45 – -17.53	2.16 – 1.71 1.7 – 1.5 1.74 – 1.47 1.91 – 1.66 1.7 – 1.5 4.07 – 4.51	0.46 – 1.01 4.07 – 4.51 0.97 – 1.52 3.58 – 4.14 4.07 – 4.51	$f_l = 852$ MHz, $f_u = 1.22$ Ghz BW = 368 MHz
6		Ha = 134 mm Wa = 60 mm	CDMA : 824 – 894 MHz 1850 – 1990 MHz GSM : 890 – 960 MHz 1710 – 1880 MHz 1850 – 1990 MHz	-11.07 – -14.04 -11.41 – -19.17 -13.88 – -14.78 -7.52 – -12.46 -11.41 – -19.17	1.8 – 1.5 1.77 – 1.25 1.52 – 1.44 2.45 – 1.64 1.77 – 1.25 4.94	0.95 – 1.52 4.35 – 4.94 1.52 – 2.09 3.92 – 4.47 4.35 – 4.94	a. $f_l = 789$ Mhz, $f_u = 1.124$ Ghz BW = 335 MHz b. $f_l = 1.79$ Ghz, $f_u = 2.35$ Ghz BW = 560 MHz
7		Ha = 129 mm Wa = 50 mm	CDMA : 824 – 894 MHz 1850 – 1990 MHz GSM : 890 – 960 MHz 1710 – 1880 MHz 1850 – 1990 MHz	-9.18 – -11.23 -9.19 – -14.03 -11.23 – -12.28 -6.42 – -9.91 -9.19 – -14.03	2.09 – 1.76 2.09 – 1.5 1.78 – 1.64 2.84 – 1.95 2.09 – 1.5	0.56 – 1.09 3.92 – 4.45 1.13 – 1.63 3.41 – 4.02 3.92 – 4.45	a. $f_l = 852$ Mhz, $f_u = 1.13$ Ghz BW = 278 MHz b. $f_l = 1.88$ Ghz, $f_u = 2.45$ Ghz BW = 570 MHz

8		Ha = 122 mm Wa = 60 mm	CDMA :				fl = 862 GHz, fu = 1.22 GHz BW = 358 MHz
			824 – 894 MHz	-8.69 – -11.16	2.21 – 1.77	0.32 – 0.86	
			1850 – 1990 MHz	-12.27 – -15.33	2.54 – 1.9	3.56 – 4.18	
			GSM :				
			890 – 960 MHz	-11.01 – -13.72	1.8 – 1.54	0.86 – 1.39	
			1710 – 1880 MHz	-9.3 – -12.9	3.29 – 2.4	2.95 – 3.67	
			1850 – 1990 MHz	-12.27 – -15.33	2.54 – 1.9	3.56 – 4.18	

No.	Bentuk Dimensi	Ukuran	Frekuensi Seluler	Return Loss	VSWR	Gain	Bandwidth
9		Ha = 132 mm Wa = 70 mm	CDMA :				a. fl = 786 Mhz, fu = 1.143 Ghz BW = 357 MHz
			824 – 894 MHz	-11.8 – -15.88	1.74 – 1.39	0.96 – 1.58	
			1850 – 1990 MHz	-10.81 – -16.29	1.84 – 1.36	4.43 – 4.98	
			GSM :				b. fl = 1.812 Ghz, fu = 2.36 Ghz BW = 548 MHz
			890 – 960 MHz	-15.64 – -17.54	1.41 – 1.3	1.54 – 2.12	
			1710 – 1880 MHz	-7.41 – -11.7	2.5 – 1.72	4.0 – 4.56	
			1850 – 1990 MHz	-10.81 – -16.29	1.84 – 1.36	4.43 – 4.98	
10		Ha = 135 mm Wa = 74 mm	CDMA :				a. fl = 775 Mhz, fu = 1.12 Ghz BW = 345 MHz
			824 – 894 MHz	-17.43 – -12.68	1.35 – 1.64	1.18 – 1.76	
			1850 – 1990 MHz	-15.48 – -11.18	1.40 – 1.76	4.62 – 5.18	
			GSM :				b. fl = 1.8 Ghz, fu = 2.27 Ghz BW = 470 MHz
			890 – 960 MHz	-21.70 – -12.68	1.18 – 1.35	1.76 – 2.31	
			1710 – 1880 MHz	-12.35 – -7.80	1.65 – 2.40	4.14 – 4.73	
			1850 – 1990 MHz	-15.48 – -11.18	1.40 – 1.76	4.62 – 5.18	



11		$H_a = 145$ mm $W_a =$ 100 mm	CDMA : 824 – 894 MHz 1850 – 1990 MHz GSM : 890 – 960 MHz 1710 – 1880 MHz 1850 – 1990 MHz	-18.16 – -24.3 -11.33 – -10.1 -23.98 – -17.22 -10.34 – -11.16 -11.33 – -10.1	1.3 – 1.14 1.74 – 1.99 1.14 – 1.44 1.88 – 1.76 1.74 – 1.99	1.95 – 2.62 5.26 – 5.49 2.58 – 2.86 4.76 – 5.35 5.26 – 5.49	a. $f_l = 710$ MHz, $f_u =$ 1.04 Ghz BW = 330 MHz b. $f_l = 1.67$ Ghz, $f_u = 2$ Ghz BW = 330 MHz
----	---	--	---	---	---	--	--

